

Adriano Luiz Fagundes

**AVALIAÇÃO DE UMA HIPERMÍDIA EDUCACIONAL SOBRE AS  
FASES DA LUA**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Educação Científica e Tecnológica.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Tatiana da Silva

Florianópolis  
2014

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Fagundes, Adriano Luiz

Avaliação de uma hipermidia educacional sobre as fases da Lua / Adriano Luiz Fagundes ; orientadora, Tatiana da Silva - Florianópolis, SC, 2014.

164 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Físicas e Matemáticas. Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica.

Inclui referências

1. Educação Científica e Tecnológica. 2. Fenômenos astronômicos. 3. Avaliação de aprendizagem. 4. Visualização e ciências. 5. Ensino superior. I. Silva, Tatiana da. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica. III. Título.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS FÍSICAS E MATEMÁTICAS  
CENTRO DE CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
CURSO DE MESTRADO EM EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA

**“Avaliação de hipermídia educacional sobre as fases da  
Lua”**

Dissertação submetida ao  
Colegiado do Curso de Mestrado  
em Educação Científica e  
Tecnológica em cumprimento  
parcial para a obtenção do título  
de Mestre em Educação Científica  
e Tecnológica

APROVADA PELA COMISSÃO EXAMINADORA em 28 de março de 2014

Tatiana da Silva (Orientadora - PPGECT/UFSC)

José de Pinho Alves Filho (Examinador - CFM/UFSC)

Frederico Firmo de Souza Cruz (Examinador - CFM/UFSC)

Carlos Eduardo Magalhães de Aguiar (Examinador - IF/UFRJ)

Henrique César da Silva (Suplente - CED/UFSC)

Carlos Alberto Marques  
Coordenador do PPGECT

Adriano Luiz Fagundes

Florianópolis, Santa Catarina, 2014.



*Este trabalho é dedicado aos meus  
pais Júlio Cezar Fagundes e  
Silvana Gonçalves*



## AGRADECIMENTOS

Nestes dois anos dedicados ao trabalho de pesquisa foram diversas as pessoas que me apoiaram direta ou indiretamente. Gostaria de registrar um agradecimento especial a toda a minha família pelo suporte fundamental e necessário para a minha formação pessoal e profissional até aqui.

Agradecer aos amigos do PPGECT por todos os momentos compartilhados e pelas diversas contribuições que acabaram contribuindo de alguma forma para a realização desta pesquisa. Aos amigos do laboratório da “Astro” pelas discussões científicas nos almoços diários no RU e por não me expulsarem do seu ambiente de trabalho. Aos amigos com quem compartilhei moradia nesse período por manter um ambiente sempre agradável.

Um agradecimento aos professores que me auxiliaram nessa longa jornada desde o ensino fundamental até o presente e me fizeram de alguma forma escolher e amar essa profissão. Em especial à professora Tatiana da Silva pela atenção e dedicação constante para a realização desta pesquisa e pela sua preocupação com a minha formação.

Gostaria de registrar também um agradecimento a CAPES pelo apoio financeiro durante os dois anos de estudos e pesquisa.



## RESUMO

Apresentam-se neste trabalho os resultados da avaliação da hiperídia educacional “As Fases da Lua”, material didático digital elaborado para auxiliar no processo de ensino-aprendizagem das fases e dos movimentos lunares. Este recurso educacional foi concebido utilizando-se o conceito de objeto de aprendizagem digital e teve como principais norteadores teóricos, a teoria da carga cognitiva e aspectos sobre o papel da visualização no ensino de ciências. Parte-se da premissa de que a elaboração de modelos, analogias com a exploração de recursos multimídia pode fornecer suporte visual e auxiliar a aprendizagem. Entende-se a avaliação como necessária, para que seja analisada a capacidade instrucional e para que se faça um uso adequado deste recurso. Neste sentido, a avaliação foi realizada a partir de duas abordagens: uma orientada ao produto e outra orientada ao usuário. Na abordagem orientada ao produto, especialistas em astronomia (professores universitários pesquisadores em astrofísica e alunos de pós-graduação em astrofísica) avaliaram a sua qualidade educacional. Essa avaliação obteve um resultado amplamente positivo. Na abordagem orientada ao usuário, utilizou-se o recurso didático em um ambiente real de aprendizagem e foram analisados a percepção dos alunos quanto ao seu uso e os resultados de aprendizagem referentes aos conceitos apresentados. A hiperídia “As Fases da Lua” foi utilizada em momentos não presenciais de uma disciplina introdutória de física de um curso de nível universitário na área de ciências exatas onde participaram 77 estudantes. A percepção dos alunos quanto ao uso da hiperídia foi investigada através de um questionário aplicado pelo professor da disciplina. Na percepção deles, a hiperídia auxilia na aprendizagem do fenômeno. Os resultados de aprendizagem foram obtidos a partir de análise quantitativa e qualitativa de questões extraídas de um pré-teste, de um pós-teste e de uma avaliação de aprendizagem aplicados pelo professor da disciplina. Eles são expressivos. A melhoria na aprendizagem obtida é de 33%. Numa análise qualitativa, foi possível identificar também a efetividade do material como objeto de promoção da visualização e, conseqüentemente, mediador da aprendizagem dos fenômenos estudados. Infere-se que as características instrucionais do material podem ter contribuído efetivamente para os resultados obtidos.

**Palavras-chave:** Fenômenos astronômicos. Visualização no ensino de ciências. Avaliação de aprendizagem. Objeto de aprendizagem. Ensino superior.



## ABSTRACT

In this work are presented the results of the evaluation of an educational hypermedia named “Phases of the Moon”, a digital instructional material designed to assist in the teaching and learning of lunar phases and movements. This educational resource was designed adopting the concept of digital learning object and its main guiding theories, the theory of cognitive load and aspects about the role of visualization in science teaching. We assume that the development of models, analogies with the exploration of multimedia resources can provide visual support and aid learning. It is understood the hypermedia evaluation as necessary, to analyze its instructional capacity and in order to do a proper use of this resource. In this sense, the evaluation was performed adopting two approaches: one directed to the product and other user-oriented. In the product-oriented approach, experts in Astronomy (academics and researchers in Astrophysics) evaluated positively their educational quality. In the user-oriented approach, we used the teaching resource in a real learning environment and the students' perceptions were inferred regarding their usage and learning outcomes related to concepts presented by the material. The hypermedia “Phases of the Moon” was used in a non face-to-face moment of an undergraduate introductory course in Physics, in the field of exact sciences in which 77 students participated. The students' perception on the use of hypermedia was investigated through a questionnaire administered by the subject teacher. In their perception hypermedia supports learning. The learning outcomes were obtained from quantitative and qualitative analysis of issues drawn from a pre-test, a posttest and a learning assessment applied by the subject teacher in 2011. They are expressive. The improvement in learning obtained after the use of the material is 33%. In a qualitative analysis was also possible to identify the effectiveness of the material as an object of promoting viewing and thus a learning mediator of the phenomenon in question. It is inferred that the instructional material characteristics may have contributed effectively to the results.

**Keywords:** Astronomical phenomena. Visualization in science education. Learning assessment. Learning object. Higher education.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Imagens estáticas de animação que apresenta uma analogia entre os movimentos de um balé e os movimentos da Terra e da Lua ao redor do Sol. ....	30
Figura 2 - Modelo de processamento cognitivo de informação multimídia. ....	38
Figura 3 – Exemplo de estrutura espacial das fontes de informação que podem provocar o efeito de divisão de atenção. ....	42
Figura 4 – O efeito de divisão de atenção pode ser reduzido ao aproximar as fontes de informação no objeto de visualização. ....	43
Figura 5 - Arquitetura de navegação da hipermídia. ....	54
Figura 6 – <i>Links</i> externos para informações adicionais e para uma simulação interativa. ....	55
Figura 7 – Destaque a aspectos visuais e recursos utilizados de acordo com a teoria da carga cognitiva na animação das quatro fases principais da Lua. ....	56
Figura 8- Objeto de aprendizagem “A Lua”. ....	57
Figura 9 – Objeto de aprendizagem “As Fases”. (a) Na posição de lua nova e com exibição da imagem estática que apresenta que os planos orbitais são distintos.(b) Na posição de Lua quarto - crescente. ....	58
Figura 10 – Sequência de três imagens estáticas da animação interativa do objeto de aprendizagem “A Rotação Síncrona”. ....	60
Figura 11– Imagem estática do objeto de aprendizagem “Os Hemisférios” ....	62
Figura 12 – “As Fases”: exemplo de diagrama correto na avaliação de aprendizagem. ....	107
Figura 13 – “As Fases”: exemplo de diagrama correto na avaliação de aprendizagem. ....	107
Figura 14 – “A Rotação Síncrona”: exemplo de diagrama da questão da avaliação de aprendizagem. ....	120
Figura 15 – “A Rotação Síncrona”: exemplo de diagrama da questão da avaliação de aprendizagem. ....	121



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – “A Lua”: equivalência entre os instrumentos de avaliação do objeto de aprendizagem.....	71
Tabela 2 – “As Fases”: equivalência entre os instrumentos de avaliação do objeto de aprendizagem.....	72
Tabela 3 – “A Rotação Síncrona”: equivalência entre os instrumentos de avaliação do objeto de aprendizagem.....	73
Tabela 4 – Avaliação da qualidade educacional da hipermídia - Conteúdo.....	78
Tabela 5 – Avaliação da qualidade educacional da hipermídia – Aspectos Metodológicos.....	80
Tabela 6– Avaliação da qualidade educacional da hipermídia – Aspectos Técnicos e Visuais.....	81
Tabela 7 – <i>Ranking</i> médio da qualidade educacional da hipermídia.....	82
Tabela 8– Percepção dos alunos sobre o uso do computador – Motivação.....	86
Tabela 9– Percepção dos alunos sobre o uso do computador – Possibilidades de Aprendizagem.....	88
Tabela 10 – Percepção dos alunos sobre o uso do computador – Autonomia.....	89
Tabela 11– <i>Ranking</i> médio para a percepção do uso do computador.....	89
Tabela 12– Percepção dos alunos sobre o uso da hipermídia – Conteúdo.....	90
Tabela 13– Percepção dos alunos sobre o uso da hipermídia – Recursos Multimídia Utilizados.....	91
Tabela 14– Percepção dos alunos sobre o uso da hipermídia – Aspectos Técnicos e Visuais.....	91
Tabela 15– <i>Ranking</i> médio para a percepção do uso da hipermídia.....	92
Tabela 16– “A Lua”: frequências de respostas para a questão do pré-teste.....	93
Tabela 17– “A Lua”: frequências para as categorias de respostas da avaliação de aprendizagem.....	94
Tabela 18– “A Lua”: médias e desvios padrão para os desempenhos dos alunos no pré-teste e na avaliação de aprendizagem.....	94

Tabela 19 – “A Lua”: cálculo do ganho percentual médio .....	95
Tabela 20 – “A Lua”: análise de contingência entre pré-teste e avaliação de aprendizagem.....	96
Tabela 21– “As Fases”: frequências de respostas para a questão do pré-teste.....	98
Tabela 22 – “As Fases”: exemplos para cada uma das categorias de resposta do pré-teste e frequências para cada uma delas.....	99
Tabela 23– “As Fases”: frequências de respostas para a questão do pós-teste. ....	100
Tabela 24– “As Fases”: médias e desvios padrão para os desempenhos dos alunos no pré-teste e no pós-teste. ....	101
Tabela 25 – “As Fases”: cálculo do ganho percentual médio .....	101
Tabela 26 – “As Fases”: exemplos para cada categoria de resposta da avaliação de aprendizagem.....	103
Tabela 27 – “As Fases”: frequências de respostas para a questão da avaliação de aprendizagem.....	104
Tabela 28 – “As Fases”: médias e desvios padrão para os desempenhos dos alunos no pré-teste e na avaliação de aprendizagem. ....	105
Tabela 29 – “As Fases”: cálculo do ganho percentual médio – justificativas.....	105
Tabela 30 – “As Fases”: análise de contingência entre pré-teste e avaliação de aprendizagem.....	106
Tabela 31– “A Rotação Síncrona”: exemplos para cada categoria de resposta do pré-teste. ....	111
Tabela 32– “A Rotação Síncrona”: exemplos para cada categoria de resposta de explicação verbal e de diagrama da avaliação de aprendizagem. ....	114
Tabela 33 – “A Rotação Síncrona”: resultados para as categorias dos diagramas da avaliação de aprendizagem. ....	115
Tabela 34 – “A Rotação Síncrona”: resultados para as categorias de explicação verbal da avaliação de aprendizagem. ....	116
Tabela 35 – “A Rotação Síncrona”: resultados para as categorias de resposta da avaliação de aprendizagem (diagrama ou explicação verbal). ....	117

Tabela 36 – “A Rotação Síncrona”: médias e desvios padrão para os desempenhos dos alunos no pré-teste e na avaliação de aprendizagem. ....	118
Tabela 37 – “A Rotação Síncrona”: cálculo do ganho percentual médio. ....	118
Tabela 38 – “A Rotação Síncrona”: análise de contingência entre pré-teste e avaliação de aprendizagem. ....	119
Tabela 39 – Estimativa de ganho percentual médio global. ....	123



## **LISTA DE ANEXOS**

APÊNDICE A – Questionário dos especialistas.....	137
APÊNDICE B – Resultados de aprendizagem no pós-teste.....	145
ANEXO A – Questionário de percepção.....	147
ANEXO B – Pré-teste.....	153
ANEXO C – Pós-teste.....	155
ANEXO D – Avaliação de aprendizagem.....	159



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>23</b>
1.1 HIPÓTESE.....	25
1.2 JUSTIFICATIVA.....	25
1.3 OBJETIVO GERAL.....	25
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	26
<b>2 CONTEXTO DE PESQUISA.....</b>	<b>27</b>
2.1 O PAPEL DA VISUALIZAÇÃO NO ENSINO DE CIÊNCIAS.....	27
2.2 PROBLEMAS RELACIONADOS À APRENDIZAGEM DE ASTRONOMIA.....	28
2.2.1 As fases da Lua.....	31
2.2.2 Rotação Síncrona da Lua .....	31
2.2.3 Os eclipses.....	32
2.3 RECURSOS DIGITAIS: PLANETÁRIOS VIRTUAIS, HIPERTEXTO, MULTIMÍDIA e HIPERMÍDIA.....	32
2.4 CARACTERÍSTICAS DE UMA HIPERMÍDIA EDUCACIONAL.....	35
<b>3 NORTEADORES TEÓRICOS.....</b>	<b>37</b>
3.1 A APRENDIZAGEM MEDIADA POR COMPUTADOR: O QUE DIZEM AS PESQUISAS?.....	37
3.2 TEORIA DA CARGA COGNITIVA.....	39
3.2.1 O efeito de divisão de atenção .....	41
3.2.2 Efeitos instrucionais de modalidade e de redundância .....	43
3.2.3 Efeito de reversão de instrução devido à <i>expertise</i> dos alunos .....	44
3.2.4 Dinâmica da informação e possibilidades de interação com a tela ..	45
3.3 AVALIAÇÃO DE UMA HIPERMÍDIA EDUCACIONAL.....	48
3.4 AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM MEDIADA POR COMPUTADOR.....	50
<b>4 METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DA HIPERMÍDIA “AS FASES DA LUA”.....</b>	<b>53</b>
4.1 A HIPERMÍDIA.....	53
4.2 METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO.....	63
4.3 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS.....	64
4.3.1 Avaliação orientada ao material: especialistas .....	65
4.3.2 Avaliação orientada ao aluno: percepção dos alunos .....	67
4.3.3 Avaliação orientada ao aluno: avaliação de aprendizagem .....	69
4.4 METODOLOGIA DE ANÁLISE DE DADOS .....	73
<b>5 RESULTADOS.....</b>	<b>77</b>
5.1 AVALIAÇÃO DOS ESPECIALISTAS .....	77
5.2 RESULTADOS DA PERCEPÇÃO DOS ALUNOS .....	86
5.2.1 Percepção dos alunos quanto ao uso do computador .....	86
5.2.2 Percepção dos alunos quanto ao uso da hipermídia.....	89
5.3 RESULTADOS DE APRENDIZAGEM.....	92

<b>5.3.1 “A Lua”</b> .....	92
5.3.1.1 Eficiência do material didático .....	94
5.3.1.2 Discussão dos resultados .....	96
<b>5.3.2 “As Fases”</b> .....	97
5.3.2.1 Pós-teste: Eficiência do material didático .....	100
5.3.2.2 Avaliação de Aprendizagem: Eficiência do material didático .....	104
5.3.2.3 Alguns casos particulares .....	106
5.3.2.4 Discussão dos resultados .....	108
<b>5.3.3 “A Rotação Síncrona”</b> .....	109
5.3.3.1 Eficiência do material didático .....	118
5.3.3.2 Alguns casos particulares .....	120
5.3.3.3 Discussão dos resultados .....	121
<b>5.3.4 Resultados de aprendizagem: síntese</b> .....	122
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>125</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>131</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A física é conhecida muitas vezes por ser uma ciência difícil onde é necessária a utilização de cálculos matemáticos complicados, sendo este um dos principais fatores associados ao insucesso no seu estudo. De fato, um bom domínio no campo da matemática é essencial para que se possa estudá-la, caso contrário isso pode consistir numa dificuldade para a sua aprendizagem. Todavia, se deixarmos de lado os cálculos e as dificuldades com a matemática e pensarmos na compreensão fenomenológica dos conceitos podemos encontrar outros problemas que dificultam o seu aprendizado. Dentre eles, destacam-se os problemas de aprendizagem 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. No entanto não é condição suficiente para que o indivíduo seja capaz de explicar corretamente aquilo que observa. Um contexto onde esse aspecto pode ser identificado facilmente é no estudo dos fenômenos astronômicos que são fortemente observacionais e são explicados pela física.

Para que ocorra a aprendizagem de alguns dos fenômenos astronômicos, tal como as fases da Lua é importante que se façam observações criteriosas do céu. Todavia, nas cidades o excesso de construções e de iluminação noturna se constitui numa poluição visual que dificulta a percepção dos astros na esfera celeste. Além disso, diversos fatores associados a uma vida urbana cheia de distrações fazem com que os movimentos dos astros passem a ser muitas vezes despercebidos pelas pessoas. No domínio da astronomia as dimensões são extremamente grandes e o que se observa no céu são os movimentos vistos do referencial terrestre decorrentes do movimento de rotação da Terra e dos próprios astros no espaço. A visualização destes movimentos não facilita o entendimento do que de fato está acontecendo. É importante destacar que a história da ciência nos mostra como a observação dos movimentos dos astros no céu teve um papel determinante na formulação do modelo geocêntrico que predominou por mais de mil anos e como foi difícil a aceitação do modelo heliocêntrico no século XVI. Toda a dificuldade encontrada por vários séculos para a elaboração de uma explicação científica dos movimentos dos astros pode ser entendida como uma dificuldade que os alunos deverão encontrar ao estudar esses movimentos nos dias de hoje. Para que haja compreensão ao observar criteriosamente o céu é necessário possuir uma capacidade de abstração e um pensar científico do qual a maioria dos alunos não estão habituados. Não é trivial,

por exemplo, perceber que a Lua nasce no horizonte todos os dias um pouco mais tarde do que no dia anterior e associar esse retardamento ao seu movimento orbital visto daqui da Terra. Muitas pessoas nem compreendem que o nascer e o pôr da Lua, do Sol e das estrelas que ocorre todos os dias, nas regiões de latitudes não muito grandes, são movimentos decorrentes da rotação da Terra.

Entende-se também que cada indivíduo percebe o mundo exterior de forma diferenciada criando suas próprias representações mentais daquilo que experimenta através dos sentidos, neste caso específico através da visão. A observação diária do horizonte plano em localidades onde não há poluição visual é um bom exemplo que ilustra como a percepção do mundo exterior através da visão pode ser transformada em um modelo equivocado criado pela mente. Devido à grande dimensão da Terra, ao observarem todos os dias o horizonte plano, alunos mais jovens podem criar um modelo mental da Terra plana (VOSNIADOU e BREWER, 1992). É importante salientar que as influências culturais, de explicações do senso comum sobre os fenômenos se fazem geralmente presentes.

Enquanto que através da observação os indivíduos podem elaborar explicações próprias para aquilo que veem, a falta dela também pode ser um problema. Sobre essas circunstâncias, a física quântica é um bom exemplo, nesse domínio um dos problemas relacionados com a aprendizagem é o fato de que muitos dos fenômenos não são observáveis. Para contornar esse problema, muitas vezes são apresentados aos alunos recursos de visualização como analogias, representações ou modelos, os quais geralmente auxiliam no aprendizado. É importante destacar que a modelização tem um papel fundamental não apenas para fins educacionais, mas de modo geral para a ciência. Nosso conhecimento científico se dá através da elaboração de modelos.

Em meio aos problemas relacionados à visualização dos fenômenos explicados pela física, o uso do computador pode ser uma efetiva ferramenta de ensino, podendo auxiliar na superação das dificuldades de compreensão de muitos fenômenos observáveis e não observáveis. Nos dias atuais há diversos recursos digitais sendo utilizados em ambientes educacionais. Numa busca na *internet*, encontram-se diversos simuladores e animações que abrangem os diversos assuntos estudados na física, química, matemática e demais ciências.

A proposta de investigação deste trabalho consiste em avaliar o recurso hiperídia educacional “As Fases da Lua”, material didático digital elaborado para auxiliar no processo de ensino-aprendizagem deste fenômeno. Esse recurso foi elaborado a partir do conceito de objeto de

aprendizagem digital e acredita-se que pode ser uma ferramenta de ensino utilizada para promover a visualização privilegiada dos fenômenos estudados. Destaca-se a assim como problema desta pesquisa: *O material didático hipermídia auxilia no processo de aprendizagem de fenômenos astronômicos dotados de dificuldades de visualização?*

## 1.1 HIPÓTESE

Recursos digitais podem se tornar efetivas ferramentas de ensino de fenômenos dotados de dificuldades de visualização, tais como os fenômenos astronômicos. A elaboração de representações e modelos com a exploração de recursos multimídia pode fornecer suporte para a visualização e auxiliar na aprendizagem. Todavia, para que o recurso atinja os objetivos educacionais a que se propõe deve ser elaborado de maneira coerente. O conteúdo deve estar bem elaborado. Todos os recursos utilizados devem ter um propósito instrucional e devem estar alinhados com os pressupostos de aprendizagem. Aspectos técnicos e visuais devem ser pensados para favorecerem a aprendizagem.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

Nos dias atuais há diversos recursos digitais sendo utilizados em ambientes educacionais. Numa busca na *internet*, encontram-se diversos simuladores e animações abrangendo os diversos assuntos estudados nas diferentes ciências. Entretanto, a rápida expansão da *internet* e a popularização do computador têm permitido que a elaboração e o uso desses recursos antecipem os resultados de pesquisas direcionadas à sua inserção nos ambientes educacionais (HEGARTY, 2004; SILVA, 2012). Para além da ampla utilização de recursos digitais nos contextos de ensino e aprendizagem, é importante que se avance também nas avaliações desses materiais para que sejam utilizados de maneira responsável, consciente e adequados aos fins educacionais.

## 1.3 OBJETIVO GERAL

Avaliar se um material didático hipermídia elaborado para auxiliar na aprendizagem das fases e de movimentos lunares atinge os seus objetivos educacionais.

## 1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar se o conteúdo, as estratégias de ensino e aspectos técnicos e visuais da hipermídia contribuem para a aprendizagem dos conceitos envolvidos.
- Destacar os aspectos positivos e negativos do material e o nível(is) de ensino mais adequado(s) para a sua utilização.
- Investigar os resultados de aprendizagem dos conceitos sobre as fases e movimentos da Lua a partir da utilização da hipermídia educacional em um ambiente real de aprendizagem.
- Investigar a percepção dos alunos quanto ao uso do computador e da hipermídia em um ambiente real de aprendizagem.

Neste trabalho, no segundo capítulo, discutem-se aspectos sobre a visualização no ensino de ciências, destacando-se que a astronomia é um domínio onde a observação tem um importante papel no auxílio à compreensão dos fenômenos. Destacam-se os problemas relacionados à aprendizagem dos fenômenos astronômicos e como recursos ancorados no computador podem ser utilizados para auxiliar na superação dessas dificuldades.

No terceiro capítulo, apresentam-se os norteadores teóricos, iniciando-se com uma breve discussão sobre a aprendizagem mediada por computador. Apresentam-se a teoria da carga cognitiva e as suas contribuições para os materiais didáticos ancorados em recursos digitais. Destacam-se numa revisão, pesquisas nacionais e suas metodologias de avaliação de recursos hipermídia educacionais.

No quarto capítulo, apresentam-se o recurso hipermídia “As Fases da Lua” e as suas principais características. Destacam-se o contexto educacional em que esse material didático foi utilizado e a metodologia de avaliação.

No quinto capítulo são apresentados os resultados da avaliação do material didático.

No sexto e último capítulo são apresentadas as conclusões e considerações acerca deste trabalho de pesquisa.

## 2 CONTEXTO DE PESQUISA

Neste capítulo, apresentam-se a importância da visualização no ensino de ciências definindo-se a terminologia adotada, os problemas relacionados à aprendizagem de alguns fenômenos astronômicos pertinentes ao trabalho em questão e alguns recursos digitais que podem ser utilizados para auxiliar na aprendizagem de fenômenos astronômicos. Pretende-se, com isso, delimitar o contexto em que se insere esta pesquisa.

### 2.1 O PAPEL DA VISUALIZAÇÃO NO ENSINO DE CIÊNCIAS

A visão consiste num dos meios pelos quais coletamos informações e percebemos o “mundo” ao nosso redor. No entanto, nem sempre essa percepção ocorre ou é o suficiente para que os fenômenos investigados pelas ciências sejam aprendidos. A exploração de recursos visuais assume assim um papel importante no ensino de ciências podendo contribuir efetivamente para auxiliar os alunos na interpretação e na aprendizagem dos conteúdos estudados.

Julga-se de extrema importância apresentar as definições encontradas nas pesquisas sobre visualização. Vavra et al (2011) fazem uma revisão de 65 estudos sobre a visualização na área de ensino de ciências verificando diferentes definições para o uso desse termo. De acordo com os autores a palavra visualização pode ter três definições as quais serão adotadas neste trabalho, são elas: **objetos de visualização, visualização introspectiva e visualização interpretativa.**

Os **objetos de visualização** definem objetos físicos utilizados para serem observados, tais como imagens, gráficos, diagramas, tela de um computador e outros. As **visualizações introspectivas** por sua vez definem os objetos criados pela mente, os quais podem ser entendidos como representações mentais dos objetos de visualização e, a **visualização interpretativa** se refere ao processo cognitivo ativo, à mudança no pensamento devido à interação entre objetos de visualização e visualizações introspectivas.

Essa distinção é importante e está associada aos estudos na área de psicologia cognitiva onde há uma hipótese central de que a mente funciona através de representações mentais e de processos cognitivos que operam sobre essas representações. A partir dessa hipótese, conclui-se que as pessoas não captam o mundo externo diretamente, mas criam representações mentais, ou seja, representações internas sobre o mundo exterior (CLARK e PAIVIO, 1991; MAYER, 2005; SWELLER, 2008).

Dessa hipótese central da psicologia cognitiva, assume-se que a utilização de objetos de visualização pode auxiliar na visualização introspectiva favorecendo a interpretação e o aprendizado.

No ensino de ciências muitos fenômenos e conceitos são difíceis de serem compreendidos devido às dificuldades de visualização introspectiva e consequentemente interpretativa. 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).

Um contexto em que objetos de visualização podem ter um papel importante é no ensino dos fenômenos astronômicos. A astronomia, ou a astrofísica, como é denominada quando entendida como uma subárea da física atua no domínio das grandes escalas de tamanhos e distâncias. Alguns dos fenômenos astronômicos, como as fases da Lua e os movimentos de rotação e translação da Terra podem ser entendidos sem muito apelo aos cálculos matemáticos. Porém, pesquisas têm evidenciado que a compreensão desses fenômenos necessita fortemente da utilização de objetos de visualização, tais estudos sugerem o uso de recursos como maquetes (KRINER, 2004) ou até mesmo a observação criteriosa do céu noturno (SCARINCI e PACCA, 2006).

Na seção seguinte, apresentam-se algumas das dificuldades encontradas na aprendizagem de astronomia.

## 2.2 PROBLEMAS RELACIONADOS À APRENDIZAGEM DE ASTRONOMIA

A astronomia é uma área da ciência fortemente observacional onde se utiliza a natureza como laboratório e muitas observações podem ser feitas a olho nu. Entretanto, a falta de habilidades para a realização de uma observação criteriosa do céu noturno que possibilite compreender os movimentos dos astros e suas peculiaridades pode levar os indivíduos a interpretar os fenômenos de maneira equivocada. 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, 2005; DIAS e PIASSI, 2007; AGUIAR et al, 2009).

As escalas de tamanho e distância são extremamente grandes nesse domínio, para um observador situado na superfície da Terra é difícil de

compreender o que está acontecendo no céu. Para que ocorra a aprendizagem, precisa-se geralmente de uma visualização de um referencial situado em um local privilegiado, o que exige um alto grau de abstração e de visão espacial da qual os alunos não estão acostumados. Por exemplo, a partir do questionamento “Imagine-se num referencial fixo no Sol, como você visualizaria a órbita da Lua?” Aguiar et al (2009) apresentam conhecimentos errôneos<sup>1</sup> trazidos por alunos e até mesmo por professores, sobre esse questionamento e as noções do senso comum sobre a geometria do movimento da Lua ao redor do Sol presentes em textos de referências sobre o assunto. Outra dificuldade relaciona-se às escalas de tempo de ocorrência dos fenômenos que são geralmente muito maiores do que de outros fenômenos do nosso dia-a-dia que ocorrem em intervalos de tempo de segundos, minutos, horas. Não é possível, por exemplo, observar o céu uma só vez, visualizar e identificar mudanças na fase da Lua. Torna-se necessário observá-lo pelo menos ao longo de uma semana para que se percebam alterações significativas nas partes iluminadas desse astro.

Com o intuito de auxiliar na compreensão dos fenômenos astronômicos é possível elaborar modelos ou representações em objetos de visualização que situam o observador em outros referenciais. Na aprendizagem das fases da Lua, por exemplo, animações podem situar o observador em um referencial privilegiado onde é possível visualizar as posições relativas entre Lua, Terra e Sol, numa escala de tempo acelerada ou fazer uso de esquemas, modelos e analogias que visam auxiliar na visualização da dinâmica do fenômeno.

No entanto, é importante destacar que dificilmente se consegue criar um modelo que respeite simultaneamente as escalas de tempo, tamanho e distância dos fenômenos e isso pode levar os alunos a interpretar incorretamente o que está sendo estudado. Um exemplo muito conhecido é o de representações do movimento orbital da Terra ao redor do Sol onde se exagera na excentricidade da órbita elíptica com intuito de mostrar que a distância Terra-Sol varia ao longo do movimento ou por uma questão de apresentar a imagem em perspectiva. Esse exagero pode levar os alunos a associar essa variação de distância entre Terra e Sol com a explicação para a ocorrência das estações do ano. Tal problema de visualização interpretativa pode ser resolvido ao mostrar para os alunos figuras de elipses e as suas respectivas excentricidades antes da discussão sobre a órbita elíptica da

---

<sup>1</sup>O conhecimento previamente adquirido pelos alunos antes da instrução possui diversas denominações. Entende-se que essas denominações estão associadas a diferentes referenciais de pesquisa adotados. Neste trabalho serão mantidas as denominações apresentadas pelos trabalhos originais.

Terra. Torna-se assim mais fácil a percepção de que o movimento orbital do nosso planeta ao redor do Sol consiste em uma elipse com excentricidade pequena quase consistindo em uma circunferência.

Uma alternativa interessante na elaboração de objetos de visualização pode ser o uso de analogias. A apresentação de outros movimentos similares aos movimentos dos fenômenos astronômicos e que podem ser observados no nosso cotidiano em menores escalas de tamanho, distância e tempo pode dar um suporte ao aprendizado. A Figura 1 ilustra um exemplo de analogia utilizada para apresentar os movimentos da Terra e da Lua ao redor do Sol através dos movimentos de um balé em uma animação. Um bailarino representando a Lua gira sempre de frente (rotação da Lua é síncrona com sua translação) em torno de uma bailarina que representa a Terra. Ao mesmo tempo os dois giram ao redor de um ponto de luz situado no centro, que representa o Sol. Na animação, explica-se que há limitações nessa analogia, pois a bailarina deveria girar ao redor de si mesma um pouco inclinada para representar a inclinação do eixo de rotação da Terra e o plano de rotação do bailarino também não deveria ser o mesmo da bailarina. Enfim, dificilmente é possível representar de forma fidedigna o que se estuda nessa área. Mas, em ciência dificilmente um modelo descreve exatamente um fenômeno, mas suas principais características. O importante é fornecer um modelo simplificado para auxiliar a visualização e, então, discutem-se suas limitações.

Figura 1- Imagens estáticas de animação que apresenta uma analogia entre os movimentos de um balé e os movimentos da Terra e da Lua ao redor do Sol.



Fonte: SILVA e BARROSO (2008)

A seguir, apresentam-se as dificuldades de aprendizagem sobre os fenômenos astronômicos apresentados pela hipermissão avaliada neste trabalho. Apresentam-se também os conhecimentos previamente adquiridos pelos alunos mais recorrentes encontrados na literatura de pesquisa em ensino de ciências sobre esses fenômenos.

### **2.2.1 As fases da Lua**

Os problemas relacionados à aprendizagem das fases da Lua estão associados com as dificuldades de visualização das posições relativas entre Sol, Terra e Lua. Tal dificuldade pode levar os alunos a interpretar que as fases da Lua funcionam como eclipses. A explicação para os eclipses será descrita numa seção posterior.

Alguns dos conhecimentos previamente adquiridos pelos alunos mais encontrados na literatura de pesquisa em ensino de ciências de acordo com Kriner (2004) são:

- As fases são causadas pelas nuvens que cobrem a Lua.
- As fases são causadas pela sombra produzida pela Terra.
- As fases são causadas pela sombra produzida pelo Sol.
- As fases são causadas pela sombra produzida pelos planetas do sistema solar.

A explicação cientificamente aceita para a ocorrência desse fenômeno é a de que a Lua reflete a luz solar e o que é visto da Terra depende das posições relativas entre Sol, Terra e Lua. A posição do observador na superfície da Terra ainda define como percebemos a fase.

### **2.2.2 Rotação Síncrona da Lua**

Os problemas na aprendizagem da rotação síncrona podem estar associados às dificuldades de visualização de que os movimentos de rotação da Lua em torno do próprio eixo e de translação ao redor da Terra ocorrem no mesmo intervalo de tempo. Dessa sincronia resulta que a mesma face está sempre voltada para a Terra. As causas desse fenômeno, associadas às interações de maré entre o sistema Terra-Lua, não estão relacionadas às causas das fases lunares. No entanto, assim como as fases, esse fenômeno ocorre ao longo do movimento orbital da Lua ao redor da Terra.

Há dificuldades de se encontrar na literatura de pesquisa em ensino de ciências conhecimentos previamente adquiridos pelos alunos sobre a rotação síncrona. Langui (2011) destaca a ideia intuitiva de que a Lua apresenta sempre a mesma face por não ter movimento de rotação. No capítulo 5 serão destacados alguns conhecimentos não científicos de um grupo de alunos sujeitos desta pesquisa acerca do fenômeno.

### 2.2.3 Os eclipses

A explicação dos eclipses é comumente confundida e associada ao fenômeno das fases da Lua. Entretanto, a órbita da Terra ao redor do Sol e a órbita da Lua ao redor da Terra, não estão no mesmo plano. O plano da órbita da Lua está inclinado em aproximadamente 5° em relação ao plano da órbita da Terra. Assim os eclipses solares e lunares ocorrem apenas nos pontos em que os planos das duas órbitas coincidem. Quando isso acontece, um corpo pode passar pela sombra provocada pelo outro. Quando a Lua passa pela sombra provocada pela Terra ocorre um eclipse lunar e quando a Terra passa pela sombra provocada pela Lua ocorre um eclipse solar. Supõe-se que muitos alunos não sabem da existência da inclinação entre esses planos, o que pode gerar confusão entre a compreensão das fases da Lua e dos eclipses. Os esquemas normalmente apresentados nas figuras de livros didáticos para representar a geometria de ocorrência de eclipses e das fases nova e cheia parecem não contribuir para a discussão e para a compreensão do fenômeno (KRINER, 2004).

### 2.3 RECURSOS DIGITAIS: PLANETÁRIOS VIRTUAIS, HIPERTEXTO, MULTIMÍDIA e HIPERMÍDIA

Em meio às dificuldades de aprendizagem no ensino de astronomia, parte-se da premissa que o computador pode ser utilizado como um efetivo objeto de visualização, ancorado em recursos digitais tais como hipermídia, imagens, animações, simulações e outros. Esses recursos podem ser utilizados para contornar os problemas de escala de tempo, tamanho e distâncias. Quanto aos problemas relacionados à escala de tempo, os fenômenos podem ser visualizados de forma acelerada, através de recursos que reproduzem planetários virtuais. Quanto aos problemas de escala de tamanho e de distância, alguns recursos digitais propiciam o controle das escalas dessas grandezas, permitindo que o usuário faça um “passeio” pelo universo.

Atualmente, há pouca bibliografia de qualidade e que auxilia na aprendizagem dos conceitos de astronomia destacados na seção anterior. Em contrapartida, há uma diversidade de recursos digitais disponíveis que podem contribuir para ampliar as possibilidades de compreensão dos fenômenos astronômicos. Alguns desses recursos são *o Stellarium*, *Google Sky*, *Celestia*, *Universe Sandbox*, materiais hipermídia e páginas criadas na internet por especialistas.

O *Stellarium* é um planetário virtual, onde o observador pode

escolher um local na superfície da Terra ou de outro astro do sistema solar, como a Lua ou Marte e observar uma simulação do céu a partir do local escolhido. Uma contribuição importante deste *software* está associada à capacidade do observador de controlar a passagem do tempo, sendo possível utilizá-lo como objeto para visualizar as configurações do céu nas próximas horas, dias, meses, anos. Com este recurso é possível se fazer uma observação “limpa” sem poluição visual e criteriosa do céu noturno. No entanto, restringe-se a uma promoção da visualização dos movimentos dos astros no céu segundo o referencial escolhido.

O *Google Sky* é um recurso que possibilita a observação de vários aspectos da esfera celeste. As ferramentas de navegação disponíveis permitem escolher a observação de constelações no céu, do Sistema Solar, nebulosas, galáxias. Ao navegar utilizando a ferramenta *zoom*, o observador pode controlar a escala de distância em que está observando, sendo possível visualizar corpos distantes, como outras galáxias, que não são observadas a olho nu.

O *Celestia* é outro recurso que se destaca por possibilitar ao usuário uma viagem pelo universo, diferenciando-o dos planetários virtuais como o *Stellarium*, onde se observa o céu de um ponto estabelecido na superfície da Terra ou de outro astro do sistema solar. Nesse recurso é possível programar apresentações para demonstrações de “passeios” pelo cosmo. Permite-se que se explore o universo através de uma ampla gama de escalas de tamanhos e distâncias.

O *Universe Sandbox* é um simulador de gravidade interativo. Neste *software*, o usuário pode alterar valores de parâmetros como a massa, o tamanho e a distância dos astros e verificar os efeitos gravitacionais decorrentes.

Esses são alguns dos diversos recursos digitais que propiciam as mais diferentes experiências visuais e podem ser utilizados para a promoção da visualização no ensino de astronomia.

Entretanto, recursos digitais podem servir também como plataformas para a elaboração e apresentação de modelos ou representações elaborados para facilitar na visualização introspectiva e interpretativa dos fenômenos estudados. É nesse contexto que se insere o recurso hipermídia “As Fases da Lua”, onde modelos apresentados na forma de animações, foram elaborados para promover uma observação privilegiada e facilitar na aprendizagem do conteúdo.

Torna-se assim importante apresentar a definição de hipermídia assumida no âmbito deste trabalho de pesquisa. Utilizam-se as definições de Gosciola (2003) para definir três tipos de recursos digitais: o hipertexto,

a multimídia e a hipermídia. O autor diferencia esses três recursos e para seja entendida a definição de hipermídia é necessária a apresentação da definição dos demais.

O hipertexto é um agrupamento de textos em meio digital, interligados por elos associativos, chamados *links*, os quais permitem ao leitor uma navegação não linear. A multimídia é entendida como a integração de diversos recursos de mídia como textos, imagens estáticas, gráficos, animações, vídeos e modelagem espacial em um sistema de computador, onde há pouca interação com o usuário. A hipermídia diferencia-se da multimídia e do hipertexto, ao combinar aspectos desses dois recursos, apresentando maior navegabilidade do que a multimídia e mais conteúdos audiovisuais do que o hipertexto e maior interatividade do que os demais. Os *links* são unidades primordiais nesse recurso digital onde se possibilita a inter-relação entre conteúdos e ao mesmo tempo entre os conteúdos e o usuário.

É pertinente também a diferenciação dos conceitos de interação e de interatividade extremamente importante na discussão de materiais didáticos. O conceito de interação é antigo e, muito utilizado na física, onde está associado ao comportamento das partículas, as quais têm seu movimento alterado pela ação de outras partículas. Esse conceito de interação da física foi adotado pela sociologia e pela psicologia social onde passou a estar associado a toda ação humana ou social, ou seja, nenhuma ação humana ou social existe separada da interação (SILVA, 1998; VALLE e BOHADANA, 2012).

O termo interatividade passou a ser comumente utilizado a partir das mudanças no paradigma do processo de comunicação. Esta mudança de paradigma está relacionada à ênfase dada à interação onde se deixou de ter essencialmente a superioridade do transmissor sobre o receptor passivo e passou-se a buscar um papel ativo de todos os agentes, tanto do transmissor quanto do receptor (PRIMO, 2000; VALLE e BOHADANA, 2012). Entende-se assim a interatividade como a capacidade de um sistema em criar condições para a interação.

Primo (2000) destaca características relacionadas a dois tipos de interação, as quais estão focadas na relação entre os agentes participantes desta ação: mútua e reativa. A interação reativa se caracteriza por uma troca ou intercâmbio. Estabelecem-se de maneira clara as figuras do emissor e do receptor, havendo pouca ou nenhuma liberdade para uma cocriação por parte deste, ou seja, há uma limitação no processo interativo. O usuário (receptor) interage com o sistema, mas as respostas do sistema já foram pré-estabelecidas pelo seu criador. Na interação mútua, o relacionamento entre

os participantes vai se definindo ao mesmo tempo em que acontecem os eventos interativos. A interação de um agente é dependente da ação anterior do outro agente, deixando-se de estabelecer de maneira clara as figuras de emissor e receptor. Um exemplo deste tipo de interação ocorre num debate em um fórum *online*. O autor ainda destaca que interação reativa e interação mútua não são excludentes podendo ocorrer ao mesmo tempo.

No âmbito deste trabalho, as interações entre usuário e computador, caracterizam-se a partir das definições descritas acima como reativas. A interatividade propiciada pelo recurso hipermídia “As Fases da Lua” está descrita no capítulo 4.

Na próxima seção apresentam-se características de uma hipermídia educacional por ser o recurso didático objeto dessa pesquisa.

## 2.4 CARACTERÍSTICAS DE UMA HIPERMÍDIA EDUCACIONAL

No contexto da mudança de paradigma do processo de comunicação e informação a hipermídia surge como uma linguagem ou meio onde as histórias são contadas de maneira não linear. Diferentemente deste texto onde o leitor segue a lógica do autor de forma linear, na linguagem da hipermídia o leitor passa a ser entendido como um usuário e pode seguir e interagir com um conteúdo de formas plurais na tela do computador. A interatividade e a utilização de recursos multimídia são características essenciais desta linguagem, a primeira permite ao usuário a interação com o conteúdo na interface do computador e a segunda permite a utilização de diferentes fontes de informação.

Quando elaborada para fins educacionais uma hipermídia pode apresentar características distintas daquelas desenvolvidas para outros propósitos, deseja-se nesse contexto auxiliar o aluno numa navegação em um material elaborado para um dado domínio de conhecimento. Sendo assim a arquitetura de navegação pelos conteúdos deve ser pensada de tal maneira que os alunos não se percam em navegações aleatórias pela *internet*. Uma possível solução para esse problema é a utilização de *links* externos em páginas separadas daquelas onde o conteúdo está apresentado.

Quanto ao conteúdo é importante que seja elaborado respeitando-se as características dos usuários tais como: idade, sexo, grau de escolaridade, experiência do usuário com o uso do computador e *internet*. Destaca-se também nesse contexto a importância do embasamento em alguma teoria de ensino-aprendizagem (ROCHA e CAMPOS, 1993; SILVA e ELLIOT, 1998; HEIDRICH, 2009).

A combinação de formato e conteúdo numa interface hipermídia de

modo a guiar o aluno no processo de construção do conhecimento deve estar de acordo com os pressupostos de aprendizagem assumidos. Pesquisas sobre visualização no ensino de ciências têm destacado que a distribuição espacial da informação, os recursos de mídia utilizados e suas combinações na interface, a dinâmica e a interatividade são características essenciais e que podem ter uma forte influência na qualidade de um recurso digital como ferramenta educacional. Essas características voltarão a ser discutidas no próximo capítulo juntamente com os pressupostos de aprendizagem assumidos no âmbito desta pesquisa.

Com o intuito de guiar e propiciar ao usuário uma interação livre com o material sem que sejam perdidos conteúdos e continuidade, pode-se pensar na elaboração de uma hipermídia a partir do conceito de objeto de aprendizagem digital. De acordo com Wiley (2000) objetos de aprendizagem são recursos digitais, que podem ser “quebrados” em componentes menores e reutilizados em diferentes contextos de aprendizagem. Tais recursos podem ser distribuídos na *internet* e reutilizados para apoiar a aprendizagem, sendo passíveis de alterações e novas versões. Diferentemente dos recursos didáticas tradicionais, podem ser utilizados por qualquer número de pessoas simultaneamente (WILEY, 2000; HEIDRICH, 2009).

No que tange à “quebra” de um objeto de aprendizagem, a sua granularidade em componentes menores pode constituir objetos de aprendizagem menores de conteúdo único. Esses componentes menores podem ser formados por recursos como textos, imagens estáticas, animações, vídeos, simulações ou a partir da combinação desses formatos.

A hipermídia “As Fases da Lua” pode ser “quebrada” em objetos de aprendizagem menores formados por animações e imagens estáticas onde são apresentados conceitos sobre esse fenômeno. Ao mesmo tempo esse recurso é um objeto de aprendizagem componente de um objeto de aprendizagem maior a hipermídia “O Sol, a Terra e a Lua”. No capítulo 4, apresentam-se a descrição e as principais características do material com maiores detalhes.

### 3 NORTEADORES TEÓRICOS

Neste capítulo discutem-se e apresentam-se trabalhos que destacam aspectos da aprendizagem mediada por recursos ancorados no computador. Essa discussão não está restrita aos recursos hiperfídia, busca-se entender como a aprendizagem pode ser facilitada com o uso de recursos digitais em geral.

Apresenta-se também uma revisão de pesquisas nacionais que avaliaram recursos hiperfídia educacionais com o objetivo de compreender as dimensões que a avaliação de um recurso digital didático pode contemplar. Por fim, discute-se sobre a avaliação de aprendizagem uma das dimensões do processo avaliativo de um recurso digital didático.

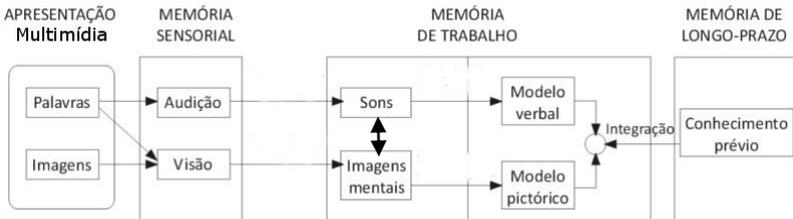
#### 3.1 A APRENDIZAGEM MEDIADA POR COMPUTADOR: O QUE DIZEM AS PESQUISAS?

Pesquisas que investigam a aprendizagem mediada por recursos digitais têm mostrado que os resultados são uma combinação da interação entre as individualidades de aprendizagem e as características do material didático (MUNZER et al, 2009; HÖFFLER e SCHWARTZ, 2011). Dentre essas características estão: a quantidade de informação utilizada, os tipos de fontes de informação, a sua distribuição espacial na tela, a sua dinâmica, a interatividade, entre outros fatores que caracterizam o conteúdo e a forma como ele é apresentado no material didático.

Decorrem dos resultados mencionados acima que um caminho para potencializar a aprendizagem é buscar o alinhamento entre a instrução e a cognição humana. Mas o que compreendemos acerca do processamento cognitivo humano? Uma resposta pode ser obtida em Mayer (2005) que apresenta um modelo de aprendizagem multimídia, baseando-se em três hipóteses. A primeira se refere à existência de dois canais de processamento que funcionam separadamente: o visual e o auditivo. Apesar do processamento separado, os dois canais se relacionam. Por exemplo, uma ilustração pode ser processada inicialmente pelo canal visual, no entanto, um indivíduo pode construir mentalmente uma correspondente descrição verbal que será processada pelo canal auditivo. A segunda hipótese, baseada no trabalho de Chandler e Sweller (1991), assume que os dois canais são limitados na capacidade de processar informações. E a terceira hipótese sugere que os indivíduos se envolvem num processo cognitivo ativo organizando informações selecionadas e elaborando estruturas mentais coerentes no âmbito dos dois canais e, em seguida, integrando-as com o

conhecimento já existente. A Figura 2 ilustra a estrutura do processamento cognitivo de acordo com esse modelo.

Figura 2 - Modelo de processamento cognitivo de informação multimídia.



Fonte: Adaptado de MAYER (2005)

De acordo com o modelo apresentado acima, assume-se que a arquitetura de processamento cognitivo humano é dividida em:

- Memória sensorial: responsável pela recepção da informação pelos canais visual e auditivo num curto intervalo de tempo.
- Memória de trabalho: responsável pela integração do conhecimento receitado pelos canais visual e auditivo com o conhecimento já existente na memória de longo prazo.
- Memória de longo prazo: responsável pelo armazenamento da informação após a integração na memória de trabalho.

Entende-se assim que na aprendizagem mediada pelo computador, as novas informações apresentadas em uma tela são receitadas pela memória sensorial através dos canais visual e auditivo em um curto período de tempo que pode durar entre 1 ou 2 segundos. Após esse período são enviadas para a memória de trabalho onde são processadas. A aprendizagem ocorre devido à integração das novas informações com o conhecimento já contido na memória de longo prazo que é trazido para a memória de trabalho durante o processamento cognitivo. Esse processo de integração na memória de trabalho, também chamado de codificação, é limitado devido à sua capacidade de processamento restrita. Portanto, pode-se pressupor que a aprendizagem é limitada quando a mesma está sobrecarregada.

Na tela do computador, os diferentes tipos de mídias apresentados, competem pela atenção do usuário, o que pode sobrecarregar a memória de trabalho e gerar dificuldades de compreensão. Torna-se fundamental estruturar a informação apresentada de modo a facilitar o processamento

cognitivo.

Sweller (2002) afirma que muitas pesquisas se preocuparam em investigar a estrutura cognitiva durante décadas, enquanto menos atenção foi dada para investigações sobre a organização da informação apresentada nos recursos didáticos. Hegarty (2004) afirma que além de investigar aspectos relacionados à maneira como a informação é apresentada e seus impactos para a aprendizagem, são importantes investigações sobre o processo cognitivo dos indivíduos, partindo-se de uma premissa de que as individualidades de aprendizagem podem ser mais relevantes do que as características da instrução.

Reconhece-se que os dois caminhos fornecem um ganho e alguns dos estudos mais recentes que utilizaram recursos digitais como objetos de visualização têm considerado ambos os aspectos na investigação dos resultados de aprendizagem.

Apresenta-se a seguir a teoria da carga cognitiva e as suas contribuições para a apresentação da informação em materiais didáticos digitais.

### 3.2 TEORIA DA CARGA COGNITIVA

A teoria da carga cognitiva (SWELLER, 2002 e 2008) é uma teoria de *design* instrucional baseada no nosso conhecimento do processamento cognitivo humano. Ela fornece diversas orientações para auxiliar na estruturação e organização do conteúdo na tela do computador. É importante destacar que as suas contribuições se estendem à elaboração de qualquer material didático incluindo os tradicionais livros didáticos, não estando restrita aos materiais didáticos digitais.

Pressupõe-se que a instrução pode tornar a interação humana com o computador mais alinhada com os processos cognitivos. Assume-se a existência de uma memória de longo prazo com capacidade ilimitada e uma memória de trabalho com capacidade limitada. O objetivo é apresentar a informação sem sobrecarregar a memória de trabalho do indivíduo, auxiliando no armazenamento da informação na memória de longo prazo.

A teoria distingue três fontes de carga cognitiva, as quais são aditivas e são responsáveis pela possível sobrecarga da memória de trabalho:

- **Carga cognitiva intrínseca:** determinada pela complexidade do conteúdo e pelo conhecimento inicial do indivíduo sobre este. Quanto maior o conhecimento do aluno sobre o conteúdo menor a adição dessa carga.

- **Carga cognitiva extrínseca ou irrelevante:** corresponde ao esforço mental desnecessário imposto pela forma em que a informação é apresentada para o indivíduo.
- **Carga cognitiva relevante:** resulta das atividades mentais que são diretamente relevantes para a aprendizagem.

É importante salientar que o conteúdo pode ser colocado em um contínuo de acordo com a sua complexidade. Entende-se como conteúdo complexo aquele que necessita da compreensão de diversos elementos de informação ao mesmo tempo. Num extremo desse contínuo, onde não há complexidade, a compreensão do conteúdo impõe uma baixa carga cognitiva intrínseca. Nesse cenário, melhorias na apresentação da informação podem não influenciar na aprendizagem, pois a memória de trabalho dificilmente será sobrecarregada pelas demais cargas (extrínseca e relevante). No outro extremo do contínuo, onde a informação apresentada é de difícil entendimento, a carga cognitiva intrínseca impõe uma demanda na memória de trabalho. Nesse extremo a teoria da carga cognitiva pode contribuir para melhorias na apresentação da informação e a eficiência instrucional de um material didático estará associada com a redução da carga cognitiva extrínseca para que a carga cognitiva relevante seja aumentada sem sobrecarregar a memória de trabalho.

Destaca-se que os conceitos abordados pela hipermídia “As Fases da Lua” (descritos no capítulo 4) são complexos devido à necessidade de compreensão dos vários movimentos dos astros envolvidos e que ocorrem ao mesmo tempo, assim como os problemas relacionados à visualização desses fenômenos já mencionados no capítulo anterior, impondo uma demanda de carga cognitiva intrínseca na memória de trabalho.

Por utilizar recursos multimídia na tela do computador, a informação apresentada numa interface hipermídia provém de distintas fontes. Compreender a informação apresentada pode gerar um grande esforço mental desnecessário e a adição de uma demanda de carga cognitiva extrínseca ao indivíduo, o que certamente sobrecarregará a memória de trabalho. 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 extrínseca).

Nas seções seguintes apresentam-se alguns efeitos instrucionais decorrentes da teoria da carga cognitiva.

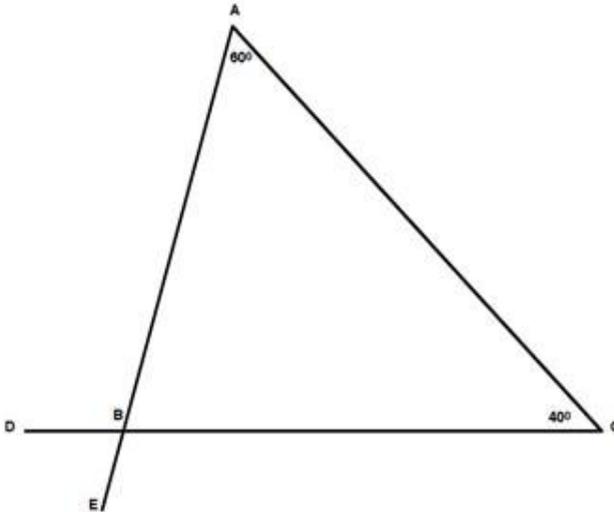
### 3.2.1 O efeito de divisão de atenção

Assumindo-se uma estrutura de processamento cognitivo através dos canais visual e auditivo, presume-se que a utilização de fontes de informações verbais e não verbais possam ter um efeito aditivo que contribua para a aprendizagem. No entanto, a distribuição espacial dessas diferentes fontes na tela pode confundir o usuário gerando um efeito de divisão de atenção. Se a informação for apresentada em dois ou mais formatos diferentes e esses formatos estiverem distanciados na tela, o indivíduo precisa fazer a integração na memória de trabalho para que haja compreensão. Esta integração pode sobrecarregar a memória de trabalho.

A apresentação de diferentes fontes de informação de forma separada em uma tela pode aumentar a carga cognitiva extrínseca, uma vez que o indivíduo utilizará parte da capacidade da memória de trabalho para integrá-las. A sua integração na tela pode reduzir a carga cognitiva extrínseca, reduzindo o esforço da memória de trabalho, uma vez que a informação visualizada já estará integrada. Chandler e Sweller (1991) desenvolveram experimentos para testar essa hipótese. Tais experimentos consistiram em analisar os resultados de aprendizagem após a utilização de materiais didáticos que apresentaram a informação com diferentes fontes de forma separada e de forma integrada. Os resultados de aprendizagem foram melhores para apresentação das diferentes fontes de forma integrada. Resultados que podem ser justificados pelos princípios da teoria da carga cognitiva.

O exemplo da Figura 3 ilustra o efeito de divisão de atenção na aprendizagem no domínio da matemática, no qual se apresenta diagrama e texto de modo distanciado no material.

Figura 3 – Exemplo de estrutura espacial das fontes de informação que podem provocar o efeito de divisão de atenção.



Na imagem acima, encontre o valor para o ângulo DBE.

Solução:

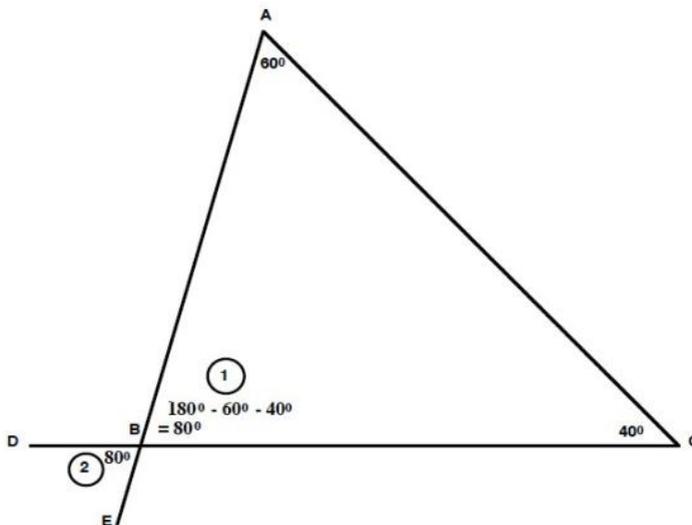
$$\begin{aligned} \text{ângulo ABC} &= 180^\circ - \text{ângulo BAC} - \text{ângulo BCA} \text{ (A soma dos ângulos internos é } 180^\circ) \\ &= 180^\circ - 60^\circ - 40^\circ \\ &= 80^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ângulo DBE} &= \text{ângulo ABC} \text{ (ângulos verticalmente opostos são iguais)} \\ &= 80^\circ \end{aligned}$$

Fonte: Adaptado de SWELLER (2002).

As afirmações colocadas abaixo do diagrama na Figura 3 explicitam o cálculo dos ângulos ABC e DBE. Torna-se necessário a visualização das duas fontes de informação no objeto para que haja a compreensão. A integração dos cálculos com o diagrama pode reduzir o efeito de divisão de atenção, tornando a apresentação das fontes de informação mais próximas no objeto de visualização. Na Figura 4, apresenta-se uma alternativa para contornar o efeito de divisão de atenção nesse exemplo.

Figura 4 – O efeito de divisão de atenção pode ser reduzido ao aproximar as fontes de informação no objeto de visualização.



Fonte: SWELLER (2002).

Percebe-se da Figura 4 que a integração entre os cálculos e o diagrama, evita o efeito de divisão de atenção, uma vez que ao visualizar o diagrama o usuário visualiza também os cálculos, reduzindo o esforço cognitivo.

### 3.2.2 Efeitos instrucionais de modalidade e de redundância

O efeito de modalidade está associado à exploração dos dois canais de processamento cognitivo, o visual e o auditivo. No âmbito da recepção da informação pela memória sensorial, por exemplo, a exploração de recursos visuais e sonoros pode potencializar o processamento cognitivo dos dois canais e contribuir para a integração de informações verbais e não verbais na memória de trabalho. Da mesma forma um material que utiliza uma combinação de imagens e textos que são receptados inicialmente apenas pela memória sensorial visual pode também potencializar o processamento dos dois canais, desde que na memória de trabalho cada formato seja processado em um canal diferente. Por exemplo, as imagens podem ser processadas através de imagens mentais pelo canal visual e os textos podem ser processados pelo canal auditivo que é responsável pelo

processamento das informações verbais na memória de trabalho.

O efeito de redundância é decorrente do uso de mais de uma fonte de informação que sejam inteligíveis isoladamente para apresentar o mesmo assunto. Por exemplo, ao apresentar num objeto de visualização uma imagem e um texto onde a imagem pode ser totalmente compreendida sem a leitura do texto e vice-versa, a redundância pode se tornar evidente e causar um esforço cognitivo desnecessário. Desse efeito decorre que os recursos utilizados para a apresentação da informação devem ter um propósito essencial, qualquer fonte de informação adicional utilizada para enriquecer a instrução sem que haja um objetivo para a sua utilização poderá comprometer a aprendizagem, ao invés de auxiliar. Vale destacar que os efeitos instrucionais de divisão de atenção e de modalidade estão associados a um efeito de redundância.

Decorre também do efeito de redundância e do efeito de divisão de atenção que nem sempre um recurso digital mais realístico é o mais adequado para auxiliar na aprendizagem. A adição em excesso de fontes de informação para torná-lo mais realístico pode impor uma grande demanda de carga cognitiva extrínseca dificultando a aprendizagem.

No entanto, não apenas as características da instrução determinam a existência do efeito de redundância. Quando se leva em consideração o nível de conhecimento dos alunos ou nível de *expertise* em relação ao conteúdo estudado decorre outro efeito instrucional que engloba o efeito de redundância e que será descrito a seguir.

### **3.2.3 Efeito de reversão de instrução devido à *expertise* dos alunos**

Para alunos iniciantes o uso de fontes de informação mesmo que “redundantes” pode ter um efeito aditivo que pode contribuir para o armazenamento de informações e para a integração dos canais visual e auditivo auxiliando assim na aprendizagem. Entretanto, para alunos que já possuem conhecimento anterior sobre o conteúdo estudado, a informação apresentada em diversos formatos inteligíveis isoladamente pode tornar o efeito de redundância descrito na seção anterior significativa e gerar adição de carga cognitiva extrínseca na memória de trabalho.

Como destacado no início desse capítulo, os resultados de aprendizagem dependem da interação entre as individualidades e as características da instrução. Na perspectiva da teoria da carga cognitiva o nível de conhecimento dos alunos em relação ao conteúdo estudado é uma das individualidades que têm um papel determinante nos resultados. Alunos iniciantes, com pouco ou nenhum conhecimento anterior sobre o conteúdo

estudado precisam ser conduzidos em uma instrução guiada, mostrando-se muitas vezes o caminho a ser percorrido para que as informações iniciais sejam armazenadas na memória de longo prazo. Sweller (2008) denomina este procedimento instrucional como princípio do empréstimo onde o conhecimento é de fato em primeiro momento “emprestado” para o indivíduo através da instrução. Sobre essa circunstância, os princípios instrucionais descritos até aqui têm sido evidenciados como efetivos por diversas pesquisas.

Entretanto, ocorre que para os alunos que já tiveram num primeiro momento o conhecimento adquirido, é desejável que estes se envolvam num processo cognitivo ativo interpretando, selecionando e integrando as informações novas com as representações mentais já existentes. De acordo com as definições de visualização apresentadas por Vavra et al (2011) no primeiro capítulo esse processo consiste no que foi chamado de visualização interpretativa. Sobre essa circunstância, a instrução guiada pode ter um efeito reverso e gerar em um esforço cognitivo irrelevante sobrecarregando a memória de trabalho. Ao invés de utilizar o conhecimento que foi inicialmente “emprestado” para se envolver num processo cognitivo ativo, o indivíduo poderá gastar um esforço desnecessário. Sendo assim, assume-se que conforme o indivíduo ganha proficiência no conteúdo a instrução guiada deve ser reduzida e o aluno deve se envolver em atividades que exijam uma apropriação maior do próprio conhecimento.

Da discussão acima, decorre que os procedimentos metodológicos utilizados para auxiliar na aprendizagem de alunos iniciantes podem não auxiliar ou até mesmo atrapalhar o processo de aprendizagem de alunos mais experientes no assunto estudado.

### **3.2.4 Dinâmica da informação e possibilidades de interação com a tela**

Para além dos trabalhos que destacam efeitos instrucionais decorrentes de características da instrução como as fontes de informação utilizadas e a sua distribuição espacial na tela, há pesquisas que se preocupam com a dinâmica da informação e as possibilidades de interação com o material (HEGARTY, 2004; MUNZER et al, 2009; HÖFFLER e SCHWARTZ, 2011).

Alguns estudos comparam o uso de animações e imagens estáticas como objetos de visualização, onde se analisa qual formato propicia um maior suporte para a aprendizagem. Tais estudos levantam aspectos interessantes sobre os benefícios da utilização de imagens estáticas e

animações para esse propósito. É importante destacar que as vantagens de utilização de um formato ou de outro podem variar de acordo com o conteúdo estudado.

Munzer et al (2009) investigam a utilização de animações e imagens estáticas no ensino de um processo molecular. O conteúdo é ensinado com três formatos de objetos de visualização: animação, imagens estáticas e imagens estáticas enriquecidas com setas. Os autores identificam vantagem para aprendizagem com a utilização de animações ou imagens estáticas enriquecidas com setas, em relação às imagens estáticas. Encontram que, a utilização de animações deu um suporte externo de visualização para a compreensão do fenômeno, uma vez que os resultados não demonstram uma significativa relação com o que os autores denominaram de habilidades de visualização introspectiva dos indivíduos. O sucesso obtido para a aprendizagem com imagens estáticas enriquecidas com setas apresenta uma relação importante com as habilidades de visualização introspectiva, significando que além do suporte externo, a compreensão do fenômeno com a utilização desse formato depende também das diferenças individuais dos alunos. Enquanto as animações apresentam a informação de modo integrado, não exigindo tanto das habilidades de visualização introspectiva dos indivíduos, a informação apresentada pelas imagens estáticas com setas, exige a capacidade de integração da informação pelo indivíduo, o que pode explicar a relevância das habilidades de visualização introspectiva para que os resultados de aprendizagem sejam potencializados ao utilizar imagens estáticas enriquecidas com setas.

Hegarty (2004) afirma que apesar das vantagens encontradas na utilização de animações em relação às imagens estáticas em algumas pesquisas, é incorreto assumir que o uso deste recurso é sempre mais vantajoso. Como já relatado acima, o tipo de mídia mais adequada depende também do conteúdo que está sendo estudado. A autora apresenta ainda algumas desvantagens da utilização de animações e de vídeos. Uma característica fundamental desses formatos é a sua transição, as informações passam num determinado intervalo de tempo onde o usuário pode não ter o controle da sua passagem. O processo de codificação na memória de trabalho leva de dezenas a centenas de milissegundos e a reinspeção da informação passada pode não acontecer nesse intervalo de tempo. A falta de reinspeção da informação pode sobrecarregar a memória de trabalho. Todavia, nas imagens estáticas e nos textos a inspeção pode ser realizada mais de uma vez e a sequência da passagem da informação pode ser controlada pelo próprio usuário.

Bodemer et al (2004) sugerem que apresentar versões estáticas antes

da utilização de animações ou vídeos pode reduzir o esforço cognitivo. Dar ao usuário o controle da passagem da informação pode ser também uma alternativa de contornar o problema da transição da informação nesses formatos de mídia dinâmicos.

Höffler e Schwartz (2011) verificaram os efeitos da utilização de imagens estáticas e de animações modificando as possibilidades de interação com a tela no ensino de um processo dinâmico em uma reação química. As possibilidades de interação com a tela consistem em controlar ou não a sequência da informação. Os autores utilizaram quatro combinações diferentes de mídia e de sequência da informação para ensinar a mesma reação química, os quais se classificam com base em Hegarty (2004) como:

- Tela estática interativa - o usuário controla a sequência de imagens estáticas.
- Tela estática não interativa - o usuário não controla a sequência de imagens estáticas.
- Tela dinâmica interativa – o usuário controla a sequência de uma animação.
- Tela dinâmica não interativa – o usuário não controla a sequência de uma animação.

Além de modificar a estrutura da informação apresentada ao usuário, os autores investigaram também os efeitos decorrentes de individualidades de aprendizagem através dos estilos cognitivos e para isso se basearam na teoria da codificação dual (CLARK e PAIVIO, 1991). Identifica-se nesse estudo que as variáveis: tipo de mídia (tela estática ou tela dinâmica), sequência da informação (interativa ou não interativa) e individualidades de aprendizagem isoladamente não influenciam nos resultados. No entanto, os autores identificam que duas das quatro combinações de tipo de mídia e sequência de tela destacadas acima influenciam nos resultados. Os usos de tela estática não interativa e de tela dinâmica interativa produzem resultados de aprendizagem significativos. Supõe-se que por se tratar de um estudo sobre um processo dinâmico, a utilização de uma tela estática não interativa onde a sequência de imagens estáticas não é controlada pelo usuário pode auxiliar na aprendizagem, pois o usuário pode não conseguir visualizar introspectivamente movimentos com imagens estáticas ao ter o controle da sequência. No caso das telas dinâmicas, 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. Desse modo o controle da

sequência pode auxiliar o processamento cognitivo, justificando os bons resultados de aprendizagem com o uso de uma tela dinâmica interativa.

### 3.3 AVALIAÇÃO DE UMA HIPERMÍDIA EDUCACIONAL

Os estudos destacados até agora trouxeram informações importantes para avaliar as partes componentes de recursos digitais e como essas componentes podem influenciar na aprendizagem. Entretanto, a aprendizagem é uma das dimensões a ser avaliada. Numa avaliação de um material didático como um todo é necessário também avaliar outras dimensões tais como percepção do uso e aspectos técnicos do material.

Apresenta-se, nesta seção, uma revisão de trabalhos que desempenharam a tarefa de avaliação de recursos digitais em ambientes educacionais no Brasil, verificando aspectos relacionados à metodologia de avaliação.

De acordo com a proposta deste trabalho, opta-se por considerar de maior relevância os trabalhos que avaliaram recursos hiperídia educacionais. É importante destacar que delimitar uma metodologia de avaliação é um desafio para qualquer tipo de material didático, seja um livro, uma hiperídia ou qualquer outro tipo de recurso utilizado para esse fim.

Silva e Elliot (1997) destacaram a importância de duas abordagens avaliativas complementares de um recurso digital educacional: uma orientada ao material e outra orientada aos alunos. A primeira é realizada por especialistas, os quais descrevem e avaliam criticamente a qualidade do material, geralmente através de uma ficha de verificação. São avaliados aspectos técnicos do material, qualidade do conteúdo, sua interatividade, entre outras características. Na segunda, verificam-se os efeitos decorrentes do uso do material num ambiente real de aprendizagem, que podem ser identificados através dos resultados de aprendizagem e de aspectos motivacionais. As autoras enfatizaram a importância desta última abordagem, pois as informações acerca da primeira podem não ser suficientes para identificar a real qualidade do material como ferramenta educacional.

Machado e Santos (2004) avaliaram uma hiperídia desenvolvida para o ensino da gravitação. Os autores utilizaram as duas abordagens avaliativas defendidas por Silva e Elliot (1997). Avaliaram a qualidade do material através de aspectos relacionados à estrutura e ao funcionamento. Os avaliadores especialistas, nesse trabalho, foram professores do ensino médio que preencheram uma ficha de verificação já validada em outra

pesquisa. Os autores avaliaram também o uso do material em um ambiente real de aprendizagem, em uma disciplina de física do segundo ano do ensino médio. Aspectos sobre a aprendizagem foram avaliados através das atividades propostas e entregues pelos alunos durante a utilização da hipermídia. E aspectos relacionados à motivação foram avaliados a partir de um questionário de percepção do uso da hipermídia respondido pelos alunos.

Rezende (2001) avaliou uma hipermídia de acordo com a sua possibilidade de facilitar a reestruturação conceitual no ensino de mecânica básica. A autora investigou a utilização do material em um ambiente real de aprendizagem, numa disciplina de introdução à física de nível universitário. Resultados de aprendizagem foram obtidos através de um pré-teste e de entrevistas com os alunos participantes após a utilização do material. Os alunos responderam também a um questionário de percepção do uso do material.

Machado e Nardi (2007) produziram e avaliaram uma hipermídia desenvolvida para o ensino de tópicos de física moderna para o ensino médio. Os autores utilizaram duas abordagens avaliativas. Numa avaliação orientada ao material, pesquisadores de ensino de física e licenciandos de física preencheram uma ficha de verificação de qualidade abrangendo quatro fatores: conteúdos e aspectos teórico-metodológicos, aspectos pedagógicos metodológicos, aspectos editoriais visuais e aspectos técnicos. Os autores avaliaram também o uso do material num ambiente real de aprendizagem, em uma turma do terceiro ano do ensino médio onde se investigou através de entrevistas, a opinião dos alunos sobre o curso, uso do material e esclarecimentos sobre a aprendizagem do tema.

Heidrich (2009) avaliou uma hipermídia desenvolvida para o ensino dos carboidratos. A avaliação ocorreu em três etapas. Na primeira etapa, analistas de sistema e membros da equipe de elaboração do material avaliaram aspectos relacionados à funcionalidade da hipermídia em diferentes equipamentos. Na segunda etapa, especialistas em conteúdo, professores das disciplinas onde o material foi utilizado avaliaram a apresentação e a qualidade do conteúdo, do audiovisual, dos testes apresentados no material e da adequação ao público alvo. Na terceira etapa o público alvo, os alunos, avaliou a hipermídia quanto à adequação instrucional e estética. Em todas as três etapas os instrumentos de avaliação utilizados foram questionários contendo questões fechadas e abertas. Destaca-se que as etapas de avaliação ocorreram a partir dos componentes constituintes do material, o qual foi elaborado nos moldes do conceito de objetos de aprendizagem de acordo com Wiley (2000).

Apesar de não existir uma metodologia estabelecida para avaliar recursos hiperfídia educacionais, a discuss3o acima destaca m3todos que conduzem ao delineamento de uma metodologia de avalia33o. Dela decorrem duas abordagens que podem ser complementares:

- **Avalia33o orientada ao material**, realizada por especialistas em conte3do ou especialistas em recursos digitais. Os especialistas em conte3do podem ser professores, pesquisadores na 3rea de refer3ncia ou na 3rea de ensino. Os especialistas em recursos digitais podem ser *designers* instrucionais, *designers* de *softwares*, analistas de sistemas. A escolha dos especialistas varia conforme o foco da abordagem avaliativa.
- **Avalia33o orientada aos alunos**, onde s3o investigados os impactos decorrentes do uso do material em um ambiente real de aprendizagem, atrav3s da percep33o dos alunos e dos resultados de aprendizagem.

Esta ser3 a metodologia adotada, nesta pesquisa.

Discutem-se, na pr3xima se33o, aspectos relacionados 3 etapa do processo de avalia33o do uso de um recurso digital em um ambiente real de aprendizagem.

### 3.4 AVALIA33O DA APRENDIZAGEM MEDIADA POR COMPUTADOR

A investiga33o dos impactos decorrentes do uso de um material did3tico pode ser realizada atrav3s dos resultados de aprendizagem, para isso 3 necess3rio uma avalia33o de aprendizagem.

Avaliar e atribuir valores 3 aprendizagem de um indiv3duo 3 uma tarefa extremamente complexa que pode incluir m3ltiplas abordagens (WHITE e GUNSTONE, 1992). Um simples teste escolar, por exemplo, propondo apenas explica33es verbais dos alunos, pode trazer pouca informa33o sobre os seus conhecimentos. Assume-se que as individualidades de aprendizagem t3m um papel fundamental, pois cada indiv3duo 3 3nico e durante o processo de ensino-aprendizagem pode receptor e processar de modo diferente a instru33o.

Assumindo-se o modelo de aprendizagem multim3dia apresentado no in3cio deste cap3tulo, entende-se que uma avalia33o mais completa deve explorar dos alunos respostas verbais e n3o verbais. Suh e Moyer-Packenham (2007) numa pesquisa no ensino de matem3tica utilizaram

recursos digitais e objetos concretos como objetos de visualização durante a instrução dos conceitos estudados. Eles demonstraram que o desempenho de alunos do ensino fundamental, numa avaliação de frações, é melhor em questões que exploram representações verbais e não verbais do que em questões que exploram apenas um tipo de representação. De fato, as individualidades de aprendizagem podem ter um papel importante nos resultados de uma avaliação, dar condições para que os alunos tenham mais opções de respostas pode tornar a avaliação mais confiável.

É importante destacar que o recurso digital sobre as fases da Lua avaliado neste trabalho por ser uma interface hipermídia, explora representações verbais através de textos e representações não verbais através de imagens estáticas e animações.

Outro aspecto a ser considerado na avaliação de aprendizagem é a sua consistência com os objetivos de aprendizagem. O material avaliado neste trabalho apresenta representações e modelos com objetivo de auxiliar os alunos na visualização introspectiva e interpretação dos conteúdos estudados. Entende-se que umas das melhores maneiras de analisar se os indivíduos conseguem se apropriar dessas representações e modelos é através da elaboração por parte deles de esquemas ou de diagramas. Sendo assim, a avaliação de aprendizagem deve contemplar questões em que o aluno desenvolva esta atividade elaborando esquemas ou diagramas para demonstrar o seu entendimento do conteúdo.

A avaliação de aprendizagem utilizada no âmbito desta pesquisa consiste numa avaliação tradicional, contemplando questões que exploram se o aluno compreendeu ou não os conteúdos apresentados pela hipermídia. No entanto, a utilização do computador como mediador da aprendizagem pode fornecer também subsídios para que sejam pensadas novas formas de avaliar os alunos. É possível criar condições para que diferentes dimensões da aprendizagem sejam investigadas, propondo novas atividades que estejam alinhadas com os recursos disponíveis na tela.



## 4 METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DA HIPERMÍDIA “AS FASES DA LUA”

Apresenta-se neste capítulo a hipermídia “As Fases da Lua” e as suas principais características. Esse recurso didático digital é parte integrante de um material maior, a hipermídia “O Sol, a Terra e a Lua” que está descrito na primeira seção. Em seguida, apresenta-se a metodologia de avaliação da hipermídia “As Fases da Lua”.

### 4.1 A HIPERMÍDIA

O material didático utilizado é a hipermídia “O Sol, a Terra e a Lua” (SILVA, 2007, 2009) elaborado para uma disciplina introdutória de física em nível universitário para cursos de licenciatura em física, biologia e matemática na modalidade a distância (ALMEIDA, SILVA e BARROS, 2004) do Consórcio CEDERJ<sup>2</sup>. A proposta dessa instituição era a de fornecer recursos didáticos digitais no ambiente virtual da disciplina para complementar os materiais impressos, neste caso, o material elaborado por Lazzaro e Barroso (2003). A hipermídia foi elaborada a partir da adoção de métodos instrucionais ancorados na teoria da carga cognitiva e nos moldes do conceito de objetos de aprendizagem ambos descritos nos capítulos anteriores. Ele está disponibilizado numa página da *internet* para uso livre no endereço: <http://fsc.ufsc.br/~tati/webfisica/sis-solar/index.html>

A hipermídia como um todo se constitui em um objeto de aprendizagem, que pode ser “quebrado” em recursos hipermídia menores com os subtemas: Os Movimentos da Terra, As Estações do Ano, As Fases da Lua e Os Eclipses. E, cada um desses subtemas pode 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 como um todo.

Neste trabalho, o objeto de estudo a ser avaliado é a hipermídia referente ao subtema “As Fases da Lua”.

No que consiste à arquitetura de navegação do material, é possível verificar na Figura 6 que há uma barra de navegação que fornece opções de navegação linear e não linear. As opções de exploração não linear são

---

<sup>2</sup>Consórcio entre as universidades públicas (federais e estaduais) do Rio de Janeiro (UENF, UERJ, UFF, UFRJ, UFRRJ e UNIRIO), o Governo do Estado e as Prefeituras Municipais, através da Fundação CECIERJ (Fundação Centro de Ciências e Educação Superior a Distância do Estado do Rio de Janeiro).

possibilitadas por *links* para os outros subtemas da hipermídia “O Sol, a Terra e a Lua” (Movimentos da Terra, Estações, Eclipses) e para navegação dentro do subtema em questão viabilizada por *links* disponibilizados nas páginas internas que são numeradas. Esta opção possibilita ao usuário também se localizar e não se perder em sua navegação dentro do tema. Na Figura 5, destaca-se que o usuário está na página 2 do tema “As Fases da Lua” onde chaves indicam as ferramentas de navegação propiciadas pelo material. Essas chaves são ilustrativas e foram introduzidas pelo pesquisador, elas não fazem parte do material. A opção de navegação linear pelo conteúdo pode ser feita clicando-se nos botões “voltar” e “avançar”, situados na parte inferior da *interface*.

Figura 5 - Arquitetura de navegação da hipermídia.



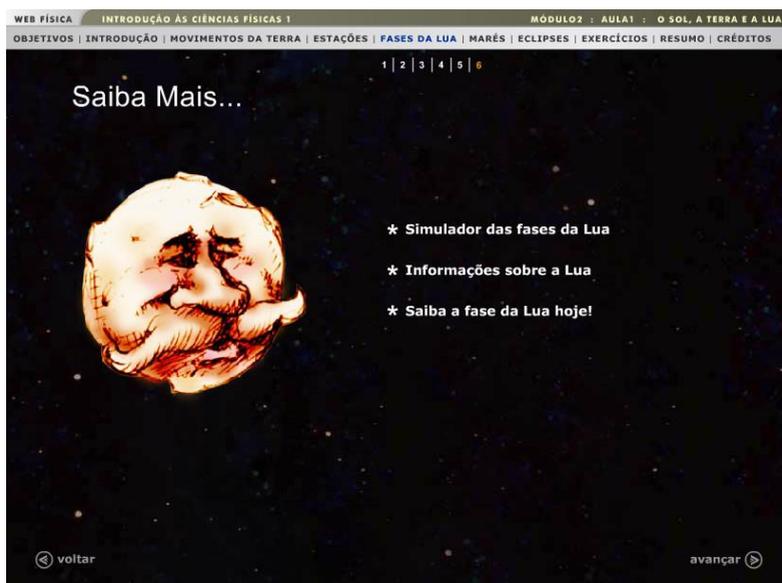
Fonte: [http://www.fsc.ufsc.br/~tati/web\\_sica/sis-solar/fasesdalua.htm](http://www.fsc.ufsc.br/~tati/web_sica/sis-solar/fasesdalua.htm)

Informações adicionais sobre a Lua e suas fases são fornecidas em *links* externos (Figura 6) numa seção separada para evitar que o usuário se perca em sua navegação pelo conteúdo. Em um dos *links* o usuário tem acesso a uma simulação interativa que consiste em controlar a passagem da

informação para visualizar as fases e as suas respectivas aparências para um observador localizado no hemisfério norte.

A interatividade deste conteúdo é caracterizada pelas ferramentas de navegação e no controle de transição de animações e de visualização de imagens que se tornam visíveis com o clicar ou com a passagem do mouse (*mouseover*).

Figura 6 – *Links* externos para informações adicionais e para uma simulação interativa.

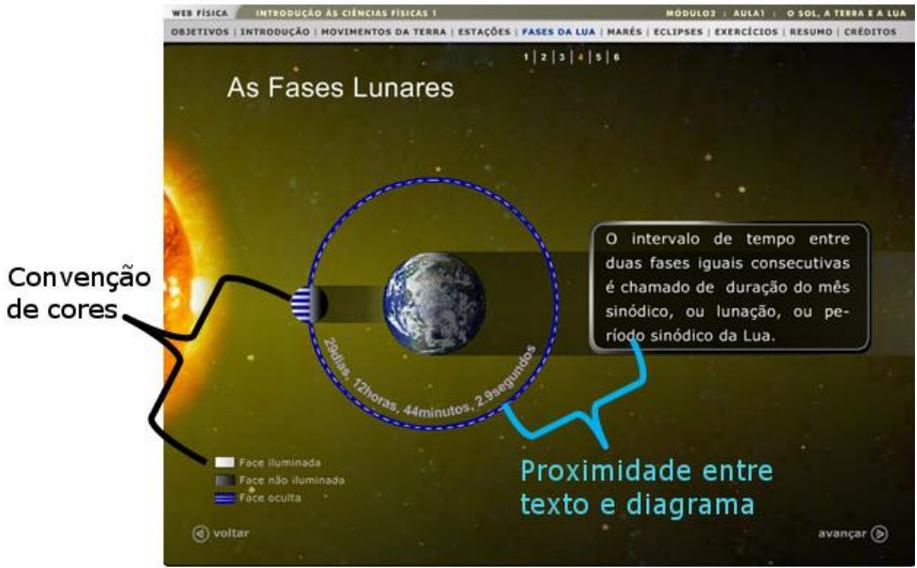


Fonte: [http://www.fsc.ufsc.br/~tati/web\\_sica/sis-solar/fasesdalua.htm](http://www.fsc.ufsc.br/~tati/web_sica/sis-solar/fasesdalua.htm)

Quanto aos aspectos visuais e recursos utilizados, o material apresenta os conceitos através de animações não interativas, animações interativas, imagens estáticas e textos. Opta-se pela combinação de diferentes fontes de informação na *interface* levando-se em consideração a teoria da carga cognitiva. Na Figura 7 destaca-se em uma animação interativa do material a proximidade entre o diagrama e o texto que informa o período sinódico da Lua. De acordo com Sweller (2002) este procedimento evita o efeito de divisão de atenção. E pelo mesmo argumento, apresenta-se texto ao lado do diagrama. Destaca-se ainda na figura a utilização de convenções como sugere Bodemer et al (2004) para

guiar o aluno na integração de diferentes fontes de informação. A legenda informa as cores escolhidas para ilustração da face iluminada, face não iluminada e face oculta da Lua em cada uma das quatro fases principais da Lua.

Figura 7 – Destaque a aspectos visuais e recursos utilizados de acordo com a teoria da carga cognitiva na animação das quatro fases principais da Lua.



Fonte: [http://www.fsc.ufsc.br/~tati/web\\_sica/sis-solar/fasesdalua.htm](http://www.fsc.ufsc.br/~tati/web_sica/sis-solar/fasesdalua.htm)

Quanto ao conteúdo apresentado, adota-se nesta pesquisa a quebra da hiperímia em questão em quatro objetos de aprendizagem menores “A Lua”, “As Fases”, “A Rotação Síncrona” e “Os Hemisférios” descritos a seguir com base em (SILVA, 2009):

- 1 **A Lua** – apresenta-se o conceito da Lua como um satélite natural da Terra sem luminosidade própria que reflete a luz solar. Trata-se de uma animação não interativa que ilustra as partes iluminadas da Lua, que refletem a luz solar (Figura 8). Quanto aos aspectos pedagógico-metodológicos, inicia-se a apresentação dos conceitos a partir de um texto que descreve esse astro como único satélite natural da Terra e que reflete a luz solar, portanto, não emite luz própria. Esta apresentação é essencial para discutir a ocorrência das fases lunares, pois elas não ocorreriam se a Lua tivesse luminosidade própria.

Figura 8- Objeto de aprendizagem “A Lua”.

WEB FÍSICA | INTRODUÇÃO ÀS CIÊNCIAS FÍSICAS 1 | MÓDULO 2 : AULA 1 : O SOL, A TERRA E A LUA

OBJETIVOS | INTRODUÇÃO | MOVIMENTOS DA TERRA | ESTAÇÕES | FASES DA LUA | MARÉS | ECLIPSES | EXERCÍCIOS | RESUMO | CRÉDITOS

1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6

## A Lua

A Lua é o **único satélite natural** da Terra. Ao contrário do Sol, ela **não possui luz própria** mas reflete a luz solar. Por isso, observamos mudanças em sua iluminação. Durante um mês, vemos um ciclo completo de fases iniciando com a Lua completamente escura e se tornando mais e mais iluminada até se tornar completamente visível. Depois desse ponto começa a diminuir novamente de brilho até desaparecer completamente nas duas semanas seguintes.

voltar | avançar

Fonte: [http://www.fsc.ufsc.br/~tati/web\\_sica/sis-solar/fasesdalua.htm](http://www.fsc.ufsc.br/~tati/web_sica/sis-solar/fasesdalua.htm)

- 2 **As Fases** – é uma animação interativa para auxiliar na aprendizagem das fases da Lua na qual se apresentam as quatro fases principais da Lua: nova, quarto crescente, cheia e quarto minguante. São destacadas as posições relativas dos três astros, mostrando-se o que vemos do referencial da Terra. Como a representação utilizada é plana, na animação nas fases nova e cheia com um clique sobre a Lua, é possível acessar 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 (Figura 9a). Nas posições de quarto crescente (Figura 9b) e quarto minguante fica evidente que não é a sombra da Terra que possibilita a observação das fases da Lua.

Figura 9 – Objeto de aprendizagem “As Fases”. (a) Na posição de lua nova e com exibição da imagem estática que apresenta que os planos orbitais são distintos.(b) Na posição de Lua quarto - crescente.



(a)

WEB FÍSICA | INTRODUÇÃO ÀS CIÊNCIAS FÍSICAS 1 | MÓDULO 2 | AULA 1 | O SOL, A TERRA E A LUA

OBJETIVOS | INTRODUÇÃO | MOVIMENTOS DA TERRA | ESTAÇÕES | FASES DA LUA | MARÉS | ECLIPSES | EXERCÍCIOS | RESUMO | CRÉDITOS

1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6

## As Fases Lunares

**Quarto-Crescente:** 

Cerca de sete dias e meio depois a Lua desloca-se  $90^\circ$  em relação ao Sol e está na quadratura ou primeiro quarto. É o quarto-crescente. A Lua nasce ao meio-dia e se põe à meia-noite, aproximadamente. Visto do hemisfério Sul, sua aparência lembra a letra "C", de crescente, fato que acaba facilitando a memorização.

■ Face iluminada  
■ Face não iluminada  
■ Face oculta

voltar avançar

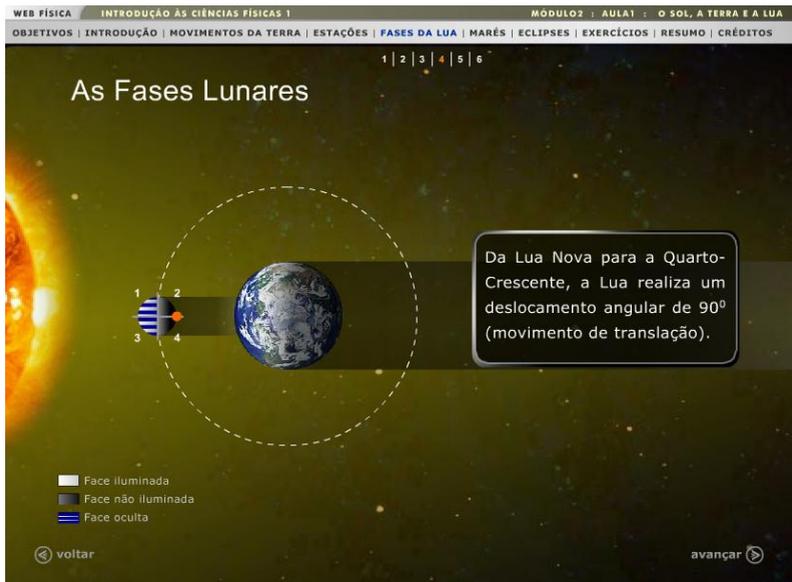


(b)

Fonte: [http://www.fsc.ufsc.br/~tati/web\\_sica/sis-solar/fasesdalua.htm](http://www.fsc.ufsc.br/~tati/web_sica/sis-solar/fasesdalua.htm)

- 3 A Rotação Síncrona** – é uma animação interativa para apresentar o conceito da rotação síncrona da Lua. Essa animação é composta por um esquema que divide a Lua em quatro quadrantes, todos numerados, e com a face sempre voltada para a Terra destacada (Figuras 10a, 10b e 10c). Para indicar que a rotação síncrona corresponde a movimentos de translação e de rotação da Lua de mesmo período desacomplam-se esses dois movimentos apresentando-os de forma sequencial na animação. Como o lado iluminado, o não iluminado e o lado oculto estão representados, é possível também observar que todos os lados da Lua recebem luz, dependendo apenas da posição em que o nosso satélite está localizado em relação ao Sol conforme mostrado também na Figura 11.

Figura 10 – Sequência de três imagens estáticas da animação interativa do objeto de aprendizagem “A Rotação Síncrona”.



WEB FÍSICA | INTRODUÇÃO ÀS CIÊNCIAS FÍSICAS I | MÓDULO 2 : AULA 1 : O SOL, A TERRA E A LUA

OBJETIVOS | INTRODUÇÃO | MOVIMENTOS DA TERRA | ESTAÇÕES | FASES DA LUA | MARÉS | ECLIPSES | EXERCÍCIOS | RESUMO | CRÉDITOS

1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6

## As Fases Lunares

Mas, como sua **rotação é síncrona** com sua **translação**, ela também deve girar  $90^\circ$  em torno de seu eixo...

Face iluminada  
 Face não iluminada  
 Face oculta

voltar avancar

(b)

WEB FÍSICA | INTRODUÇÃO ÀS CIÊNCIAS FÍSICAS I | MÓDULO 2 : AULA 1 : O SOL, A TERRA E A LUA

OBJETIVOS | INTRODUÇÃO | MOVIMENTOS DA TERRA | ESTAÇÕES | FASES DA LUA | MARÉS | ECLIPSES | EXERCÍCIOS | RESUMO | CRÉDITOS

1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6

## As Fases Lunares

Agora só falta representar corretamente o lado iluminado, o não iluminado e o oculto (não visto da Terra). O ponto laranja e a numeração dos quadrantes da Lua deixam claro a rotação feita por ela e que a mesma face está de frente para a Terra.

Face iluminada  
 Face não iluminada  
 Face oculta

voltar avancar

(c)

Fonte: [http://www.fsc.ufsc.br/~tati/web\\_sica/sis-solar/fasesdalua.htm](http://www.fsc.ufsc.br/~tati/web_sica/sis-solar/fasesdalua.htm)

- 4 **Os Hemisférios** – Utiliza-se uma animação interativa para se apresentar os diferentes aspectos da Lua vistos por observadores nos hemisférios norte e sul. Nessa animação interativa, opta-se por apresentar as quatro fases principais e fases intermediárias (crescente côncava, crescente convexa, minguante convexa e minguante côncava), as quais aparecem em oito posições da Lua ao redor da Terra (Figura 11). Ao passar o mouse sobre uma dessas posições da Lua, o usuário pode visualizar num quadro localizado logo abaixo da animação, a aparência da Lua para os dois hemisférios. No quadro é possível perceber, por exemplo, que para o hemisfério sul a Lua crescente se parece com a letra “C”, enquanto, que para o hemisfério norte tem um aspecto parecido com a letra “D”. Essa forma de apresentação procura mostrar que a fase é a mesma nos dois hemisférios, o que muda é a aparência da Lua em cada um deles.

Figura 11– Imagem estática do objeto de aprendizagem “Os Hemisférios”

The screenshot shows a web interface for an interactive learning object. At the top, there is a navigation bar with the following text: "WEB FÍSICA | INTRODUÇÃO ÀS CIÊNCIAS FÍSICAS I | MÓDULO 2 : AULA 1 : O SOL, A TERRA E A LUA". Below this, there are links for "OBJETIVOS | INTRODUÇÃO | MOVIMENTOS DA TERRA | ESTAÇÕES | FASES DA LUA | MARÉS | ECLIPSES | EXERCÍCIOS | RESUMO | CRÉDITOS". A progress indicator shows "1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6" with "4" highlighted.

The main content area is titled "Os Hemisférios". It features a central diagram of the Earth with eight numbered positions (1-8) around it, each with a small globe showing the Moon's phase. To the right of the diagram, there is explanatory text: "As fases lunares ocorrem ao mesmo tempo não importando a localização do observador, porém não são percebidas da mesma forma. No hemisfério Norte o aspecto da Lua é invertido em relação ao visto por um observador no hemisfério Sul, conforme o diagrama a seguir:".

Below the text, there is a prompt: "Passe o mouse sobre as Luas acima!". Underneath this is a grid of lunar phases. The grid has two rows: "Hemisfério Norte" and "Hemisfério Sul". Each row contains eight small circular icons representing the Moon's appearance from that hemisphere. Above the icons, the phases are labeled: "Nova", "Crescente Côncava", "Quarto Crescente", "Crescente Convexa", "Cheia", "Minguante Convexa", "Quarto Minguante", and "Minguante Côncava". At the bottom of the grid, there are numbered buttons from 1 to 8, corresponding to the positions in the diagram above.

At the bottom left of the interface, there is a "voltar" button with a left arrow, and at the bottom right, there is an "avancar" button with a right arrow.

Fonte: [http://www.fsc.ufsc.br/~tati/web\\_sica/sis-solar/fasesdalua.htm](http://www.fsc.ufsc.br/~tati/web_sica/sis-solar/fasesdalua.htm)

## 4.2 METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO

Avaliar um material didático é uma tarefa que pode incluir múltiplas abordagens. Revisando-se os trabalhos que avaliaram e validaram recursos hiperfídia desenvolvidos para fins educacionais no Brasil, entende-se que são importantes duas abordagens avaliativas que serão adotadas nessa pesquisa: avaliação orientada ao material e avaliação orientada ao aluno.

A avaliação orientada ao material é realizada por especialistas que avaliam a qualidade da hiperfídia. Entende-se que essa abordagem é necessária, pois o auxílio à aprendizagem propiciado pelo uso do recurso didático pode ser comprometido por incorreções no conteúdo, por aspectos metodológicos, técnicos, entre outros aspectos pré-estabelecidos que possam interferir em sua qualidade.

Os especialistas escolhidos como avaliadores da qualidade do material, a partir dos indicadores pré-estabelecidos acima, foram 3 professores universitários pesquisadores em ensino, 6 professores universitários pesquisadores em astrofísica e 4 alunos de pós-graduação em astrofísica formando um conjunto de 13 avaliadores escolhidos. Esta escolha se deu devido à área de conhecimento em que atuam e por realizarem atividades de docência no mesmo nível de ensino em que o material didático foi utilizado.

Do ponto de vista metodológico, opta-se pela divisão da avaliação em três etapas nomeadas de procedimentos investigativos. O primeiro deles:

**A** – Avalia-se a qualidade educacional da hiperfídia através das variáveis ordinais: Conteúdo, Aspectos Metodológicos e Aspectos Técnicos e Visuais. Os avaliadores ainda destacam os aspectos positivos e negativos, o nível(is) de ensino mais adequado(s) e como utilizariam esse recurso num ambiente real de aprendizagem. A partir da avaliação desses profissionais, busca-se discutir aspectos referentes ao referencial teórico adotado.

Uma observação pertinente é que um material didático pode ter uma avaliação de qualidade satisfatória de acordo com variáveis ou fatores pré-estabelecidos, porém não ser efetivo no processo de ensino e aprendizagem. Por isso, também se entende como condição necessária sua avaliação em um ambiente real de aprendizagem que foi uma disciplina de introdução à física de um curso da área de ciências exatas e tecnológicas de uma instituição federal de ensino superior (IFES). Essa disciplina é ofertada no primeiro período do curso e são explorados aspectos da aprendizagem com a utilização de objetos visualização e abordados diferentes temas de física. O conteúdo é dividido em unidades e a discussão de fenômenos

astronômicos faz parte da segunda unidade trabalhada após a discussão de ótica geométrica que é tema da primeira unidade. A disciplina se dá em caráter presencial onde há atividades experimentais e atividades virtuais, realizadas com o apoio da plataforma Moodle (DUTRA e BARROSO, 2013).

A hipermídia “O Sol, a Terra e a Lua” vem sendo utilizada integralmente desde o ano de 2010 em uma proposta de atividade virtual autônoma, ou seja, sem a presença do professor como parte integrante das atividades semipresenciais. Para a utilização do material é assegurado acesso ao computador para todos os estudantes em um laboratório de informática da instituição. Num dos semestres em que o uso desse recurso didático foi avaliado, identificou-se em todas as etapas avaliativas da disciplina questões referentes às fases e movimentos da Lua com um total de 77 alunos envolvidos em todas as avaliações aplicadas.

Para avaliar o uso da hipermídia nesse ambiente real de aprendizagem foram realizados dois procedimentos investigativos distintos:

**B** – Análise a partir da percepção dos alunos quanto ao uso do computador e da hipermídia na aprendizagem dos conceitos subjacentes.

**C** – Análise dos resultados de aprendizagem dos conceitos sobre as fases e os movimentos da Lua.

De acordo com as considerações teóricas sobre a aprendizagem mediada por recursos digitais e com as próprias características da hipermídia, a qual foi elaborada com conceito de objeto de aprendizagem digital (WILEY, 2000), opta-se por realizar o procedimento investigativo **C** separadamente nas três primeiras unidades já definidas que compõem a hipermídia: “A Lua”, “As Fases” e “A Rotação Síncrona”. Este procedimento pode evidenciar se os princípios instrucionais decorrentes da teoria da carga cognitiva utilizados na elaboração do material contribuem para os resultados de aprendizagem.

### 4.3 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

Nesta pesquisa, usam-se como instrumentos de coleta de dados avaliações da própria disciplina que foram questionários considerados adequados aos três procedimentos descritos acima. No procedimento **C**, tem-se também a avaliação de aprendizagem. Os questionários foram todos disponibilizados no ambiente virtual da disciplina (plataforma Moodle).

### 4.3.1 Avaliação orientada ao material: especialistas

A avaliação orientada ao material é realizada através de um questionário disponibilizado no APÊNDICE A e foi adaptado de Machado (2004; 2006) o qual contém questões abertas e fechadas. Opta-se pelo uso deste questionário por ser um questionário já validado e a adaptação é realizada para que se possa fazer uma análise a partir das considerações teóricas adotadas.

Analisa-se a qualidade educacional do material utilizando-se questões fechadas através da composição de três variáveis ordinais. De acordo com Babbie (2003) este tipo de variável tem seus valores dispostos ao longo de uma dimensão sendo necessário buscar indicadores que possam definir seus atributos. As três variáveis ordinais estão assim dispostas nas dimensões: **Conteúdo**, **Aspectos Metodológicos** e **Aspectos Técnicos e Visuais**. A partir dessas três dimensões é possível avaliar se conteúdo está bem elaborado e se a forma como é apresentado pode auxiliar na aprendizagem dos fenômenos.

Os indicadores das dimensões descritas acima para avaliar a qualidade do material são afirmações onde utiliza-se escala *Likert* de cinco pontos com os graus de concordância, indiferença ou discordância de acordo com as atribuições: 1=*Discordo muito*, 2=*Discordo*, 3=*Indiferente*, 4=*Concordo*, 5=*Concordo Muito* e N/A=*Não se aplica*. Esse tipo de escala é comumente utilizado para a medição de variáveis ordinais facilitando a análise dos dados e a identificação da hierarquia dentro da dimensão investigada (BABBIE, 2003). Optou-se por utilizar escala de cinco pontos (graus de concordância) para obtenção de mais informação do que simplesmente “concordo” e “discordo”.

Quanto à dimensão **Conteúdo**, há 4 indicadores onde os especialistas devem se posicionar:

- 1) O conteúdo está cientificamente bem fundamentado
- 2) O conteúdo tem validade educacional.
- 3) O conteúdo é apresentado de forma lógica e clara.
- 4) Os textos apresentam informações suficientes para a compreensão do tema abordado.

Quanto à dimensão **Aspectos Metodológicos**, há 9 indicadores onde os especialistas devem se posicionar:

- 1) A metodologia empregada não tem como característica principal a memorização de conteúdo e termos técnicos.
- 2) O material pode estimular a motivação do estudante.

- 3) O material pode estimular o raciocínio do estudante.
- 4) A instrução está integrada com a experiência prévia do estudante.
- 5) As atividades desenvolvidas no material não poderiam ser facilmente desenvolvidas mediante o emprego de outros meios instrucionais.
- 6) Imagens, animações e simulações, são usadas adequadamente tendo em vista o conteúdo instrucional.
- 7) Imagens, animações e simulações são claras e explicativas.
- 8) Imagens, animações e simulações são coerentes com os textos.
- 9) Imagens, animações e simulações são realmente necessárias, não sendo supérfluos e dispensáveis ou incentivadores de consumo ou promoção de produtos comerciais específicos.

Quanto à dimensão **Aspectos Técnicos e Visuais**, há 7 indicadores onde os especialistas devem se posicionar:

- 1) Os textos e as imagens são distribuídos na tela de forma adequada e equilibrada.
- 2) O projeto gráfico cria um ambiente agradável de aprendizagem.
- 3) O material permite que o usuário mova-se livremente entre as informações, de acordo com suas necessidades e interesses.
- 4) O material utiliza marcas especiais para identificar nós e ligações (*hiperlinks*).
- 5) O material opera de forma correta, sem interrupção de suas funções durante a navegação.
- 6) As ferramentas para a navegação pelo material são adequadas.
- 7) O professor pode aplicar facilmente o material.

Três questões abertas são utilizadas para solicitar a opinião dos avaliadores sobre o nível de ensino adequado para o uso da hipermídia, sobre os seus aspectos positivos e negativos e sobre a sua utilização em um ambiente real de aprendizagem:

- A) Na sua opinião o material se adequa a qual(is) nível(is) de ensino:
- ( ) Ensino Fundamental
  - ( ) Ensino Médio
  - ( ) Ensino Superior

- B) Descreva os aspectos mais positivos do material:

C) Descreva os aspectos mais negativos do material:

D) Você utilizaria esta hiperímia nas situações de ensino e aprendizagem? Em caso de resposta afirmativa: Como?

Há também neste questionário uma questão aberta que avalia aspectos de uma segunda versão deste material e três questões dirigidas a um subconjunto de avaliadores que já utilizaram a hiperímia em um ambiente real de aprendizagem. Essas questões não foram analisadas no âmbito desta pesquisa, pois os avaliadores que responderam o questionário não haviam utilizado o material.

O questionário foi disponibilizado *online* e o endereço de acesso foi enviado por *email* apenas para os avaliadores selecionados que foram consultados previamente e concordaram em participar da pesquisa. O questionário respondido, por sua vez, além de armazenado no banco de dados utilizado foi enviado também por *email* para este pesquisador.

#### 4.3.2 Avaliação orientada ao aluno: percepção

Para obter a percepção dos alunos quanto à utilização do computador e da hiperímia no processo de aprendizagem (procedimento B) utiliza-se como instrumento de coleta de dados um questionário disponibilizado no ANEXO A com questões fechadas que contém afirmações (indicadores) às quais devem ser atribuídos graus de concordância, indiferença ou discordância, numa escala Likert de cinco pontos: 1=*Discordo Muito*, 2=*Discordo*, 3=*Indiferente*, 4=*Concordo*, 5=*Concordo muito* e N/A=*Não se aplica*. Esse questionário foi elaborado pela professora da disciplina em conjunto com a professora elaboradora da hiperímia.

A percepção dos alunos quanto ao uso do computador é obtida analisando-se três dimensões: **Motivação**, **Possibilidades de Aprendizagem e Autonomia**.

Quanto à dimensão **Motivação**, há dois indicadores onde os alunos devem se posicionar:

- 1) Usar o computador para aprender Física é motivador.
- 2) As aulas de Física no computador são monótonas.

Quanto à dimensão **Possibilidades de Aprendizagem**, os alunos devem se posicionar em quatro indicadores:

- 1) Saio das aulas de Física no computador do mesmo jeito que entrei, sem aprender nada de novo.
- 2) Não me lembro de nada do que vejo em aulas de Física no computador.
- 3) Ter aulas de Física no computador é uma boa maneira de aprender.
- 4) Estes tópicos ficam mais claros nas aulas que utilizam recursos digitais (como estas aulas virtuais) do que lendo em livros.

Quanto à dimensão **Autonomia**, os alunos devem se posicionar de acordo com o indicador:

- 1) Posso aprender sozinho tudo que preciso saber sobre o tema utilizando a aula no computador.

Para complementar a análise da dimensão **Autonomia**, apresenta-se separadamente os resultados do indicador: *A presença do professor é importante para o entendimento do conteúdo apresentado nessas duas aulas virtuais.* Entende-se que essa questão não consiste num indicador da dimensão em questão, mas está associado à percepção a respeito da necessidade do apoio do professor nas aulas virtuais. Entretanto, a sua análise pode evidenciar resultados complementares à percepção do uso do computador de maneira autônoma.

A percepção dos alunos quanto à utilização da hipermídia é obtida analisando-se três dimensões: **Conteúdo, Recursos Multimídia Utilizados e Aspectos Técnicos e Visuais.** Assim como na avaliação feita pelos especialistas, a partir dessas três dimensões é possível avaliar se conteúdo está bem elaborado e se a forma como é apresentado pode auxiliar na aprendizagem dos fenômenos. Entretanto, os avaliadores agora são os próprios alunos.

Quanto à dimensão **Conteúdo**, os alunos devem se posicionar de acordo com um indicador:

- 1) O conteúdo não está bem explicado na aula de “As fases da Lua”

Quanto à dimensão **Recursos Multimídia Utilizados**, há dois indicadores para que os alunos se posicionem:

- 1) Ver as imagens, as animações e os filmes nas aulas virtuais de Física facilita a aprendizagem.
- 2) Ver as imagens e as animações na aula “As fases da Lua” me ajuda a raciocinar.

Quanto à dimensão **Aspectos Técnicos e Visuais**, há dois indicadores:

- 1) É fácil navegar pela aula sobre as fases da Lua.
- 2) O visual da aula “As fases da Lua” não é muito bom

Esse questionário foi disponibilizado para os alunos responderem logo após o uso do material. No entanto, o seu preenchimento não era obrigatório.

#### **4.3.3 Avaliação orientada ao aluno: avaliação de aprendizagem**

Visando a avaliação de aprendizagem (procedimento C), utilizam-se os instrumentos de coleta de dados elaborados pela professora da disciplina e pela professora elaboradora da hiperídia e são três: pré-teste, pós-teste e avaliação de aprendizagem.

- **Pré-teste** – é um teste inicial para avaliar o conhecimento dos alunos sobre o fenômeno astronômico a ser estudado, aplicado antes da intervenção didática. Foi elaborado e disponibilizado na forma de um questionário composto por questões abertas e fechadas de múltipla escolha, totalizando 13 questões (ANEXO B). Os alunos responderam em momento não presencial. Para isso, garantiu-se aos estudantes acesso a um laboratório de informática na instituição de ensino e tinham o apoio de monitores da disciplina para apoiarem em problemas técnicos eventuais.
- **Pós-teste** – é um teste aplicado após o processo de instrução, nesse caso, após a navegação pela hiperídia para avaliar a aprendizagem. Nesta pesquisa, foi elaborado como um questionário com 27 questões fechadas do tipo verdadeiro ou falso (ANEXO C). A utilização da hiperídia e as respostas ao pós-teste também aconteceram em momento não presencial, nas mesmas condições do pré-teste. Vale destacar que há também questões referentes à

- percepção dos alunos sobre o uso do próprio questionário.
- **Avaliação de aprendizagem** – pode ser entendida como um pós-teste, mas que foi aplicado um tempo depois do processo de instrução, no final da segunda unidade da disciplina de maneira presencial e na forma impressa. Os alunos responderam a questões referentes aos conceitos básicos de física estudados na disciplina (ótica, leis de Kepler) e aos conceitos astronômicos estudados adotando-se o material hipermídia e um vídeo sobre o sistema solar. A avaliação possui questões abertas, questões fechadas de múltipla escolha e do tipo verdadeiro ou falso (ANEXO D). Nas questões sobre os fenômenos astronômicos foram utilizadas imagens e textos retirados da própria hipermídia.

De acordo com a metodologia de avaliação dos resultados de aprendizagem de cada objeto de aprendizagem separadamente e em três momentos correspondentes aos três instrumentos descritos acima, um caminho de análise para cada objeto é através do estabelecimento de equivalências entre as questões de cada instrumento de coleta de dados. Sendo assim, fez-se uma leitura de cada um deles e as relações encontradas são apresentadas nas Tabelas 1, 2, e 3 para investigar os resultados de aprendizagem dos objetos de aprendizagem “A Lua”, “As Fases” e “A Rotação Síncrona” respectivamente.

Tabela 1 – “A Lua”: equivalência entre os instrumentos de avaliação do objeto de aprendizagem.

<b>A Lua</b>
<b>A) Pré – teste</b>
7. 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).
<b>B) Avaliação de Aprendizagem</b>
8. Não ocorreriam diferentes fases da Lua se ela fosse um corpo com luminosidade própria. ( ) Verdadeiro ( ) Falso

Tabela 2 – “As Fases”: equivalência entre os instrumentos de avaliação do objeto de aprendizagem.

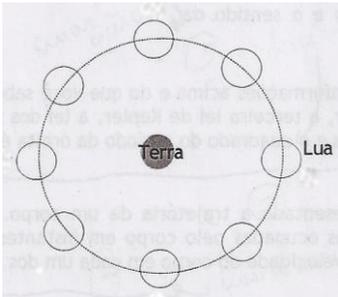
<b>As Fases</b>
<b>A) Pré – teste</b>
5. Considere a afirmação: "O Sol é visível durante o dia, no céu, e a Lua é visível durante a noite." O que você acha dela?
<b>B) Pós – teste</b>
19. O Sol está no céu de dia e a Lua de noite. ( ) Verdadeiro ( ) Falso
<b>C) Avaliação de Aprendizagem</b>
6. Represente 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?


Tabela 3 – “A Rotação Síncrona”: equivalência entre os instrumentos de avaliação do objeto de aprendizagem.

<b>A Rotação Síncrona</b>
A) Pré – teste
6. Você ouviu 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?
B) Avaliação de aprendizagem
7. A Lua apresenta sempre a mesma face voltada para a Terra? Faça um diagrama que explique sua resposta.

#### 4.4 METODOLOGIA DE ANÁLISE DE DADOS

Apresentam-se, nesta seção, os caminhos percorridos para a análise e para a apresentação dos resultados referentes aos três procedimentos investigativos **A, B e C**.

Os resultados dos questionários dos dois primeiros procedimentos são analisados com técnicas de estatística descritiva simples e são apresentados com o auxílio do cálculo do *ranking* médio (OLIVEIRA, 2005) para se obter o grau de concordância ou discordância para cada um dos indicadores de cada dimensão (RM), para cada dimensão (RMD) e um geral para o objeto avaliado (RMO). O cálculo do *ranking* médio é obtido através da média ponderada:

$$RM = \frac{\sum_{i=1}^5 i \times NR_i}{\sum_{i=1}^5 NR_i}$$

Onde  $NR_i$  é o número de respondentes que atribuiu o grau de concordância  $i$  da escala Likert. Os graus de concordância, indiferença ou discordância são substituídos por valores numéricos da seguinte maneira: 1=*Discordo Muito*, 2=*Discordo*, 3= *Indiferente*, 4= *Concordo*, 5= *Concordo muito* e  $N/A=Não se aplica$ . Sendo assim quanto mais próximo

do valor 5 maior o grau de concordância e quanto mais próximo do valor 1 maior o grau de discordância.

Os resultados de aprendizagem (procedimento C) são analisados com técnicas de estatística descritiva simples e inferencial. As questões abertas são analisadas usando-se a redução e a categorização das respostas. A categorização foi feita a partir da leitura das respostas dos alunos e do subsequente agrupamento daquelas que são semelhantes numa mesma categoria, ou seja, as categorias não foram pré-definidas. Entretanto, as categorias criadas e que serão descritas no próximo capítulo correspondem a um tipo de medição ordinal de uma variável porque envolvem categorias do tipo correto, incompleto e incorreto. De acordo com Babbie (2003) esse procedimento se caracteriza por uma medição ordinal de uma variável disposta em uma dimensão, ou seja, deseja-se inferir sobre os resultados de aprendizagem (variável) a partir de categorias de resposta ordinais. Neste caso a categoria de resposta **correta** representa um resultado de aprendizagem maior, a categoria **incompleta** representa um resultado de aprendizagem intermediário enquanto que a categoria **incorreta** representa um resultado de aprendizagem menor, caracterizando a dimensão da variável.

As questões fechadas do tipo verdadeiro e falso e de múltipla escolha são categorizadas a partir das categorias ordinais: **correta** e **incorreta**.

Para os resultados de aprendizagem, além do procedimento de análise descrito acima se compara os resultados das questões do pré-teste, do pós-teste e da avaliação de aprendizagem (Tabelas 1, 2 e 3), apresentando-se a média do desempenho dos alunos em cada uma dessas etapas avaliativas. Nos objetos de aprendizagem “A Lua” e “A Rotação Síncrona” o pós-teste se mostrou pouco relevante e, por isso, são comparados os resultados das questões do pré-teste e da avaliação de aprendizagem. Os resultados de aprendizagem no pós-teste referentes a esses dois objetos estão apresentados no APÊNDICE B. 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 (Caballero et al, 2012) para cada objeto de aprendizagem. O ganho percentual médio (G) 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 é um resultado geral, utiliza-se também uma avaliação qualitativa da aprendizagem com o auxílio de 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. Por fim, apresenta-se numa síntese o ganho percentual médio global que consiste no cálculo da média aritmética dos valores de ganho médio percentual correspondente aos três objetos de aprendizagem avaliados.



## 5 RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados da avaliação da hipermídia “As Fases da Lua”. Inicialmente apresenta-se a avaliação orientada ao material realizada pelos especialistas em conteúdo (Procedimento A), os quais analisaram a qualidade educacional desse recurso.

Em seguida, são apresentados os resultados da utilização da hipermídia em um ambiente real de aprendizagem. Primeiro os resultados da percepção dos alunos sobre o uso do computador e da hipermídia (Procedimento B) e, por fim, os resultados de aprendizagem sobre os conceitos apresentados pelo material e descritos no capítulo anterior (Procedimento C).

### 5.1 AVALIAÇÃO DOS ESPECIALISTAS

Esta etapa avaliativa contou com a participação de 4 (31%) avaliadores especialistas do total de 13 selecionados. Dentre eles, de um professor universitário pesquisador em astrofísica dos seis selecionados e de 3 alunos de pós-graduação em astrofísica dos 4 selecionados que avaliaram a qualidade educacional da hipermídia “As Fases da Lua” a partir das dimensões: **Conteúdo, Aspectos Metodológicos e Aspectos Técnicos e Visuais**.

Na Tabela 4 apresenta-se o resultado da avaliação dos especialistas quanto à dimensão **Conteúdo**.

Tabela 4 – Avaliação da qualidade educacional da hiperímia - Conteúdo

Dimensão: Conteúdo							
Indicadores: Questões	5	4	3	2	1	N/A	RM
	Frequência						
1) O conteúdo está cientificamente bem fundamentado	2	2	0	0	0	0	4,5
2) O conteúdo tem validade educacional.	3	1	0	0	0	0	4,8
3) O conteúdo é apresentado de forma lógica e clara.	1	3	0	0	0	0	4,2
4) Os textos apresentam informações suficientes para a compreensão do tema abordado.	0	3	1	0	0	0	3,8
<b>RM da Dimensão (RMD)</b>	6	9	1	0	0	0	4,3

Percebe-se através dos valores de *ranking* médio obtidos que os avaliadores se posicionam a favor de todos os indicadores. É importante a aprovação desta dimensão em todos os seus indicadores, isso demonstra um equilíbrio entre um conteúdo cientificamente bem fundamentado e que ao mesmo tempo possui validade educacional. Evidencia-se também que o mesmo está apresentado de forma lógica e clara e que apresenta as informações necessárias para a sua compreensão. Do ponto de vista da teoria da carga cognitiva, pode-se pensar que quanto maior a aprovação e equilíbrio entre esses indicadores menor serão as chances do conteúdo ser complexo e de difícil compreensão. O que pode impor menor quantidade de carga cognitiva intrínseca na memória de trabalho dos alunos durante a aprendizagem.

Quanto à dimensão **Aspectos Metodológicos** houve também aprovação em praticamente todos os indicadores conforme a Tabela 5. Os avaliadores se mostraram contrários apenas ao fato de que o desenvolvimento das atividades seja facilitado exclusivamente com o uso da hiperímia (Questão 5). A discordância dos avaliadores com esse indicador acabou reduzindo o valor do *ranking* médio dessa dimensão para **3,9**. No entanto este ainda é um valor que representa a concordância e aprovação dos avaliadores de modo geral com os aspectos metodológicos da hiperímia. Destaca-se que há uma concordância maior de que o material não visa a memorização, que este pode estimular o raciocínio do estudante e com o uso adequado de recursos multimídia. No último indicador (Questão 9) onde se afirma que os recursos utilizados são realmente necessários, 3 avaliadores apresentaram alto grau de

concordância, apesar de um avaliador discordar. Todos esses indicadores caracterizam do ponto de vista da teoria da carga cognitiva uma preocupação com a apresentação da informação e busca por redução da carga cognitiva extrínseca durante o processo de aprendizagem.

Tabela 5 – Avaliação da qualidade educacional da hipermissão – Aspectos Metodológicos.

<b>Dimensão: Aspectos Metodológicos</b>							
<b>Indicadores: Questões</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>N/A</b>	<b>RM</b>
	<b>Frequência</b>						
1) A metodologia empregada não tem como característica principal a memorização de conteúdo e termos técnicos.	2	2	0	0	0	0	<b>4,5</b>
2) O material pode estimular a motivação do estudante.	1	2	1	0	0	0	<b>4,0</b>
3) O material pode estimular o raciocínio do estudante.	2	2	0	0	0	0	<b>4,5</b>
4) A instrução está integrada com a experiência prévia do estudante.	1	1	2	0	0	0	<b>3,8</b>
5) As atividades desenvolvidas no material não poderiam ser facilmente desenvolvidas mediante o emprego de outros meios instrucionais.	0	0	0	4	0	0	<b>2,0</b>
6) Imagens, animações e simulações, são usadas adequadamente tendo em vista o conteúdo instrucional.	1	3	0	0	0	0	<b>4,2</b>
7) Imagens, animações e simulações são claras e explicativas.	0	4	0	0	0	0	<b>4,0</b>
8) Imagens, animações e simulações são coerentes com os textos.	0	4	0	0	0	0	<b>4,0</b>
9) Imagens, animações e simulações são realmente necessárias, não sendo supérfluos e dispensáveis ou incentivadores de consumo ou promoção de produtos comerciais específicos.	3	0	0	1	0	0	<b>4,2</b>
<b>RM da Dimensão (RMD)</b>	<b>10</b>	<b>18</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3,9</b>

A Tabela 6 apresenta os resultados da avaliação dos **Aspectos Técnicos e Visuais** onde os avaliadores se mostraram de modo geral a favor de todos os indicadores, obtendo-se um *ranking* médio igual a **4,3**. Do ponto de vista da teoria da carga cognitiva a concordância com esses indicadores também evidencia que houve uma preocupação com a apresentação do conteúdo visando à redução de carga cognitiva extrínseca.

Tabela 6– Avaliação da qualidade educacional da hipermídia – Aspectos Técnicos e Visuais.

<b>Dimensão: Aspectos Técnicos e Visuais</b>							
<b>Indicadores: Questões</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>N/A</b>	<b>RM</b>
	<b>Frequência</b>						
1) Os textos e as imagens são distribuídos na tela de forma adequada e equilibrada.	2	0	2	0	0	0	<b>4,0</b>
2) O projeto gráfico cria um ambiente agradável de aprendizagem.	2	1	0	1	0	0	<b>4,0</b>
3) O material permite que o usuário mova-se livremente entre as informações, de acordo com suas necessidades e interesses.	2	2	0	0	0	0	<b>4,5</b>
4) O material utiliza marcas especiais para identificar nós e ligações (hiperlinks).	2	1	1	0	0	0	<b>4,2</b>
5) O material opera de forma correta, sem interrupção de suas funções durante a navegação.	3	0	1	0	0	0	<b>4,5</b>
6) As ferramentas para a navegação pelo material são adequadas.	3	0	0	1	0	0	<b>4,2</b>
7) O professor pode aplicar facilmente o material.	3	0	1	0	0	0	<b>4,5</b>
<b>RM da Dimensão (RMD)</b>	17	4	5	2	0	0	<b>4,3</b>

Combinando-se os valores de *ranking* médio obtidos para cada uma das dimensões **Conteúdo**, **Aspectos Metodológicos** e **Aspectos Técnicos e Visuais**, obtém-se o *ranking* médio referente à qualidade educacional da hipermídia conforme apresentado na Tabela 7 que fornece um grau de concordância do objeto (RMO) igual a **4,1**.

Tabela 7 – *Ranking* médio da qualidade educacional da hipermídia.

<b>Avaliação dos especialistas em conteúdo</b>	
<b>Dimensão</b>	<b>RMD</b>
Conteúdo	4,3
Aspectos Metodológicos	3,9
Aspectos Técnicos e Visuais	4,3
<b>Ranking Médio do Objeto (RMO)</b>	<b>4,1</b>

Destacam-se a seguir os aspectos positivos e negativos do material e o(s) nível(is) mais adequado(s) para a sua utilização segundo os especialistas em conteúdo. Os avaliadores indicam também se usariam o material num ambiente real de aprendizagem e como o utilizariam.

#### A) Nível(is) de ensino mais adequado(s)

Os avaliadores apontaram o nível de ensino ao qual o material mais se adequa. Os pós-graduandos em astrofísica (avaliadores **A1**, **A2** e **A4**) entendem que o material se adequa aos níveis fundamental e médio enquanto que o professor universitário pesquisador em astrofísica (avaliador **A3**) entende que o material se adequa aos níveis médio e superior. Ou seja, concordam apenas na adequação ao ensino médio.

A partir das considerações teóricas, entende-se que o conteúdo apresentado pela hipermídia “As fases da Lua” pode ser bastante complexo para alunos do ensino fundamental, principalmente no caso de utilização autônoma. Todavia, com a presença do professor como mediador a sua utilização pode trazer benefícios se as animações forem utilizadas como objetos de visualização para auxiliar na aprendizagem dos fenômenos. No entanto são necessárias pesquisas para corroborar essa hipótese.

Para o nível superior, de acordo com o avaliador **A3** e com os resultados de aprendizagem que serão apresentados nas próximas seções o uso desse material de maneira autônoma pelos alunos se mostra amplamente eficaz.

#### B) Aspectos positivos

Os avaliadores **A1** e **A3** evidenciam aspectos referentes às três dimensões utilizadas para inferir sobre a qualidade educacional da

hipermídia como mostrado anteriormente. Ambos dão destaque para as explicações classificando-as como “claras” e para a facilidade de utilização da hipermídia:

*A1- Imagens coerentes, explicações claras e liberdade de movimento do usuário.*

*A3- Excelente qualidade gráfica. Fácil de usar. Sucinto e claro.*

O avaliador **A2** exalta a eficiência do material como objeto de visualização:

*A2 - Facilidade na visualização dos fenômenos.*

O avaliador **A4** é mais específico quanto aos aspectos mais positivos do material e aponta alguns dos aspectos metodológicos como destaque:

*A4 - A explicação de que, no modelo apresentado, os eclipses não ocorrem sempre pelo fato de que o plano de órbita Terra/Sol e Terra/Lua não estão no mesmo plano poderia confundir somente pela ilustração. A diferenciação face oculta, face iluminada e a visão de um observador na terra, é bem exemplificada. A rotação síncrona da lua é facilmente entendida: a separação do movimento da lua em face oculta e face iluminada leva a conclusão de porque vemos apenas o mesmo lado da lua.*

### C) Aspectos negativos

Todos os quatro avaliadores são bem específicos quanto aos aspectos negativos do material, detalhando possíveis problemas periféricos:

*A1 - O movimento do fundo.*

*A2 - A separação entre rotação e translação na animação ao explicar a rotação síncrona pode confundir o aluno.*

*A3- “A Lua”: Na verdade, a Lua tem luz própria,*

*mas emite a radiação em um comprimento de onda não visível. Não penso que isso deva ser explorado nos níveis mais básicos, mas é algo a se considerar no momento de elaborar o texto e na forma como são feitas as construções das frases.*

**“A Lua”:** *Que órbita? Órbita em torno do centro galáctico? Na verdade, o autor se refere à órbita aparente do Sol na esfera celeste. Mas é preciso muito cuidado nesse ponto, para que o aluno não confunda uma órbita aparente com uma órbita real. Desenhos ajudariam muito a fazer o texto mais compreensível.*

**“As Fases”:** *Colocar os horários aproximados do nascer e ocaso da lua em cada fase, como é feito nos slides posteriores.*

**Links externos:** *“Saiba a fase da lua hoje”:* Página não encontrada.

**A4** - *Escala de tamanhos (terra, sol e lua) e distâncias entre eles talvez induza uma noção de espaço diferente do real.*

**“A Lua”:** *A frase que inicia com “o sol se move cerca de 1/12 ...” é confusa: entendo o movimento aparente do sol, na eclíptica, e terra/lua parados.*

Sobre os aspectos negativos do material apontados pelos avaliadores é importante salientar que o movimento de fundo destacado pelo avaliador **A1** já foi retirado na nova versão deste material que foi disponibilizada no ano de 2011 e pode ser acessada no *link*: [http://tati.fsc.ufsc.br/caronte/fasesdalua/\\_index\\_portugues.html](http://tati.fsc.ufsc.br/caronte/fasesdalua/_index_portugues.html).

O avaliador **A2** aponta o desacoplamento da rotação e da translação da Lua como um aspecto metodológico negativo no estudo da rotação síncrona. No entanto, de acordo com as considerações teóricas já apresentadas e com os resultados de aprendizagem referentes ao objeto de aprendizagem “A Rotação Síncrona” que serão apresentados neste capítulo, entende-se que este é um procedimento metodológico que visa auxiliar e facilitar a aprendizagem.

Os avaliadores **A3** e **A4** apontam que na frase: “o sol se move cerca de 1/12 de sua órbita a cada mês” no objeto de aprendizagem “A Lua” deve-se destacar que este é um movimento aparente. O avaliador **A4** aponta ainda um problema já discutido no segundo capítulo, a dificuldade de elaborar uma representação ou modelo que leva em consideração todas as

proporções de tamanhos e distâncias.

D) Você utilizaria esta hipermídia nas situações de ensino e aprendizagem? Em caso de resposta afirmativa: Como?

Os avaliadores responderam também se e como utilizariam a hipermídia num ambiente real de aprendizagem. Destaca-se nas respostas dos avaliadores **A2** e **A4** a utilização do material como objeto de visualização para auxiliar na aprendizagem dos fenômenos estudados.

**A1** - *Sim. Como complemento para alguma atividade complementar na aprendizagem sobre a Lua.*

**A2** - *Sim. Como elemento auxiliar para visualização dos fenômenos, após a explicação teórica já ter sido aplicada.*

**A3** - *Sim, para falar sobre órbitas, sobre sincronicidade e sobre a Lua.*

**A4** - *Usaria, dentro do programa que abrange o tema acerca da gravitação, em substituição de uma maquete que representasse estes corpos e também no ensino de sistemas de coordenadas e a utilização de referenciais na observação de corpos celestes em astronomia.*

A partir da avaliação da qualidade da hipermídia realizada pelos especialistas em conteúdo, conclui-se que o recurso apresenta um conteúdo bem elaborado que está apresentado de forma lógica e clara. Utiliza recursos multimídia necessários e que estão bem distribuídos ao longo da apresentação do conteúdo. Por fim, os aspectos técnicos e visuais do material não dificultam a sua utilização.

## 5.2 RESULTADOS DA PERCEPÇÃO DOS ALUNOS

Nesta seção são apresentados os resultados da percepção dos alunos quanto ao uso do computador e da hiperídia (procedimento B). Conforme discutido anteriormente julga-se também necessário identificar os efeitos da utilização da hiperídia em um ambiente real de aprendizagem.

### 5.2.1 Percepção dos alunos quanto ao uso do computador

Inicialmente são apresentados os resultados de percepção dos alunos sobre o uso do computador de acordo com as dimensões: **Motivação**, **Possibilidades de Aprendizagem** e **Autonomia**.

Na Tabela 8 são apresentados os resultados da dimensão **Motivação**. Conclui-se do primeiro indicador que a maioria dos alunos (77%) concorda que a utilização do computador é motivadora para a aprendizagem de física, enquanto que apenas 5% não consideram motivador o uso do computador. O segundo indicador mostra que a maior parte dos alunos (79%) se mostra contrária à afirmação de que é monótono ter aula de física no computador e apenas 4% concordam com a afirmação.

Tabela 8– Percepção dos alunos sobre o uso do computador – Motivação.

Dimensão: Motivação							
Indicadores: Questões	5	4	3	2	1	N/A	RM
	Frequência						
1) Usar o computador para aprender Física é motivador.	23	36	12	2	2	2	<b>4,0</b>
2) As aulas de Física no computador são monótonas.	1 *	2 *	11	40 *	21 *	2	<b>2,0</b> *
	21	40	11	2	1	2	<b>4,0</b>
<b>RM da Dimensão (RMD)</b>	44	76	23	4	3	4	<b>4,0</b>

Para a obtenção do *ranking* médio da dimensão (RMD) é necessário uma inversão nos valores de concordância e de discordância do segundo indicador, pois a discordância neste caso indica a concordância que as aulas de física no computador não são monótonas. Há uma simetria na escala em

torno do valor 3, mas é necessário inverter os valores 4 e 2 e os valores 5 e 1. Fazendo-se essa inversão no segundo indicador (\*) o valor obtido para o *ranking* médio da dimensão **Motivação** é igual a 4,0 o que representa a concordância dos alunos quanto à motivação propiciada pelo uso do computador (Tabela 8).

Apesar da ampla concordância dos alunos quanto à motivação propiciada, destaca-se que a teoria da carga cognitiva ainda não engloba estudos relacionados a esse aspecto e como este pode influenciar na aprendizagem. Mas, entende-se que a motivação para o estudo é fator necessário para que a aprendizagem possa ocorrer e é evidenciado em outros referenciais (MANDELINK e HARACKIEWICZ, 1984; CLARK e PAIVIO, 1991; BORUCHOVITCH, 1999).

Apresentam-se na Tabela 9 os resultados relativos à percepção do uso do computador quanto à dimensão: **Possibilidades de Aprendizagem**. Percebe-se que nenhum aluno concorda com o primeiro indicador e apenas dois alunos (3%) não se posicionam sobre as possíveis dificuldades de aprender nas aulas que exploram o uso do computador. Do segundo indicador destaca-se que nenhum aluno concorda que não se lembra de nada do que vê nas aulas que exploram o uso do computador e apenas dois alunos (3%) não se posicionam. Do terceiro, evidencia-se que a maioria dos alunos (87%) concorda com o auxílio do computador para a aprendizagem e apenas 8% não se posicionam, corroborando as respostas aos dois indicadores anteriores. No quarto, infere-se a percepção dos alunos sobre a melhor adequação do estudo do tema em recursos digitais do que nos livros. Apenas um aluno discorda, enquanto 18% dos alunos não definem sua opinião. Um número considerável de alunos, 78% concorda que estes tópicos ficam mais claros utilizando recursos digitais do que em livros. É importante destacar que 44% concordam muito com essa afirmação. Para a obtenção do *ranking* médio da dimensão (RMD), os valores dos graus de concordância e discordância dos dois primeiros indicadores foram espelhados conforme procedimento realizado para a dimensão anterior. O valor obtido é igual a 4,3, considerado um resultado expressivo e que mostra que a maioria dos alunos acredita na possibilidade de aprendizagem com o uso do computador.

Tabela 9– Percepção dos alunos sobre o uso do computador – Possibilidades de Aprendizagem.

<b>Dimensão: Possibilidades de Aprendizagem</b>							
<b>Indicadores: Questões</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>N/A</b>	<b>RM</b>
	<b>Frequência</b>						
1) Saio das aulas de Física no computador do mesmo jeito que entrei, <b>sem aprender nada de novo.</b>	0 *	0 *	2	33 *	40 *	2	<b>1,5 *</b>
	40	33	2	0	0	2	<b>4,5</b>
2) <b>Não me lembro de nada</b> do que vejo em aulas de Física no computador.	0 *	0 *	2	40 *	33 *	2	<b>1,6 *</b>
	33	40	2	0	0	2	<b>3,9</b>
3) Ter aulas de Física no computador é uma boa maneira de aprender.	25	42	6	1	1	2	<b>4,2</b>
4) Estes tópicos ficam mais claros nas aulas que utilizam recursos digitais (como estas aulas virtuais) do que lendo em livros.	34	26	14	1	0	2	<b>4,2</b>
<b>RM da Dimensão (RMD)</b>	132	141	24	2	1	8	<b>4,3</b>

Na Tabela 10, apresentam-se os resultados relativos à percepção dos alunos sobre uso do computador quanto à dimensão: **Autonomia**.

Tabela 10 – Percepção dos alunos sobre o uso do computador – Autonomia.

<b>Dimensão: Autonomia</b>							
<b>Indicadores: Questões</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>N/A</b>	<b>RM</b>
	<b>Frequência</b>						
1) Posso aprender sozinho tudo que preciso saber sobre o tema utilizando a aula no computador.	3	14	24	26	8	2	<b>2,7</b>
<b>RM da Dimensão (RMD)</b>	3	14	24	26	8	2	<b>2,7</b>

Quanto à percepção de que possam aprender tudo sozinhos utilizando a aula no computador, percebe-se que as opiniões acerca dessa afirmação se dividem. Dentre as respostas 44% discordam, 31% se mostram indiferentes, enquanto que 22% concordam que podem aprender tudo sozinhos apenas utilizando o computador. Quanto à percepção a respeito da necessidade de se ter um professor, destaca-se que para a questão: *A presença do professor é importante para o entendimento do conteúdo apresentado nessas aulas virtuais*, a maioria dos alunos, 61%, concorda que sua presença é importante.

Combinando-se os valores de *ranking* médio obtidos para as dimensões **Motivação**, **Possibilidades de Aprendizagem** e **Autonomia**, obtém-se que o *ranking* médio referente à percepção do uso do computador conforme a Tabela 11 é igual a 4,0.

Tabela 11– *Ranking* médio para a percepção do uso do computador.

<b>Uso do computador</b>	
<b>Dimensão</b>	<b>RMD</b>
Motivação	4,0
Possibilidades de aprendizagem	4,3
Autonomia	2,7
<b>Ranking Médio do Objeto (RMO)</b>	<b>4,0</b>

### 5.2.2 Percepção dos alunos quanto ao uso da hipermídia

Apresentam-se nesta seção os resultados da percepção dos alunos sobre o uso da hipermídia completa de acordo com as dimensões **Conteúdo**, **Recursos Multimídia Utilizados** e **Aspectos Técnicos e**

### Visuais.

Quanto à dimensão **Conteúdo** conforme Tabela 12, a maioria dos alunos, 88%, discorda da afirmação, sendo que 45% discordam muito sobre o conteúdo não estar bem explicado no material. Dos demais, 6% não se posicionam quanto à afirmação e aproximadamente 3% concordam que o conteúdo não está bem explicado. O valor baixo (1,7) obtido para o *ranking* médio do indicador único da dimensão **Conteúdo** representa a aprovação pela maioria dos alunos de que o conteúdo está bem explicado. Dessa forma os valores de discordância e concordância foram invertidos (\*) para a obtenção do *ranking* médio dessa dimensão igual a 4,3, possibilitando a comparação com os valores obtidos para as outras dimensões. O valor expressivo mostra que os alunos consideram o conteúdo bem explicado e é um indício de que a busca por redução de complexidade do conteúdo foi alcançada.

Tabela 12– Percepção dos alunos sobre o uso da hipermissão – Conteúdo.

Dimensão: Conteúdo							
Indicador: Questão	5	4	3	2	1	N/A	RM
	Frequência						
1) O conteúdo não está bem explicado na aula de “As fases da Lua”	1 *	1 *	5	33 *	35 *	2	1,7 *
	35	33	5	1	1	2	
<b>RM da Dimensão (RMD)</b>	35	33	5	1	1	2	<b>4,3</b>

Quanto à dimensão **Recursos Multimídia Utilizados** (Tabela 13), verifica-se que quase todos os alunos consideram que as mídias apresentadas em um computador podem facilitar a aprendizagem de física. As imagens e animações são consideradas por 95% dos alunos como um auxílio para a compreensão do tema. Destaca-se que não houve discordância de nenhum aluno em ambos os indicadores, o que fortalece a necessidade de utilização dos recursos multimídia apresentados pelo material e de que essas fontes de informação não são supérfluas na faixa etária e nível de ensino em questão.

Tabela 13– Percepção dos alunos sobre o uso da hipermissão – Recursos Multimídia Utilizados.

<b>Dimensão: Recursos Multimídia Utilizados</b>							
<b>Indicadores: Questões</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>N/A</b>	<b>RM</b>
	<b>Frequência</b>						
1) Ver as imagens, as animações e os filmes nas aulas virtuais de Física facilita a aprendizagem.	38	36	1	0	0	2	<b>4,5</b>
2) Ver as imagens e as animações na aula “As fases da Lua” me ajuda a raciocinar.	34	39	2	0	0	2	<b>4,4</b>
<b>RM da Dimensão (RMD)</b>	<b>72</b>	<b>75</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>4,5</b>

Quanto à dimensão **Aspectos Técnicos e Visuais** (Tabela 14), evidencia-se a partir do primeiro indicador que a maioria dos alunos, 95 %, acha fácil a navegação, durante a exploração pelo material. No segundo indicador a discordância reflete a aprovação do visual do material, a maior parte dos alunos, 90%, discordam que o visual da aula “As Fases da Lua” não é muito bom. Novamente, os valores de discordância e concordância foram invertidos no segundo indicador (\*) para a obtenção do *ranking* médio da dimensão igual a 4,4.

Tabela 14– Percepção dos alunos sobre o uso da hipermissão – Aspectos Técnicos e Visuais.

<b>Dimensão: Aspectos Técnicos e Visuais</b>							
<b>Indicadores: Questões</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>N/A</b>	<b>RM</b>
	<b>Frequência</b>						
1) É fácil navegar pela aula sobre as fases da Lua.	33	40	1	0	1	2	<b>4,4</b>
2) O visual da aula “As fases da Lua” não é muito bom	0 *	1 *	5	33 *	36 *	2	<b>1,6 *</b>
	36	33	5	1	0	2	<b>4,4</b>
<b>RM da Dimensão (RMD)</b>	<b>69</b>	<b>73</b>	<b>6</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>4,4</b>

Combinando-se os valores de *ranking* médio obtidos para as dimensões **Conteúdo**, **Recursos Multimídia Utilizados** e **Aspectos Técnicos e Visuais**, obtém-se o *ranking* médio (RMO) igual a 4,4 conforme ilustra a Tabela 15. De acordo com a percepção dos alunos quanto ao uso

da hipermídia “As Fases da Lua”, conclui-se que esta auxilia na compreensão do tema, está bem elaborada tanto nos aspectos relacionados ao conteúdo, à sua apresentação gráfica e à sua navegação.

Tabela 15– *Ranking* médio para a percepção do uso da hipermídia.

<b>Uso da hipermídia</b>	
<b>Dimensão</b>	<b>RMD</b>
Conteúdo	4,4
Recursos multimídia utilizados	4,5
Aspectos técnicos e visuais	4,4
<b>Ranking Médio do Objeto (RMO)</b>	<b>4,4</b>

### 5.3 RESULTADOS DE APRENDIZAGEM

Na seção anterior foram apresentados os resultados da percepção dos alunos referente ao uso da hipermídia (procedimento B). Nas próximas seções serão apresentados os resultados de aprendizagem após o uso deste recurso didático digital (procedimento C). Destaca-se novamente que esta avaliação ocorreu para três de seus quatro objetos de aprendizagem em virtude das equivalências que se pode estabelecer entre os instrumentos utilizados nas diferentes etapas de avaliação da disciplina.

#### 5.3.1 “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 (na seção 4.3.3, página 71). A análise é descrita a seguir detalhando-se cada uma delas.

##### A) Pré-teste

Na análise dos resultados de aprendizagem sobre o conceito da Lua como um satélite natural da Terra e sem luminosidade própria, investigou-se inicialmente o conhecimento dos alunos a partir da seguinte questão enunciada na Tabela 16. A única resposta correta para essa é a alternativa (a). Na Tabela 16 apresentam-se também as frequências de respostas para cada uma das alternativas:

Tabela 16– “A Lua”: frequências de respostas para a questão do pré-teste.

<b>“A Lua” – pré-teste - As fases da Lua não ocorreriam se (marque a opção correta):</b>		
<b>Resposta</b>	<b>Frequência</b>	<b>Percentual (%)</b>
(a) a Lua fosse um corpo com luminosidade própria.	70	91
(b) a Lua fosse um corpo sem luminosidade própria.	1	1
(c) a Lua não fosse o único satélite natural da Terra.	1	1
(d) a Lua não possuísse um lado nunca iluminado (escuro).	5	7
<b>Total</b>	<b>77</b>	<b>100</b>

Percebe-se que a maioria dos alunos, 91%, compreende antes do uso do material, que as fases da Lua não ocorreriam se esta tivesse luminosidade própria. Assim, a maioria dos alunos demonstrou *expertise* em relação a esse conceito antes da utilização do objeto de aprendizagem “A Lua”.

#### B) Avaliação de aprendizagem

Na avaliação de aprendizagem, o conceito da Lua sem luminosidade própria foi avaliado através da questão do tipo verdadeiro ou falso conforme Tabela 17. A resposta correta para a afirmação dessa questão é a alternativa *verdadeiro*. A Tabela 17 apresenta as frequências de resposta para essa questão, onde as alternativas *verdadeiro* e *falso* foram transformadas nas categorias ordinais de resposta **correta** e **incorreta**, respectivamente.

Tabela 17– “A Lua”: frequências para as categorias de respostas da avaliação de aprendizagem.

<b>“A Lua” - avaliação de aprendizagem - Não ocorreriam diferentes fases da Lua se ela fosse um corpo com luminosidade própria.</b>		
<b>Categoria</b>	<b>Frequência</b>	<b>Percentual (%)</b>
Correta	76	99
Incorreta	1	1
Total	77	100

Destaca-se que após o uso do material, apenas um (1%) aluno, responde incorretamente assinalando que a afirmação é falsa. Evidenciando que apesar de poucos desconhecerem houve melhorias nesse universo como será descrito a seguir.

#### 5.3.1.1 Eficiência do material didático

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 é possível atribuir valores para o desempenho dos alunos nas avaliações. Atribuindo-se valor 0,0 para as respostas incorretas e valor 2,0 para as respostas corretas nas duas questões mostradas acima, estabelece-se a média do desempenho dos alunos em ambas as etapas avaliativas apresentadas na Tabela 18.

Tabela 18– “A Lua”: médias e desvios padrão para os desempenhos dos alunos no pré-teste e na avaliação de aprendizagem.

<b>Desempenho nas avaliações</b>	<b>Número de Alunos</b>	<b>Nota Mínima</b>	<b>Nota Máxima</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio Padrão</b>
Pré-teste	77	0,0	2,0	1,82	0,60
Avaliação de aprendizagem	77	0,0	2,0	1,97	0,20

A média das notas no pré-teste ilustra o conhecimento dos alunos sobre a associação entre a Lua sem luminosidade 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. De acordo com a equação do cálculo do ganho percentual médio (G) (CABALLERO et al, 2012) temos que ele é de 8% conforme apresentado na Tabela 19.

Tabela 19 – “A Lua”: cálculo do ganho percentual médio

<b>“A Lua” - Obtenção do Ganho Percentual Médio</b>		
Avaliação de aprendizagem	O = Média / Nota Máxima	0,99
Pré-teste	I = Média / Nota Máxima	0,91
Ganho: $G = (O - I) \times 100\%$		8%

O valor obtido para o ganho percentual médio é pequeno, devido ao conhecimento inicial apresentado pelos alunos no pré-teste.

Apesar dos resultados satisfatórios encontrados até aqui, pretende-se entender os efeitos decorrentes do uso deste recurso. É desejável 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 seguintes classificações de acordo com a comparação entre pré-teste e avaliação de aprendizagem:

- **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.
- **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 no pré-teste e que continuam respondendo incorretamente na avaliação de aprendizagem.

- **Efeito Negativo** – Identificam-se alunos que respondem corretamente no pré-teste e deixam de responder corretamente na avaliação de aprendizagem.

Comparando-se as Tabelas 16 e 17, obtém-se a tabela de contingência entre os resultados do pré-teste e da avaliação de aprendizagem. Evidenciando-se que todos os 7 alunos (9%) que responderam incorretamente antes, passaram a responder corretamente após o uso do material, consistindo no que foi chamado de Efeito Positivo e destacado na Tabela 20 com o símbolo (+). Dos 70 alunos (91%) que responderam corretamente antes do uso do material, 69 (90%) continuaram respondendo corretamente depois, consistindo no que foi chamado de Efeito Neutro e 1 aluno (1%) passou a responder incorretamente, consistindo em um Efeito Negativo. Os Efeitos Neutro e Negativo estão destacados na Tabela 20 com os símbolos (\*) e (-), respectivamente.

Tabela 20 – “A Lua”: análise de contingência entre pré-teste e avaliação de aprendizagem.

<b>“A Lua” - Tabela de contingência</b>				
		<b>Avaliação de Aprendizagem</b>		
		<b>Correta</b>	<b>Incorreta</b>	<b>Total</b>
<b>Pré-teste</b>	<b>Correta</b>	69 (*)	1 (-)	70
	<b>Incorreta</b>	7 (+)	0	7
	<b>Total</b>			77

### 5.3.1.2 Discussão dos resultados

O primeiro aspecto a ser destacado é o nível de *expertise* dos alunos em relação a esse conceito antes do uso do material evidenciado pelo pré-teste onde 70 alunos (91%) responderam corretamente. Além da *expertise* dos alunos, o conceito da Lua sem luminosidade própria é pouco complexo

não exigindo a compreensão de diversos elementos ao mesmo tempo. No entanto, é importante salientar que apesar de ser um assunto pouco complexo, é extremamente importante a sua apresentação para a discussão do conceito seguinte no material: as fases da Lua e que mesmo sobre essas circunstâncias as características do objeto de aprendizagem “A Lua” conforme mostra a Figura 8 estão de acordo com os princípios descritos no capítulo 3. Utiliza-se uma explicação verbal através de um texto onde foi adicionada uma animação não interativa, a proximidade espacial entre os dois formatos foi elaborada visando evitar o efeito de divisão de atenção.

Quanto à opção pelo uso de uma animação não interativa (tela dinâmica não interativa), ressalta-se que além de apresentar pouca complexidade a compreensão deste conceito independe da dinâmica, sendo assim pode se tornar irrelevante a elaboração de uma animação interativa para a sua apresentação, pois a transição da animação dificilmente dificultará a aprendizagem.

Os resultados de aprendizagem foram positivos e evidenciaram que o uso do material auxiliou na compreensão de 7 alunos que não entendiam esse conceito antes (9% do total e 100% dos que responderam errado).

### **5.3.2 “As Fases”**

O objeto de aprendizagem “As Fases” foi avaliado a partir da equivalência entre uma questão do pré-teste, uma questão do pós-teste e uma questão da avaliação de aprendizagem apresentadas na Tabela 2 (seção 4.3.3, página 72). A análise é descrita a seguir detalhando-se cada uma delas.

#### **A) Pré-teste**

Para análise da questão renunciada na Tabela 21, categorizaram-se as respostas dos alunos a partir da concordância ou da discordância em relação à afirmação como “Discorda” e “Concorda”. Essa categorização inicial não levou em consideração as justificativas. A Tabela 21 mostra as frequências de resposta dos alunos.

Tabela 21– “As Fases”: frequências de respostas para a questão do pré-teste.

<b>“As Fases” - pré-teste - 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?</b>		
<b>Categoria</b>	<b>Frequência</b>	<b>Percentual(%)</b>
Discorda	30	39
Concorda	47	61
Total	77	100

Percebe-se 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 da questão do pré-teste, onde as justificativas dos alunos para a discordância ou concordância com a afirmação apresentada foram analisadas. As respostas foram então agrupadas em categorias ordinais de acordo com os critérios descritos abaixo:

- 1) **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.
- 2) **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.
- 3) **Incorreta** – demonstra a partir da justificativa pouco conhecimento sobre os movimentos relativos entre Sol, Terra e Lua.

É importante destacar que essa nova categorização dessa questão do pré-teste referente às justificativas dos alunos está descorrelacionada com a categorização anterior onde se levou em consideração apenas a concordância ou discordância dos alunos com a afirmação. De fato todos os alunos que justificaram de maneira correta sua resposta, discordaram da afirmação. No entanto, para justificativas incompletas e incorretas há tanto discordâncias quanto concordâncias com a afirmação.

Na Tabela 22, mostram-se exemplos de resposta para cada uma das categorias e as frequências de resposta para cada uma delas:

Tabela 22 – “As Fases”: exemplos para cada uma das categorias de resposta do pré-teste e frequências para cada uma delas.

<b>“As Fases” - pré-teste - 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?</b>			
<b>Categoria</b>	<b>Exemplo</b>	<b>Frequência</b>	<b>Percentual(%)</b>
<b>Correta</b>	<i>“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.”</i> (Aluno A)	5	7
<b>Incompleta</b>	<i>"Em certos dias, também podemos ver a lua quando ainda dia.”</i> (Aluno B)	31	40
<b>Incorreta</b>	<i>"Verdadeira se considerarmos apenas a olho nu. Utilizando um telescópio eles são visíveis a qualquer hora do dia.”</i> (Aluno C)	41	53
<b>Total</b>		77	100

Destaca-se que apenas 5 alunos (7%) apresentam inicialmente uma justificativa correta para a afirmação apresentada enfatizando que dependendo da fase, a Lua pode ser vista no céu durante o dia. Alguns alunos, 40%, destacam que a Lua pode ser vista durante o dia, mas não explicam o motivo, enquanto que metade, 53% deles justificam de forma incorreta a afirmação demonstrando pouco conhecimento sobre os movimentos da Terra e da Lua ao redor do Sol.

### B) Pós-teste

Analisando-se a questão do pós-teste, observa-se a frequência de respostas apresentada da Tabela 23.

A maioria dos alunos (84%) marca a opção correta, ou seja, a afirmação é falsa, enquanto que 12 alunos (16%) a consideram verdadeira.

Tabela 23– “As Fases”: frequências de respostas para a questão do pós-teste.

<b>“As Fases” - pós-teste - <i>O Sol está no céu de dia e a Lua de noite.</i></b>		
<b>Respostas</b>	<b>Frequência</b>	<b>Percentual(%)</b>
Falso	65	84
Verdadeiro	12	16
Total	77	100

#### 5.3.2.1 Pós-teste: Eficiência do material didático

Comparando-se inicialmente a concordância ou discordância em relação à afirmação: *O Sol está no céu de dia e a Lua de noite*, pode-se confrontar os resultados obtidos para a categorização inicial da questão do pré-teste com as respostas à questão do pós-teste. Conforme as Tabelas 21 e 23 é possível perceber que houve um significativo aumento de respostas que discordam da afirmação de 39% para 84%.

Seguindo a mesma análise do objeto anterior, analisa-se o desempenho médio atribuindo-se nota 0,0 para as respostas incorretas e nota 2,0 para as respostas corretas em ambas as questões citadas anteriormente. As médias em cada uma das etapas avaliativas são fornecidas na Tabela 24.

Tabela 24– “As Fases”: médias e desvios padrão para os desempenhos dos alunos no pré-teste e no pós-teste.

Desempenho nas avaliações	Número de Alunos	Nota Mínima	Nota Máxima	Média	Desvio Padrão
Pré-teste	77	0,0	2,0	0,78	1,00
Pós-teste	77	0,0	2,0	1,69	0,73

Observa-se que houve um aumento considerável da média após o uso do material. Um valor quantitativo para esse aumento é obtido através do cálculo do ganho percentual explicitado na Tabela 25 e igual a 46%.

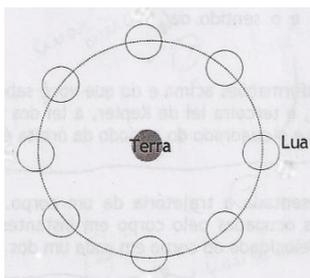
Tabela 25 – “As Fases”: cálculo do ganho percentual médio

“As Fases” - Obtenção do Ganho Percentual Médio		
Pós-teste	$O = \text{Média} / \text{Nota Máxima}$	0,85
Pré-teste	$I = \text{Média} / \text{Nota Máxima}$	0,39
Ganho: $G = (O - I) \times 100\%$		46%

Entretanto, o pós-teste é pouco elucidativo, com questões do tipo verdadeiro e falso. Uma análise qualitativa visando-se entender quais foram as mudanças causadas após uso da animação pode ser realizada ao comparar os resultados obtidos para as justificativas da questão do pré-teste (Tabela 22) com os resultados obtidos na questão da avaliação de aprendizagem que serão apresentados a seguir.

## C) Avaliação de aprendizagem

A avaliação de aprendizagem foi realizada um tempo depois do uso do material e contemplou todos os conteúdos abordados (ANEXO D). A questão utilizada solicita uso de representação com a elaboração de um diagrama esquemático conforme o enunciado: *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?*

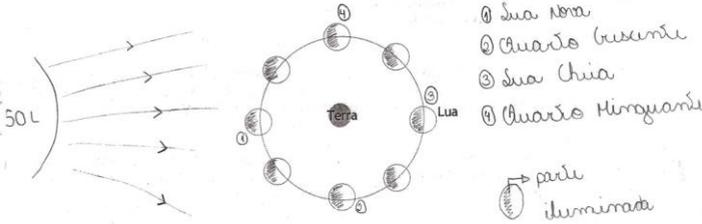
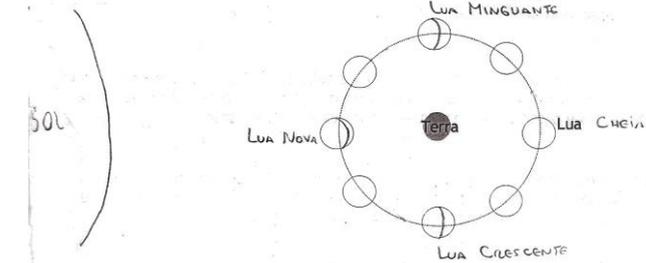
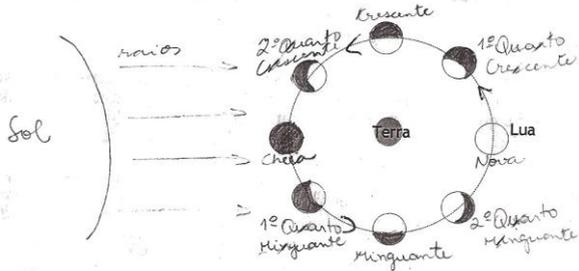


A partir da leitura das respostas dos alunos foi possível fazer uma redução, agrupando-as em categorias ordinais de acordo com os critérios descritos abaixo:

- 1) **Correta** – Elabora no diagrama uma sequência das quatro fases lunares principais (nova, quarto crescente, cheia e quarto minguante) nomeando-as corretamente. Indica a direção e sentido dos raios solares corretamente, mantendo coerência com as fases lunares representadas.
- 2) **Incompleta** – Elabora no diagrama e nomeia corretamente uma sequência das quatro principais fases lunares, mas não representa a direção e o sentido dos raios solares. Ou representa corretamente a direção e o sentido dos raios solares mantendo consistência com as fases nova e cheia, mas inverte as fases quarto crescente e quarto minguante.
- 3) **Incorreta** – Elabora no diagrama uma sequência das quatro principais fases lunares inconsistente com a direção e sentido dos raios solares.

A Tabela 26 apresenta exemplos para cada uma das categorias de resposta descritas acima.

Tabela 26 – “As Fases”: exemplos para cada categoria de resposta da avaliação de aprendizagem.

<b>“As Fases” – avaliação de aprendizagem</b>	
<b>Categoria</b>	<b>Exemplo</b>
<b>Correta</b>	 <p>(Aluno D)</p>
<b>Incompleta</b>	 <p>(Aluno E)</p>
<b>Incorreta</b>	 <p>(Aluno F)</p>

A Tabela 27 apresenta as frequências de resposta para as categorias da questão da avaliação de aprendizagem:

Tabela 27 – “As Fases”: frequências de respostas para a questão da avaliação de aprendizagem.

<b>“As Fases” - avaliação de aprendizagem</b>		
<b>Categorias</b>	<b>Frequência</b>	<b>Percentual (%)</b>
Correta	36	47
Incompleta	30	39
Incorreta	11	14
Total	77	100

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 das fases correta, demonstrando inconsistência na compreensão do fenômeno.

#### 5.3.2.2 Avaliação de Aprendizagem: Eficiência do material didático

Seguindo a mesma metodologia, podem-se comparar duas etapas avaliativas. Agora, comparando-se as justificativas categorizadas da questão do pré-teste com os diagramas categorizados da questão da avaliação de aprendizagem para obter a média do desempenho dos alunos. Atribui-se notas a essas categorias onde as respostas incorretas, recebem nota 0,0, respostas incompletas nota 1,0 e respostas corretas nota 2,0. A Tabela 28 apresenta as médias e os desvios padrão do desempenho dos alunos nessas duas etapas avaliativas.

Tabela 28 – “As Fases”: médias e desvios padrão para os desempenhos dos alunos no pré-teste e na avaliação de aprendizagem.

Desempenho nas avaliações	Número de Alunos	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

Percebe-se da Tabela 28 um aumento significativo da média dos alunos do pré-teste para a avaliação de aprendizagem. No entanto, com o intuito de quantificar esse aumento calcula-se o ganho percentual médio apresentado na Tabela 29 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.

Tabela 29 – “As Fases”: cálculo do ganho percentual médio – justificativas.

<b>“As Fases” - Obtenção do Ganho Percentual Médio</b>		
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%

Na análise e categorização das justificativas da questão do pré-teste foi possível identificar respostas que demonstraram que os alunos compreendem a existência da fase nova onde a Lua pode ser visualizada no céu durante o dia e essas respostas foram consideradas corretas. Muitas respostas evidenciaram o desconhecimento dos alunos sobre os movimentos relativos entre Sol, Terra e Lua as quais foram categorizadas como incorretas. No entanto, algumas respostas trouxeram pouca informação em relação ao conhecimento dos alunos sobre as fases da Lua antes da instrução e por não estarem incorretas foram categorizadas como incompletas. Como há pouca informação sobre o conhecimento desses alunos que tiveram a resposta categorizada como **incompleta** na questão do pré-teste, suas respostas não serão comparadas com os resultados obtidos na avaliação de aprendizagem. Torna-se assim possível identificar os efeitos

causados pelo uso do material. A Tabela 30 é uma tabela de contingência resultante da combinação dos resultados obtidos no pré-teste (Tabela 22) com os resultados da avaliação de aprendizagem (Tabela 27) 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.

Tabela 30 – “As Fases”: análise de contingência entre pré-teste e avaliação de aprendizagem.

<b>“As Fases” - Tabela de contingência</b>					
		<b>Avaliação de Aprendizagem</b>			
		<b>Correta</b>	<b>Incompleta</b>	<b>Incorreta</b>	<b>Total</b>
<b>Pré-teste</b>	<b>Correta</b>	4 (*)	1 (*)	0 (-)	5
	<b>Incompleta</b>	14	14	3	31
	<b>Incorreta</b>	18 (+)	15 (*)	8 (*)	41
	<b>Total</b>	11	30	36	77

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 no pré-teste passaram a responder corretamente na avaliação de aprendizagem entendido como um Efeito Positivo.

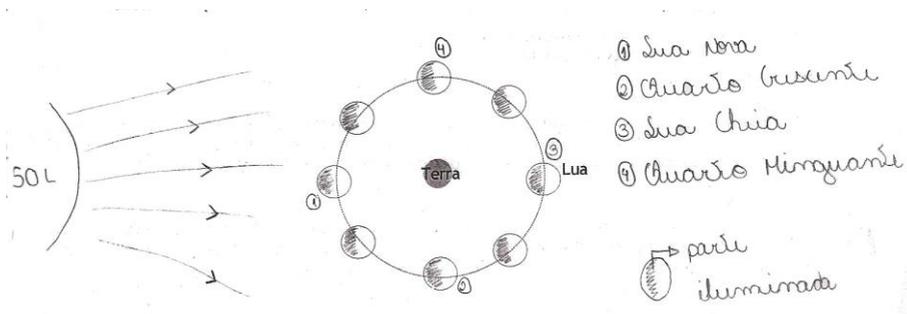
### 5.3.2.3 Alguns casos particulares

Com o objetivo de exemplificar a aprendizagem dos alunos após a instrução, apresentam-se nesta seção dois casos de alunos que tiveram desempenho categorizado como Efeito Positivo.

O aluno D marcou a alternativa “Verdadeira” na questão do pré-teste, não utilizando justificativa, sendo assim sua resposta foi categorizada

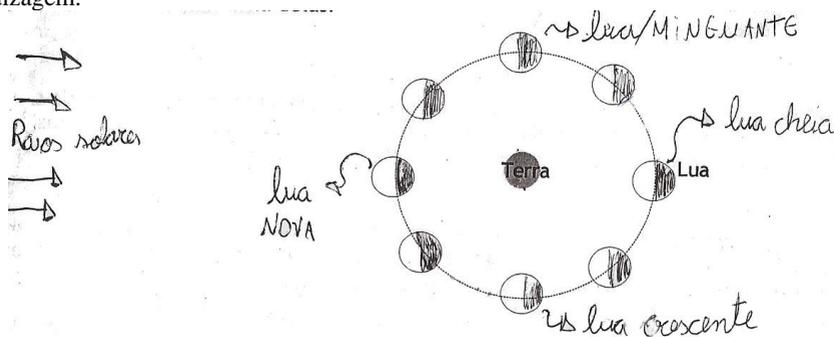
como **incorreta**. Na questão da avaliação de aprendizagem esse mesmo aluno produziu um diagrama categorizado como **correto** conforme ilustra a Figura 12, reproduzindo um esquema correto onde são apresentados a direção e o sentido dos raios solares em acordo com as quatro fases principais da Lua.

Figura 12 – “As Fases”: exemplo de diagrama correto na avaliação de aprendizagem.



Outro exemplo, o aluno H respondeu na questão do pré-teste: "Importante astro para vida na Terra." Resposta categorizada como **incorreta**. Na questão da avaliação de aprendizagem ele produziu um diagrama categorizado como **correto**, identificando as quatro principais fases lunares e representando coerentemente a direção e o sentido dos raios solares conforme ilustra a Figura 13.

Figura 13 – “As Fases”: exemplo de diagrama correto na avaliação de aprendizagem.



Ressalta-se que tanto o aluno D quanto o aluno H responderam

corretamente na questão do pós-teste assinalando que a afirmação “*O Sol está no céu de dia e a Lua de noite*” é falsa.

#### 5.3.2.4 Discussão dos resultados

A comparação entre os resultados do pré-teste/pós-teste e pré-teste/avaliação de aprendizagem mostrou uma mudança representativa no conhecimento dos alunos que apresentaram respostas incorretas antes do uso do material, caracterizando bons resultados de aprendizagem para esse universo.

O conceito das fases da Lua apresenta alto grau de complexidade uma vez que é necessária a compreensão da posição relativa entre Sol, Terra e Lua, a percepção do quanto da Lua é iluminada e o quanto dessa iluminação é vista da Terra. Dessa forma, pode-se afirmar que o estudo desse conceito gera uma grande demanda de carga cognitiva intrínseca para a memória de trabalho, principalmente na ocasião em que os alunos apresentam pouco conhecimento sobre o assunto, fato evidenciado pelos resultados obtidos no pré-teste. No entanto, é possível reduzir a complexidade do conteúdo e conseqüentemente a demanda dessa carga ao se fazer algumas idealizações. Desprezando-se alguns movimentos como o movimento orbital da Terra e da Lua ao redor do Sol e os movimentos de rotação da Terra e da Lua, o conceito das fases da Lua pode ser estudado apenas através do movimento orbital desta ao redor da Terra, mantendo-se a Terra estática. Destaca-se que é importante apenas discutir que o plano orbital da Lua ao redor da Terra possui uma pequena inclinação de 5° em relação à eclíptica (plano orbital da Terra ao redor do Sol). Essa discussão é essencial no estudo das fases da Lua, pois geralmente elas são confundidas com os eclipses. Uma vez reduzida a quantidade de elementos que precisam ser compreendidos ao mesmo tempo, o conteúdo torna-se mais enxuto podendo gerar maior auxílio para a aprendizagem. Este procedimento foi realizado na elaboração do objeto de aprendizagem “As Fases”.

Após a preocupação com a complexidade do conteúdo, deve-se preocupar com a apresentação deste. Para auxiliar na compreensão das quatro fases principais lunares, um conceito que envolve dinâmica, optou-se por apresentar uma animação interativa onde o aluno é o controlador da passagem da informação. Entende-se que por envolver movimento, a compreensão do conteúdo pode ser facilitada se o aluno controlar a transição evitando que a informação passe numa velocidade maior do que o processo de codificação na memória de trabalho. Assim a animação apresenta movimentos da Lua em quatro posições correspondentes às suas

fases principais. Para mostrar a inclinação do plano orbital da Lua em relação ao plano orbital da Terra, é necessário clicar sobre a Lua durante a navegação pelas posições correspondentes às fases cheia e nova (Figura 9a).

Os resultados obtidos na avaliação de aprendizagem evidenciam que muitos alunos (os que tiveram desempenho classificado como Efeito Positivo) passaram a compreender a posição relativa entre Sol, Terra e Lua e as fases desta. Estes reproduziram diagramas que mostram uma sequência correta das quatro fases principais desse astro o que é entendido como uma forte evidência da capacidade instrucional da animação interativa, dadas às idealizações adotadas e as características metodológicas.

### 5.3.3 “A Rotação Síncrona”

A Tabela 3 (na seção 4.3.3, página 73) apresenta as questões utilizadas para a avaliação do objeto de aprendizagem “A Rotação Síncrona”, uma questão do pré-teste e uma questão da avaliação de aprendizagem. A análise é descrita a seguir detalhando-se cada uma delas.

#### A) Pré-teste

A avaliação do conhecimento dos estudantes sobre a rotação síncrona é feita no pré-teste perguntando-se: *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?*

Uma análise das respostas mostra que além de concordar ou discordar, os alunos forneceram explicações verbais. Constata-se que a concordância ou discordância dos alunos em relação à afirmação e suas respectivas explicações verbais estão descorrelacionadas, evidenciando o desconhecimento do fenômeno. Destaca-se que 56% deles discordam da afirmação, 40% concordam e 4% não respondem nada. Quanto às explicações apresentadas foram agrupadas em três categorias ordinais:

- 1) **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.
- 2) **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.

- 3) **Incorreta** – o aluno não responde ou a resposta contém conhecimentos que não estão associados à rotação síncrona da Lua.

Na análise das justificativas categorizadas como **incorretas**, em cerca de metade delas (55%) identificam-se três tipos de conhecimentos incorretos sobre o fenômeno bem delimitados:

- 1) **A Lua sem rotação** – respostas que destacaram que a Lua não tem movimento de rotação em torno de si.
- 2) **Sincronismo dos movimentos da Lua depende da rotação da Terra** – nestas respostas os alunos explicaram que para a rotação da Lua ser síncrona, a rotação dela e da Terra devem ter o mesmo período. Ou seja, associam a rotação da Terra ao fenômeno que depende exclusivamente dos movimentos lunares.
- 3) **Confusão com as fases da Lua** – nestas respostas os alunos associaram o fenômeno à mudança das fases da Lua, ligando as mudanças nas partes iluminadas da Lua às mudanças na face da Lua voltada para a Terra.

Na Tabela 31, mostram-se exemplos para cada categoria de resposta do pré-teste e as suas frequências:

Tabela 31– “A Rotação Síncrona”: exemplos para cada categoria de resposta do pré-teste.

<b>“A Rotação Síncrona” – pré-teste</b>			
<b>Categorias</b>	<b>Exemplo</b>	<b>Frequência</b>	<b>Percentual (%)</b>
<b>Correta</b>	"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)	10	13
<b>Incompleta</b>	"Sim, a lua girando em torno do próprio eixo mantém a mesma face virada para e Terra." (Aluno J)	9	12
<b>Incorreta</b>	"Não, a Lua não gira em torno de seu eixo." (Aluno K)	58	75

Observa-se que a maioria dos alunos, 58 (75%) responde incorretamente. Apenas 10 (13%) respondem corretamente demonstrando conhecimento científico sobre o fenômeno antes do uso do material didático.

Dentre as respostas categorizadas como incorreta, 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 não pode ser possível 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 translação da Lua, uma vez que ao mostrar os dois ao mesmo tempo torna-se difícil visualizar a rotação da Lua ao redor do próprio eixo.

## B) Avaliação de aprendizagem

Quanto à avaliação de aprendizagem, a questão utilizada para avaliar os conhecimentos a respeito da rotação síncrona é: *A Lua apresenta sempre a mesma face voltada para a Terra? Faça um diagrama que explique sua resposta.*

Apesar da pergunta solicitar a representação de um diagrama como explicação, numa análise das respostas verifica-se que a maioria dos alunos utiliza diagramas e explicações verbais. Desse modo, os dois formatos de resposta são aceitos. Entretanto, para possibilitar uma análise também qualitativa, os diagramas e as explicações verbais são categorizados separadamente. As categorias de resposta são elaboradas de acordo com as repostas dos alunos da seguinte forma:

- 1) **Diagrama Correto** - subdivididos em duas categorias:
  - a. **Diagrama baseado na animação** – diagrama correto que possui grande semelhança com o esquema de quadrantes utilizado na animação interativa do material para demonstrar a rotação síncrona.
  - b. **Diagrama próprio** – diagrama correto que demonstra a rotação síncrona utilizando um esquema criado pelo aluno diferente do esquema de quadrantes mostrado na animação interativa.
- 2) **Diagrama Incompleto** – diagrama que não mostra explicitamente a mesma face da Lua voltada para a Terra ao

longo de seu movimento de translação, mas mostra o movimento de rotação e de translação da Lua.

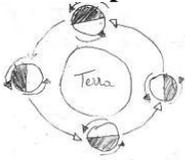
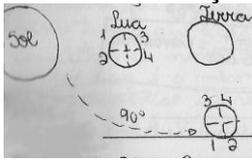
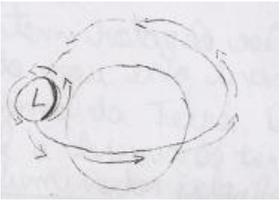
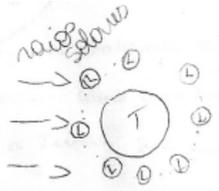
- 3) **Diagrama Incorreto** – diagrama que mostra uma rotação assíncrona da Lua.
- 4) **Sem Diagrama** – Não faz diagrama.

As explicações verbais, por sua vez são classificadas nas categorias:

- 1) **Explicação 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.
- 2) **Explicação incompleta** contém conhecimentos associados à rotação síncrona como descritos acima para uma explicação correta, mas faltam conhecimentos que tornem a explicação completa e correta.
- 3) **Explicação incorreta** contém conhecimentos que não estão associados à rotação síncrona. Algumas das explicações incorretas dão indícios de concepções não aceitas pela ciência bem delimitadas.
- 4) **Sem explicação** – Não apresenta explicação verbal.

Na Tabela 32, mostram-se exemplos para cada categoria de resposta de diagrama e de explicação verbal. Os exemplos apenas ilustram cada categoria de resposta, não correspondem à resposta de um único aluno:

Tabela 32– “A Rotação Síncrona”: exemplos para cada categoria de resposta de explicação verbal e de diagrama da avaliação de aprendizagem.

<b>“A Rotação Síncrona” – avaliação de aprendizagem</b>		
<b>Categorias</b>	<b>Exemplo de explicação verbal</b>	<b>Exemplo de diagrama</b>
<b>Correta</b>	<p>“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)</p>	<p><b>Próprio</b></p>  <p>(Aluno O)</p>
		<p><b>Baseado na animação</b></p>  <p>(Aluno P)</p>
<b>Incompleta</b>	<p>“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)</p>	 <p>(Aluno Q)</p>
<b>Incorreta</b>	<p>“Sim, pois seu período de rotação é igual ao da Terra”. (Aluno N)</p>	 <p>(Aluno R)</p>

As Tabelas 33 e 34 mostram os resultados obtidos para diagramas e

explicações verbais, respectivamente.

Tabela 33 – “A Rotação Síncrona”: resultados para as categorias dos diagramas da avaliação de aprendizagem.

<b>“A Rotação Síncrona” - avaliação de aprendizagem – diagramas</b>		
<b>Categorias</b>	<b>Frequência</b>	<b>Percentual(%)</b>
Correto	43	56
Incorreto	16	21
Incompleto	13	17
Sem Diagrama	5	6
Total	77	100

A maioria dos alunos, 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 não é simplesmente reproduzido pelos alunos. Esses devem ter se envolvido num processo cognitivo ativo, interpretando, selecionando e organizando informações em representações mentais coerentes para conseguirem elaborar diagramas com convenções próprias. Ainda dentre os diagramas corretos, apenas 9 (12%) utilizam um esquema de quadrantes semelhante ao do material para demonstrar a rotação síncrona.

Pode-se dizer que o número de diagramas incorretos é relativamente baixo ao fazer uma comparação com as respostas incorretas do pré-teste. Apenas 16 alunos (21%) respondem incorretamente por meio de diagramas na avaliação de aprendizagem, enquanto que 58 alunos (75%) respondem incorretamente no pré-teste utilizando-se de explicações verbais.

Tabela 34 – “A Rotação Síncrona”: resultados para as categorias de explicação verbal da avaliação de aprendizagem.

<b>“A Rotação Síncrona” - avaliação de aprendizagem – explicação verbal</b>		
<b>Categoria</b>	<b>Frequência</b>	<b>Percentual(%)</b>
Correta	27	35
Incorreta	18	23
Incompleta	22	29
Sem Explicação	10	13
Total	77	100

Considerando-se apenas as explicações verbais da avaliação de aprendizagem, os resultados também são positivos, pois 27 alunos (35%) apresentam explicação correta, enquanto que 18 (23%) respondem incorretamente. Assim, como nos resultados dos diagramas, percebe-se também nesse formato de resposta, uma redução significativa em relação ao pré-teste que era de 75% de respostas incorretas (Tabela 31).

Para os resultados da avaliação de aprendizagem, conforme citado anteriormente, ambas as explicações são aceitas, diagrama ou verbal. Consideram-se, assim, as respostas da avaliação de aprendizagem na forma de diagrama ou de explicação verbal, conforme as novas classificações abaixo:

- 1) **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.
- 2) **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.
- 3) **Incompleta** – alunos que respondem de forma incompleta nos dois formatos.
- 4) **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.

É relevante comentar que em termos de critério adotado se considera o desempenho dos alunos que respondem de forma incoerente melhor do que o desempenho dos alunos que respondem de forma incompleta nos dois formatos. De acordo com as considerações teóricas sobre as individualidades de aprendizagem, os alunos podem apresentar mais facilidade e habilidades para apresentar as suas respostas através de representações verbais ou através de representações não verbais (SUH e MOYER-PACKENHAM, 2007; CLARK e PAIVIO, 1991).

Os resultados obtidos são mostrados na Tabela 35:

Tabela 35 – “A Rotação Síncrona”: resultados para as categorias de resposta da avaliação de aprendizagem (diagrama ou explicação verbal).

<b>“A Rotação Síncrona” - avaliação de aprendizagem – diagrama ou explicação verbal</b>		
<b>Categoria</b>	<b>Frequência</b>	<b>Percentual(%)</b>
Correta	44	57
Incompleta	6	8
Incoerente	7	9
Incorreta	20	26
Total	77	100

Comparando-se agora os resultados apresentados na Tabela 35 com os resultados do pré-teste (Tabela 31), nota-se que é significativo o aumento de 13% para 57 % de respostas corretas, ao mesmo tempo em que se observa uma redução de 75 % para 26 % de respostas incorretas.

Identificam-se 7 casos (9%) em que as respostas dos alunos são contraditórias (Incoerente). Desses, 5 alunos (6%) fazem diagramas corretos, seguidos de explicação verbal incorreta e 2 alunos (3%) fazem diagramas incorretos, seguidos de explicação verbal correta.

### 5.3.3.1 Eficiência do material didático

Nesta seção avança-se para a obtenção de resultados mais gerais sobre a aprendizagem dos alunos. Na Tabela 36, apresentam-se as médias das notas dos alunos em cada uma das etapas. As respostas incorretas recebem nota 0,0, respostas incompletas nota 1,0, as incoerentes 1,5 e respostas corretas nota 2,0.

Tabela 36 – “A Rotação Síncrona”: médias e desvios padrão para os desempenhos dos alunos no pré-teste e na avaliação de aprendizagem.

<b>Desempenho nas avaliações</b>	<b>Número de Alunos</b>	<b>Nota Mínima</b>	<b>Nota Máxima</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio Padrão</b>
Pré-teste	77	0,0	2,0	0,37	0,70
Avaliação de aprendizagem	77	0,0	2,0	1,36	0,90

A partir da obtenção da média do desempenho dos alunos em cada etapa, pode-se calcular o ganho percentual médio que foi de 50% conforme apresentado na Tabela 37.

Tabela 37 – “A Rotação Síncrona”: cálculo do ganho percentual médio.

<b>“A Rotação Síncrona” - Obtenção do Ganho Percentual Médio</b>		
Avaliação de aprendizagem	$O = \text{Média} / \text{Nota Máxima}$	0,68
Pré-teste	$I = \text{Média} / \text{Nota Máxima}$	0,18
Ganho: $G = (O - I) \times 100\%$		50%

Pode-se destacar que esse é um valor significativo e que caracteriza o ótimo resultado obtido após a utilização autônoma do objeto de aprendizagem “A Rotação Síncrona” por parte dos alunos. Como destacado no capítulo 3, este recurso pode ser classificado como uma tela dinâmica interativa (animação interativa) e já foi apontado por Höffler e Schwartz (2011) a respeito de outro conteúdo que envolve a tela dinâmica como uma forma efetiva de apresentar a informação para uma aprendizagem mediada

por recurso digital.

Para além dos resultados mais gerais, busca-se entender os efeitos causados após a utilização deste objeto de aprendizagem a exemplo do que foi feito nos objetos anteriores nomeando-os de Positivo, Neutro ou Negativo. Combinando-se as Tabelas 31 e 35, obtém-se uma tabela de contingência (Tabela 38) onde é possível verificar os efeitos causados pelo uso do material.

Tabela 38 – “A Rotação Síncrona”: análise de contingência entre pré-teste e avaliação de aprendizagem.

<b>“A Rotação Síncrona” - Tabela de contingência</b>						
		<b>Avaliação de Aprendizagem</b>				
		<b>Correta</b>	<b>Incompleta</b>	<b>Incorreta</b>	<b>Incoerente</b>	<b>Total</b>
<b>Pré-teste</b>	<b>Correta</b>	8 (*)	0	1 (-)	1 (-)	10
	<b>Incompleta</b>	6 (+)	1 (*)	2 (*)	0	9
	<b>Incorreta</b>	30 (+)	5 (*)	17 (*)	6 (*)	58
	<b>Total</b>	44	6	20	7	<b>77</b>

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 dois casos (3%) de Efeito Negativo nos quais um aluno passa a responder incorretamente e outro que responde de modo incoerente.

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,

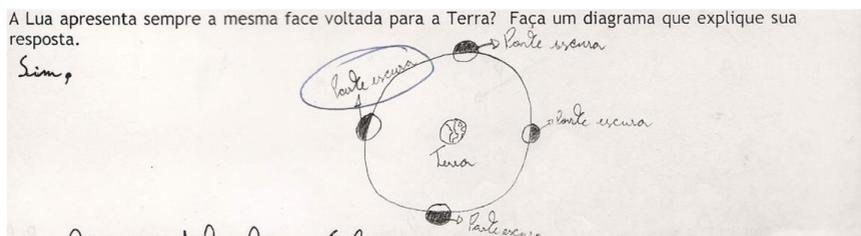
todas as suas faces devem ser visualizadas. Desses alunos, 12 (86%) passam a responder corretamente na avaliação de aprendizagem.

Na seção seguinte apresentam-se alguns exemplos específicos de desempenho antes (pré-teste) e depois (avaliação de aprendizagem).

### 5.3.3.2 Alguns casos particulares

Analisando-se alguns casos particulares do que é classificado como Efeito Positivo, é possível verificar a compreensão dos alunos acerca do fenômeno da rotação síncrona após a instrução. Por exemplo, o Aluno S não respondeu e não justificou sua resposta da questão do pré-teste fornecendo a resposta: “*Não sei.*” que foi categorizada como incorreta. Na Figura 14, mostra-se o diagrama elaborado pelo Aluno S ao responder a questão da avaliação de aprendizagem:

Figura 14 – “A Rotação Síncrona”: exemplo de diagrama da questão da avaliação de aprendizagem.



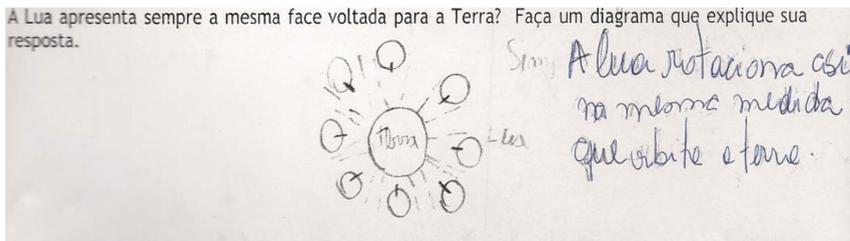
Fonte: avaliação de aprendizagem

Observa-se que o Aluno S elabora um diagrama correto e próprio bem diferenciado do diagrama apresentado pela animação. Além de mostrar a compreensão do fenômeno, a elaboração de um diagrama próprio enfatiza que esse aluno não faz apenas uma simples reprodução do diagrama “emprestado” a ele, mas que a partir do empréstimo fornecido pela instrução deve ter se envolvido num processo ativo de aprendizagem para poder elaborar o seu próprio modelo de diagrama. Esse aluno não utiliza explicação verbal.

Outro exemplo, o Aluno B responde incorretamente na questão do pré-teste: “*Isso só seria possível, se considerássemos que a Lua apresentasse a mesma face voltada para cada região do planeta. Se ela mostrasse sempre a mesma face para todo o planeta, seria impossível.*”. Ao

responder a questão da avaliação de aprendizagem, esse aluno também elabora um diagrama correto e próprio, conforme se mostra na Figura 15:

Figura 15 – “A Rotação Síncrona”: exemplo de diagrama da questão da avaliação de aprendizagem.



Fonte: avaliação de aprendizagem

O aluno B elabora um diagrama diferenciado do diagrama apresentado pela animação interativa. Consistindo em mais um exemplo de que o modelo apresentado pelo material auxiliou na interpretação e aprendizagem.

### 5.3.3.3 Discussão dos resultados

O primeiro aspecto a ser destacado é o nível de *expertise* dos alunos em relação ao conteúdo. Levando-se em consideração o resultado obtido no pré-teste onde a maioria dos alunos (75%) mostrou desconhecimento sobre o assunto, pode-se afirmar que o nível de *expertise* desses em relação ao conteúdo é baixo. Quanto ao assunto “rotação síncrona”, pode-se antecipar que este é complexo, uma vez que a visualização e a compreensão dos movimentos de rotação e translação que ocorrem simultaneamente são difíceis para alunos iniciantes. Torna-se complicado perceber que a Lua gira ao redor de si quando os dois movimentos estão acoplados. Sobre essas circunstâncias, onde há uma demanda de carga cognitiva intrínseca na memória de trabalho decorre a necessidade de guiar o aluno durante a instrução fornecendo informações iniciais fundamentais para a aprendizagem (princípio do empréstimo). Pode-se afirmar que a instrução deve buscar a redução da carga cognitiva extrínseca para que haja auxílio à aprendizagem. Analisando-se a Figura 10, onde foi apresentada a animação interativa “A Rotação Síncrona”, destaca-se que o desacoplamento dos dois movimentos é um procedimento instrucional com objetivo de redução dessa carga. A utilização do sistema de quadrantes tem como objetivo guiar o

aluno na interpretação dos dois movimentos. Características como o controle da passagem da informação, a proximidade espacial entre o texto e o diagrama e a utilização de convenção de cores para representar entidades diferentes também estão de acordo com princípios instrucionais que visam reduzir a carga cognitiva extrínseca.

Os resultados de aprendizagem evidenciam fortemente a qualidade instrucional do recurso, onde 47% dos alunos passaram a mostrar compreensão sobre a rotação síncrona após a sua utilização.

Alguns resultados particulares demonstram que a aprendizagem foi efetiva. Do ponto de vista do auxílio dado à visualização e da eficiência da animação interativa como objeto de visualização, por exemplo, destaca-se que 43 alunos (56%) produzem diagramas corretos após o uso do material, dos quais 34 (45%) são próprios e diferenciados do esquema de quadrantes utilizado para auxiliar os alunos na compreensão. Uma forte evidencia de que após o uso da animação interativa, os alunos conseguem se envolver num processo cognitivo ativo alcançando a aprendizagem do fenômeno.

Outro resultado específico importante é o dos 14 alunos que respondem antes do uso do material que pelo fato de a Lua rotacionar ao redor de si não poderíamos ver sempre a sua mesma face. Após o uso da animação, 12 (86%) deles passam a responder corretamente. Esses resultados podem estar associados a dois procedimentos instrucionais realizados pelo material:

- 1) a visualização do fenômeno de um referencial privilegiado
- 2) a visualização da translação e da rotação de forma desacoplada com o uso de um sistema de quadrantes.

#### **5.3.4 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 hiperímia “As Fases da Lua”.

O cálculo desse valor consiste na média aritmética entre os três ganhos perceptuais obtidos relativos a cada um dos conceitos avaliados. Destaca-se que para o conceito das fases da Lua foram obtidos dois valores de ganho percentual, no entanto, torna-se mais interessante o ganho percentual referente à comparação entre pré-teste e avaliação de aprendizagem onde foram comparadas as justificativas das respostas. Isto também mantém uma coerência com os outros objetos de aprendizagem onde o ganho percentual médio foi obtido através da comparação entre

estes instrumentos.

Tabela 39 – Estimativa de ganho percentual médio global.

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

Obtém-se que a estimativa para o ganho percentual médio global após a utilização do material é de 33% (Tabela 39). É importante frisar que o pequeno valor do ganho percentual médio do objeto de aprendizagem “A Lua” influencia fortemente na redução da média aritmética. Todavia, do pequeno universo de alunos que não entendiam que a Lua reflete a luz solar antes, todos passaram a compreender o assunto após o uso deste objeto de aprendizagem.

Se desconsiderarmos o objeto de aprendizagem “A Lua” e considerarmos apenas os objetos “As Fases” e “A Rotação Síncrona”, obtém-se um ganho percentual médio global igual a 45%. De fato, é importante destacar que esse valor e esse procedimento são válidos, justificando-se pelas condições diferenciadas do primeiro em relação aos outros dois objetos. 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. As características discutidas e destacadas dos objetos de aprendizagem “As Fases” e “A Rotação Síncrona” podem ter forte influência nos bons resultados de aprendizagem obtidos, pois estes abordam conteúdos complexos e os alunos apresentam

pouco conhecimento inicial sobre eles.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

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. A apresentação de um modelo, por exemplo, onde o aluno visualiza os movimentos de rotação e translação da Lua deve contribuir para a sua compreensão de que o nosso satélite natural apresenta sempre a mesma face voltada para a Terra.

Todavia, a eficiência instrucional de um objeto de visualização pode depender da combinação adequada de formato, conteúdo e de procedimentos metodológicos adotados pelo material. Para que esses aspectos tornem o material eficiente eles devem ainda estar alinhados com o nível de conhecimento dos alunos. A teoria da carga cognitiva fornece embasamento teórico para que essa combinação possa tornar o recurso didático mais eficiente e dela decorrem princípios instrucionais que foram mencionados ao longo desta pesquisa. A premissa dessa teoria é a de que o processamento cognitivo é limitado. Sendo assim, quando o conteúdo apresentado pelo recurso didático é complexo, torna-se necessário fazer uma seleção das informações essenciais adequadas ao nível de conhecimento dos alunos no processo de aprendizagem do conteúdo em questão. Alunos com pouco conhecimento sobre o assunto podem não aprender o conteúdo se a instrução contiver informações pouco relevantes, uma vez que informações não essenciais podem sobrecarregar o processamento cognitivo. A maioria dos conceitos apresentados pela hipermídia “As Fases da Lua” são complexos, exigindo dos alunos a compreensão de diversas informações simultaneamente, o que impõe naturalmente ao processo cognitivo dos indivíduos uma demanda de carga cognitiva intrínseca. Sobre essas condições é importante a preocupação com a forma como os conceitos são apresentados, pois características do material como o distanciamento das fontes de informação na tela, controle ou não da passagem da informação, tipo de fonte de informação utilizada entre outras, podem impor uma demanda de carga cognitiva extrínseca ao processamento cognitivo. A adição das cargas intrínsecas e extrínsecas pode limitar a aprendizagem.

Quando o conceito apresentado pelo material não é complexo ou quando os alunos são mais experientes e já possuem conhecimento sobre o

assunto, não haverá uma grande imposição de carga cognitiva intrínseca ao processamento cognitivo. Sobre essa condição, apenas a carga cognitiva extrínseca imposta pela forma de apresentação do conteúdo poderá limitar a aprendizagem. Entende-se que nesse caso, a busca por melhorias na apresentação do conteúdo pode ser irrelevante ou até mesmo prejudicar os resultados de aprendizagem, porque podem se tornar redundantes para alunos com um nível maior de *expertise* e isso pode confundi-los.

Para verificar se um recurso didático atinge seus objetivos educacionais é necessário avaliá-lo. Para tanto, esta pesquisa buscou avaliar a hipermissão “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. Buscou-se também evidenciar juntamente com a apresentação dos resultados as características instrucionais do material que podem ter proporcionado a sua validação como objeto de visualização.

A metodologia para a avaliação desse recurso didático foi desenhada a partir do estudo de pesquisas nacionais que desenvolveram esta atividade para recursos hipermissão educacionais. Apesar de as duas abordagens avaliativas utilizadas uma orientada ao material e outra orientada ao aluno serem comumente empregadas em pesquisas desta natureza, constatou-se que poucas fazem a avaliação de recursos didáticos destacando de maneira mais detalhada os resultados de aprendizagem. Sendo o processo de avaliação muitas vezes realizado ou pelo menos mais “focado” na investigação da percepção do uso do material avaliado. No âmbito desta pesquisa, a avaliação orientada ao material contou com a participação de 4 especialistas em conteúdo da área de astrofísica. Na avaliação orientada ao aluno, o material foi utilizado de maneira autônoma pelos estudantes numa disciplina de introdução à física de nível superior. Nesse ambiente foram analisados a percepção dos estudantes quanto ao uso do computador e da hipermissão e os resultados de aprendizagem.

Os resultados encontrados nas duas abordagens foram amplamente positivos. Na avaliação orientada ao material os especialistas em conteúdo avaliaram a sua qualidade a partir das dimensões Conteúdo, Aspectos Metodológicos e Aspectos Técnicos e Visuais com um grau de concordância de valor igual a **4,1**. Os mesmos destacaram que o conteúdo tem validade educacional, que está explicado de maneira “clara”, que os aspectos técnicos e visuais estão aprovados e que esse recurso didático pode ser utilizado como objeto de visualização para favorecer a aprendizagem dos fenômenos abordados. Os especialistas ainda assinalaram que utilizariam esse material num ambiente real de aprendizagem. Eles não

identificaram problemas ou erros conceituais na hipermídia “As Fases da Lua”. Foram sugeridas pequenas alterações que não comprometem a sua validade educacional.

Da utilização do material de maneira autônoma em um ambiente real de aprendizagem no nível superior, obteve-se a concordância dos alunos com o uso do computador (4,0) e da hipermídia (4,4). Quanto à percepção do uso do computador, os alunos se posicionam a favor da motivação e das possibilidades de aprendizagem. Quanto à percepção dos alunos sobre o uso da hipermídia, aprovam-se a navegação pelo material, seus aspectos visuais, seus recursos multimídia utilizados e a explicação do conteúdo. Destaca-se que não houve unanimidade quanto à autonomia oferecida pelo material ao aluno para o aprendizado do tema estudado sem a presença do professor. Alguns alunos se mostram a favor da presença do professor, outros opinam que a sua presença não seria importante, enquanto uma parte não se posiciona sobre o assunto. Entretanto, esse resultado em combinação com os resultados de aprendizagem amplamente satisfatórios validam a utilização desse recurso de maneira autônoma no nível de ensino em questão. Para efeitos de comparação e também validação, o uso deste material com a intervenção do professor no nível superior consiste num caminho que se abre para futuras pesquisas. Torna-se interessante também a avaliação do uso desta hipermídia nos níveis fundamental e médio, pois de acordo com três dos quatro especialistas em conteúdo que avaliaram o material, ele se adequa a esses níveis de ensino. Acredita-se assim que para além da avaliação dos especialistas uma forma eficaz de avaliar e validar a utilização de um recurso didático ocorre através da sua utilização e análise dos impactos causados por ele num ambiente educacional, via percepção do uso e/ou principalmente através dos resultados de aprendizagem. A concordância do público-alvo é importante para que o recurso didático possa atingir seus objetivos educacionais.

Por fim, os resultados de aprendizagem obtidos após a utilização do material de maneira autônoma nesse mesmo ambiente de aprendizagem evidenciam fortemente a efetividade instrucional da hipermídia “As Fases da Lua”. A partir do desempenho dos alunos num pré-teste aplicado antes do uso da hipermídia foi possível identificar o nível de conhecimento dos alunos para cada um dos conceitos apresentados. Após o uso da hipermídia, o conhecimento dos alunos foi analisado a partir do seu desempenho em uma avaliação de aprendizagem.

Quanto ao conceito relativo à Lua como astro sem luminosidade própria, identificou-se que a maior parte deles demonstra antes da utilização do material já compreender que a Lua reflete a luz solar. Mesmo assim,

após o uso da animação não interativa “A Lua” todos os que não compreendiam o conceito passaram a entendê-lo, o que caracterizou o ganho percentual de 8% após o uso desse objeto de aprendizagem. Dessa forma, conclui-se que as características do material não prejudicam àqueles que já dominam o assunto.

Quanto ao objeto de aprendizagem “As Fases”, muitos alunos demonstraram no pré-teste pouco conhecimento sobre as posições relativas entre Sol, Terra e Lua e sobre a explicação para a ocorrência das fases lunares. Os resultados de aprendizagem foram expressivos. Muitos alunos que não conheciam a explicação para as fases lunares elaboraram diagramas corretos sobre a geometria desses astros na avaliação de aprendizagem, o que caracterizou um ganho percentual de 40% após o uso do material. Em contrapartida, os poucos alunos que já demonstravam conhecimento do assunto antes do uso do material, continuaram respondendo corretamente na avaliação de aprendizagem. Das condições associadas a esse resultado, entende-se que as características relacionadas ao conteúdo e à forma como ele foi apresentado na hipermídia tiveram um peso significativo para a aprendizagem dos alunos, da mesma forma não atrapalharam no desempenho daqueles que já demonstravam conhecimento antes.

Para o objeto de aprendizagem “A Rotação Síncrona” as condições foram semelhantes ao objeto anterior. O resultado obtido no pré-teste demonstrou que poucos alunos compreendiam que a Lua apresenta sempre a mesma face voltada para a Terra devido à sincronia dos seus movimentos de rotação ao redor de si e de translação ao redor do nosso planeta. Além do pequeno nível de *expertise* dos alunos, entende-se que esse é um conceito complexo. Os resultados obtidos na avaliação de aprendizagem foram amplamente satisfatórios. Muitos alunos que não compreendiam o fenômeno elaboraram diagramas corretos na representação da rotação síncrona lunar. Esse resultado promoveu um ganho percentual de 50%. Da mesma forma, o uso do material praticamente não comprometeu o desempenho daqueles que já demonstravam conhecimento do conceito. Novamente, a combinação de formato e conteúdo na hipermídia podem ter contribuído significativamente para o resultado expressivo de aprendizagem.

A partir dos resultados obtidos para cada conceito foi possível estimar ainda um valor quantitativo global para a aprendizagem após o uso desse recurso didático, o ganho percentual médio global é igual a 33%.

No que diz respeito ao auxílio à visualização dos fenômenos, o número considerável de diagramas corretos reproduzidos na avaliação de aprendizagem dos conceitos das fases lunares e da rotação síncrona

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. Na questão da avaliação de aprendizagem que analisou o conhecimento dos alunos sobre o conceito da rotação síncrona, por exemplo, a maioria dos diagramas elaborados pelos alunos contém um esquema próprio para a demonstração da mesma face da Lua voltada para a Terra. Esses diagramas corretos foram denominados “próprios” por apresentarem um esquema diferenciado daquele utilizado pelo material. Entende-se que para que o aluno consiga formular tais esquemas, eles devem ter se envolvido num processo cognitivo ativo integrando as informações novas fornecidas pela hipermídia com os seus conhecimentos anteriores. Esse resultado é um forte indicativo de que as informações apresentadas pelo recurso didático estão bem elaboradas. Uma vez que o contexto de aprendizagem desse assunto exige bastante da capacidade cognitiva, a qual é limitada.

Os resultados encontrados demonstram que a hipermídia “As Fases da Lua” consiste em um objeto de visualização bem elaborado que auxilia na aprendizagem de fenômenos astronômicos dotados de dificuldades de visualização quando utilizada de maneira autônoma por alunos iniciantes no nível superior. Em contrapartida, esse recurso didático não prejudica o desempenho daqueles alunos mais experientes que demonstram conhecimento sobre os conceitos apresentados.

A partir dos resultados desta pesquisa e de referências bibliográficas dedicadas à investigação específica do tipo de interatividade existente, foi possível apontar características do material que podem ter dado suporte à aprendizagem. Um exemplo é a hipótese da utilização de animações interativas para a apresentação de conteúdos que envolvem movimentos como os conceitos das fases lunares e da rotação síncrona. Entende-se que o controle da passagem da informação pelo aluno pode auxiliar o processamento cognitivo, evitando que a informação passe numa velocidade maior do que a do processo de codificação na memória de trabalho. Outro exemplo é a hipótese do procedimento metodológico de desacoplamento da rotação e translação da Lua no estudo da rotação síncrona para alunos iniciantes. Necessita-se ainda uma comparação com os resultados obtidos após a apresentação do assunto sem que se faça o desacoplamento. Sendo possível, assim, identificar qual procedimento metodológico propicia um auxílio mais efetivo para a aprendizagem desse assunto. Uma sugestão é a de que um dos próximos passos a ser dado é a investigação das características do material que promovem sua eficiência

como ferramenta didática.

É importante salientar que não houve correlação entre os resultados de percepção do uso do material e os resultados de aprendizagem dos três conceitos avaliados. Praticamente todos os alunos avaliaram positivamente o material através do questionário de percepção do uso em todas as dimensões investigadas, tanto os que tiveram bons desempenhos de aprendizagem quanto os que não tiveram um desempenho considerado satisfatório.

## REFERÊNCIAS

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

ALMEIDA, M. A. T.; da SILVA, T.; BARROS, S. S. Um estudo de caso e avaliação da disciplina Introdução às Ciências Físicas (ICF) oferecida para alunos do curso de Licenciatura em Física a Distância. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA - EPEF, Belo Horizonte, 2004. (CD-ROM) Disponível em :  
<[http://www.sbf1.sb\\_sica.org.br/eventos/epef/ix/atas/posteres/po81-34.pdf](http://www.sbf1.sb_sica.org.br/eventos/epef/ix/atas/posteres/po81-34.pdf)>.

BABBIE, E. **Métodos de Pesquisa de Survey**. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2003.

Disponível em:

<[http://www.fsc.ufsc.br/~tati/ppgect/Metodos%20de%20Pesquisa%20de%20Survey\\_BABBIE2003.pdf](http://www.fsc.ufsc.br/~tati/ppgect/Metodos%20de%20Pesquisa%20de%20Survey_BABBIE2003.pdf)>

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 Instructio**. v. 14, n.3, p. 325–341. 2004.

BORUCHOVITCH, E. Estratégias de aprendizagem e desempenho escolar: considerações para a prática educacional. **Psicologia Reflexão e Crítica**. v. 12, n.2, p. 361-376. 1999.

BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Parâmetros Curriculares Nacionais: Terceiro e Quarto Ciclos do Ensino Fundamental – Ciências Naturais. Brasília. MEC/SEMTEC. 1998.

CABALLERO, M. et al. Comparing large lecture mechanics curricula using the Force Concept Inventory. **American Journal of Physics**. v. 80, n. 7, 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.

CHANDLER, P.; SWELLER, J. Cognitive load theory and the format of instruction. **Cognition and Instruction**. v. 8, n. 4, p. 293-332. 1991.

DUTRA, L. M.; BARROSO, M. F. O uso de experimentos como ferramenta de ensino e aprendizagem: um estudo de caso. In: XX Simpósio Nacional de Ensino de Física, São Paulo. 2013.

GOSCIOLA, V. **Roteiro para as novas mídias: do cinema às mídias interativas**. São Paulo: Editora SENAC, 2003.

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

HEIDRICH, D. N. **Construção e avaliação de hipermídia educacional sobre tópicos de carboidratos**. 2009. 269 f. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) - Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Centro de Ciências da Educação, Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2009.

HÖFFLER, T. N.; SCHWARTZ, R. N.: Effects of pacing and cognitive style across dynamic and non-dynamic representations. **Computers and Education**, v. 57, n. 2, 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. Disponível em: <<http://www.observatoriosvirtuais.com.br>> Acesso em: 15 jun 2012.

\_\_\_\_\_. Educação em Astronomia: da revisão bibliográfica sobre concepções alternativas à necessidade de uma ação nacional. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. Campo Grande, v.28, n.2, p. 373-399. 2011.

LAZZARO, D.; BARROSO, M. F. **Introdução às Ciências Físicas: A evolução das idéias sobre o sistema solar**. Rio de Janeiro: Fundação Cecierj, 2003.

MACHADO, D. I. **Construção de conceitos de física moderna e sobre a natureza da ciência como suporte hipermídia**. 2006. 300 f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência) - Curso de Educação para a Ciência, Departamento de Faculdade de Ciências da Unesp, Unesp, Bauru, 2006.

MACHADO, D.I; NARDI, R. Construção e validação de um sistema hipermídia para o ensino de Física Moderna. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. v. 16, n. 1, p.90-116. 2007.

MACHADO, D. I.; SANTOS, P. L.V. A. C. Avaliação da hipermídia no processo de ensino e aprendizagem da Física: O caso da Gravitação. **Ciência & Educação**. v. 10, n.1, p. 75-100. 2004.

MANDELINK, G; HARACKIEWICZ, J. Proximal versus distal goal setting and intrinsic motivation. **Journal of Personality and Social Psychology**. v. 47, n.4, p.918-28.1984.

MAYER, R. E. In: The Cambridge Handbook of Multimedia Learning. **Cognitive Theory Of Multimedia Learning**. New York: Cambridge University Press, 2005. p. 31-48.

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.

OLIVEIRA, L. H. Exemplo de cálculo de ranking médio para Likert. Notas de Aula: Metodologia Científica e Técnicas de Pesquisa em Administração. Mestrado em Administração e Desenvolvimento Organizacional. PPGA CNE/FACECA: Varginha, 2005. Disponível em:<<http://mail.administradores.com.br/producao-academica/ranking-medio-para-escala-de-likert/28/download/>>Acesso em: 06 set. 2013.

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, XVI, Rio de Janeiro,

2005.

PRIMO, A. Interação mútua e reativa: uma proposta de estudo. **Revista Farmecos**. n.12, p. 81-92. 2000.

REZENDE, F. Desenvolvimento e Avaliação de um Sistema Hipermídia para Facilitar a Reestruturação Conceitual em Mecânica Básica. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 18, n. 2, p. 197-213. 2001.

ROCHA, A. R. ; CAMPOS, G. H. B. **Avaliação da Qualidade de Software Educacional**. Em Aberto, Brasília, ano 12, n. 57, jan/mar 1993.

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, C. M. T.; ELLIOT, L.G. Avaliação de software educacional hipermídia: a contribuição de especialistas e usuários. **Ensaio: avaliação e políticas públicas em educação**. v. 5, n. 16, p. 299-312. 1997.

\_\_\_\_\_. Avaliação da hipermídia para uso em educação: uma abordagem alternativa. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**. v. 78, n. 188/189/190, p. 262-284. 1998.

SILVA, M. **Que é interatividade**. Boletim técnico do Senac, Rio de Janeiro, v. 24, n. 2, 1998. p. 27-35.

SILVA, T. Um material didático hipermídia para o ensino de fenômenos astronômicos . In: XVII Simpósio Nacional de Ensino de Física, São Luis, MA, 2007. Disponível em <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvii/sys/resumos/T0503-1.pdf>, Acesso em: 25 abr 2012.

\_\_\_\_\_. Ensino a distância e tecnologias na educação: o estudo de fenômenos astronômicos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 26, p. 533-546. 2009.

\_\_\_\_\_. Um jeito de fazer hipermídia para o ensino de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. v. 29, p. 864-890. 2012.

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 – ENPEC, 11, Curitiba, 2008. **Anais do XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**, Curitiba, 2008. Disponível em: <<http://www.if.ufrj.br/~marta/artigosetal/2008-epef11-astron.pdf>> Acesso em: 20 mai 2012.

SWELLER, J. Visualisation and instructional design. In: R. PIOETZNER (Ed.), INTERNATIONAL WORKSHOP ON DYNAMIC VISUALIZATIONS AND LEARNING. Tubingen, Germany: Knowledge Media Research Center. 2002.

\_\_\_\_\_. In: Handbook of research on educational communications and technology. **Human Cognitive Architecture**. 3rd ed. New York: Routledge. 2008.

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.

VALLE, L.; BOHADANA, E. Interação e Interatividade: por uma reantropolização da EaD online. **Educação & Sociedade**. v. 33, n. 121, p. 973-984. 2012. Disponível em <<http://www.cedes.unicamp.br>>

VAVRA, K. L. et al. Visualization in science education. **Alberta Science Education Journal**. v. 41, n. 1, 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.

WHITE, R.; GUNSTONE, R. **Probing Understanding**. London: The Falmer Press, 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.



## APÊNDICE A – Questionário dos especialistas

### **Avaliação de hipermissão educacional sobre as fases da Lua**

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

O Sr(a) está sendo convidado(a) para participar da pesquisa intitulada: Avaliação de um recurso computacional hipermissão sobre as fases da Lua. Esta pesquisa tem dentre os seus objetivos: avaliar o conteúdo instrucional, as estratégias didáticas para a apresentação e discussão dos conteúdos, aspectos técnicos e visuais, sua forma de utilização e adequação ao conteúdo pretendido a partir do conceito de objeto de aprendizagem digital. A participação nesta pesquisa consistirá em responder as perguntas disponíveis na ferramenta abaixo. O benefício relacionado à sua participação é o ganho de conhecimento sobre a qualidade do material como ferramenta educacional. As suas respostas serão tratadas de forma anônima e confidencial, isto é, em nenhum momento será divulgado o seu nome em qualquer fase do estudo. Quando for necessário exemplificar determinada situação, sua privacidade será assegurada uma vez que seu nome será substituído de forma aleatória ou por códigos. Os dados coletados serão utilizados apenas NESTA pesquisa e os resultados divulgados em trabalhos acadêmicos e em eventos científicos. A sua participação é voluntária, isto é, a qualquer momento você pode recusar-se a responder qualquer pergunta ou desistir de participar e retirar seu consentimento. Sua recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com o pesquisador.

Pesquisador: Adriano Luiz Fagundes

Orientador da pesquisa: Prof<sup>ra</sup>. Dr<sup>a</sup> Tatiana da Silva

\*Obrigatório

**Você concorda com os termos acima e quer participar da pesquisa? \***

Sim, eu li e estou de acordo com os termos.

Não quero participar.

**Nome: \***

**Por favor, acesse o tema As Fases da Lua**

**(<http://www.fsc.ufsc.br/~tati/webfisica/sis-solar/fasesdaluha.htm>) um objeto de aprendizagem integrante do material didático hipermídia O Sol, a Terra e a Lua.**

**Sobre o tema As Fases da Lua:**

	Concordo Muito	Concordo	Nem concordo, nem discordo	Discordo	Discordo muito
--	-------------------	----------	-------------------------------------	----------	-------------------

O conteúdo está cientificamente bem fundamentado.

<input type="radio"/>				
-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

O conteúdo tem validade educacional.

<input type="radio"/>				
-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

O conteúdo é apresentado de forma lógica e clara.

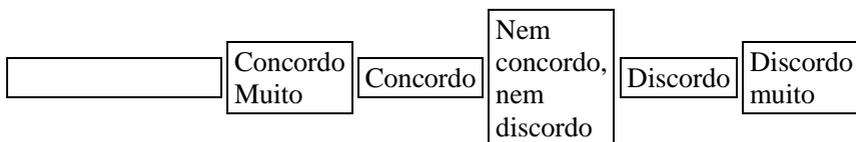
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
-----------------------	-----------------------	----------------------------------	-----------------------	-----------------------

Os textos apresentam informações suficientes para a compreensão do tema abordado.

<input type="radio"/>				
-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

A metodologia empregada não tem como característica principal a memorização de conteúdo e

<input type="radio"/>				
-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------



termos técnicos.

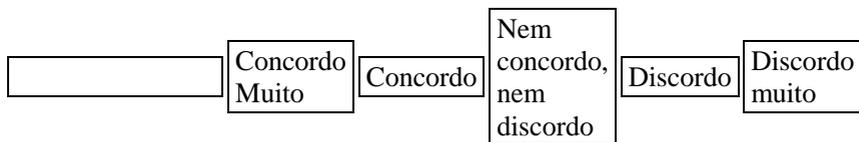
O material pode estimular a motivação do estudante.

O material pode estimular o raciocínio do estudante.

A instrução está integrada com a experiência prévia do estudante.

As atividades desenvolvidas no material não poderiam ser facilmente desenvolvidas mediante o emprego de outros meios instrucionais.

Imagens, animações e simulações, são usadas



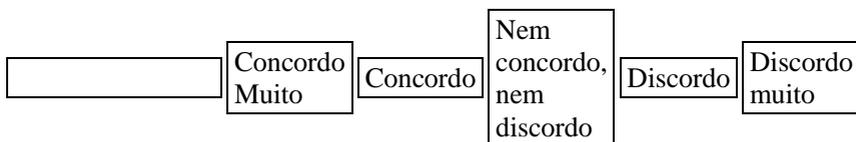
adequadamente tendo em vista o conteúdo instrucional.

Imagens, animações e simulações são claras e explicativas.

Imagens, animações e simulações são coerentes com os textos.

Imagens, animações e simulações são realmente necessárias, não sendo supérfluos e dispensáveis ou incentivadores de consumo ou promoção de produtos comerciais específicos.

Os textos e as imagens são



distribuídos na tela de forma adequada e equilibrada.

O projeto gráfico cria um ambiente agradável de aprendizagem.

O material permite que o usuário mova-se livremente entre as informações, de acordo com suas necessidades e interesses.

O material utiliza marcas especiais para identificar nós e ligações (hiperlinks).

O material opera de forma correta, sem interrupção de suas funções durante a navegação.

As ferramentas

	Concordo Muito	Concordo	Nem concordo, nem discordo	Discordo	Discordo muito
--	-------------------	----------	-------------------------------------	----------	-------------------

para a navegação pelo material são adequadas.

O professor pode aplicar facilmente o material.



2 - Na sua opinião o material se adéqua a qual(is) nível(is) de ensino?

Ensino Fundamental

Ensino Médio

Ensino Superior

3 - Descreva os aspectos mais positivos do material:

4 - Descreva os aspectos mais negativos do material:

5 - Você utilizaria esta hipermídia nas situações de ensino e aprendizagem?  
Em caso de resposta afirmativa: Como?

**O tema As Fases da Lua também é um item integrante da hipermídia Caronte, nesse material o conteúdo instrucional foi revisado e ampliado. A nova versão do material está disponível na internet e pode ser acessado na página: [http://www.fsc.ufsc.br/~tati/caronte/fasesdalua/index\\_portugues.html](http://www.fsc.ufsc.br/~tati/caronte/fasesdalua/index_portugues.html)**

6 - Explore essa nova versão e responda: como você avalia as alterações e o aprofundamento na discussão do tema?

**Se você já utilizou o material sobre as Fases da Lua em um ambiente de aprendizagem responda as questões a seguir:**

7 - Qual versão você utilizou?

- O Sol, a Terra e a Lua (1ª versão)
- Caronte (2ª versão)

Em qual situação/contexto de ensino você utilizou o material?

Quanto à utilização, você:

- Usaria novamente
- Usaria novamente e recomendaria
- Não usaria novamente
- Usaria novamente, mas não recomendaria
- Usaria novamente, mas só recomendaria depois de algumas alterações
- Outro:



## APÊNDICE B – Resultados de aprendizagem no pós-teste

### “A Lua”

<b>“As Lua” - pós-teste - A Lua é um objeto iluminado, com luminosidade própria.</b>		
<b>Respostas</b>	<b>Frequência</b>	<b>Percentual(%)</b>
Falso	76	99
Verdadeiro	1	1
Total	77	100

<b>“As Lua” - pós-teste - A Lua reflete a luz do Sol</b>		
<b>Respostas</b>	<b>Frequência</b>	<b>Percentual(%)</b>
Falso	1	1
Verdadeiro	76	99
Total	77	100

### “A Rotação Síncrona”

<b>“A Rotação Síncrona” - pós-teste - A Lua gira em torno de seu eixo de forma tal que apresenta sempre a mesma face voltada para a Terra.</b>		
<b>Respostas</b>	<b>Frequência</b>	<b>Percentual(%)</b>
Falso	11	14
Verdadeiro	66	86
Total	77	100



## ANEXO A – Questionário de percepção

### Questionário 2-4

Avaliação de uso do hipertexto - Eclipses e Fases da Lua

Este questionário pede que você faça uma avaliação sobre as aulas virtuais sobre Eclipses e Fases da Lua. Deve ser respondido uma única vez. Cada uma das questões pede para você ler uma afirmação, e dizer se "Concordo muito", "Concordo", "Nem concordo, nem discordo", "Discordo", "Discordo muito".

As perguntas marcadas com um \* são obrigatórias.

\*Nome:

\*Afirmação 1. O visual da aula “As fases da Lua” não é muito bom.

- 1- Discordo muito.
- 2- Discordo.
- 3- Nem discordo, nem concordo.
- 4- Concordo.
- 5- Concordo muito.

\*Afirmação 2. Usar o computador para aprender Física é motivador.

- 1- Discordo muito.
- 2- Discordo.
- 3- Nem discordo, nem concordo.
- 4- Concordo.
- 5- Concordo muito.

\* Afirmação 3. É fácil navegar pela aula sobre as fases da Lua.

- 1- Discordo muito.
- 2- Discordo.
- 3- Nem discordo, nem concordo.
- 4- Concordo.
- 5- Concordo muito.

\*Afirmação 4. As aulas de Física no computador são monótonas.

- 1- Discordo muito.
- 2- Discordo.
- 3- Nem discordo, nem concordo.
- 4- Concordo.
- 5- Concordo muito.

\* Afirmação 5. O conteúdo não está bem explicado na aula de “As fases da Lua”.

- 1- Discordo muito.
- 2- Discordo.
- 3- Nem discordo, nem concordo.
- 4- Concordo.
- 5- Concordo muito.

\* Afirmação 6. Saio das aulas de Física no computador do mesmo jeito que entrei, sem aprender nada de novo.

- 1- Discordo muito.
- 2- Discordo.
- 3- Nem discordo, nem concordo.
- 4- Concordo.
- 5- Concordo muito.

\* Afirmação 7. Ver as imagens e as animações na aula ”As fases da Lua” me ajuda a raciocinar.

- 1- Discordo muito.
- 2- Discordo.
- 3- Nem discordo, nem concordo.
- 4- Concordo.
- 5- Concordo muito.

\* Afirmação 8. O visual da aula “Eclipses” não é muito bom.

- 1- Discordo muito.
- 2- Discordo.

3- Nem discordo, nem concordo.

4- Concordo.

5- Concordo muito.

\*Afirmção 9. É fácil navegar pela aula sobre eclipses.

1- Discordo muito.

2- Discordo.

3- Nem discordo, nem concordo.

4- Concordo.

5- Concordo muito.

\*Afirmção 10. Ter aulas de Física no computador é uma boa maneira de aprender.

1- Discordo muito.

2- Discordo.

3- Nem discordo, nem concordo.

4- Concordo.

5- Concordo muito.

\*Afirmção 11. O conteúdo não está bem explicado na aula sobre “Eclipses”.

1- Discordo muito.

2- Discordo.

3- Nem discordo, nem concordo.

4- Concordo.

5- Concordo muito.

\*Afirmção 12. Não me lembro de nada do que vejo em aulas de Física no computador.

1- Discordo muito.

2- Discordo.

3- Nem discordo, nem concordo.

4- Concordo.

5- Concordo muito.

\* Afirmção 13. Estes tópicos ficam mais claros nas aulas que utilizam

recursos computacionais (como estas aulas virtuais) do que lendo em livros.

- 1- Discordo muito.
- 2- Discordo.
- 3- Nem discordo, nem concordo.
- 4- Concordo.
- 5- Concordo muito.

\*Afirmção 14. Nas aulas de Física utilizando computador não se aprende nada.

- 1- Discordo muito.
- 2- Discordo.
- 3- Nem discordo, nem concordo.
- 4- Concordo.
- 5- Concordo muito.

\* Afirmção 15. Ver as imagens e as animações na aula "Eclipses" me ajuda a raciocinar.

- 1- Discordo muito.
- 2- Discordo.
- 3- Nem discordo, nem concordo.
- 4- Concordo.
- 5- Concordo muito.

\* Afirmção 16. Não compreendo todos os textos dessas duas aulas, sobre eclipses e fases da Lua.

- 1- Discordo muito.
- 2- Discordo.
- 3- Nem discordo, nem concordo.
- 4- Concordo.
- 5- Concordo muito.

\*Afirmção 17. A presença do professor é importante para o entendimento do conteúdo apresentado nessas duas aulas virtuais.

- 1- Discordo muito.
- 2- Discordo.

3- Nem discordo, nem concordo.

4- Concordo.

5- Concordo muito.

\*Afirmção 18. Posso aprender sozinho tudo que preciso saber sobre o tema utilizando a aula no computador.

1- Discordo muito.

2- Discordo.

3- Nem discordo, nem concordo.

4- Concordo.

5- Concordo muito.

\*Afirmção 19. Não compreendo todos os textos dessas duas aulas.

1- Discordo muito.

2- Discordo.

3- Nem discordo, nem concordo.

4- Concordo.

5- Concordo muito.

\* Afirmção 20. Ver as imagens, as animações e os filmes nas aulas virtuais de Física facilita a aprendizagem.

1- Discordo muito.

2- Discordo.

3- Nem discordo, nem concordo.

4- Concordo.

5- Concordo muito.

\*Afirmção 21. O excesso de informações nas duas aulas, sobre eclipses e fases da Lua, fez com que eu me perdesse.

1- Discordo muito.

2- Discordo.

3- Nem discordo, nem concordo.

4- Concordo.

5- Concordo muito.

\* Afirmção 22. Eu não me senti confortável utilizando o computador para

aprender sobre estes temas.

- 1- Discordo muito.
- 2- Discordo.
- 3- Nem discordo, nem concordo.
- 4- Concordo.
- 5- Concordo muito.

\*Afirmção 23. Eu aprendi bastante fazendo essas aulas no computador.

- 1- Discordo muito.
- 2- Discordo.
- 3- Nem discordo, nem concordo.
- 4- Concordo.
- 5- Concordo muito.

**ANEXO B – Pré-teste****Questionario2-1**

## Pré-teste - Movimentos no Sistema Solar

Este questionário deve ser respondido no início das atividades da Unidade. O prazo para preenchimento é até o dia 3 de maio às 7 horas.

As perguntas marcadas com um \* são obrigatórias.

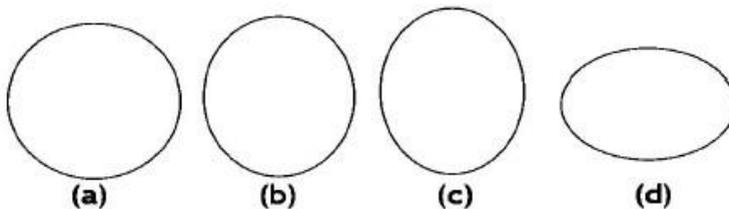
\* Nome:

\*Q1. Quais os tipos de movimentos da Terra conhecidos por você? Escreva alguma coisa sobre cada um deles.

\*Q2. Qual, dentre as afirmações abaixo, é a que você acha que explica a existência do dia e da noite na Terra?

- (a) A Terra gira em torno do seu eixo.
- (b) O Sol gira em torno do seu eixo.
- (c) O eixo da Terra é inclinado.
- (a) A Terra gira em torno do Sol.

\*Q3. Qual das figuras a seguir você acha que representa melhor o movimento da Terra ao redor do Sol? (Não existe nenhum efeito de perspectiva nessas figuras.)



Q4. E, na figura escolhida por você, onde fica o Sol?

\* Q5. 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?

\*Q6. Você ouviu 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 \*8.

\*Q7. 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).

\*Q8. Qual é a principal razão para que os dias sejam mais longos no verão do que no inverno? Marque entre as opções abaixo.

- ( ) A órbita da Terra não é uma circunferência.
- ( ) O eixo de rotação da Terra é inclinado.
- ( ) No verão, a Terra está mais próxima do Sol.
- ( ) Fenômenos atmosféricos.

\* Q9. Qual a explicação que você daria para a existência das estações do ano?

\* Q10. E você acha que estações do ano podem ocorrer em outros planetas? Por quê?

\*Q11. O que é um eclipse?

\*Q12. Quais os tipos de eclipse você conhece? E que explicação você dá para a ocorrência de cada um deles?

\*Q13. Por que não ocorrem eclipses do Sol e da Lua todo mês?

- ( ) Por causa da inclinação do eixo da Terra.
- ( ) Porque a órbita da Lua está inclinada cerca de 15 graus em relação à eclíptica.
- ( ) Porque a órbita da Terra é uma elipse.
- ( ) Porque a órbita da Lua está inclinada cerca de 5º em relação à eclíptica

**ANEXO C – Pós-teste****Questionario2-3**

Unidade 2 - Questionario 2-3 - Hipertexto Eclipses e Fases

Este questionário refere-se à avaliação das aulas virtuais, sobre Eclipses e Fases da Lua. Deve ser enviado uma única vez.

As questões são afirmações, para as quais você deve atribuir a sua opinião - se são verdadeiras ou falsas.

As perguntas marcadas com um \* são obrigatórias.

\* Nome:

\*Q1. A iluminação recebida diariamente por nós (na Terra) do Sol varia ao longo dos meses.

( ) Verdadeiro ( ) Falso.

\* Q2. Quando no Brasil é verão, na Europa é inverno.

( ) Verdadeiro ( ) Falso.

\* Q3. Todos os locais do mundo estão na primavera na mesma época do ano.

( ) Verdadeiro ( ) Falso.

\* Q4. No Brasil, é primavera entre setembro e dezembro.

( ) Verdadeiro ( ) Falso.

\*Q5. No Brasil, é outono entre janeiro e março.

( ) Verdadeiro ( ) Falso.

\* Q6. No verão, o Sol está mais próximo da Terra do que no inverno, e por isso aquece mais a Terra.

( ) Verdadeiro ( ) Falso.

\* Q7. O Equador define o plano perpendicular ao eixo de rotação da Terra

em torno de si mesmo.

( ) Verdadeiro ( ) Falso

\* Q8. O Equador define o eixo de rotação da Terra em torno do Sol.

( ) Verdadeiro ( ) Falso

\* Q9. As estações se manifestam igualmente em todas as latitudes da Terra.

( ) Verdadeiro ( ) Falso

\* Q10. O tempo durante o qual o céu fica iluminado em sua cidade é o mesmo durante todo o ano (“os dias têm a mesma duração”).

( ) Verdadeiro ( ) Falso

\* Q11. No verão os dias são mais longos que no inverno.

( ) Verdadeiro ( ) Falso

\* Q12. A Terra leva 24 horas para dar uma volta em torno de seu próprio eixo.

( ) Verdadeiro ( ) Falso

\* Q13. A Terra leva 24 horas para dar uma volta completa em torno do Sol.

( ) Verdadeiro ( ) Falso

\* Q14. A Lua é um objeto iluminado, com luminosidade própria.

( ) Verdadeiro ( ) Falso

\* Q15. A Lua reflete a luz do Sol.

( ) Verdadeiro ( ) Falso

\* Q16. A Lua apresenta sempre o mesmo aspecto no céu.

( ) Verdadeiro ( ) Falso

\* Q17. As fases da Lua são nova, quarto crescente, cheia, quarto minguante.

( ) Verdadeiro ( ) Falso

\* Q18. Quando a Lua está cheia, a vemos com a aparência de um semi-círculo.

( ) Verdadeiro ( ) Falso

\* Q19. O Sol está no céu de dia e a Lua de noite.

( ) Verdadeiro ( ) Falso

\* Q20. O período de rotação da Lua em torno da Terra é de 365 dias.

( ) Verdadeiro ( ) Falso

\* Q21. A Lua gira em torno de seu eixo de forma tal que apresenta sempre a mesma face voltada para a Terra.

( ) Verdadeiro ( ) Falso

\* Q22. A Lua possui um “lado escuro”, nunca iluminado pelo Sol.

( ) Verdadeiro ( ) Falso

\* Q23. O Sol e a Lua têm o mesmo tamanho aparente no céu.

( ) Verdadeiro ( ) Falso

\* Q24. O Sol é do mesmo tamanho que a Lua.

( ) Verdadeiro ( ) Falso

\* Q25. Eclipses são efeitos causados por sombreamento da luz do Sol de regiões do espaço pela presença de um corpo celeste.

( ) Verdadeiro ( ) Falso

\* Q26. Um eclipse total do Sol ocorre quando a parte escura da sombra da Lua cobre totalmente a Terra.

( ) Verdadeiro ( ) Falso

\* Q27. Um eclipse lunar ocorre quando a Lua entra na parte escura da sombra da Terra.

( ) Verdadeiro ( ) Falso

## ANEXO D – Avaliação de aprendizagem

INTRODUÇÃO À FÍSICA A – 2011/1

A

PROVA (06/05/2011)

NOME: \_\_\_\_\_ Turma: ( A ) ( B )

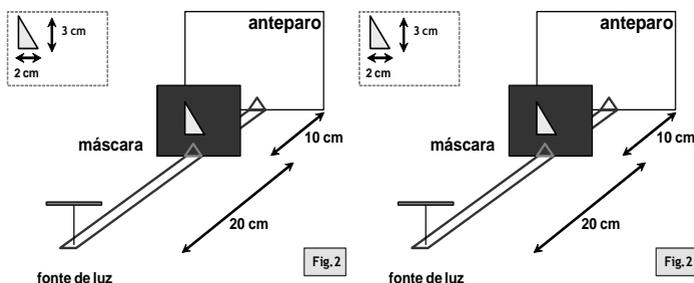
Esta prova contém 10 questões, valendo 1 ponto cada. Você tem duas horas para resolvê-la.

### Questão 1

(a) Uma máscara contendo uma abertura na forma de um triângulo é colocada entre um anteparo e uma lâmpada muito pequena, como indicado na Figura 1. Esboce, sobre o anteparo, o que você veria caso a lâmpada fosse ligada. Justifique sua resposta.

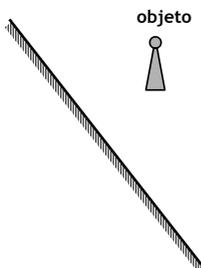
(b) Suponha que as dimensões do triângulo são as indicadas na Figura 1, e que a distância (horizontal) entre a lâmpada e a máscara seja de 20 cm, e a distância entre a máscara e o anteparo seja de 10 cm. Quais as dimensões da figura que você vê no anteparo?

(c) A lâmpada pequena é substituída por uma lâmpada de filamento, como na Figura 2. A lâmpada está colocada num plano paralelo ao da máscara, e perpendicular ao suporte. Esboce, sobre o anteparo da figura, o que você veria caso a lâmpada fosse ligada. Justifique sua resposta.



### Questão 2

Na figura, está desenhado um espelho plano e um objeto extenso. Desenhe a imagem deste objeto, com a posição desta imagem e suas dimensões claramente indicadas.



### Questão 3

O observador (representado na figura pela pessoa sentada na cadeira) consegue ver a imagem do objeto (colocado na posição 06-07)? Justifique (utilizando um diagrama de raios).

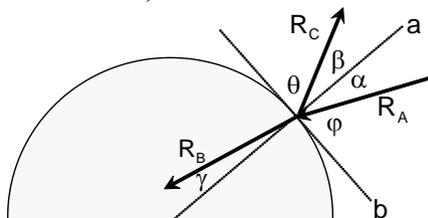


**Questão 4**

Um espelho côncavo, com distância focal de  $f = 20$  cm, está com sua superfície refletora voltada para o Sol. (a) O feixe de luz solar que atinge o espelho é constituído de raios convergentes, divergentes ou paralelos? (b) A que distância do centro do espelho se formará a imagem do Sol? (c) Essa imagem é real ou virtual? Justifique todas as suas respostas.

**Questão 5**

Na figura abaixo, está desenhada uma lente semi-esférica, com um raio de luz incidente sobre a superfície de separação entre a lente e o ar e outros raios de luz (os raios  $R_A, R_B, R_C$ ), duas retas ( $a, b$ ), e vários ângulos ( $\alpha, \beta, \gamma, \theta, \varphi$ ).

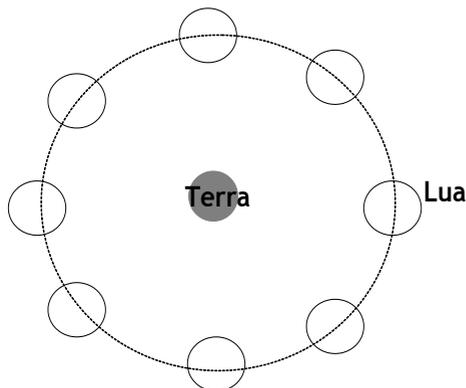


Suponha que um feixe de luz incide sobre a superfície da lente segundo a direção indicada pelo raio  $R_A$ . Assinale:

- (a) o ângulo de incidência: ( )  $\alpha$  ( )  $\beta$  ( )  $\gamma$  ( )  $\theta$  ( )  $\varphi$   
 (b) o ângulo de reflexão: ( )  $\alpha$  ( )  $\beta$  ( )  $\gamma$  ( )  $\theta$  ( )  $\varphi$   
 (c) o ângulo de refração: ( )  $\alpha$  ( )  $\beta$  ( )  $\gamma$  ( )  $\theta$  ( )  $\varphi$   
 (d) Indique como você calcula, a partir da medida dos ângulos da figura, o índice de refração do material da lente.

**Questão 6**

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?

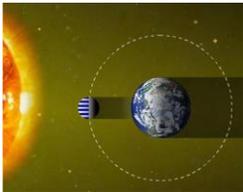
**Questão 7**

A Lua apresenta sempre a mesma face voltada para a Terra? Faça um diagrama que explique sua resposta.

**Questão 8**

Assinale claramente (riscando em cima), para cada uma das afirmativas a seguir, sua avaliação: V para a afirmativa verdadeira, F para a afirmativa falsa.

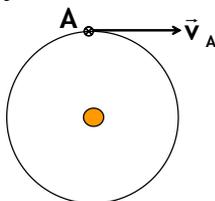
1	A existência de dia e noite na Terra é explicada pelo fato da Terra girar em torno do Sol.	V	F
2	As estações do ano são entendidas pela maior ou menor aproximação da Terra em relação ao Sol, por causa da órbita elíptica.	V	F
3	A primeira lei de Kepler, a lei das órbitas, afirma que a órbita dos planetas em torno do Sol é uma órbita exatamente circular, com o Sol no centro do círculo.	V	F
4	O raio vetor que une cada planeta ao Sol varre áreas iguais em tempos iguais.	V	F
5	A excentricidade das órbitas em torno do Sol, para quase todos os planetas, é pequena, fazendo com que essas	V	F

	órbitas sejam quase circulares.		
6	Não ocorreriam diferentes fases da Lua se ela fosse um corpo com luminosidade própria.	V	F
7	A configuração da figura pode indicar que está ocorrendo um eclipse solar. 	V	F
8	No verão, o Sol está mais próximo da Terra do que no inverno, e por isso aquece mais a Terra.	V	F

### Questão 9

Considere conhecida a força de atração gravitacional entre o Sol e um dos planetas: uma força atrativa, proporcional a cada uma das massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre o centro do Sol e o centro do planeta. Lembre que as órbitas dos planetas em torno do Sol são praticamente circulares.

(a) A figura ao lado representa a órbita (aproximada) do planeta em torno do Sol. No momento em que o planeta está no ponto A da órbita, indique a direção e o sentido da aceleração do planeta.



(b) Demonstre, a partir das informações acima e do que você sabe a respeito da aceleração de um corpo em movimento circular, a terceira lei de Kepler, a lei dos períodos, que afirma que a razão entre o cubo do raio da órbita e o quadrado do período da órbita é uma constante.

### Questão 10

Na figura abaixo, está representada a trajetória de um corpo. Há três pontos assinalados na trajetória, marcando posições ocupadas pelo corpo em instantes sucessivos: A, B e C. Desenhe nesta figura o possível vetor velocidade do corpo em cada um dos pontos.

