

APRENDIZAGEM MEDIADA POR UMA HIPERMÍDIA EDUCACIONAL

*Adriano Luiz Fagundes*¹
*Tatiana da Silva*²
*Marta Feijó Barroso*³

Resumo: As Fases da Lua constituem um objeto de aprendizagem composto por unidades menores que foi aqui elaborado adotando-se a teoria da carga cognitiva, incluindo aspectos da visualização no ensino das ciências e observando as dificuldades de aprendizagem documentadas na literatura de pesquisa em ensino de ciências e astronomia como norteadores teóricos. O processo completo de investigação envolveu 77 estudantes de uma disciplina de física de graduação e contemplou instrumentos de coleta de dados para investigar aspectos técnicos do material, qualidade do conteúdo e aprendizagem. Neste trabalho faz-se um recorte no qual o foco é a aprendizagem mediada por um recurso digital hiperídia. Os instrumentos utilizados nesta etapa foram pré-testes e avaliação de aprendizagem que possibilitaram uma avaliação quali-quantitativa. As questões versaram sobre o conhecimento da Lua como corpo sem luminosidade própria, a representação de um diagrama esquemático com sequências de fases lunares e as respostas a uma questão sobre a possibilidade de observação do Sol e da Lua de acordo com a hora do dia, e finalmente uma explicação e uma representação sobre a dinâmica do movimento de rotação síncrona da Lua. Os resultados obtidos forneceram um ganho percentual médio global de 33% na aprendizagem. Destacam-se características do material que podem ter contribuído para a sua qualidade enquanto mediador da aprendizagem.

Palavras-chave: Animações; Objetos de visualização; Avaliação; Aprendizagem; Rotação síncrona; Lua.

APRENDIZAJE MEDIADO POR HIPERMEDIA EDUCATIVA

Resumen: Las fases de la Luna es un objeto de aprendizaje compuesto de unidades menores trabajado de acuerdo con la teoría de la carga cognitiva, incluyendo aspectos de visualización en la enseñanza de las ciencias y observando las dificultades de aprendizaje documentado en estudios sobre la enseñanza de las ciencias y la astronomía como referencias teóricas. En el proceso completo de esta investigación participaron 77 alumnos de un curso de física universitario e incluyó instrumentos de recolección de datos para investigar los aspectos técnicos, la calidad del contenido y el aprendizaje. En este trabajo destacamos el foco en el aprendizaje mediado por recursos digitales hipermedia. Los instrumentos utilizados en esta etapa fueron tests previos y evaluación del aprendizaje que permitieron una evaluación cualitativa y cuantitativa. Las preguntas formuladas se refirieron a los conocimientos de la Luna como un cuerpo sin luz propia, representación de secuencias de fases lunares y sobre la posibilidad de observar el Sol y la Luna según la hora del día, explicación y representación de la dinámica del movimiento rotación síncrona de la Luna. Los resultados obtenidos mostraron un aumento promedio global de 33% en el aprendizaje, Destacamos las características del material que pueden haber contribuido para una mayor calidad como mediador de aprendizaje.

Palabras clave: Animaciones; Objetos de visualización; Evaluación; Aprendizaje; La rotación síncrona; Movimiento de la Luna.

¹ PPGECT/Universidade Federal de Santa Catarina. E-mail: <adrianoitajuba@gmail.com>.

² Departamento de Física e PPGECT/Universidade Federal de Santa Catarina.
E-mail: <tatiana.silva@ufsc.br>.

³ Instituto de Física/Universidade Federal do Rio de Janeiro. E-mail: <marta@if.ufjf.br>.

LEARNING MEDIATED BY AN EDUCATIONAL HYPERMEDIA

Abstract: The phases of the Moon is a learning subject composed of smaller units here elaborated by adopting the theory of cognitive load, including aspects related to visualization in science education and taking into account learning difficulties documented in the research literature on science/astronomy teaching as theoretical guiding. The complete research process involved 77 students attending an undergraduate physics course and included data collection instruments to investigate technical aspects of the material, quality of contents and learning. This work focused on learning mediated by a hypermedia digital resource. The instruments used at this stage were pre-testing and learning evaluation allowing a qualitative and quantitative assessment. The questions pointed to the knowledge of the Moon as a body without its own light, to representations of schematic diagrams with sequences of lunar phases and the possibility of observing the Sun and the Moon according to the time of the day, an explanation and a representation of the dynamics of synchronous rotation motion of the Moon. The result provided an overall average increase of 33% in learning. We point out the features of the material that may have contributed to a highest quality as a learning tool.

Keywords: Animations; Visualization objects; Evaluation; Learning; Synchronous rotation; Motion of the Moon.

1 Introdução

Muitos dos problemas de aprendizagem da física e das demais ciências naturais estão associados às dificuldades de visualização. A visão é um dos sentidos que tem um papel fundamental na percepção do mundo e dos fenômenos do nosso cotidiano. Mas não é condição suficiente para que o indivíduo seja capaz de explicar corretamente aquilo que observa. Entende-se que cada indivíduo percebe o mundo exterior de forma diferenciada criando suas próprias representações mentais a respeito do que experimenta através de seus sentidos. Esta é uma hipótese central de estudos da área de psicologia cognitiva de que a mente funciona através de representações mentais e de processos cognitivos que operam sobre essas representações. Há pesquisas no ensino de química, matemática, biologia e astronomia evidenciando que objetos de visualização auxiliam na aprendizagem dos diversos conteúdos estudados nessas áreas (MONAGHAN e CLEMENT, 1999; BODEMER et al, 2004; SUH e MOYER-PACKENHAM, 2007; BELL e TRUNDLE, 2008; MUNZER et al, 2009; HÖFFLER e SCHWARTZ, 2011).

Alguns dos fenômenos astronômicos, como as fases da Lua e os movimentos de rotação e translação da Terra podem ser observados a olho nu e serem explicados sem apelo a cálculos matemáticos. Entretanto, a falta de habilidades para a realização de uma observação criteriosa do céu pode levar os indivíduos a interpretar os fenômenos de maneira equivocada. Por isso, muitas são as concepções não científicas de alunos e professores (LELLIOTT e ROLLNICK, 2010). Além disso, os alunos podem carregar conhecimentos sobre muitos desses fenômenos adquiridos pela vivência, cultura, senso comum e muitas vezes pela sua própria fantasia (VOSNIADOU e BREWER, 1992; KRINER, 2004; LANGUI, 2004; PINTO e VIANA, 2005; DIAS e PIASSI, 2007; AGUIAR et al, 2009).

Pesquisas têm evidenciado que a compreensão desses fenômenos necessita fortemente da utilização de objetos de visualização e da observação criteriosa do céu noturno (KRINER, 2004; SCARINCI e PACCA, 2006; BELL e TRUNDLE, 2008). Entretanto observar o céu depende das condições climáticas e da adequação do tempo necessário para observação ao tempo disponível no calendário escolar.

Neste cenário, materiais didáticos digitais podem ser elaborados e inseridos no processo educacional como objetos de visualização para auxílio à construção de representações mentais coerentes e para contornar os problemas citados acima. Além disso, podem propiciar uma observação privilegiada dos fenômenos já que torna possível a troca de referenciais e ao observador se colocar fora da Terra. Entende-se que esses materiais não substituem a observação do céu ou de uso de um laboratório didático, mas auxiliam o aluno a desenvolver a capacidade de representação, de modelização e de abstração necessários para compreender os movimentos dos astros e suas peculiaridades. Tornando-se, assim, apto a realizar observações “criteriosas” e não ingênuas aumentando-se o aproveitamento dessas atividades para uma aprendizagem significativa.

Pesquisas que investigam a aprendizagem mediada por recursos digitais ainda não fornecem uma compreensão clara de como esta aprendizagem ocorre, suas vantagens e desvantagens. Mas, começam a apontar que diferenças nos resultados de aprendizagem são uma combinação entre as individualidades de aprendizagem (HEGARTY, 2004) e as características do material didático digital (SWELLER 2002, MUNZER *et al*, 2009; HÖFFLER e SCHWARTZ, 2011). Dentre essas características podem-se citar a quantidade de informação utilizada, os tipos de fontes de informação, a sua dinâmica, a interatividade proposta.

É importante, com isso, considerar quais são as melhores maneiras de se apresentar as informações para o estudo de determinado assunto. Há trabalhos que investigam e comparam a utilização de animações e de imagens estáticas para o ensino de conteúdos específicos. Há também aqueles que evidenciam que a quantidade de informação, a sua distribuição espacial na tela do computador, a interatividade proposta, o controle do sequenciamento da informação (*spacing*), entre outros fatores que caracterizam o conteúdo e a forma como ele é apresentado no material didático digital influenciam nos resultados de aprendizagem. Por outro lado, há pesquisas que partem do pressuposto de que o conhecimento prévio ou a experiência dos indivíduos define como estes interagem ou interpretam o conteúdo apresentado. Defendendo que esse fator pode influenciar mais nos resultados encontrados do que as próprias características do material. Essa é uma discussão pertinente e acredita-se ser possível considerar aspectos de ambas as abordagens num processo de elaboração, uso e avaliação de um recurso didático digital utilizado como objeto de visualização.

No que tange o uso de recursos digitais como objetos de visualização é importante entender o conceito de visualização. Vavra *et al* (2011) chamam a atenção que a palavra visualização pode ter três definições: objetos de visualização, visualização introspectiva e visualização interpretativa. Um objeto de visualização ou recurso visual é um objeto físico, um esquema ou uma representação externa a ser visualizado por um indivíduo. Uma visualização introspectiva se refere ao objeto mental criado pelo indivíduo em sua mente. E uma visualização interpretativa se refere ao processo cognitivo ativo, à interação entre o objeto mental e os conhecimentos já experimentados pelo indivíduo anteriormente.

É nesse contexto que se insere este trabalho de avaliação da hiperídia educacional “As Fases da Lua”⁴, na qual modelos apresentados na forma de animações

⁴ Este artigo é um recorte da dissertação FAGUNDES, A. L. Avaliação de uma hiperídia educacional sobre as fases da Lua. Dissertação de Mestrado, Florianópolis, 2014. Universidade Federal de Santa

foram elaborados para promoção de uma observação privilegiada e facilitação da aprendizagem do conteúdo ancorando-se numa teoria cognitiva, a teoria da carga cognitiva (CLT). Torna-se necessário avaliá-los para saber se atendem aos objetivos de aprendizagem e também buscar inferências a respeito de quais de suas características auxiliam na aprendizagem dos conceitos subjacentes. Dessa forma, possibilita também contribuir para a compreensão da aprendizagem mediada por recursos digitais concebidos como objetos de visualização.

2 Contexto teórico

Nossa premissa é a de que materiais didáticos digitais fundamentados em teorias cognitivas de aprendizagem podem se tornar efetivas ferramentas de ensino e de aprendizagem. De acordo com estas teorias a aprendizagem baseia-se no tratamento da informação na arquitetura cognitiva humana. Esta é constituída pelas memórias sensorial, de trabalho e de longo prazo, um canal duplo de processamento (visual/pictórico e auditivo/verbal) e uma memória de trabalho com capacidade limitada de processamento que interage com a memória de longo prazo, esta com capacidade ilimitada.

Adotamos, então, a teoria da carga cognitiva (CLT) (SWELLER, 2002, 2008, 2011) que distingue três fontes de carga cognitiva: intrínseca, estranha ou irrelevante e, relevante ou adequada. A primeira está relacionada à complexidade do conteúdo. A segunda é a que pode ser criada pelo processo de instrução ou pelo material didático e que deve ser evitada e a última é aquela considerada desejável decorrente do esforço em se adquirir conhecimento. Em uma publicação recente Sweller (2011) inclui a terceira fonte como integrante da primeira. Nesta teoria, o conteúdo precisa ser tratado de acordo com sua complexidade. Por complexo entende-se aquilo que necessita a compreensão de diversos elementos de informação simultaneamente. Quando não há complexidade, a compreensão do conteúdo impõe baixa carga cognitiva intrínseca (e relevante). Nesse cenário, melhorias na apresentação da informação podem não influenciar na aprendizagem, pois a memória de trabalho dificilmente será sobrecarregada. Por outro lado, quando o conteúdo é complexo a carga cognitiva intrínseca impõe uma alta demanda na memória de trabalho.

Neste contexto, a CLT fornece os norteadores que podem contribuir para a simplificação do conteúdo e a apresentação da informação de forma a tornar este material com qualidade e eficiência instrucional. Estes são decorrentes do auxílio propiciado na redução das cargas intrínseca e estranha para que a carga relevante possa ser favorecida sem sobrecarga na memória de trabalho. Este auxílio ou gerenciamento é implementado a partir da adoção de um desenho didático (FILATRO, 2003 e 2008; MIRANDA, 2009). O material ou atividade instrucional precisa ter uma estrutura coerente e uma mensagem didática que deve orientar o aprendiz na construção de modelos, representações ou esquemas. Caso contrário, os esforços para a compreensão são infrutíferos. O conceito de desenho didático pode-se assim resumir-se à tentativa de ajudar os aprendizes a construir os seus modelos elaborando-se um projeto de ensino que o auxilie neste processo.

A aprendizagem implica, então, na execução de um conjunto coordenado de processos cognitivos segundo um processamento ativo cujo resultado quando bem sucedido, é a construção de uma representação mental coerente na memória de longo prazo do aprendiz.

Não há nenhuma intenção, neste trabalho, de realizar medidas dessas cargas. O foco desta pesquisa é o de apresentar a avaliação da qualidade do material didático na dimensão de mediador da aprendizagem. A partir disso, inferem-se hipóteses relacionadas às estratégias ou ao desenho didático adotado em sua concepção que podem ter contribuído com o alcance dos objetivos educacionais. O pressuposto central é o de que a adoção de efeitos instrucionais propostos pela CLT na elaboração do material possibilitará o gerenciamento adequado das cargas cognitivas e favorecerá aprendizagem dos conteúdos envolvidos. Dentre eles podem-se citar os efeitos da divisão de atenção, da modalidade, de redundância, de reversão de instrução devido à *expertise* dos alunos e do empréstimo. Há vários trabalhos que apresentam medidas experimentais das cargas cognitivas de acordo com a adoção destes princípios, os quais buscam dar solidez à teoria (SWELLER, 2011).

O efeito de divisão de atenção está associado com a apresentação de diferentes fontes de informação de forma separada em uma tela. Isto pode aumentar a carga cognitiva estranha, uma vez que o indivíduo utilizará parte da capacidade da memória de trabalho para integrá-las. A integração/proximidade na tela ou o uso de convenção de cores para essas fontes pode contornar esse problema. O efeito de modalidade está associado ao uso de fontes de informação verbais e não verbais para potencializar a aprendizagem já que a arquitetura cognitiva possui um duplo canal de processamento. Um efeito de redundância está associado ao uso indevido de diferentes fontes de informação. Ao se utilizar fontes que não necessitam de outras para serem inteligíveis, pode gerar uma redundância e criar carga cognitiva estranha. O princípio do empréstimo está associado com as informações fundamentais ou representações que podem ser fornecidas para auxiliar os alunos nos primeiros passos da aprendizagem de determinado assunto. Por fim, o efeito de reversão de *expertise* leva em consideração o nível de conhecimento dos alunos e como ele pode afetar os demais efeitos mencionados. Por exemplo, a redundância pode atrapalhar/confundir alunos mais experientes, enquanto que pode auxiliar na aprendizagem dos alunos menos experientes. Esse fator é muito importante na consideração da adoção dos princípios instrucionais, eles devem ser pensados para auxiliar aqueles mais inexperientes e não podem ao mesmo tempo atrapalhar os mais experientes no conteúdo estudado.

Quanto à dinâmica da informação, adota-se a diferenciação destacada por Höffler e Schwartz (2011) quanto às propostas de interatividade presentes em um recurso digital. Neste estudo, as possibilidades de interação com a tela consistem em controlar ou não a sequência da informação presentes em figuras e animações. Os autores utilizam quatro combinações diferentes de mídia e de sequência da informação para ensinar uma mesma reação química, as quais se classificam com base em Hegarty (2004) como (a) tela estática interativa, na qual o usuário controla a sequência de imagens estáticas; (b) tela estática não interativa, na qual o usuário não controla a sequência de imagens estáticas; (c) tela dinâmica interativa quando o usuário controla a sequência de uma animação e (d) tela dinâmica não interativa, na qual o usuário não controla a sequência de uma animação. Os autores identificam que duas das quatro combinações acima influenciam nos resultados, são elas a tela estática não interativa e a tela dinâmica interativa. Supõe-se que por se tratar de um estudo sobre um processo

dinâmico, ao se utilizar uma tela estática, ela deve ser não interativa, pois o usuário pode não conseguir perceber movimentos sugeridos ao ter o controle de sua sequência. No caso das telas dinâmicas acontece o oposto, a sequência não controlada pode ser um problema, pois a informação pode passar num intervalo de tempo menor do que o do processo de codificação mental. Neste caso, o controle da sequência pode auxiliar o processamento cognitivo, justificando os resultados de aprendizagem com o uso de uma tela dinâmica interativa.

Outra preocupação é com a granularidade do material didático digital que está associada com a redução de complexidade do conteúdo e com as possibilidades de utilização deste material em diferentes contextos, plataformas computacionais e locais. De acordo com Wiley (2000) objetos de aprendizagem digitais são recursos que podem ser “quebrados” em componentes menores e reutilizados em diferentes contextos de aprendizagem. Podem ser distribuídos na internet e reutilizados para apoiar a aprendizagem, sendo passíveis de alterações e novas versões. Sendo assim, na elaboração do material, tanto conteúdo quanto arquitetura, interface, plataforma e sistema operacional precisam ser pensados de forma a respeitar essa característica.

Resumindo, o desenho didático lança mão de todos esses pressupostos. Ocupa-se tanto da apresentação do material não apenas do ponto de vista estético, mas com a seleção/organização do texto, das imagens, animações, simulações, das representações adotadas, da arquitetura de navegação e de como será feita a integração de todas essas informações na interface escolhida. Na perspectiva de um processamento ativo, considera também a interatividade entre conteúdo, mídias e aprendiz que será proposta de forma a respeitar o ritmo de aprendizagem dos indivíduos.

3 A hipermídia

O recurso didático digital avaliado, a hipermídia “As Fases da Lua” (SILVA, 2012) é um objeto de aprendizagem componente de outro maior, a hipermídia “O Sol, a Terra e a Lua”⁵. Esta contém outros três temas que são denominados: Os Movimentos da Terra, As Estações do Ano e Os Eclipses. Cada um desses temas, pode por sua vez ser quebrado em objetos de aprendizagem com granularidades ainda menores porque em cada um deles, conceitos individuais são apresentados utilizando-se vídeos, animações e simulações que representam as menores partes do material. Desta forma, o objeto de aprendizagem avaliado, “As Fases da Lua” foi quebrado em quatro objetos menores: “A Lua”, “As Fases”, “A Rotação Síncrona” e “Os Hemisférios”. Há uma segunda versão, na qual este conteúdo foi ampliado, alterações foram feitas como, por exemplo, retirada do movimento do fundo, representação dos raios solares e se encontra disponível em português, inglês e francês em página aberta na internet⁶.

Os conceitos abordados pela hipermídia são complexos devido à necessidade de compreensão dos vários movimentos dos astros envolvidos que ocorrem de forma simultânea, assim como os problemas relacionados à visualização desses fenômenos já

⁵ A hipermídia “O Sol, a Terra e a Lua” está disponível no endereço: <<http://tati.fsc.ufsc.br/webfisica/sis-solar/fasesdalu.htm>>.

⁶ Endereço: <<http://tati.fsc.ufsc.br/caronte/index.html>>.

mencionados. Por utilizar recursos multimídia na tela do computador, a informação apresentada numa interface hiperídia provém de distintas fontes. Compreender essa informação pode gerar um grande esforço mental desnecessário. A necessidade de organização da informação na tela do computador, nesse caso, justifica-se tanto pela complexidade do tema (carga cognitiva intrínseca), quanto pelas características do material (carga cognitiva estranha).

Três dos quatro objetos componentes da hiperídia foram avaliados e são descritos a seguir de acordo com os pressupostos adotados pelos elaboradores do material:

A Lua – A redução da complexidade do conteúdo nesse caso se deu através da idealização⁷ do conceito da Lua como um satélite natural da Terra e sem luminosidade própria. Como o entendimento do assunto independe de fatores associados a sua dinâmica ele foi apresentado com o uso de uma animação não interativa (Figura 1). Busca-se a redução da carga cognitiva estranha: i) através do aproveitamento do efeito de modalidade – utilização de informações verbais (texto) e não verbais (animação). ii) evitando-se o efeito de redundância – texto e animação apresentam informações essenciais e complementares. iii) redução do efeito de divisão de atenção – a animação e o texto foram aproximados na tela. Além disso, busca-se guiar os alunos na visualização dos conceitos essenciais, destacado-os com outra cor no texto.



Figura 1 - Imagem estática do objeto de aprendizagem A Lua.

As Fases - A compreensão das fases da Lua não é algo trivial fato evidenciado inclusive nos resultados obtidos no pré-teste e descritos nos resultados desta pesquisa. Ela exige uma boa noção das posições relativas do Sol, da Terra e da Lua. E, é necessária uma percepção do quanto da Lua é iluminada pelo Sol e o quanto dessa iluminação é vista da Terra. A integração de todos esses elementos gera uma grande demanda de carga cognitiva intrínseca na memória de trabalho. Sendo assim, com o

⁷ Qualquer objeto com temperatura acima do zero absoluto emite radiação. No entanto, considera-se nesse caso apenas a radiação visível (luz).

objetivo de reduzir a quantidade de elementos que precisam ser compreendidos ao mesmo tempo (elementos de interatividade dentro da CLT) opta-se por desprezar o movimento orbital da Terra e da Lua ao redor do Sol e os movimentos de rotação da Terra e da Lua. Mantém-se a Terra estática e ilustra-se apenas o movimento orbital da Lua ao redor da Terra. Com essa simplificação, ainda é possível perceber a mudança de posição relativa entre os três astros, conforme a Lua se movimenta. Entende-se que o conteúdo apresentado, agora mais enxuto, pode propiciar ou facilitar a aprendizagem do fenômeno. Com o objetivo de reduzir carga cognitiva estranha alguns procedimentos foram adotados: i) como a dinâmica do movimento de translação da Lua é revelante para a compreensão do fenômeno, o controle da animação pelo aluno pode evitar que as informações essenciais passem num intervalo de tempo menor do que o do seu processamento cognitivo – dessa forma, utiliza-se uma animação interativa onde são apresentadas sequencialmente as quatro fases principais da Lua: nova, quarto crescente, cheia e quarto minguante. ii) aproveitamento do efeito de modalidade e redução do efeito de redundância – da mesma forma que foi descrita no objeto anterior. iii) redução do efeito de divisão de atenção – é possível numa mesma tela visualizar as posições relativas dos três astros e o que é visto do referencial da Terra (Figura 2). Como a representação utilizada é plana, nas fases nova e cheia, com um clique sobre a Lua (Figura 3), é possível visualizar também imagens estáticas que destacam que a Lua não está sendo eclipsada respectivamente pela Terra (eclipse lunar) e nem o Sol pela Lua (eclipse solar). Isto porque, apresentam-se na imagem que os planos das órbitas da Lua e Terra não são os mesmos. Essa discussão é essencial no estudo das fases da Lua, pois geralmente elas são confundidas com os eclipses.



Figura 2 - Imagens estáticas do objeto de aprendizagem As Fases na fase quarto crescente.

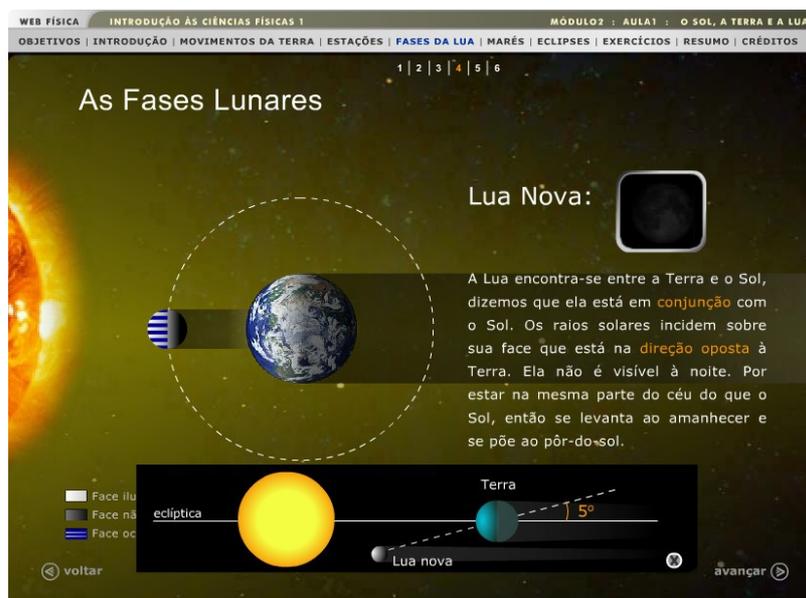


Figura 3 - Imagens estáticas do objeto de aprendizagem As Fases na fase nova com destaque para a não ocultação do Sol pela Lua.

A Rotação Síncrona – A compreensão da rotação síncrona da Lua também não é uma tarefa simples para alunos iniciantes. Pode parecer difícil perceber que um corpo que gira ao redor de si pode sempre mostrar a mesma face para um observador posicionado à sua frente. Com isso, opta-se por reduzir os elementos de interatividade para tornar o conteúdo menos complexo. Adota-se as mesmas idealizações sobre os movimentos da Terra, Sol e Lua descritas no objeto anterior. No entanto, adiciona-se o movimento de rotação da Lua. Com o objetivo de reduzir carga cognitiva estranha alguns procedimentos foram adotados: i) Como os movimentos de rotação e de translação da Lua são revelantes para a compreensão do fenômeno, adota-se uma animação interativa para apresentar o assunto. A intenção é a de evitar que as informações essenciais passem num intervalo de tempo menor do que o do processamento cognitivo dos alunos. ii) Os movimentos de rotação e de translação da Lua são desacoplados e apresentados sequencialmente, onde o aluno tem o controle da transição com os botões “voltar” e “avançar”. Esse procedimento metodológico está baseado no fato de que é difícil perceber o movimento de rotação da Lua quando os dois são apresentados simultaneamente. iii) É importante de acordo com o princípio do empréstimo guiar os alunos durante a instrução fornecendo informações iniciais fundamentais para a aprendizagem – com isso, elabora-se um esquema que divide a Lua em quatro quadrantes, todos numerados, e com a face sempre voltada para a Terra destacada (Figura 4).

O contexto

O material foi utilizado no ano de 2011 em uma disciplina de Introdução à Física de um curso universitário da área de ciências exatas e tecnologia de uma IFES ofertada no primeiro período do curso. Nesta disciplina, são explorados aspectos da aprendizagem com recursos visuais e são abordados diferentes temas de física (DUTRA e BARROSO, 2013). O conteúdo da disciplina é dividido em unidades e a discussão de fenômenos astronômicos faz parte da segunda unidade trabalhada após a discussão de ótica geométrica, tema da primeira unidade. Os estudantes primeiro responderam a um

pré-teste sobre fenômenos astronômicos em ambiente virtual de aprendizagem (Moodle) como trabalho extra, para os quais eram assegurados acesso a computador para todos os estudantes. A utilização do material hipermídia foi proposta em caráter semipresencial, os alunos utilizaram a animação de maneira autônoma sem a presença do professor da disciplina (SILVA e BARROSO, 2008). Após o período determinado para a visualização da hipermídia, foi realizada uma avaliação de aprendizagem que influíu significativamente no resultado da disciplina.

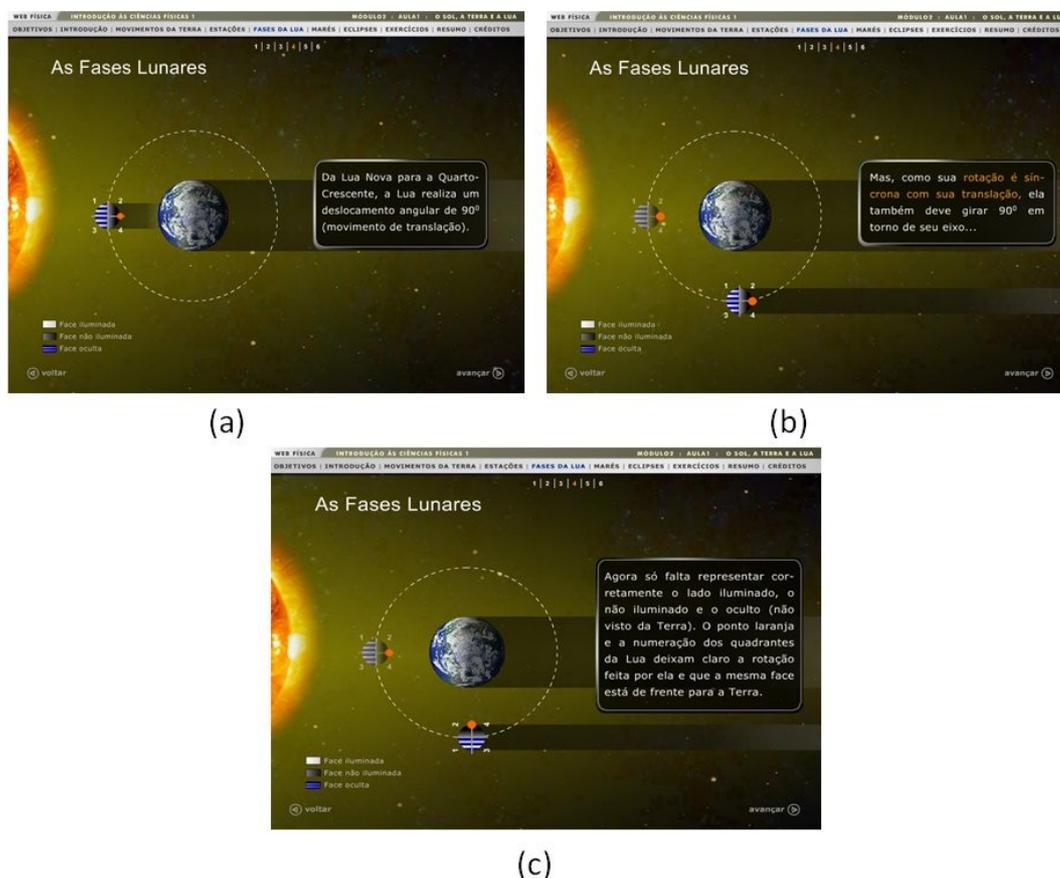


Figura 4- Imagens estáticas da sequência da animação do objeto de aprendizagem “A Rotação Síncrona”.

4 Desenho metodológico da avaliação de aprendizagem

A avaliação de materiais didáticos é sempre um trabalho difícil e complexo. No caso dos materiais digitais não é diferente. Delimitar uma metodologia de avaliação é um desafio para qualquer tipo de material didático, seja um livro, uma hipermídia ou qualquer outro tipo de recurso utilizado para esse fim. Apesar de não existir uma metodologia estabelecida para avaliar recursos hipermídia educacionais, identifica-se na literatura de pesquisa em ensino que é desejável uma avaliação orientada ao material e uma orientada aos alunos. Assim, além da aprendizagem podem-se investigar outras dimensões tais como percepção do uso e aspectos técnicos do material que contribuem expressivamente no alcance dos objetivos de aprendizagem, na qualidade e na eficiência do mesmo. Neste artigo, optamos por apresentar de forma mais detalhada a componente relativa à aprendizagem, respaldados pelos ótimos resultados alcançados nas demais dimensões avaliadas. Assim, pretende-se contribuir para a ampliação e aprofundamento

das investigações voltadas para a elaboração, uso de materiais didáticos como frutos de pesquisa.

O nosso entendimento é de que um caminho é o de avaliar cada um dos três objetos de aprendizagem de forma independente. A avaliação global do material é obtida da combinação dos resultados individuais. Adotamos como fonte de dados os instrumentos de avaliação e acompanhamento elaborados pela professora da disciplina e pela professora elaboradora da hiperídia. Os dados foram coletados utilizando-se a análise de duas avaliações feitas na disciplina, um pré-teste e uma avaliação de aprendizagem buscando-se o estabelecimento de equivalências entre as questões. Fez-se uma leitura de cada um deles e as relações encontradas são apresentadas na Tabela 1.

Os dados foram analisados com técnicas de estatística descritiva simples e inferencial. As questões abertas foram analisadas usando-se a redução e a categorização das respostas dos alunos e do subsequente agrupamento daquelas que são semelhantes numa mesma categoria. As categorias que surgiram dessa redução correspondem a um tipo de medição ordinal de uma variável porque envolvem categorias do tipo correto, incompleto e incorreto (BABBIE, 2003). As questões fechadas do tipo verdadeiro e falso e de múltipla escolha foram categorizadas a partir das categorias ordinais: **correta** e **incorreta**.

Para os resultados de aprendizagem, além do procedimento de análise descrito acima se comparou os resultados das questões do pré-teste e da avaliação de aprendizagem (Tabela 1), apresentando-se a média do desempenho dos alunos em cada uma dessas etapas avaliativas.

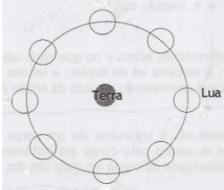
A Lua	As Fases	A Rotação Síncrona
Pré – teste		
As fases da Lua não ocorreriam se (marque a opção correta) (a) a Lua fosse um corpo com luminosidade própria. (b) a Lua fosse um corpo sem luminosidade própria. (c) a Lua não fosse o único satélite natural da Terra. (d) a Lua não possuísse um lado nunca iluminado (escuro).	Considere a afirmação: "O Sol é visível durante o dia, no céu, e a Lua é visível durante a noite." O que você acha dela?	Você ouve o seguinte comentário: "A Lua gira em torno de seu eixo de forma tal que apresenta sempre a mesma face voltada para a Terra." Você concorda?
Avaliação de Aprendizagem		
Não ocorreriam diferentes fases da Lua se ela fosse um corpo com luminosidade própria. () Verdadeiro () Falso	Represente no diagrama (esquemático, sem preocupação com dimensões corretas) uma sequência de fases lunares observadas. Indique a direção e o sentido dos raios solares. Quais os nomes atribuídos a cada uma delas? 	A Lua apresenta sempre a mesma face voltada para a Terra? Faça um diagrama que explique sua resposta.

Tabela 1- Instrumentos de avaliação.

A partir das médias obtidas, calcula-se o ganho percentual médio G com o intuito de inferir mudanças quantitativas da aprendizagem comparando-se o desempenho dos alunos antes e após a instrução para cada objeto de aprendizagem. O ganho percentual médio (G) (CABALLERO et al, 2012) pode ser obtido pela equação abaixo:

$$G = (O - I) \times 100\%$$

Onde O é a fração média do desempenho dos alunos após a instrução e I é a fração média do desempenho dos alunos antes da instrução. Como essa grandeza fornece um resultado geral, utiliza-se também uma avaliação qualitativa da aprendizagem analisando-se cada um dos diagramas e respostas às perguntas discursivas. A partir desta análise construiu-se uma tabela de contingência. Assim, apresenta-se de maneira qualitativa a evolução do desempenho dos alunos de uma etapa avaliativa para a outra, buscando-se caracterizar a qualidade (“efeitos”) de aprendizagem propiciada pelo uso do material. De acordo com o efeito de reversão de *expertise*, deseja-se que o uso do material propicie melhoras na aprendizagem dos que não dominam o tema e não mude o desempenho dos que apresentam conhecimento do mesmo. Analisando-se as respostas por esta ótica chega-se às três classificações de acordo com a comparação entre pré-teste e avaliação de aprendizagem:

- 1) Efeito Positivo – Identificam-se resultados de aprendizagem após a utilização do material. Alunos que não respondem corretamente no pré-teste e passam a responder corretamente na avaliação de aprendizagem.
- 2) Efeito Neutro – Não se identifica mudança após a utilização do material. Ou seja, alunos que respondem corretamente no pré-teste e que continuam respondendo corretamente na avaliação de aprendizagem e, alunos que respondem incorretamente ou de forma incompleta no pré-teste e que continuam respondendo da mesma forma na avaliação de aprendizagem.
- 3) Efeito Negativo – Identificam-se alunos que respondem corretamente no pré-teste e passam a responder incorretamente na avaliação de aprendizagem.

5 Resultados

Nesta seção apresentamos os resultados obtidos na avaliação de cada um dos três objetos de aprendizagem e a combinação dos mesmos para obtenção de um resultado referente à hipermídia expresso no ganho percentual médio global que consiste no cálculo da média aritmética dos valores de ganhos médios percentuais correspondentes a cada um dos três objetos de aprendizagem avaliados.

5.1 A Lua

O objeto de aprendizagem “A Lua” foi avaliado a partir da equivalência entre uma questão do pré-teste e uma questão da avaliação de aprendizagem apresentadas na Tabela 1. Os resultados são apresentados na Tabela 2.

Pré-teste			Avaliação de aprendizagem	
Categoria	Frequência	(%)	Frequência	(%)
Correta	70	91	76	99
Incorreta	7	9	1	1
Total	77	100	77	100

Tabela 2 – Resultados: A Lua

A partir da análise do pré-teste obtém-se que a maioria dos alunos, 91%, tem conhecimento prévio de que as fases da Lua não ocorreriam se ela tivesse luminosidade própria. Dentre as 7 respostas incorretas, um aluno respondeu optando pela alternativa (b), outro marcando a alternativa (c) e cinco escolhendo a alternativa (d).

Na avaliação de aprendizagem, o conceito da Lua sem luminosidade própria foi avaliado através da questão do tipo verdadeiro ou falso conforme a Tabela 1. Elas foram transformadas nas categorias ordinais de resposta **correta** e **incorreta**, respectivamente. A resposta correta para a afirmação dessa questão é a opção *verdadeiro*. Destaca-se que após o uso do material, apenas um aluno (1%), responde incorretamente. Evidenciando que apesar de poucos desconhecerem houve melhorias nesse universo como será descrito a seguir.

Para a obtenção de resultados mais gerais sobre a aprendizagem, com o intuito de comparar os resultados do pré-teste e da avaliação de aprendizagem atribuiu-se 0,0 para as respostas incorretas e 2,0 para as respostas corretas nas duas questões utilizadas (Tabela 3).

Avaliações	Número de Estudantes	Nota Mínima	Nota Máxima	Média	Desvio Padrão
Pré-teste	77	0,0	2,0	1,82	0,60
Avaliação de aprendizagem	77	0,0	2,0	1,97	0,20

Tabela 3– “A Lua”: médias e desvios padrão para os desempenhos dos alunos no pré-teste e na avaliação de aprendizagem.

A média das notas no pré-teste ilustra o conhecimento dos alunos sobre a associação entre a Lua sem luminosidade própria e a existência das fases, antes do uso do material. Após o uso do material houve um acréscimo no desempenho médio quase atingindo o valor máximo (2,0).

A partir dessas médias podemos obter as frações percentuais antes e após o uso do material e calcular o coeficiente de “ganho” para a melhoria na aprendizagem do assunto que é de 8% conforme apresentado na Tabela 4. O valor obtido é pequeno, devido ao conhecimento inicial apresentado pelos alunos no pré-teste.

Ganho Percentual Médio		
Avaliação de aprendizagem	$O = \text{Média} / \text{Nota Máxima}$	0,99
Pré-teste	$I = \text{Média} / \text{Nota Máxima}$	0,91
Ganho	$G = (O - I) \times 100\%$	8%

Tabela 4 – “A Lua”: cálculo do ganho percentual médio

5.2 As Fases

O objeto de aprendizagem “As Fases” foi avaliado nos mesmos moldes do objeto anterior. Da análise da questão do pré-teste (Tabela 1), categorizou-se as respostas dos alunos como “Discorda” e “Concorda”. Essa categorização inicial não levou em consideração as justificativas por eles apresentadas e mostrou que a maioria dos alunos, 61%, concorda com a afirmação, enquanto que 39% discordam dela. Com o objetivo de investigar qualitativamente o desempenho dos alunos antes e após o uso do objeto de aprendizagem em questão, optou-se por uma análise mais detalhada das justificativas apresentadas. Elas foram então agrupadas em categorias ordinais de acordo com os critérios: **correta** – justifica que é possível observar a Lua durante o dia também e traz argumentos sobre a possibilidade de visualizá-la durante o dia dependendo da fase; **incompleta** – justificativa não demonstra clareza referente ao fato de a Lua poder ser vista durante o dia dependendo da fase ou o aluno apenas descreve que a Lua pode ser observada durante o dia e **incorreta** – demonstra, a partir da justificativa, pouco conhecimento sobre os movimentos relativos entre Sol, Terra e Lua. Os resultados são apresentados na Tabela 5. Vale ressaltar que poucos fornecem uma justificativa correta (7%) e alguns alunos, 40%, destacam que a Lua pode ser vista durante o dia, mas não explicam o motivo. A metade, 53% deles, justifica de forma incorreta a afirmação demonstrando pouco conhecimento sobre os movimentos da Terra e da Lua ao redor do Sol.

Categoria	Pré-teste		Avaliação de aprendizagem	
	Frequência	(%)	Frequência	(%)
Correta	5	7	36	47
Incompleta	31	40	30	39
Incorreta	41	53	11	14
Total	77	100	77	100

Tabela 5 – Resultados – A Fases

A questão utilizada na avaliação de aprendizagem solicita uso de representação com a elaboração de um diagrama esquemático (Tabela 1). As respostas foram também agrupadas em categorias ordinais de acordo com os critérios: **correta** – elaboram no diagrama uma sequência das quatro fases lunares nomeando-as corretamente. Indica a direção e sentido dos raios solares corretamente, mantendo coerência com as fases lunares representadas; **incompleta** – nomeiam corretamente as quatro fases principais da Lua, mas não representa corretamente a sua sequência ou não representa a direção e o sentido dos raios solares e **incorreta** – elabora uma sequência das quatro principais fases lunares inconsistente com a direção e sentido dos raios solares.

Destaca-se que um número expressivo de alunos, 36 (47%), reproduziu no diagrama da questão uma sequência das quatro fases principais da Lua, representando consistentemente a direção e sentido dos raios solares. Enquanto que 14% deles não conseguiram representar uma sequência de fases correta, demonstrando dificuldades na compreensão do fenômeno. Na Tabela 6 apresentam-se exemplos para as categorias de resposta nas duas etapas avaliativas.

Categorizaçã	Exemplos – Pré-teste	Exemplos – Avaliação de aprendizagem
Correta	<p>“Considero uma afirmação incorreta, pois em algumas ocasiões a Lua pode ser visível no céu durante o dia também. Além disso, nem sempre a Lua é visível durante a noite, o que chamamos de Lua Nova.” (Aluno A)</p>	<p>(Aluno D)</p>
Incompleta	<p>“Em certos dias, também podemos ver a lua quando ainda dia.” (Aluno B)</p>	<p>(Aluno E)</p>
Incorreta	<p>“Verdadeira se considerarmos apenas a olho nu. Utilizando um telescópio eles são visíveis a qualquer hora do dia.” (Aluno C)</p>	<p>(Aluno F)</p>

Tabela 6 – As Fases: exemplos para cada uma das categorias de resposta.

Seguindo a mesma metodologia da avaliação do objeto anterior, podem-se comparar as duas etapas avaliativas. A Tabela 7 apresenta as médias e os desvios padrão do desempenho dos alunos nessas duas etapas avaliativas. Percebe-se desta tabela um aumento significativo da média dos alunos do pré-teste para a avaliação de aprendizagem. Com o intuito de quantificar esse aumento calcula-se o ganho percentual médio apresentado na Tabela 8 que é igual a 40%. Um valor expressivo, que se deve ao fato de muitos alunos (47%) terem elaborado diagramas corretos na avaliação de aprendizagem.

Avaliações	Número de Estudantes	Nota Mínima	Nota Máxima	Média	Desvio Padrão
Pré-teste	77	0,0	2,0	0,53	0,60
Avaliação de aprendizagem	77	0,0	2,0	1,32	0,70

Tabela 7 – “As Fases”: médias e desvios padrão para os desempenhos dos alunos no pré-teste e na avaliação de aprendizagem.

Ganho Percentual Médio		
Avaliação de aprendizagem	$O = \text{Média} / \text{Nota Máxima}$	0,66
Pré-teste	$I = \text{Média} / \text{Nota Máxima}$	0,26
Ganho	$G = (O - I) \times 100\%$	40%

Tabela 8 – “As Fases”: cálculo do ganho percentual médio – justificativas.

Torna-se também possível identificar os efeitos causados pelo uso do material. A Tabela 9 é uma tabela de contingência resultante da combinação dos resultados obtidos no pré-teste com os resultados da avaliação de aprendizagem (Tabela 5) onde se destacam com o símbolo (+) os casos de Efeito Positivo, com o símbolo (*) os casos de Efeito Neutro e com o símbolo (-) os casos de Efeito Negativo.

		Avaliação de Aprendizagem			
		Correta	Incompleta	Incorreta	Total
Pré-teste	Correta	4 (*)	1 (*)	0 (-)	5
	Incompleta	14 (+)	14 (*)	3 (*)	31
	Incorreta	18 (+)	15 (*)	8 (*)	41
	Total	11	30	36	77

Tabela 1 – “As Fases”: análise de contingência entre pré-teste e avaliação de aprendizagem.

Na comparação entre pré-teste e avaliação de aprendizagem é possível inferir que o material não prejudicou os alunos que demonstraram inicialmente conhecimento sobre as fases e o Efeito Negativo foi nulo. Enquanto que 18 alunos (44%) que responderam incorretamente e 14 alunos (45%) que responderam de forma incompleta no pré-teste passaram a responder corretamente na avaliação de aprendizagem entendido como um Efeito Positivo.

Os resultados mostram uma mudança representativa no conhecimento dos alunos que apresentaram respostas incorretas antes do uso do material (classificados como Efeito Positivo). Estes reproduziram diagramas que mostram uma sequência correta das quatro fases principais da Lua o que é entendido como uma forte evidência da capacidade instrucional da animação interativa, dadas às idealizações adotadas e as características metodológicas. Não obstante, houve pouca mudança com aqueles que já tinham domínio do assunto, somente 1 aluno que respondeu corretamente no pré-teste respondeu de forma incompleta na avaliação de aprendizagem.

5.3 A Rotação Síncrona

Na avaliação deste objeto, no pré-teste avaliou-se as explicações verbais dos alunos e constatou-se que a concordância ou discordância em relação à afirmação da questão (Tabela 1) estava desconcorrelacionada das explicações evidenciando o desconhecimento do fenômeno. Destaca-se que 56% deles discordam da afirmação, 40% concordam e 4% não respondem nada. As categorias de análise elaboradas a partir das respostas foram: **correta** - descreve que o movimento de rotação da Lua ao redor de seu eixo tem o mesmo período de seu movimento de translação ao redor da Terra; **incompleta** - contém conhecimentos associados à rotação síncrona como descritos acima para uma explicação correta, mas faltam explicitar conhecimentos que tornem a explicação completa e correta e **incorreta** – o aluno não responde ou a resposta contém conhecimentos que não estão associados à rotação síncrona da Lua.

Na análise das explicações categorizadas como incorretas, identificam-se três tipos de conhecimentos sobre o fenômeno bem delimitados: a Lua sem rotação, a dependência com a rotação da Terra e a confusão com a ocorrência das fases da Lua.

Na avaliação de aprendizagem, diferentemente da questão do pré-teste, verificou-se que a maioria dos alunos utilizou diagramas e explicações verbais, por isso,

os dois formatos de resposta foram aceitos. Entende-se que o material ao explorar os dois canais de processamento (verbal e não verbal) auxilia na compreensão do conteúdo explorando de forma correta o efeito de modalidade. Entretanto, para possibilitar uma análise também qualitativa, os diagramas e as explicações verbais foram categorizados separadamente e combinados quando necessário. Os diagramas foram classificados em: **diagrama baseado na animação** (diagrama considerado correto que contém o esquema de quadrantes utilizado na animação do material para demonstrar a rotação síncrona), **diagrama próprio** (diagrama considerado correto que mostra a rotação síncrona utilizando um esquema criado pelo aluno diferente do esquema de quadrantes mostrado na animação), **diagrama incompleto** (diagrama que não exibe a mesma face da Lua voltada para a Terra ao longo de seu movimento de translação, mas representa o movimento de rotação e de translação da Lua) e **diagrama incorreto** (diagrama que mostra uma rotação assíncrona da Lua ou ausência de diagrama).

Os critérios utilizados para categorizar as explicações verbais da questão da avaliação de aprendizagem foram os mesmos que os utilizados para a questão do pré-teste. Consideram-se, assim, as respostas da avaliação de aprendizagem na forma de diagrama ou de explicação verbal em: **correta** - alunos que respondem corretamente em um formato e respondem de forma correta, incompleta ou não respondem no outro formato. Por exemplo, diagrama e explicação verbal corretos, diagrama correto e explicação verbal incompleta ou explicação verbal correta sem elaborar diagrama; **incorreta** - alunos que respondem incorretamente em um formato e respondem de forma incorreta, incompleta ou não respondem no outro formato. Por exemplo, diagrama e explicação verbal incorretos, diagrama incorreto e explicação verbal incompleta ou diagrama incorreto sem explicação verbal; **incompleta** - alunos que respondem de forma incompleta nos dois formatos e **incoerente** - identificam-se respostas contraditórias ao combinar os dois formatos de respostas. Alguns alunos fazem diagramas corretos seguidos de explicação verbal incorreta, enquanto outros fazem diagramas incorretos e apresentam explicação verbal correta. Na categoria de resposta denominada incoerente os alunos responderam corretamente num ou noutro formato, considera-se o desempenho desses casos melhores do que os alunos que responderam de maneira incompleta. Na Tabela 10, são apresentados os resultados.

Pré-teste		Avaliação de aprendizagem		
Categoria	Frequência	(%)	Frequência	(%)
Correta	10	13	44	57
Incompleta	9	12	6	8
Incorreta	58	75	20	26
Incoerente	-	-	7	9
Total	77	100	77	100

Tabela 10 – “A Rotação Síncrona”: resultados

Observa-se que a maioria dos alunos, 58 (75%) responde incorretamente no pré-teste. Dentre as respostas incorretas, aproximadamente metade delas apresentam respostas não científicas agrupadas em três categorias conforme explicado anteriormente onde 12 (21%) respondem que a Lua não apresenta movimento de rotação, 13 (22%) respondem que esse fenômeno depende da rotação da Terra e 7

(12%) confundem esse fenômeno com as fases da Lua. Ainda dentro deste universo, 14 alunos (24%) explicam que pelo fato de a Lua ter movimento de rotação, não há possibilidades de visualizarmos da Terra sempre a mesma face. Essa explicação pode ter um fundamento “lógico”, pois se um corpo tem movimento de rotação, como pode ser possível não visualizar todas as suas faces? Assume-se a hipótese de que essas repostas estão associadas às dificuldades de visualização, uma vez que com uma mudança de referencial situando o observador fora da Terra ou com o uso de uma analogia com outro movimento, é possível visualizar que um corpo pode girar ao redor de si e ao mesmo tempo girar ao redor de outro corpo sem mostrar uma de suas faces para este. Sendo assim, o uso de um objeto de visualização deve contribuir para a aprendizagem desses indivíduos. Assume-se também que para a compreensão da rotação síncrona da Lua é importante apresentar a estratégia metodológica de desacoplamento dos movimentos de rotação e de translação da Lua. Isto porque, quando os dois são apresentados simultaneamente é difícil perceber a rotação da Lua ao redor do próprio eixo.

Comparando-se com os resultados da avaliação de aprendizagem, observa-se que há um significativo aumento de 13% para 57 % de respostas corretas, ao mesmo tempo em que se observa uma redução de 75 % para 26 % de respostas incorretas. De acordo com a Tabela 10, identifica-se ao todo 7 (9%) casos de incoerência na avaliação de aprendizagem. Na Tabela 11, mostram-se exemplos para cada categoria de resposta das questões do pré-teste e da avaliação de aprendizagem. Os exemplos apenas ilustram cada categoria de resposta, não correspondem à resposta de um único aluno nas diferentes etapas.

Analisando-se apenas os diagramas elaborados pelos alunos na avaliação de aprendizagem, os resultados foram expressivos. Um total de 43 (56%) elabora diagramas corretos. Dentre eles, 34 (44%) são diagramas próprios, um forte indício de que o esquema de quadrantes apresentado pela animação para representar a rotação síncrona (princípio do empréstimo) não é simplesmente reproduzido/memorizado pelos alunos e que o princípio do empréstimo é muito importante para possibilitar aos iniciantes com representações externas já que por desconhecerem o que está sendo estudado, não possuem esquemas em sua memória de longo prazo. Apenas 9 (12%) utilizam um esquema de quadrantes semelhante ao do material para demonstrar a rotação síncrona. Infere-se que se envolveram num processo cognitivo ativo, interpretando, selecionando e organizando informações em representações mentais coerentes para conseguirem elaborar diagramas com convenções próprias a partir do auxílio fornecido pela representação do material.

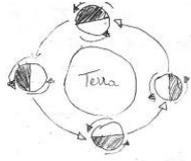
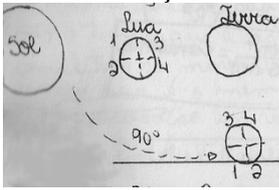
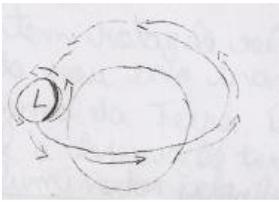
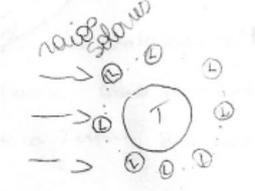
	Pré-teste	Avaliação de Aprendizagem: Explicação	Avaliação de Aprendizagem: Diagrama
Correta	"Concordo, pois o período de translação da Lua é igual ao período de rotação em torno de seu próprio eixo, fazendo com que ela sempre tenha a mesma face voltada para a Terra." (Aluno I)	"Sim, pois o período de rotação da Lua, coincide com seu período de translação em relação à Terra (28 dias), logo nunca vemos a outra face." (Aluno L)	Próprio  (Aluno O)
			Baseado na animação  (Aluno P)
Incompleta	"Sim, a lua girando em torno do próprio eixo mantém a mesma face virada para a Terra." (Aluno J)	"Sim, a lua sempre apresenta a mesma face voltada para a Terra. Pois a Lua apresenta uma rotação em volta de si mesma." (Aluno M)	 (Aluno Q)
Incorreta	"Não, a Lua não gira em torno de seu eixo." (Aluno K)	"Sim, pois seu período de rotação é igual ao da Terra." (Aluno N)	 (Aluno R)

Tabela 11 – “A Rotação Síncrona”: exemplos para cada categoria de resposta de explicação verbal e de diagrama da avaliação de aprendizagem.

Na Tabela 12, apresentam-se as médias das notas dos alunos em cada uma das etapas avaliativas. As respostas incorretas receberam nota - 0,0, incompletas - nota 1,0, as incoerentes - 1,5 e respostas corretas nota - 2,0.

Avaliações	Número de Estudantes	Nota Mínima	Nota Máxima	Média	Desvio Padrão
Pré-teste	77	0,0	2,0	0,37	0,70
Avaliação de aprendizagem	77	0,0	2,0	1,36	0,90

Tabela 12 – “A Rotação Síncrona”: médias e desvios padrão para os desempenhos dos alunos no pré-teste e na avaliação de aprendizagem.

Ganho Percentual Médio		
Avaliação de aprendizagem	O = Média / Nota Máxima	0,68
Pré-teste	I = Média / Nota Máxima	0,18
Ganho	$G = (O - I) \times 100\%$	50%

Tabela 13 – “A Rotação Síncrona”: cálculo do ganho percentual médio.

O ganho percentual médio foi de 50% (Tabela 13). Esse é um valor também significativo e que interpretamos como uma evidência de como o princípio do empréstimo favorece a aprendizagem.

Para além dos resultados mais gerais, busca-se entender a partir da tabela de contingência (Tabela 14) os efeitos causados pelo uso do objeto de visualização.

		Avaliação de Aprendizagem				
		Correta	Incompleta	Incorreta	Incoerente	Total
Pré-teste	Correta	8 (*)	0	1 (-)	1 (*)	10
	Incompleta	6 (+)	1 (*)	2 (*)	0	9
	Incorreta	30 (+)	5 (*)	17 (*)	6 (*)	58
	Total	44	6	20	7	77

Tabela 14 – “A Rotação Síncrona”: análise de contingência entre pré-teste e avaliação de aprendizagem.

Numa análise detalhada temos que dos alunos que demonstram no pré-teste não compreender o fenômeno da rotação síncrona (respostas incompletas e incorretas), 36 (47%) passam a demonstrar um conhecimento cientificamente aceito para esse fenômeno após a utilização da animação interativa, caracterizando o que é classificado como Efeito Positivo (+). Identifica-se que 51% dos resultados de aprendizagem enquadram-se como Efeito Neutro, esses são os casos onde não há mudança no conhecimento do aluno. E constata-se apenas um caso (1%) de Efeito Negativo no qual um aluno passa a responder incorretamente.

Dentre o grupo classificado como Efeito Positivo, destaca-se um subgrupo específico de 14 alunos (39%) que respondem incorretamente no pré-teste porque destacam que pelo fato de a Lua ter movimento de rotação, todas as suas faces devem ser visualizadas. Desses alunos, 12 (86%) passam a responder corretamente na avaliação de aprendizagem.

5.4 Resultados de aprendizagem: síntese

Uma vez obtidos os valores do ganho percentual médio relativo aos resultados de aprendizagem após a utilização dos objetos de aprendizagem “A Lua”, “As Fases” e “A Rotação Síncrona”, pode-se estimar um ganho percentual médio global para a hipermídia “As Fases da Lua” a partir da média aritmética entre os três ganhos percentuais obtidos relativos a cada um dos conceitos avaliados igual a 33% (Tabela 15). É importante frisar que o pequeno valor obtido para o objeto de aprendizagem “A Lua” influencia fortemente na redução desta média aritmética. Se desconsiderarmos este objeto de aprendizagem, obtêm-se um ganho igual a 45%. As características do objeto “A Lua” podem não influenciar nos resultados de aprendizagem encontrados, uma vez que os alunos já demonstravam entendimento do assunto antes da sua utilização e o conteúdo em si é pouco complexo. Infere-se que as características discutidas e destacadas dos objetos “As Fases” e “A Rotação Síncrona” têm forte influência nos

bons resultados de aprendizagem obtidos, pois estes abordam conteúdos complexos e os alunos apresentam pouco conhecimento inicial sobre eles quando se justifica a elaboração de materiais didáticos desta natureza.

	A Lua	As Fases	A Rotação Síncrona
Avaliação de aprendizagem: O = média/nota máxima	0,99	0,66	0,68
Pré-teste: I = média/ nota máxima	0,91	0,26	0,18
Ganho percentual médio (G)	0,08	0,40	0,50
Ganho percentual médio global (G global)	33 %		

Tabela 15 – Estimativa de ganho percentual médio global.

6 Conclusões

Assume-se neste trabalho que um problema recorrente na aprendizagem de fenômenos astronômicos está associado às dificuldades de observá-los de uma maneira privilegiada que facilite a sua compreensão. Sendo assim, parte-se da premissa que a utilização de objetos de visualização ancorados em recursos digitais onde são apresentados representações ou modelos para auxiliar na visualização introspectiva e interpretativa pode facilitar a aprendizagem.

Todavia, a eficiência instrucional de um objeto de visualização pode depender da combinação adequada de formato, conteúdo e de procedimentos metodológicos que transformam estes recursos em ferramentas didáticas mediadoras da aprendizagem. A teoria da carga cognitiva fornece embasamento teórico para que essa combinação possa tornar o material didático mais eficiente e dela decorrem princípios instrucionais que foram mencionados ao longo desta pesquisa. Não é objetivo deste trabalho, mensurar ou analisar os procedimentos adotados em si, mas avaliar se o material consegue obter bons resultados de aprendizagem.

Entende-se que a melhor maneira de verificar se um recurso didático atinge seus objetivos educacionais ocorre através da sua avaliação. Para tanto, esta pesquisa avaliou a hiperídia “As Fases da Lua” com o intuito de verificar se este recurso é facilitador da aprendizagem das fases lunares e de fenômenos associados a esse astro como o da rotação síncrona. A partir disso, buscou-se destacar as estratégias ou o desenho didático adotado em sua concepção que podem ter contribuído com o alcance dos objetivos educacionais.

A análise dos resultados evidencia fortemente a qualidade instrucional da hiperídia “As fases da Lua” enquanto mediadora da aprendizagem. Após o uso da animação não interativa “A Lua” todos os alunos que não compreendiam o conceito passaram a entendê-lo, o que caracterizou o ganho percentual de 8%. Da utilização da animação interativa “A Lua” muitos alunos que demonstraram pouco conhecimento sobre as posições relativas entre Sol, Terra e Lua passaram a elaborar diagramas corretos sobre a geometria desses astros, o que caracterizou um ganho percentual de 40%. Por fim, do uso da animação interativa “A Rotação Síncrona” um número considerável de alunos que não acreditavam na existência de uma mesma face da Lua voltada para a Terra passaram a elaborar diagramas corretos descrevendo a rotação síncrona lunar, este resultado promoveu um ganho percentual de 50%. Não obstante, o

material não prejudicou aqueles que apresentam maior *expertise* no assunto.

No que diz respeito ao auxílio à visualização dos fenômenos, o número expressivo de diagramas corretos apresentados na avaliação de aprendizagem dos conceitos da rotação síncrona e das fases lunares consistem num forte indício de que este recurso pode servir como objeto de visualização promovendo uma observação privilegiada dos fenômenos estudados e auxiliando os alunos na construção de representações mentais coerentes.

Sugere-se que as características contempladas no desenho didático do material possibilitaram suporte à aprendizagem e que se constituem em objetos para futuras pesquisas. Um bom exemplo é a hipótese do procedimento metodológico de desacoplamento da rotação e da translação da Lua no estudo da rotação síncrona para alunos iniciantes. É possível investigar e mensurar se de fato esse procedimento auxilia nos resultados de aprendizagem encontrados.

Referências

AGUIAR, C. E.; BARONI, D. ; FARINA, C. A órbita da Lua vista do Sol. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.31, n.4, p.4301-4306, 2009.

BABBIE, E. **Métodos de Pesquisa de Survey**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2003. 519p. Disponível em: <http://www.fsc.ufsc.br/~tati/ppgect/Metodos%20de%20Pesquisa%20de%20Survey_BABBIE2003.pdf>. Acesso em 18 mai. 2015.

BELL, R.; TRUNDLE, K.C. The use of a computer simulation to promote scientific conceptions of moon phases. **Journal of Research in Science Teaching**, v.45, n.3, p.346–372, 2008.

BODEMER, D.; et al. The active integration of information during learning with dynamic and interactive visualizations. **Learning and Instruction**, v.14, n.3, p.325–341, 2004.

CABALLERO, M.; et al. Comparing large lecture mechanics curricula using the Force Concept Inventory. **American Journal of Physics**, v.80, p.638-644, 2012.

CLARK, J. M; PAIVIO, A. Dual coding theory and education. **Educational Psychology Review**, v. 3, n. 3, p. 149–210, 1991.

DIAS, W. S.; PIASSI, L. P. Por que a variação da distância Terra-Sol não explica as estações do ano? **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.29, n.3, p.325-329, 2007.

DUTRA, L. M.; BARROSO, M. F. O uso de experimentos como ferramenta de ensino e aprendizagem: estudo de um caso. In: XX SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 2013, São Paulo. **Anais ...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2013.

FILATRO, A. **Design instrucional contextualizado: educação e tecnologia**. São Paulo: Senac, 2003. 216 p.

FILATRO, A. **Design instrucional na prática**. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2008. 192p.

HEGARTY, M. Dynamic visualizations and learning: Getting to the difficult questions. **Learning and Instruction**, v.14, p.343-351, 2004.

HÖFFLER, T. N.; SCHWARTZ, R. N. Effects of pacing and cognitive style across dynamic and non-dynamic representations. **Computers and Education**, v.57, p.1716–1726, 2011.

KRINER, A. Las Fases da Lua, ¿Cómo y cuándo enseñarlas? **Ciência & Educação**, v.10, n.1, p.111-120, 2004.

LANGHI, R. Idéias do senso comum em Astronomia. In: 7º ENCONTRO NACIONAL DE ASTRONOMIA, Brotas. 2004. **Anais ...** Brotas, 2004. Disponível em: <<http://www.observatoriosvirtuais.com.br>> Acesso em: 15 jun 2012.

LELLIOT, A.; ROLLNICK, M. Big Ideas: A Review of Astronomy Education Research 1974-2008. **International Journal of Science Education**, v.32, n.13, p.1771-1799, 2010.

MIRANDA, G. L. Concepção de Conteúdos e Cursos Online. In: MIRANDA, G. L.; et al (Org.). **Ensino Online e Aprendizagem Multimídia**. Lisboa: Relógio D'Água, 2009. Cap. 3, p. 81-110.

MONAGHAN, J. M.; CLEMENT, J. Use of a computer simulation to develop mental simulations for learning relative motion concepts. **International Journal of Science Education**, v. 21, n. 9, p. 921-944, 1999.

MÜNZER, S.; SEUFERT, T.; BRÜNKEN, R. Learning from multimedia presentations: Facilitation function of animations and spatial abilities. **Learning and Individual Differences**, v.19, p.481-485, 2009.

PINTO, S. P.; VIANNA, D. M. A formação dos professores do Ensino Fundamental: algumas questões sobre a relação Sol-Terra-Lua. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 16, Rio de Janeiro, 2005. **Anais ...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Física, 2005. Disponível em: <http://www.sbf1.sb_sica.org.br/eventos/snef/xvi/sys/resumos/T0589-1.pdf>. Acesso em 20 mai. 2015.

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

SILVA, T.; BARROSO, M. F. Fenômenos astronômicos e ensino a distância: produção e avaliação de materiais didáticos. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 11, 2008, Curitiba. **Atas...** Curitiba, 2008.

SILVA, T. Um jeito de fazer hiperídia para o ensino de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.29, p.864-890, 2012.

SUH, J. M.; MOYER-PACKENHAM, P. S. The application of dual coding theory in multi-representational viral mathematics environment. In: J. H. WOO, H. C. LEW, K. S. PARK, & D. Y. SEO (Eds.). **Proceedings of the 31st Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education**, v.4 , p. 209-216. Seoul, Korea: PME, 2007.

SWELLER, J. Visualisation and instructional design. In: R. PIOETZNER (Ed.), INTERNATIONAL WORKSHOP ON DYNAMIC VISUALIZATIONS AND LEARNING. **Proceedings of International Workshop on Dynamic Visualizations and Learning**, Tübingen, Knowledge Media Research Center. Germany: 2002.

SWELLER, J. Human Cognitive Architecture. In: **Handbook of research on educational communications and technology**. New York: Routledge, p.369-381, 2008.

SWELLER, J.; AYRES, P; KALYUGA, S. **Cognitive load theory**. New York: Springer, 2011.

VAVRA, K. L. et al. Visualization in science education. **Alberta Science Education Journal**, v.41, p. 22-30, 2011.

VOSNIADOU, S.; BREWER, W. F. Mental Models of the Earth: A Study of Conceptual Change of Childhood. **Cognitive Psychology**, v.24, n.4, p.535-585, 1992.

WILEY, D. A. **Learning object design and sequencing theory**. 2000. 131 f. PhD Thesis (Doctor of Philosophy). Department of Instructional Psychology and Technology. Brigham Young University. 2000.