UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE ASTRONOMIA, GEOFÍSICA E CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS
DEPARTAMENTO DE ASTRONOMIA
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE ASTRONOMIA

MICHEL PEREIRA CAMPOS SILVA

**A observação da Lua com instrumentos ópticos e o ensino
de astronomia:**

Articulações entre a experimentação e a sala de aula

São Paulo

2016

MICHEL PEREIRA CAMPOS SILVA

**A observação da Lua com instrumentos ópticos e o ensino
de astronomia:**

Articulações entre a experimentação e a sala de aula

Dissertação apresentada ao Programa de
Mestrado Profissional em Ensino de
Astronomia, da Universidade de São
Paulo, como requisito parcial para a
obtenção do título de Mestre em Ensino.

Área: Astronomia.

Orientadora:

Prof.^a Dra. Jane Cristina Gregorio-Hetem

São Paulo

2016

À Melina com todo amor

Aos meus pais

Aos meus irmãos

Agradecimentos

Primeiramente a minha família pelo apoio e pelas palavras de incentivo durante a caminhada que me trouxe até aqui, em especial à Melina pela paciência e amor dedicados.

A Jane por toda sua dedicação e empenho, saiba que sua experiência e conhecimento contribuíram para o meu aprendizado durante o decorrer de nosso trabalho, espero ter feito jus a tudo isso.

Ao Winston por ter sugerido pela primeira vez, lá na graduação, que escrevêssemos juntos, que participássemos de eventos e que não tivesse medo do aprendizado que isso iria proporcionar.

Ao Barral, ao Winston, ao Décio e a Rosa pelas sugestões iniciais que melhoraram meu projeto.

Ao Irineu e ao Fábio pelo companheirismo e amizade, pelos cafés antes de pegar a estrada e pelos momentos que compartilhamos durante nossos dias e noites de IAG.

Aos colegas do MPEA, que por tantas vezes trouxeram um pouco da sua experiência e vivência científica para nossas aulas.

Ao Wagner e a Leonice pelos diversos momentos de incentivo e pelo companheirismo que vem desde muito tempo, lá na graduação.

Aos companheiros lá do Câmpus Suzano, em especial ao Barral, Breno, Carol, Lucimara, Rogério, Enio, Montes e Cleide.

Ao Instituto Federal de São Paulo, pelo incentivo proporcionado através de seu programa de capacitação de servidores.

Aos diversos colegas de profissão pelos momentos de aprendizado compartilhados durante nossa empreitada educacional.

As equipes da biblioteca e secretarias do IAG pela disposição em sempre ajudar.

RESUMO

Um dos desafios do educador em ciências é usar aparatos tecnológicos junto aos seus conhecimentos e experiências vividas, para despertar em seus estudantes novas experiências.

Contribuições para o enriquecimento das aulas de ciências exatas são necessárias e podem impulsionar o ensino de temas pouco privilegiados no dia-a-dia da sala de aula.

Como levar uma série de conhecimentos produzidos por pesquisadores para o cotidiano da sala de aula, visando melhorar a qualidade do ensino em ciências? A busca por uma resposta é o que nos motivou a desenvolver o presente trabalho, sendo necessário diminuir o grande abismo entre a academia e a sala de aula.

Temos como objeto motivador a Lua. Desenvolvemos materiais didáticos que darão sustentação à discussão de conceitos básicos de astronomia, no que se refere aos temas ligados direta ou indiretamente ao estudo da Lua e dos Telescópios através da experimentação.

O marco teórico da Transposição Didática (TD), desenvolvida e amplificada por Yves Chevallard, permite a articulação entre a experimentação e a sala de aula por meio da transformação de saberes apresentados na forma de roteiros didáticos estruturados de maneira a contemplar a integração entre os conceitos científicos e a história de seu desenvolvimento com atividades de experimentação.

A metodologia da TD aqui descrita se faz presente na forma de uma série de atividades práticas relacionadas com os temas “Crateramento Lunar” (Roteiro 1) e “Telescópios” (Roteiro 2).

O diálogo entre os conteúdos foi alcançado, de modo que as atividades propostas no primeiro roteiro didático abordavam conceitos básicos do sistema Sol-Terra-Lua (STL) e ao passo que elas foram sendo desenvolvidas chegamos ao final do segundo roteiro com temas contemporâneos da ciência, como a radiação eletromagnética e a astronomia espacial.

Portanto, a escolha do tema foi fundamental para que os roteiros correspondessem não apenas a atividades pedagógicas que teriam como obrigação atender aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), mas para a transposição de conhecimentos.

Após desenvolver este trabalho, notamos que a observação da Lua com instrumentos ópticos, através das atividades propostas, trará contribuições ao ensino de astronomia.

Palavras-chave: Lua, Telescópios, roteiros didáticos, transposição didática, ensino de astronomia.

ABSTRACT

One of the challenges faced by educators on science is to combine their knowledge and own experiences with the use of technology aiming to promote new experiences among their students.

Contributions to enrich the science classes are necessary and it may stimulate the learning of subjects that are not directly related to the students routine.

How to bring up the research results to the classroom day by day, in order to increase the quality of teaching on science? The seek for an answer is what has motivated us to develop the present work, which aims to reduce the great abyss between scientific research and classroom.

By adopting the study of the Moon as motivation, we developed didactic materials that support the discussion on basic concepts of Astronomy, which are directly or indirectly related to the Moon and Telescopes studies and are applied through the experimentation.

We followed the theoretical fundamentals of the Didactic Transposition (DT), developed and extended by Yves Chevallard. Didactic scripts were structured in a way to contemplate the integration between the scientific concepts and the history of their development with experiments, allowing the articulation between the experimentation and the classroom through transformation of the knowledge.

The DT methodology described here is present in the form of a series of practical activities related with the subjects "Moon Cratering" (Didactic Script 1) and "Telescopes" (Didactic Script 2).

The dialog among the covered contents was reached, since the activities suggested in the first didactic script started from basic concepts related to the Sun-Earth-Moon system, reaching a discussion on subjects of contemporaneous science, as electromagnetic radiation, at the end of the second script.

Therefore the chosen subject was fundamental, matching not only the pedagogical activities required by the Parâmetros Curriculares Nacionais (Brazilian Curriculum Parameters), but also the knowledge transposition.

By developing this work, we noted that Moon observation with optical instruments, through the suggested activities, can bring valuable contributions to the astronomy teaching.

Key words: Moon, Telescopes, scripts didactical, didactical transposition, astronomy teaching.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CCD	<i>Charge Coupled Device</i>
CDCC/USP	Centro de Divulgação Científica e Cultural da USP
EUA	Estados Unidos da América
EU-HOU	<i>European Hands-on Universe</i>
EREA	Encontro Regional de Ensino de Astronomia
FMC	Física Moderna e Contemporânea
GEMINI	<i>Gemini Observatory</i>
GHO�	<i>Global Hands-on Universe</i>
HOU	<i>Hands-on Universe</i>
HC	História da Ciência
IAG/USP	Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IAU	<i>International Astronomical Union</i>
IYA	<i>International Year of Astronomy</i>
LNA	Laboratório Nacional de Astrofísica
NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i>
NdC	Natureza da Ciência
OAM	Observatório Abrahão de Moraes
OPD	Observatório Pico dos Dias
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
PCN +	Orientações complementares aos PCN
RCF	Radiação Cósmica de Fundo
ROI	Radiobservatório Itapetinga
STL	Sistema Sol/Terra/Lua
SOAR	<i>Southern Astrophysical Research</i>
TD	Transposição Didática
TnE	Projeto Telescópios na Escola
WMAP	<i>Wilkinson Microwave Anisotropy Probe</i>
URSS	União das Repúblicas Socialistas Soviéticas
USP	Universidade de São Paulo

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: Ilustração de um observador na Terra, observando a Lua, na fase crescente.....	28
Figura 2.2: Exemplos de observação da Lua na fase crescente: (a) visão de um observador no hemisfério sul da Terra; (b) visão de um observador situado no hemisfério norte.....	28
Figura 2.3: Configurações dos eclipses solares, (A) total, (B) anular e (C) parcial. Fonte: Picazzio et. al. 2011.	29
Figura 2.4: Esquema descritivo de diversas configurações relacionadas aos planos orbitais do STL. Dependendo da direção da linha dos nodos, com relação ao Sol, os eclipses podem ocorrer ou não. São também indicadas as fases da Lua observadas em cada configuração.	30
Figura 2.5: Descrição vetorial da força de interação gravitacional entre dois corpos. Fonte: CDCC/USP.	31
Figura 2.6: Descrição de algumas das forças que agem na Terra, promovendo as marés. Fonte: CDCC/USP.....	31
Figura 2.7: O espelho do telescópio Gemini Norte com 8,1 metros de diâmetro. Crédito: GEMINI.	34
Figura 2.8: O espectro eletromagnético mostrando as diversas faixas de comprimento de onda e suas frequências correspondentes. Destaques são dados para as ondas rádio e para o espectro visível. Crédito: Louis E. Keiner.	35
http://astronomy.nmsu.edu/holtz/a110/html/diagrams/a110/spectrum.htm	
Figura 2.9: Ilustração da absorção da atmosfera para diferentes comprimentos de onda. A opacidade da atmosfera é total (100%) para os menores comprimentos de onda (raios gama, raios-X e ultravioleta), para a boa parte do infravermelho e para as maiores ondas rádio. Para a faixa de 10 cm a 10 m a atmosfera é transparente (0% de opacidade), quase totalmente transparente para o visível e algumas faixas do infravermelho. Crédito: Fórum Outerspace.	36
http://forum.outerspace.terra.com.br/	
Figura 2.10: Espectros do contínuo (a), de absorção (b) e de emissão (c). Crédito: Holtz (2004).	37
http://astronomy.nmsu.edu/holtz/a110/html/diagrams/a110/spectra.htm	

Figura 2.11: Uma simulação da emissão de radiação de corpo negro, calculada para a temperatura de 5780 K que corresponde à temperatura efetiva do Sol, com o pico de emissão na região do visível (501,3 nm) .	40
Figura 2.12: Curvas de corpo negro para $T = 12500$ a 10000 K com picos em $\lambda = 230\sim 280$ nm.	41
Figura 2.13: Curvas de corpo negro para $T = 4100$ a 3000 K com picos em $\lambda = 700\sim 970$ nm.	41
Figura 3.1: Aspectos da Natureza da Ciência (NdC).	44
Figura 3.2: Esquema simplificando o percurso dos Saberes até a sala de aula.	46
Figura 3.3: Pergunta e percentual de respostas de professores e estudantes sobre a órbita da Lua vista de um referencial fixo no Sol. Fonte: Aguiar, Baroni e Farina (2009).	49
Figura 3.4: Esquema ilustrativo da interligação entre os roteiros didáticos propostos no presente trabalho, com o tema estruturador Universo, Terra e Vida e suas três unidades dos PCN +.	52
Figura 4.1: Representação da Lua apresentada no livro <i>Sidereus Nuncius</i> publicado por Galileu.	54
Figura 4.2: Fases da Lua – Lunação. Crédito: Jornal da Orla.	57
www.jornaldaorla.com.br/arquivos/noticia/2013_8_23_9_32_39_6537.jpg	
Figura 4.3: Interface do simulador <i>Lunar Phase Simulator</i>	58
Figura 4.4: A Lua em uma observação semelhante que pode ser feita com um pequeno telescópio. Crédito: Rodrigo Andolfato	60
http://www.astrofotos.info/index.php/Rodrigo-Andolfato/Lua/Lua-Full	
Figura 4. 5: Superfície lunar.	63
Figura 4.6: Estágio de escavação para crateras de impacto. Fonte: Yokoyama (2013).	66
Figura 4.7: Estágios de escavação e modificação. Fonte: Yokoyama (2013).	66
Figura 4.8: Exemplos de tipos de crateras na superfície da Lua. Fonte: Yokoyama (2013).	67
Figura 4.9: Face da Lua não visível do referencial terrestre. Crédito: NASA.	68
http://solarsystem.nasa.gov/moon/image-display.cfm?IM_ID=11823	
Figura 4.10: Localização geográfica das crateras de impacto catalogadas no Brasil. Crédito: Francisco Carvalho.	69
http://www.folhadabarra.com/2013/02/ma-tem-duas-crateras-formadas-por.html	

Figura 5.1: Representação da Lua por Thomas Harriot em 26/07/1609. Crédito: The Galileo Project.	74
http://galileo.rice.edu/sci/harriot_moon1609_726.gif	
Figura 5.2: Representação da Lua com a linha central representando o terminador em 17/07/1610. Crédito: The Galileo Project.....	74
http://galileo.rice.edu/sci/harriot_moon1610_717.gif	
Figura 5.3: Afresco da <i>Madonna Assunta</i> , de Cigoli, na <i>Cappella Paolina</i> na basílica de <i>Santa Maria Maggiore</i> . Crédito - Gli Scritti Centro Culturale.	75
http://www.gliscritti.it/blog/entry/568	
Figura 5. 4: Primeiro mapa lunar com o nome das regiões lunares, feito por Van Langrens, 1645. Crédito: The Renaissance Mathematicus.....	76
https://thonyc.wordpress.com/2012/04/17/who-put-the-names-on-the-moon/	
Figura 5.5: Um telescópio refrator e o caminho óptico percorrido. Crédito: APOLO11.COM.....	78
http://www.apolo11.com/tudo_sobre_teslscopios_2.php	
Figura 5.6: Caminho óptico dentro de um telescópio refletor do tipo Cassegrain. Crédito: Cosmobrain.	79
http://www.cosmobrain.com.br/	
Figura 5.7: Telescópio Perkin-Elmer, no OPD. Crédito: LNA.	80
http://www.lna.br/opd/telescop/telescop.html	
Figura 5.8: Observatórios com os dois telescópios do consórcio Gemini. Crédito: LNA.	80
http://www.lna.br/gemini/gem_hist.html	
Figura 5.9: Esquema do Telescópio SOAR. Crédito: LNA.	81
http://www.lna.br/soar/telescope.html	
Figura 5.10: Radiotelescópio e sua redoma. Crédito: INPE.	82
http://www.cea.inpe.br/roi/imagens.php	
Figura 5.11: Dois objetos de diâmetros lineares diferentes e diâmetro angular igual. Crédito: Harold Geller.....	83
www.physics.gmu.edu/~hgeller/astr111/ch01as.pdf	
Figura 5.12: Imagem da Lua obtida por nós com o telescópio Argus em agosto/14 .	86
Figura 5.13: Imagem da Cratera <i>Copernicus</i> , obtida através do telescópio Argus....	87
Figura 5.14: Sonda <i>Lunik</i> . Crédito: Bergamosera.	90
http://www.bergamosera.com/cms/2014/07/22/luna-gli-usa-rubarono-navicella-spaziale-russa/	
Figura 5.15: Buzz Aldrin e a bandeira americana, fincada no solo lunar durante a missão Apollo 11.Crédito: NASA.....	91
http://moon.nasa.gov/apollo_anniversary.cfm	

Figura 5.16: Mapa topográfico da Lua construído com os dados da <i>Clementine</i> . Crédito: <i>Lunar and Planetary Institute</i>	93
http://www.lpi.usra.edu/lunar/missions/clementine/images/img1_lg.gif	
Figura 5.17: Mapa do levantamento da concentração de Ferro no solo lunar. Crédito: <i>Lunar and Planetary Institute</i>	93
http://www.lpi.usra.edu/lunar/missions/clementine/images/img3_lg.gif	
Figura 5.18: Mapa do céu em micro-ondas feito a partir da compilação de dados coletados durante 9 anos pelo WMAP. Crédito: NASA.	95
http://map.gsfc.nasa.gov/media/121238/ilc_9yr_moll320.jpg	
Figura 5.19: Representação da distribuição de matéria bariônica, matéria escura e energia escura. Estes dados estão sendo refinados e podem sofrer uma melhoria em sua precisão. Crédito: NASA.....	95
http://map.gsfc.nasa.gov/media/121236/121236_NewPieChart320.png	
Figura 5.20: Gráfico com as assinaturas moleculares do exoplaneta WASP-12b. Crédito: <i>Jet Propulsion Laboratory</i>	96
http://www.spitzer.caltech.edu/uploaded_files/graphics/high_definition_graphics/0007/8655/ssc2010-10a_Inline.jpg?1314904406	
Figura 5.21: Curva do infravermelho para o trânsito do exoplaneta HD 219134b. Crédito: <i>Jet Propulsion Laboratory</i>	96
http://www.spitzer.caltech.edu/uploaded_files/graphics/high_definition_graphics/0010/5734/ssc2015-02b_Inline.jpg?1438291789	
Figura 5.22: Descoberta de moléculas vitais para a formação de água na nebulosa Helix, usando o telescópio Herschel. Crédito: ESA.	97
http://www.esa.int/Our_Activities/Space_Science/Herschel/New_molecules_around_old_stars	
Figura 5. 23: Os Pilares da Criação, na nebulosa Águia (M16). Crédito: HUBBLESITE.....	98
http://imsrc.hubblesite.org/hu/db/images/hs-1995-44-a-large_web.jpg	
Figura 5. 24: A esquerda uma composição filtros e a direita uma imagem em raios-X, ambas do aglomerado de galáxias Abell 1033. Crédito: Chandra X-Ray Laboratory.	99
http://chandra.si.edu/photo/2015/a1033/	
Figura 5. 25: O Sol em microondas.Crédito: Nobeyama Radio Heliograph.	100
http://solar.nro.nao.ac.jp/norh/html/daily/2016/02/ifa160219 .	
Figura 5. 26: O Sol em infravermelho. Crédito: NSO.	100
http://umbra.nascom.nasa.gov/images/latest_nsoHe.gif	
Figura 5. 27: O Sol no visível - luz branca. Crédito: BBSO.	101
http://www.bbso.njit.edu/Images/daily/images/gongint.jpg png	

Figura 5. 28: Em luz ultravioleta, o Sol. Crédito: SOHO.....	101
http://sohowww.nascom.nasa.gov/data/realtime/eit_195/512/	
Figura 5. 29: Imagem em raios-X do Sol. Crédito: XRT.	102
http://solar.physics.montana.edu/HINODE/XRT/SCIA/daily_pages/2016/20160131_SYN.html	

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 – A frequência relativa de palavras chave dos artigos relacionados a temas de astronomia.....pg.19

Fonte: MARRONE JÚNIOR e TREVISAN (2009)

Tabela 1.2 – Tema estruturador 6 – Universo, Terra e Vida.....pg.22

Tabela 6.1 – Síntese das atividades dos roteiros didáticos.....pg. 104

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1. O ENSINO DE ASTRONOMIA NA EDUCAÇÃO BÁSICA	16
1.1.1. A pesquisa em ensino de astronomia no Brasil	18
1.1.2. Propostas para o ensino de astronomia na sala de aula	20
1.2. Os PCN	21
1.3. O NOSSO TRABALHO EM LINHAS GERAIS	22
2. CONCEITOS BÁSICOS EM ASTRONOMIA	26
2.1. INTERAÇÃO SOL-TERRA-LUA	26
2.1.1. Rotação Síncrona	27
2.1.2. Lunação e Período Sideral	27
2.1.3. As fases da Lua	27
2.1.4. Os eclipses no STL	29
2.1.5. Forças no STL e as Marés	30
2.1.6. Origem do Sistema Solar	32
2.2. O ESTUDO DA LUZ NO CONTEXTO DA ASTRONOMIA MODERNA	33
2.2.1. Telescópios refratores e refletores	33
2.2.2. O espectro eletromagnético	35
2.2.3. A Radiação de Corpo Negro	38
3. METODOLOGIA	43
3.1. TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA	43
3.2. A LUA COMO OBJETO PARA A EXPERIMENTAÇÃO	46
3.3. O USO DE INFORMÁTICA NO ENSINO DE ASTRONOMIA	50
3.4. ROTEIROS DIDÁTICOS PARA O ENSINO DE ASTRONOMIA	51
4. ROTEIRO DIDÁTICO 1 – Crateramento Lunar	54
5. ROTEIRO DIDÁTICO 2 – Telescópios	70
6. CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS	103
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	108
APÊNDICES	112
APÊNDICE A: TUTORIAL PARA A UTILIZAÇÃO DO PROGRAMA <i>LUNAR PHASE SIMULATOR</i>	113
APÊNDICE B: TUTORIAL DE MONTAGEM DE UMA LUNETAS GALILEANA	117

APÊNDICE C: TUTORIAL DE UTILIZAÇÃO DO PROGRAMA <i>IMPACT CALCULATOR</i>	124
APÊNDICE D: TUTORIAL PARA ATIVIDADE OBSERVACIONAL NO TnE: PLANO DE OBSERVAÇÃO E PLATAFORMA TnE.....	130
APÊNDICE E: TUTORIAL PARA A UTILIZAÇÃO DO PROGRAMA SALSASJ	138

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

Conhecer algo, descobrir como funciona, ficar maravilhado ao descobrir que tal mecanismo funciona de tal forma. Isso é o que uma pessoa deve sentir ao se aproximar da ciência. Quando se trata da astronomia isso toma outras proporções, pois ao mesmo tempo em que fascina também intriga, pois não é de fácil alcance, não se pode ir até a Lua facilmente e nem conhecer a estrela mais próxima num contato direto.

Em se tratando de educação, um dos desafios do educador em ciências é usar aparatos tecnológicos junto aos seus conhecimentos e experiências vívidas, para despertar em seus estudantes novas experiências, dando sentido a exploração de um universo inteiro de fenômenos científicos que estão cada vez menos presentes nas aulas.

Contribuições para o enriquecimento das aulas de ciências exatas são necessárias e podem impulsionar o ensino de assuntos pouco privilegiados no dia-a-dia da sala de aula.

Mas para o estudante de escola básica que vê nas ciências uma possibilidade de um caminho promissor, o que é importante?

Nos dias atuais aula após aula, vemos um grande vício causado pelo engessamento do currículo escolar que é a repetição sem fim de conteúdos que não expressam o menor significado para os estudantes, ou seja, não têm equivalente no seu cotidiano e menos ainda proporcionam sequer algum tipo de contato com a experimentação.

Por outro lado, há na academia uma série de pesquisas produzidas ou em andamento que demandaram de pesquisadores empenho e dedicação para alcançar novas conquistas. Logo surge uma pergunta relevante no âmbito da educação: Como levar estes conhecimentos para o cotidiano da sala de aula visando melhorar a qualidade do ensino em ciências?

Olhando especialmente para a área da astronomia, vemos que é possível propor através de materiais didáticos, mecanismos que possam ajudar a transpor os conhecimentos produzidos na academia e utilizá-los para o aprendizado, quem sabe até incrementando a prática dos docentes que atuam na educação básica.

Assim o que nos motiva a desenvolver o presente trabalho é a necessidade de diminuir o grande abismo entre a academia e a sala de aula, visto que o conhecimento científico lá produzido não tem equivalente imediato no processo de ensino aprendizagem. Vemos isso de forma bem clara na astronomia que no Brasil, tem pouquíssimo material pensado para seu ensino em nível básico.

Este capítulo é dedicado ao levantamento de alguns pontos de interesse da nossa pesquisa, através de uma verificação do cenário atual do ensino de astronomia no Brasil, revelado pelas publicações relacionadas (Secção 1.1) e um destaque os parâmetros curriculares nacionais – PCN (Secção 1.2).

1.1. O ENSINO DE ASTRONOMIA NA EDUCAÇÃO BÁSICA

Considerando seu grande valor nas problematizações promovidas no contexto da sala de aula, como destacam Gama e Henrique (2010), o ensino de astronomia tem relevante importância na educação de nível básico e serve como possível elemento motivador para a discussão de assuntos ligados a outros tópicos do currículo.

Também é possível notar, conforme é destacado por Langhi (2009), que a astronomia por si só é um assunto com características interdisciplinares, visto seu caráter motivador de discussões nas mais diversas áreas do conhecimento (física, química, matemática, literatura, entre outras) e ampla ligação com temas contemporâneos vinculados à ciência e à tecnologia.

As pesquisas voltadas para o ensino e aprendizagem da astronomia mostram que diversas frentes de trabalho são atacadas, visto que é a partir de propostas de oficinas como as realizadas por Daroz, Heineck e Pérez (2011) que se pode produzir impressões sobre seus impactos em cursos de formação continuada. Alguns tópicos são introduzidos como sendo básicos no ensino de astronomia, segundo os autores, como por exemplo, o estudo do Sistema Solar (com enfoque para a Terra e a Lua), Universo e Galáxias, Definição de Constelações e Evolução Estelar.

As origens da astronomia como uma disciplina regular apta a gerar discussões de caráter interdisciplinar como vemos em Menezes (2009) evidencia sua importância histórica:

Há quem pense que física quântica aplicada é coisa de especialista ou engenheiro, e que na escola básica e na formação de professores deveria ser promovido outro tipo de cultura geral, de visão de mundo

natural. Se isso fosse levado a sério, então deveria haver ao menos uma ênfase na astrofísica e na cosmologia, de interesse amplamente cultural. Aí veríamos que o retrocesso é milenar, pois para os poucos que tinham algum estudo há mil anos, no tempo do *trivium* e do *quadrivium*, a astronomia era uma das quatro disciplinas deste último, e hoje ninguém aprende esse assunto na escola, nem sequer na formação dos professores de física. (MENEZES, 2009 apud MARTINS, 2009, p. 35).

Descreve-se assim, de maneira bem clara, qual importância devemos dar ao ensino de astronomia, visto que ele permeia até mesmo a física moderna e contemporânea, com todos os seus adventos tecnológicos; contudo, fica evidente que, embora estes assuntos estejam presentes em jornais diariamente, infelizmente, sequer os mesmos poderiam fazer parte do cotidiano nas nossas salas de aula do ensino básico, visto que os docentes não saberiam lidar com estes conhecimentos, como destaca Menezes (2009).

Nota-se que a astronomia é uma ciência de fronteira que atualmente tem mantido grande distância dos centros de educação formal em nível básico. Tal distanciamento deve-se à não obrigatoriedade da inclusão de disciplinas específicas de astronomia no processo de formação de professores. Em seus estudos sobre a educação em astronomia e sobre a formação de professores, Langhi e Nardi (2009) apontam que:

Nem sempre todos os conteúdos são trabalhados durante a educação formal, haja visto o exemplo da astronomia fundamental os quais na maioria das vezes deixam de ser considerados – ou são pouco contemplados – durante a trajetória formativa do aluno do ensino fundamental e médio, bem como do futuro professor, tanto no ambiente escolar como nos materiais didáticos utilizados (LANGHI e NARDI, 2009, p. 2).

O estudo realizado pelos autores acima nos mostra que o ensino de conteúdos de astronomia nos cursos superiores é colocado na maioria das vezes como optativo, visto que a própria astronomia não aparece como disciplina obrigatória nem mesmo onde deveriam abordá-la, como é o caso dos cursos de física presentes nos mais diversos níveis.

O ensino de astronomia tem encontrado espaço atualmente em oficinas, cursos de formação continuada e encontros regionais de ensino de astronomia (EREA), promovidos no Brasil, em 2009, em comemoração ao ano internacional da astronomia e que se tornaram frequentes desde então.

Alguns pesquisadores em ciências no Brasil apresentam algumas propostas para o ensino de astronomia, seja com sua inserção na forma de uma disciplina do

currículo básico (DIAS e SANTA RITA, 2008), como forma de promover a relação com o saber e os sentidos da observação astronômica (KLEIN et al., 2010) ou, até mesmo, fomentar discussões sobre alguns fenômenos astronômicos, tais como os relacionados à órbita da Lua (TONEL e MARRANGHELLO, 2013).

1.1.1. A pesquisa em ensino de astronomia no Brasil

O ensino de astronomia no Brasil foi alvo de análise no que se refere ao quantitativo de cursos relacionados à astronomia em diferentes níveis de educação, tal levantamento feito por Langhi e Nardi (2009, pg. 2) é dividido no que tange às modalidades pesquisadas: *Educação Formal, Não Formal, Informal e Espaços de Divulgação Científica*. Também é destacado pelos autores, que dada a importância da astronomia e do seu ensino, são poucos os locais onde os cursos superiores ligados às ciências exatas têm disciplinas de astronomia em seus currículos, bem como os locais que têm nem sempre os ofertam de maneira obrigatória.

Marrone Júnior e Trevisan (2009) fizeram um levantamento das produções acadêmicas e de divulgação científica em periódicos de astronomia e ensino de astronomia, visando identificar a produção de textos em revistas da área.

Para tal análise, escolhemos as revistas sugeridas pela Associação Brasileira em Pesquisa em Educação em Ciências (Abrapec), devido a sua representatividade perante a comunidade científica.

São elas: Revista Abrapec, Ciência & Educação, Investigações em Ensino de Ciências, Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Revista Brasileira de Ensino de Física, Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia, Revista Ensaio, A Física na Escola e Ciência & Ensino. (MARRONE JÚNIOR e TREVISAN, 2009, pg. 549).

A preocupação dos autores desse levantamento reforça a importância das pesquisas na área, publicadas nas revistas mais utilizadas pela comunidade que trabalha com pesquisa em ensino de astronomia. Em seu trabalho, Marrone Júnior e Trevisan (2009) organizaram 38 artigos extraídos do Caderno Brasileiro de Ensino de Física, e elaboraram a Tabela 1.1, que nos mostra a frequência relativa do aparecimento de algumas palavras-chave nos títulos e palavras-chave dos artigos relacionados a temas de astronomia.

Tabela 1.1 – A frequência relativa de palavras chave dos artigos relacionados a temas de astronomia.

Palavra	Frequência	Palavra	Frequência
Astronomia	8	Einstein	1
Ensino de astronomia	3	Aristóteles	1
Força/atração gravitacional	5	Kepler	2
Gravitação	7	Thyco Brahe	1
Gravidade	2	Copérnico	2
Cosmogonia	1	Lua	1
Cosmologia	6	Terra / Céu	8
Universo	3	Estrela(s)	1
Sol	6	Eclipse(s)	5
Etnoastronomia	1	Espaço	2
Órbitas	1	Meteorologia	1
Movimento de precessão	3	Gnômon	1
Planeta(s)	2	Marés	2
Cometa(s)	2	Atmosfera	1
Supernova	1	Estações do ano	2
Lunetas/telescópios	1	Luz	3
Galileu	3	Radioastronomia	2

Fonte: MARRONE JÚNIOR e TREVISAN (2009).

Também encontramos tal preocupação em verificar os artigos publicados na área de educação e ensino de astronomia no trabalho de Lelliott e Rollnick (2010) *apud* Lago (2013, pg. 19) que usam método similar de busca, onde discutem a pesquisa em ensino de astronomia e sua publicação em periódicos internacionais como o *International Journal of Science Education*, *The International Journal of Science and Mathematics Education*, *The Journal of Research in Science Teaching*, *Research in Science Education*, *Research in Science and Technological Education*, *Science Education*, *Studies in Science Education* e *Science and Education*.

Pesquisas recentes visam estimar o grau de entendimento de estudantes do ensino superior em relação a conhecimentos astronômicos (SARAIVA, SILVEIRA e STEFFANI, 2011; PEDROCHI e NEVES, 2005). Com tais trabalhos pode-se verificar que os estudantes que acessam a universidade trazem consigo concepções por

vezes equivocadas sobre diversos assuntos ligados à astronomia. Isso é avaliado de diversas formas, como por exemplo, através de questionários e testes de múltipla escolha.

1.1.2. Propostas para o ensino de astronomia na sala de aula

A astronomia tem destacada importância como um assunto interdisciplinar (e.g. LANGHI, 2009; CAVALCANTE, 2012; GAMA e HENRIQUE, 2010; DARROZ, HEINECK e PÉREZ, 2011) e grande motivador para o entendimento do Universo.

Propostas para o ensino de astronomia, que visam aperfeiçoar a prática de professores, popularizar o ensino de astronomia em nível de educação fundamental e média, dar formação complementar ou até mesmo formação em astronomia para docentes e estudantes de licenciatura, são discutidas em grupos de pesquisa e posteriormente publicadas em revistas especializadas ou em eventos, tais como simpósios e congressos. Algumas delas são destacadas a seguir.

Pesquisadores como Darroz, Heineck e Pérez (2011) tiveram como proposta um método de abordagem para os conceitos básicos de astronomia, de acordo com o que consideram básico, usando critérios voltados para teoria da Aprendizagem Significativa, montando assim um curso de extensão.

Aspectos e vantagens de se ensinar astronomia, seja por meio de uma disciplina ou de conceitos dentro de outras disciplinas, são discutidos por Gama e Henrique (2010), procurando definir qual a importância de se relacionar temas referentes a esta área no contexto da sala de aula. Também existe esta preocupação em Cavalcante (2012) que usa a disciplina de Geografia como ponto de partida para a divulgação e ensino da astronomia.

Visando o ensino da astronomia e astrofísica Hovarth (2013) busca uma abordagem que contemple os PCN em sala de aula, com o uso de conceitos básicos para o entendimento dos parâmetros estelares.

Logo, verifica-se que não são poucas as propostas, mas de maneira geral, ainda possuem pouca força e efetividade em grande escala, visto que ainda não são incorporadas em políticas públicas de educação.

1.2. Os PCN

O ensino de astronomia na educação básica é previsto nos parâmetros curriculares nacionais (PCN) e nas suas orientações complementares (PCN+). Tal documento é fruto do empenho de pesquisadores das diversas áreas ligadas à educação no nosso país e traz em sua essência um norte que orienta a educação nacional em nível básico.

Os conteúdos de astronomia nas disciplinas do ensino básico

Para o ensino de astronomia, não se encontra orientação específica com divisão por áreas. Isto implica em tópicos de astronomia espalhados nas disciplinas de Ciências e Geografia no ensino fundamental e em física no ensino médio.

No ensino fundamental, segundo os PCN (1998), deve-se abordar no quarto ciclo (7ª e 8ª séries) o tema – Terra e Universo, buscando uma compreensão dos fenômenos mais distantes, seja no tempo ou no espaço. Onde se espera que, por exemplo, discuta-se a questão da distância de corpos celestes conhecidos, entender a estrutura da Galáxia e do Universo.

Um ponto também relevante é que se deseja, de maneira sistematizada, que seja promovida a observação. A orientação espacial deve ser abordada bem como a observação das constelações ao longo de noites durante o ano. O tratamento dos fenômenos do dia e da noite também fazem parte do tema Terra e Universo.

Em suma, os conteúdos centrais para o desenvolvimento dos conceitos, procedimentos e atitudes são segundo os PCN de Ciências para o ensino fundamental (1998):

Identificação, mediante observação direta, de algumas constelações, estrelas e planetas recorrentes no céu do hemisfério sul, durante o ano, compreendendo que os corpos celestes vistos no céu estão a diferentes distâncias da Terra.

Identificação da atração gravitacional da Terra como a força que mantém pessoas e objetos presos ao solo ou que os faz cair, que causa as marés e que é responsável pela manutenção de um astro em órbita de outro.

Estabelecimento de relação entre os diferentes períodos iluminados de um dia e as estações do ano, mediante observação direta local e interpretação de informações deste fato nas diferentes regiões terrestres, para a compreensão do modelo heliocêntrico.

Comparação entre as teorias geocêntrica e heliocêntrica, considerando os movimentos do Sol e demais estrelas observados diariamente em relação ao horizonte e o pensamento da civilização ocidental nos séculos XVI e XVII.

Reconhecimento da organização estrutural da Terra, estabelecendo relações espaciais e temporais em sua dinâmica e composição.

Valorização do conhecimento historicamente acumulado, considerando o papel das novas tecnologias e o embate de ideias nos principais eventos da história da Astronomia até os dias de hoje. (BRASIL, 1998, pg. 95-96).

Tendo em vista que o ensino de astronomia na educação básica é previsto nos PCN (2000) e nos PCN+ (2002), buscamos os conteúdos tidos como importantes para o desenvolvimento de atividades educacionais em nível de educação básica.

A Tabela 1.2, nos mostra como a astronomia faz parte de um tema estruturador dentro do ensino de física, para o ensino médio:

Tabela 1.2 – Tema estruturador 6 – Universo, Terra e Vida.

Os conteúdos a serem tratados em astronomia, segundo os PCN+ (2002, p. 78 e 79)		
Tema I - Terra e Sistema Solar: Onde se destaca a importância de conhecer como funciona o sistema Sol-Terra-Lua, dando destaque aos fenômenos astronômicos e das interações gravitacionais.	Tema II - O Universo e sua Origem: Deve-se neste tópico conhecer as teorias e modelos que propõe a origem do universo, suas formas de investigação e também o limite de validade de tais modelos e teorias. O tamanho do Universo bem como as questões de escala de tamanho, devem ser abordadas nesta unidade.	Tema III - Compreensão Humana do Universo: Conhecer os aspectos dos modelos que explicam a origem do universo e verificar semelhanças e diferenças segundo diferentes culturas, compreender aspectos da evolução dos modelos científicos através dos tempos e a influência de tais modelos na cultura e vida humana, devem ser abordados nessa unidade.

Uma vez conhecidos os conteúdos que norteiam o ensino de astronomia na educação básica, deve-se em nosso ver, propor atividades e materiais que visem estabelecer relação direta com o tema estruturador Universo, Terra e Vida.

1.3. O NOSSO TRABALHO EM LINHAS GERAIS

O presente trabalho visa trazer elementos que fomentem o ensino e a aprendizagem de astronomia, envolvendo a elaboração e desenvolvimento de materiais didáticos. Nesse sentido, é utilizado – de forma integral ou adaptado – o referencial amplamente conhecido no ensino de ciências: a Transposição Didática (TD).

A TD foi fortemente disseminada por meio dos trabalhos de Yves Chevallard, conforme destaca Pietrocola *apud* Garcia (2010).

Consideramos muito pertinente o uso da transposição didática como ferramenta para o ensino de astronomia, visto que há uma gama muito grande de conhecimentos produzidos na área sem efetivo alinhamento com as necessidades de aprendizagem do ensino de nível básico.

Como exemplo, temos os grandes telescópios operando no Chile, em que a tecnologia empregada em sua construção nos mostra o quão eficiente tornou-se a tomada de dados observacionais, em sintonia com o desenvolvimento de grandes espelhos côncavos mais eficientes e, principalmente, dos complexos equipamentos a eles acoplados como o CCD (sigla em inglês para dispositivo de carga acoplada), como espectrofotômetros, espectrógrafos entre outros.

Grande parte da física que está por trás destes equipamentos é a chamada Física Moderna e Contemporânea (FMC), cuja adequação às especificidades das salas de aula da escola básica também podem ser contempladas pelos critérios da TD.

Cabe o destaque para o fato de haver um forte diálogo desta proposta com aspectos próprios do trabalho com a História da Ciência (HC) enquanto recurso didático-pedagógico acessível ao professor de física. No caso boa parte do trabalho desenvolve-se no contexto de apresentação e análise do histórico da invenção do telescópio, a partir de um instrumento inventado no início do século 17, provavelmente por Della Porta, segundo Saito (2011), e utilizado por Galileu para a observação astronômica.

Assim, se espera proporcionar aos estudantes, do ensino fundamental (9º ano) e aos do ensino médio o contato com a experimentação envolvendo a Lua, através da observação a olho nu, da observação com instrumentos ópticos (lunetas) e a obtenção de imagens com o auxílio de telescópios operados remotamente.

Também propomos a discussão do tema através da contextualização histórica da Lua, para tanto, é necessário situar os estudantes quanto ao uso do telescópio como um instrumento que quebrou um paradigma na ciência, corroborando com a queda de um modelo cosmológico secular, quando utilizado cientificamente por Galileu, no início do século XVII.

Nesse contexto, aproveitamos para introduzir os argumentos utilizados pelos opositores dessa ação, evidenciando a força e a pertinência dos mesmos no contexto em que foram propostos, deixando claro que, em ciência, paradigmas não caem da noite para o dia a partir da influência exclusiva de personalidades perclaras e iluminadas. O objetivo é entender aspectos característicos do trabalho demonstrado pela HC: a importância das controvérsias e do contexto sociocultural no desenvolvimento da ciência.

No caso, o grande objeto de estudo de Galileu, inicialmente foi a Lua. Porém as lunetas por ele utilizadas eram por demais rudimentares, apresentando aberrações esféricas e cromáticas incapazes de evidenciar – de maneira inequívoca - o fato desse astro não ser perfeito, contra tudo que se encontrava nas esferas celestes.

Assim nasce a proposta do primeiro roteiro onde, contextualizamos a discussão a ser promovida acerca do crateramento, a partir da observação da Lua com os instrumentos que atualmente dispomos, verificando a importância do seu estudo para a astronomia em sintonia com as contingências do histórico a ele inerente.

Com o segundo roteiro, propõe-se um maior entendimento do telescópio na atualidade, pois seu desenvolvimento lança mão de práticas e conhecimentos provedores de dados que sempre ampliam as fronteiras da compreensão acerca da ciência contemporânea.

Existe muita física na concepção de um telescópio e, por meio de pesquisas que o usam, discutem-se teorias sobre a origem do Universo, a evolução de galáxias, estrelas, a origem de sistemas exoplanetários, os estudos sobre a composição química de diversos objetos através de espectrometria entre diversas outras aplicações.

Em suma, pretendemos evidenciar neste trabalho o grande potencial que há na exploração do tema “telescópios” no contexto de ações relacionadas ao ensino de física (e astronomia) na escola básica e assim, buscar respostas para a questão inicial que motiva nossa pesquisa: Por que a observação da Lua com instrumentos ópticos traria contribuições ao ensino de astronomia na educação básica?

No Capítulo 2, apresentamos os conceitos básicos em astronomia que são empregados no estudo da Lua e que servirão de base para a elaboração dos materiais didáticos que serão propostos.

A metodologia será apresentada no Capítulo 3, onde o marco teórico da TD será estudado, assim como a Lua como um objeto de experimentação. Também abordaremos o uso da informática no ensino de astronomia e versaremos sobre a nossa proposta que será apresentada na forma de roteiros didáticos.

O primeiro roteiro – Crateramento Lunar – é apresentado no Capítulo 4 que é composto por 4 aulas que sobre o tema, iniciando com uma atividade de observação da Lua a olho nu, em seguida, na segunda aula os princípios de observação com uma luneta Galileana são explorados além da possibilidade de construção de um instrumento similar, de baixo custo. Como terceira aula explora-se o uma atividade de dimensionamento de crateras, a partir de imagens astronômicas e na quarta e última aula deste roteiro, se discute o processo de crateramento lunar usando argumentos teóricos e simuladores, propomos a analogia entre esse processo e a formação das crateras localizadas em solo terrestre.

No Capítulo 5 apresentamos o segundo roteiro – Telescópios – o tema é abordado inicialmente através de uma contextualização histórica, logo em seguida, na segunda aula temos uma breve discussão sobre os tipos de instrumento e alguns observatórios em solo. Na terceira aula, uma atividade de operação remota de telescópio e aquisição de imagens são propostas e como fechamento do roteiro abordamos a FMC, em uma aula elaborada para a discussão da astronomia no espaço, assim embasada pela ciência moderna que a eles recorrem na obtenção de informação.

Discute-se no Capítulo 6 a potencialidade da nossa proposta através dos resultados obtidos, bem como a sua perspectiva de continuidade.

Nos Apêndices, o colega professor pode encontrar tutoriais que foram elaborados para auxiliar as aulas que compõe os roteiros didáticos.

É possível que os roteiros sejam usados sem a necessidade de que o leitor percorra toda a dissertação, para isto, basta que o professor tenha conhecimentos prévios relativos ao assunto e a metodologia empregada na elaboração do material.

CAPÍTULO 2

CONCEITOS BÁSICOS EM ASTRONOMIA

Este capítulo traz os conceitos básicos de astronomia relevantes para o presente trabalho, no que se refere aos temas ligados direta ou indiretamente ao estudo da Lua.

A Secção 2.1 aborda os principais tópicos relacionado com a interação Sol/Terra/Lua – STL, tais como: a rotação síncrona da Lua (Subsecção 2.1.1), Lunação e Período Sideral (2.1.2), as fases da Lua (2.1.3), os eclipses (2.1.4) e as forças no STL e as Marés (2.1.5).

Completando os temas de sobre o STL (2.1.6), tratamos sobre a origem do sistema solar, abordando os processos de formação de sistemas planetários, onde a origem da Terra e da Lua são um ponto de breve discussão.

Em seguida (Secção 2.2) a luz é tratada no contexto da astronomia com uma visão geral sobre lentes e espelhos, (2.2.1) e para a conclusão deste capítulo abordamos a FMC, com o estudo do espectro eletromagnético (2.2.2) e utilizando do entendimento da Radiação de Corpo Negro (2.2.3), para melhor entender a astrofísica observacional a ser aplicada nos roteiros didáticos produzidos no presente trabalho.

2.1. INTERAÇÃO SOL-TERRA-LUA

O estudo da interação no STL, pode possibilitar o entendimento de diversos fenômenos que por muito tempo preocuparam o ser humano, no entanto não é possível descrever de maneira exata as razões para que este sistema tenha a configuração que hoje se conhece, apenas se especula que tal arranjo se originou com o próprio Sistema Solar.

Assim trataremos a seguir, os principais aspectos que se referem ao STL.

2.1.1. Rotação Síncrona

A rotação síncrona da Lua nada mais é do que o movimento em torno do seu próprio eixo com a mesma duração que seu período de translação em torno da Terra.

É a explicação mais direta para o fato de apenas observarmos sempre a mesma face de nosso satélite natural. O surgimento de termos como face “escura ou oculta” da Lua também derivam deste fenômeno, contudo não é fato que exista um lado escuro ou lado oculto, apenas não existe forma de, a partir de um referencial fixo no nosso planeta, observar diretamente a face não visível para nós.

2.1.2. Lunação e Período Sideral

Desde o momento em que se observa o movimento de um astro é possível tomar nota de vários aspectos que dizem muito sobre seu comportamento ao orbitar outro corpo celeste. No caso da Lua não se pode deixar de notar que o intervalo entre duas fases iguais – chamado mês sinódico ou lunação – ocorre em um período de 29,5 dias aproximadamente. Tal relação não pode ser confundida com o período de translação da Lua em torno da Terra – chamado período sideral da Lua – que tem a duração aproximada de 27,3 dias.

A diferença de cerca de dois dias entre o mês sideral e o mês sinódico é devida ao movimento orbital da Terra, que se desloca em $1/12$ de sua órbita (cerca de 30°) ao mês, retardando a repetição da fase lunar observada originalmente.

2.1.3. As fases da Lua

Os movimentos discutidos até aqui foram importantes para caracterizar algumas propriedades periódicas do nosso satélite. Uma vez conhecidos, cabe destaque ao aspecto diretamente observável da Lua, também chamado fases da Lua.

O movimento relativo no STL permite ao observador fixado na Terra verificar a aparência da área iluminada do nosso satélite, sendo função apenas da posição relativa entre Terra e Lua (Figura 2.1).

O que varia para um observador no hemisfério sul em relação ao que observa um outro no hemisfério norte é apenas a orientação da parte iluminada, visto o referencial deles (Figura 2.2).

Figura 2.1: Ilustração de um observador na Terra, observando a Lua, na fase crescente.¹

Figura 2.2: Exemplos de observação da Lua na fase crescente: (a) visão de um observador no hemisfério sul da Terra; (b) visão de um observador situado no hemisfério norte.

É necessário enfatizar que a aparência da Lua muda a todo instante e, “isso ocorre porque a Lua gira em torno da Terra, enquanto a Terra gira em torno do Sol, cada um com seu período” (PICAZZIO et al. 2011, pg. 63).

¹ Para simular as fases da Lua veja o Apêndice A.

Em geral, descrevem-se apenas as quatro “fases” mais pungentes (Cheia, Minguante, Nova e Crescente) embora, como citado acima, a parte iluminada da face da Lua mude constantemente.

2.1.4. Os eclipses no STL

Outro fenômeno decorrente do movimento relativo no sistema STL é o eclipse. Um eclipse nada mais é do que a passagem de um objeto pela sombra de outro. A sombra de um objeto, também chamada “umbra”, representa a região em que nenhuma incidência de luz ocorre. A área ao redor da sombra, onde ocorre a incidência parcial de luz, forma a região da penumbra, conforme ilustrado na Figura 2.3.

Figura 2.3: Configurações dos eclipses solares, (A) total, (B) anular e (C) parcial. Fonte: Picazzio et. al. 2011.

As duas classes de eclipse discutidas em livros texto são o eclipse solar e o eclipse lunar. Quando a Lua está entre o Sol e a Terra, sua sombra atinge a Terra, gerando um eclipse solar para os observadores localizados na região em que a sombra e a penumbra são formadas, conforme esquematizado na Figura 2.3. Quando a Terra está entre o Sol e a Lua, teremos o eclipse lunar caso a sombra da Terra atinja a Lua.

De acordo com a descrição acima poderíamos ter diversos eclipses ao ano, no entanto isso não acontece e a razão disso é que o plano da órbita da Lua está

inclinado em relação ao plano da órbita da Terra [...] Assim, durante seu trajeto, a Lua passa duas vezes pelo plano da órbita da Terra, exatamente sobre a linha dos nodos. (PICAZZIO et al. 2011, pg. 65).

A inclinação entre os planos da órbita da Lua e da Terra é de $5,2^\circ$ e para que ocorram eclipses o Sol deve estar alinhado com a linha dos nodos – linha que define a interceptação dos planos orbitais da Terra e da Lua. A Figura 2.4 mostra que nem sempre a linha dos nodos está apontada para o Sol, ou seja, a ocorrência dos eclipses é mais rara. Enquanto isso, o mais comum (todo o mês) é a Lua se interpor entre o Sol e a Terra (fase de Lua nova) ou a Terra ficar entre o Sol e a Lua (fase de Lua cheia), porém sem estarem alinhados no mesmo plano.

Figura 2.4: Esquema descritivo de diversas configurações relacionadas aos planos orbitais do STL. Dependendo da direção da linha dos nodos, com relação ao Sol, os eclipses podem ocorrer ou não. São também indicadas as fases da Lua observadas em cada configuração.

A repetição dos eclipses praticamente idênticos é conhecida como ciclo de Saros² – tornando-se um tema que tem sua importância retomada a cada vez que é noticiado seu acontecimento, na mídia em geral.

2.1.5. Forças no STL e as Marés

A astrometria faz uso de diversas leis que são produto do entendimento dos movimentos planetários, sendo um exemplo as leis de Kepler. Mas além dos trabalhos de Kepler outros trabalhos como, por exemplo, os de Newton exposto

² Para mais informações sobre o ciclo de Saros ver: <http://eclipse.gsfc.nasa.gov/SEsaros/SEsaros.html>

através da lei da Gravitação Universal nos mostram como belas leis, escritas de maneira elegante e simples, explicam fenômenos de grande complexidade. Para o entendimento das forças de maré, é necessário que se entenda o conceito de forças diferenciais que mantêm relação direta com a Gravitação Universal é dada pela Equação 2.1.

$$\vec{F} = G \cdot \frac{M_1 \cdot M_2}{d^2} \cdot \hat{r} \quad (2.1)$$

Onde o módulo da força de atração é diretamente proporcional às massas dos corpos envolvidos e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre os corpos. Uma constante Universal de Gravitação - também é envolvida nesta relação.

Figura 2.5: Descrição vetorial da força de interação gravitacional entre dois corpos. Fonte: CDCC/USP³.

A Figura 2.5 mostra a direção das forças de atração entre dois corpos, que podem ser tratados como partículas sem dimensão, como uma forma de simplificar o entendimento da ação gravitacional. De todos os estudos que se relacionam com a Lua, certamente o que tem maior grau de complexidade para o entendimento é o fenômeno das Forças de Maré.

Figura 2.6: Descrição de algumas das forças que agem na Terra, promovendo as marés. Fonte: CDCC/USP⁴.

³ Figura disponível em: <http://www.cdcc.sc.usp.br/cda/aprendendo-basico/forcas-de-mares/forcas-de-mares.htm>

Vê-se o seu efeito cotidianamente, mas ainda assim é de difícil entendimento, pois se trata de um assunto que não aparece nos livros texto da educação básica, assim não é comumente estudado nas aulas de ensino médio.

Na Figura 2.6 pode-se notar que todos os pontos da Terra sofrem a ação da força de atração da Lua, entretanto em cada ponto da superfície terrestre o módulo desta força varia em função do quadrado da distância, como é denotado pelos vetores $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3$ e $\vec{F}_4$ fazendo com que a massa fluida da Terra se mova. Ainda temos a ação do movimento do centro de massa do planeta – CM, contribuindo também para as marés. As forças diferenciais decorrem também da ação de outros corpos próximos que exercem forças que atuam sobre o sistema Terra-Lua como, por exemplo, o Sol e os planetas internos.

2.1.6. Origem do Sistema Solar

A formação do Sistema Solar é um tema constantemente abordado no meio acadêmico e científico, basta que surja algum novo dado coletado por uma nova sonda – como a *New Horizons* que recentemente fotografou Plutão – enviada ao espaço para que sejam testadas as nossas teorias sobre sua origem.

Entretanto, para que um modelo se torne válido, é necessário procurar e estudar sistemas planetários em formação. Este tem sido o caminho utilizado para testar nossos conhecimentos sobre a formação do sistema planetário.

Observando, obtendo dados e modelando teorias foi possível determinar hipóteses para o processo de formação do nosso planeta e dos corpos vizinhos.

Hoje se acredita que o Sistema Solar, tenha surgido de uma grande nuvem de gás que começou a se contrair por efeito da própria gravitação (HORVARTH, 2008. pg.53), que através de um processo de aglutinação de grãos de matéria começou a se juntar em grãos maiores e devido à gravidade, vieram a formar blocos cada vez maiores que por sua vez colidiam uns com os outros – e esse foi um processo bastante longo, da ordem de milhões de anos – onde após um processo de coesão formou uma protoestrela, hoje o Sol, e protoplanetas que viriam a se transformar em corpos maiores resultando, nos planetas e satélites que conhecemos dentro do nosso sistema solar.

⁴ Figura disponível em: <http://www.cdcc.sc.usp.br/cda/aprendendo-basico/forcas-de-mares/forcas-de-mares.htm>

Existe uma distinção muito forte entre dois grupos de planetas, que sugere traços herdados na época de sua formação, são os planetas rochosos e os planetas gasosos. Tal distinção nos leva a aceitar a hipótese de Júpiter ser o primeiro grande corpo a se formar longe o suficiente do Sol, para que influenciasse a formação dos planetas da sua região.

A Lua tem composição parecida com a da crosta terrestre (HORVARTH, 2008. pg. 62) e tal afirmação foi possível através do estudo de amostras de seu solo e de rochas coletadas durante as missões para a Lua e do fato dela possuir baixa densidade, ligada a não existência de um núcleo composto por metais, como o da Terra. Mesmo com o estudo de sua composição não foi possível determinar sua origem. Hipóteses de um choque de um grande planetesimal com a Terra, que teria ocorrido no tempo em que nosso planeta tinha a crosta muito quente em decorrência do processo primordial de formação, fazem-nos acreditar que a Lua é um “grande pedaço” da Terra, arrancado durante a colisão, gerando nosso satélite. Tal hipótese é atualmente a mais aceita.

2.2. O ESTUDO DA LUZ NO CONTEXTO DA ASTRONOMIA MODERNA

A radiação eletromagnética é sem dúvida um pilar da astrofísica, seu estudo significou uma nova forma de fazer ciência. Usamos o maior laboratório existente, o céu, observando-o sempre em busca de mais informação, ou seja, mais luz. Nesse sentido, os avanços tecnológicos permitiram aumentar consideravelmente o poder de coleta de luz, por meio de telescópios cada vez maiores e mais eficientes, permitindo uma análise mais detalhada e em maior profundidade da luz proveniente dos astros.

2.2.1. Telescópios refratores e refletores

A astronomia na idade média sofreu uma grande revolução a partir do momento em que as lentes conjugadas na forma de um telescópio refrator, foram amplamente usadas por Galileu e outros estudiosos no século 17. Depois de se notar que a resolução dos telescópios só aumentaria em função do tamanho da área coletora, outras técnicas e outros modelos de telescópios foram inventados, como por exemplo, o telescópio Newtoniano que entra na classe dos telescópios refletores

por utilizar espelhos para encurtar o tamanho do tubo e melhorar a qualidade do que era observado.

Grandes são os problemas que se teve com o uso de lentes, já que além da enorme massa, há o problema da aberração cromática. Tal aberração ocorre pelo fato de que cada comprimento de onda refrata para um ponto próximo ao foco da lente, fazendo assim com que a imagem seja formada sem nitidez.

Os telescópios mais utilizados em solo dispõem de diversas técnicas de coleta de dados, que variam em função dos comprimentos de onda que se deseja trabalhar. Entretanto qualquer que seja o tipo do instrumento, ele opera com uma limitação física, que é a área coletora.

Um grande espelho permite a um telescópio receber luz em maior quantidade das estrelas e galáxias mais longínquas como, por exemplo, o espelho do telescópio Gemini mostrado na Figura 2.7, facilitando assim a detecção de objetos fracos.

Figura 2.7: O espelho do telescópio Gemini Norte com 8,1 metros de diâmetro. Crédito: GEMINI⁵.

Tão importante quanto a eficiência em se coletar a luz, a análise de suas características é fundamental para entender os fenômenos astrofísicos. Assim, com o auxílio da FMC passamos ao estudo do espectro eletromagnético, que causou grande transformação na forma de se fazer astronomia, que anteriormente era puramente intuitiva e por séculos apenas descrevia o movimento dos corpos celestes.

⁵ Figura disponível em: http://www.gemini.edu/images/pio/telescope_images/20060131_MirrorPV.jpg

2.2.2. O espectro eletromagnético

No fim do século 19 e dali por diante a decodificação da luz foi algo muito produtivo para diversos campos, mas foi na astronomia que houve grande progresso, uma vez que não podemos coletar a informação diretamente em cada estrela, planeta ou nebulosa, coube à interpretação da luz proveniente destes corpos como forma de conhecê-los melhor.

O espectro eletromagnético é uma importante e potente ferramenta para o estudo de objetos astronômicos e se estende para qualquer corpo que emita alguma radiação, que pode ocorrer desde as mais baixas frequências (da ordem de 1 - 1000 MHz = 10^6 - 10^9 Hz), correspondendo às ondas rádio (com comprimento de onda de centímetros a quilômetros), até as altas frequências relacionadas à emissão de raios-X e raios gama (10^{17} - 10^{19} Hz), que correspondem aos menores comprimentos de onda (0,01 a 1 nm), como pode ser visto na Figura 2.8.

Figura 2.8: O espectro eletromagnético mostrando as diversas faixas de comprimento de onda e suas frequências correspondentes. Destaques são dados para as ondas rádio e para o espectro visível.

Crédito: Louis E. Keiner⁶.

⁶ Disponível em: <http://astronomy.nmsu.edu/holtz/a110/html/diagrams/a110/spectrum.htm>

Graças á detecção radiação eletromagnética, podemos distinguir os diversos comprimentos de onda, assim correlacionando os fenômenos de emissão ou absorção dela, com o comportamento de elementos químicos que nos indicam composição e as condições físicas dos astros.

Para uma melhor cobertura de toda a faixa do espectro eletromagnético, há a necessidade de levar os equipamentos para o espaço quando se deseja observar certas faixas de comprimento de onda não detectáveis no solo. Isso ocorre devido ao fato de nossa atmosfera não ser transparente a algumas radiações, ou seja, é opaca para alguns comprimentos de onda descritos na Figura 2.9.

Figura 2.9: Ilustração da absorção da atmosfera para diferentes comprimentos de onda. A opacidade da atmosfera é total (100%) para os menores comprimentos de onda (raios gama, raios-X e ultravioleta), para a boa parte do infravermelho e para as maiores ondas rádio. Para a faixa de 10 cm a 10 m a atmosfera é transparente (0% de opacidade), quase totalmente transparente para o visível e algumas faixas do infravermelho. Crédito: Fórum Outerspace⁷.

Entretanto, como os dados obtidos pelos telescópios podem ajudar nos trabalhos com objetos astronômicos?

Não basta apenas que obtenhamos dados, precisamos recorrer às teorias que embasam a astrofísica nos fornecendo o moderno entendimento da luz e como ela é afetada no caminho que percorre até nos, passando por nuvens de gás e poeira, atravessando nossa atmosfera até ser detectada por nossos sensores acoplados aos modernos telescópios.

Assim apresentamos as três Leis de Kirchhoff, ilustradas na Figura 2.10, que representam o primeiro passo para o entendimento dos processos da emissão e

⁷ Disponível em: <http://forum.outerspace.terra.com.br/>

absorção das linhas espectrais e possibilitam a transformação da luz em informação sobre o astro observado.

- ✓ A primeira lei nos diz que um objeto em estado sólido, líquido ou gasoso, a alta pressão deve produzir um espectro contínuo de emissão, sempre que aquecido.
- ✓ A segunda lei se refere a um gás a baixa pressão, que ao ser aquecido a alta temperatura produz um espectro de emissão composto por linhas brilhantes.
- ✓ A terceira lei se refere ao gás de baixas temperatura e pressão, que localizado a frente de uma fonte de radiação contínua, produz um espectro com linhas escuras, que se referem à absorção de fótons. Quando tal luz passa por um gás mais frio ela tem parte de seus fótons capturados pelo gás, isso foi descoberto devido ao fato de aparecerem as faixas escuras nos espectros, ou seja, ausência de luz em determinados comprimentos de onda.

Figura 2.10: Espectros do contínuo (a), de absorção (b) e de emissão (c). Crédito: Holtz (2004)⁸.

A grande informação que isso nos revela é o fato de cada faixa escura apresentar relação com a substância que absorve o fóton.

⁸ Disponível em: <http://astronomy.nmsu.edu/holtz/a110/html/diagrams/a110/spectra.htm>

A energia de cada fóton absorvido é uma quantidade discreta, ou seja, para cada elemento químico é necessário que se ofereça uma quantidade de energia bem determinada para que um elétron daquele átomo possa mudar de nível de transição atômica, quando ele retorna ao nível anterior ele emite um fóton com a energia correspondente à absorvida.

$$E = h \cdot \nu \quad (2.2)$$

A Equação 2.2 fornece a quantidade discreta de energia em função da frequência da radiação envolvida e da constante de Planck ($h = 6,626076 \times 10^{-34} \text{ J.s}$). Por exemplo, um fóton emitido no comprimento de onda $\lambda = 656,2 \text{ nm}$ terá uma frequência $\nu = c/\lambda = 4,568613 \times 10^{14} \text{ Hz}$ onde c é a velocidade da luz. Assim, a energia desse fóton será $E = 3,027197 \times 10^{-19} \text{ J} = 1,8894 \text{ eV}$, correspondendo à diferença de energia entre dois sub-níveis de um átomo de hidrogênio.

2.2.3. A Radiação de Corpo Negro

Espectros de emissão e de absorção ao serem estudados, revelam as propriedades do corpo emissor como, por exemplo, sua temperatura.

Os estudos sobre a radiação térmica têm início por volta de 1859, *com o estudo de um fenômeno obscuro, a radiação de corpo negro [...] Gustav Robert Kirchhoff profetizou uma mudança de paradigma que iria revolucionar toda a física.* (HECHT, 2002. pg. 650).

Em seus estudos, Kirchhoff buscava explicar o que ocorria com corpos em equilíbrio térmico, definindo assim as relações entre a energia emitida por unidade de área e unidade de tempo, para um pequeno intervalo de comprimentos de onda (E_λ) com o coeficiente de absorção da energia radiante incidente absorvida (α_λ) por unidade de área e unidade de tempo, na gama espectral correspondente. E_λ tem unidade $\frac{W}{m^2}$, já α_λ é uma grandeza sem dimensões.

Ao analisar uma cavidade em equilíbrio térmico Kirchhoff achou plausível a existência de uma função de distribuição, a qual chamou $I_\lambda(T)$, dependente da temperatura, que deveria descrever a energia por unidade de área e por unidade de tempo para cada comprimento de onda (HECHT, 2002. pg. 650).

Pode-se concluir pelos estudos de Kirchhoff que a energia total absorvida em todos os comprimentos de onda, deve corresponder a energia total emitida.

Logo, relacionamos as energias totais absorvidas e emitidas pela cavidade através da relação,

$$\frac{E_{\lambda}}{\alpha_{\lambda}} = I_{\lambda} \quad (2.3)$$

Onde a função de distribuição depende apenas da temperatura T e de λ , com unidades em $J.s^{-1}.m^{-2}.\mu m^{-1}$ ou em $W.m^{-2}$.

A lei de Stefan – Boltzmann

Os estudos da radiação térmica prosseguiram no ano 1865 quando John Tyndall publicou os resultados experimentais em torno do estudo do total de energia emitido por um fio de platina aquecido. Através dos seus dados revelou-se que um fio de platina a 1473 K emitia o correspondente a 11,7 vezes mais que um fio do mesmo material e mesmas condições, aquecido a 798 K.

Em 1879, Josef Stefan mostra que tais valores de temperatura (T) elevados à quarta potência (T^4) produziam a mesma razão ($1473^4/798^4 \cong 11,6$) valor muitíssimo próximo ao valor de Tyndall. Embora desconhecesse a razão de tal relação Stefan pode concluir que a taxa de emissão deveria ser proporcional a T^4 .

O complemento às conclusões de Stefan foi feito no ano de 1884, por Ludwig Boltzmann (HECHT, 2002. pg. 651) sendo a relação que representa a potência radiante total (Lei de Stefan-Boltzmann) é:

$$P = \sigma AT^4 \quad (2.4)$$

Na Equação 2.4 P é a potência radiante total integrada para todos os comprimentos de onda, A é a área total da superfície radiante, T é a temperatura absoluta em Kelvin e σ é uma constante universal ($\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \frac{W}{m^2}.K^4$).

A partir da Equação 2.4 podemos afirmar que a área total integrada e delimitada pela curva de radiação de corpo negro da Figura 2.11, para a temperatura de 5780 K representa a potência emitida por unidade de área,

$$\frac{P}{A} = \sigma T^4 \quad (2.5)$$

A razão potência por unidade de área (P/A) é o fluxo. Assim:

$$F = \sigma T_{ef}^4. \quad (2.6)$$

Onde T_{ef} é a temperatura efetiva, ou seja, a temperatura superficial do objeto.

Figura 2.11: Uma simulação da emissão de radiação de corpo negro, calculada para a temperatura de 5780 K que corresponde à temperatura efetiva do Sol, com o pico de emissão na região do visível (501,3 nm)⁹.

Ao estudar as curvas de corpo negro para diversas temperaturas nota-se que elas atingem um determinado máximo, que corresponde a um dado valor de comprimento de onda. Também se verifica que este máximo de emissão se desloca em função da temperatura do corpo emissor, tal relação é conhecida como a Lei de deslocamento de Wien.

$$\lambda_{m\acute{a}x} \times T = \text{constante}$$

O valor desta constante é $2,898 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$, onde a lei de Wien aparece comumente representada,

$$\lambda_{m\acute{a}x} = \frac{0,29 \text{ cm}}{T} \quad (2.7)$$

⁹ A ferramenta simuladora encontra-se em: <http://astro.unl.edu/naap/blackbody/animations/blackbody.html>

Figura 2.12: Curvas de corpo negro para $T = 12500$ a 10000 K com picos em $\lambda = 230 \sim 280 \text{ nm}$

Figura 2.13: Curvas de corpo negro para $T = 4100$ a 3000 K com picos em $\lambda = 700 \sim 970 \text{ nm}$.

Como visto nas Figuras 2.12 e 2.13 nota-se que a variação da temperatura influencia no deslocamento do ponto máximo de cada curva, ou seja, quanto maior a temperatura menor é o λ onde ocorre o pico de emissão e quanto menor a temperatura maior é o λ do pico de emissão.

Lei da Radiação de Planck

Max Planck foi o responsável por criar uma equação *que estabelece uma ponte entre a teoria eletromagnética e o mundo atômico* (HECHT, 2002. pg. 655), já que na mesma encontramos a velocidade da luz (c), a constante de Boltzmann (K) e a constante de Planck (h). Trazemos assim a teoria moderna de radiação de corpo negro através da equação:

$$I_{\lambda} = \frac{2\pi \cdot h \cdot c^2}{\lambda^5} \cdot (e^{hc/\lambda KT} - 1)^{-1} \quad (2.8)$$

Embora os conceitos astrofísicos resumidos neste capítulo não se apliquem diretamente à prática observacional da Lua, principal objeto do presente trabalho, eles trazem informações importantes relacionadas ao roteiro de aula apresentado no Capítulo 5, que aborda temas relacionados com astronomia espacial e em outras bandas espectrais, além da faixa do visível.

CAPÍTULO 3

METODOLOGIA

Neste capítulo apresentaremos a metodologia necessária à produção de subsídios para o ensino de astronomia com base na experimentação, tomando como ponto de partida os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN).

Uma vez que os PCN são apenas uma recomendação, nota-se que o ensino de astronomia sofre um grande impacto na educação básica, pois não é alvo da formação de docentes para este nível de ensino. Dada a carência de profissionais com conhecimento adequado em astronomia, não há meios de propostas, como as dos PCN, serem efetivadas.

Nossa revisão da literatura mostrou que apesar dos esforços dos educadores, o ensino de astronomia ainda não está estabelecido e faz-se necessária a aplicação de novos métodos, com o apoio de teorias de ensino, para promover a prática da astronomia na educação básica.

Na Secção 3.1, abordamos a teoria da Transposição Didática (TD), que norteia nosso trabalho. Da mesma forma, é discutida a importância da experimentação e do uso da tecnologia moderna no processo de ensino e aprendizagem (Secções 3.2 e 3.3). Finalmente, na Secção 3.4 descrevemos os recursos didáticos que desenvolvemos, na forma de roteiros que versam sobre conteúdos científicos ligados à Lua e aos fenômenos inerentes ao seu estudo.

3.1. TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA

Diversos conhecimentos são produzidos em pesquisas fomentadas dentro das universidades, no Brasil e no mundo, mas há equivalente educacional para os produtos gerados a partir destas pesquisas? Como poderíamos transformar tais produtos em conteúdos didáticos, de maneira a serem adotados em currículos oficiais?

Levando-se em conta que tais preocupações são inerentes a diversas áreas da ciência e neste trabalho especificamente da astronomia, é necessária a discussão sobre uma forma adequada de produção de materiais equivalentes e adaptados às necessidades das salas de aula do ensino básico. Para tal discussão nos baseamos

na transposição de conhecimentos, ou seja, na Transposição Didática¹⁰ (TD) desenvolvida e amplificada por Yves Chevallard.

Nota-se que o trabalho de construir disciplinas escolares envolve um processo de TD (PIETROCOLA *apud* GARCIA, 2010). Logo tal tarefa de transpor conhecimentos criados em ambientes de pesquisa científica pura foi alvo de vários trabalhos em diversas frentes, como por exemplo: o processo de TD e de recontextualização nos espaços de museus de ciências (MARANDINO, 2004); a transposição da física moderna para o ensino médio (BROCKINGTON e PIETROCOLA, 2005) e o ensino superior (KIOURANIS, SOUSA E FILHO, 2010); como base para o uso da historiografia e natureza da ciência na sala de aula (FORATO, PIETROCOLA E MARTINS, 2011) destacados na Figura 3.1. Bem como nos livros didáticos com o tratamento da luz como onda eletromagnética sob o olhar da TD (KRAPAS, 2011).

Figura 3.1: Aspectos da Natureza da Ciência (NdC).

Sendo assim, passamos ao enfoque de aspectos importantes da obra de Chevallard, sobre a TD, necessários ao nosso trabalho, tratando-os a seguir.

¹⁰ Este termo foi originalmente cunhado pelo sociólogo Michel Verret, em 1975.

Da obra de Chevallard, no que diz respeito à concepção de ciência, vemos que:

Toda ciência deve assumir, como primeira condição, pretender-se ciência de um objeto real, cuja existência é independente do olhar que o transformará em um objeto de conhecimento [...] deve-se presumir que esse objeto é dotado de um *determinismo* próprio, algo necessário a ciência descobrir. (Chevallard, 2009. pg 12, tradução nossa).

Para entendermos como a ciência é objetivamente trabalhada dentro do chamado Sistema Didático (SD), de Chevallard, devemos tomar conhecimento de quais são seus principais protagonistas. São eles: os docentes, os estudantes e um saber, cujas relações constituem o SD, onde se estabelece uma relação de fundamental importância entre professor e estudante.

Chevallard desenvolve sua teoria sobre a TD seguindo o caminho epistemológico que descreve o **saber** (o conhecimento que se deseja transpor) desde sua gênese até seu formato didático final. O **saber** não deve ser alvo de uma simplificação ingênua, mas sim transformado em um conhecimento que se mantém identificado com o produzido nos centros de pesquisa, mas que possa servir didaticamente aos pressupostos do ambiente de formação e educação.

O **saber** é dividido em três níveis: **O saber sábio, o saber a ensinar e o saber ensinado**. Descreveremos a seguir, cada um deles na perspectiva de Chevallard.

O **saber sábio** é o conhecimento como fruto de pesquisas que visam desenvolver a área científica ao qual pertence.

O **saber a ensinar** nada mais é do que o conhecimento a ser transmitido por meio dos livros-texto, sendo delimitado pelo currículo, por políticas educacionais e em geral é o que deve chegar ao ambiente escolar como proposta educacional. Chevallard chamou de **noosfera**, o ambiente onde se discutem os aspectos pertinentes ao **saber a ensinar** onde, por exemplo, se decide se determinado assunto é relevante ou não aos propósitos de ensino de um dado nível educacional.

O **saber ensinado** é justamente o conhecimento repassado ao estudante, de acordo com as variáveis educacionais de cada ambiente escolar, fruto das relações que se estabelecem entre o professor e o educando.

O **saber** sofre adequações de linguagem no percurso academia – sala de aula e podemos entendê-las como naturais, mas que não podem ser tomadas como uma simplificação de linguagem sob a pena de incorrerem em uma simplificação

ingênua, visto que no ambiente educativo temos objetivos epistemológicos específicos que fazem da linguagem uma das ferramentas mais poderosas do professor.

Duas etapas características da TD, que marcam o percurso citado acima, são chamadas de **transposição externa** – que é aquela onde o **saber sábio** deixa a academia e se torna o **saber a ensinar** na forma de um conteúdo necessário ao ensino. Com o auxílio do professor o **saber sábio** passa pela **transposição interna**, que é a etapa onde o conteúdo proposto pelo currículo é adaptado às condições da aula, que é pensada e estruturada pelo docente, se tornando assim o **saber ensinado**. A Figura 3.2, sintetiza o percurso dos **saberes**.

Figura 3.2: Esquema simplificando o percurso dos Saberes até a sala de aula.

Após esta breve discussão do marco teórico da TD apresentamos os elementos que possam nos ajudar a entender nosso objeto, como promotor de recursos didáticos, relacionados à Lua e aos fenômenos inerentes ao seu estudo.

3.2. A LUA COMO OBJETO PARA A EXPERIMENTAÇÃO

Destacamos aqui algumas das propostas já apresentadas por outros autores em temas de astronomia que de maneira geral são relacionadas com a Lua e à experimentação a partir dela.

No contexto da experimentação verifica-se em Alves Filho (2000, pg. 150) “que há formas de se relacionar as palavras ‘experiência’ e ‘experimentação’, cujos significados estão ligados a procedimentos de maior ou menor grau de liberdade em relação aos procedimentos e ao objeto”. Desta forma, é necessário identificar as regras de diferenciação entre ambas.

Assim nota-se que:

A experiência está fortemente ligada ao cotidiano do ser humano, às suas interações mais livres e mais descomprometidas formalmente com seu entorno socioambiental. Por outro lado vê-se que a experimentação está mais ligada ao homem investigador, aquele que busca organizar seus pensamentos na construção de elementos que lhe forneçam respostas sobre as coisas que o rodeiam e sobre si mesmo. (Alves Filho, 2000. pg.150).

Havendo diferença entre experiência e experimentação, devemos escolher um caminho para percorrer que se mostre potencialmente efetivo no que concerne a TD, assim o presente trabalho deve explorar o desenvolvimento de materiais didáticos para o ensino em nível básico e médio. Com o objetivo de transpor conhecimentos em astronomia, tais materiais devem ser ferramentas para os professores utilizarem em suas aulas buscando a experimentação como linha mestra de seu trabalho.

Cabe destacar que segundo Cerbaro e Rocha Filho (2009) *apud* Zanardi (2013, pg. 18) “*que em relação aos recursos didáticos disponíveis a um professor ‘as atividades experimentais ocupam uma posição privilegiada’, pois associam a aprendizagem à operação da realidade e favorecem o entendimento de leis e conceitos*”. Assim tais atividades podem produzir bons resultados com os estudantes, pois são dotadas da capacidade de aproximá-los da ciência através da experimentação.

No presente trabalho, pretendemos criar um equivalente didático de conhecimentos que não são de fácil acesso ao público geral e devemos nos apoiar em estratégias didáticas que possibilitem obter êxito em tal função.

A chave para o desenvolvimento de nosso trabalho é a articulação entre o nosso objeto de estudo – a Lua – e o aparato tecnológico que nos permite analisar com maior detalhamento seus aspectos físicos, o telescópio.

Existem algumas abordagens que foram sugeridas na literatura e até mesmo aplicadas para a observação de astros, seja a olho nu ou com instrumentos, algumas delas envolvem vários astros, incluindo a Lua e/ou especificamente focadas na Lua. A seguir apresenta-se uma análise geral das propostas experimentais que envolvem a Lua, no que diz respeito ao ensino, destacando alguns dos trabalhos consultados por nós.

Quando conteúdos de astronomia são levados à sala de aula, principalmente no ensino fundamental um dos temas mais abordados refere-se às fases da Lua.

Contudo pode-se notar que isso decorre de seu aparecimento em livros didáticos no ensino fundamental.

A pesquisa realizada por Lago (2013) apresenta uma boa abordagem sobre a Lua e suas fases e conta com uma proposta focada nos anos finais do ensino fundamental, quando as fases da Lua passam a ter, além da sua explicação baseada no funcionamento do movimento relativo no sistema STL, uma busca pelos sentidos históricos e culturais a ela atribuídos. O autor se preocupa em montar uma sequência de aulas que visam a observação, simulação, modelização, interpretação e produção textual, desenho, entrevistas, tomadas de medidas e estimativas.

Quanto a atividades que visam o ensino de astronomia em turmas de ensino médio, encontra-se uma série de atividades no trabalho de Uhr (2007) que usam a Lua na discussão e nos argumentos apresentados por Galileu e por Newton nas suas teorias, bem como dando enfoque a fenômenos como o das marés, além das fases.

A confecção e o uso de lunetas de baixo custo são parte dos trabalhos de alguns pesquisadores como Iachet *et al.* (2009), que visam o complemento na formação dos docentes através de atividades com temas relacionados à astronomia. Tais atividades revelam muito a respeito do que podemos chamar de contato com o aparato experimental.

A curiosidade em torno das observações astronômicas e os sentidos dados a ela, foram levantadas por Klein *et al.* (2010), que trazem inclusive uma análise de entrevistas feitas durante observações com telescópios onde nota-se que “os observadores, mais do que preocupados com o astro manifestaram curiosidade pelo aparelho, de observar com o equipamento” (*ibid.* pg. 46).

É importante lembrar que um dos produtos que se pode obter com a atividade experimental através de telescópios é a imagem astronômica, que conforme destacado em Cabral (2001) “é sempre fascinante” além de trazer informações que de maneira indireta podem nos dizer muito sobre o relevo da Lua, possibilitando inclusive a estimativa da altura das montanhas da Lua, que foi primeiramente desenvolvida por Galileu.

De maneira a interpretar o movimento aparente da Lua, do ponto de vista antropocêntrico, o trabalho de Lago (2013) propõe atividades que explicam principalmente suas fases e a relação com tal movimento.

Destacamos também o interessante trabalho de Aguiar, Baroni e Farina (2009) que propõem uma visualização da órbita da Lua a partir de um ponto fixo no Sol, através de “um modelo cinemático que descreve de maneira simples o movimento de um satélite visto do Sol” (*ibid.* pg. 1) além da pesquisa de opinião por eles realizada, apresentada a seguir.

Figura 3.3: Pergunta e percentual de respostas de professores e estudantes sobre a órbita da Lua vista de um referencial fixo no Sol. Fonte: Aguiar, Baroni e Farina (2009).

Na Figura 3.3 a questão que compõe a pesquisa de opinião está à esquerda, onde encontramos representações para a órbita da Lua em torno da Terra, vista de um referencial fixo no Sol. As possíveis órbitas apresentadas no corpo da questão, apenas a que corresponde à alternativa A é correta, visto que nos momentos em que o satélite está posicionado entre Sol e Terra, a resultante das forças de atração tem direção apontada para o centro da nossa estrela, fazendo assim com que curva da trajetória da Lua tenha curvatura voltada para o Sol (*ibid.* pg.2).

Analisando as respostas dadas à questão, à direita na Figura 3.3, os autores argumentam que tais concepções errôneas ocorrem devido a:

Tendência de considerar que a principal força que age sobre a Lua é a atração gravitacional da Terra.

Os erros sobre os assuntos contidos nos livros-texto e outras publicações.

A dificuldade para se imaginar como a Lua pode girar em torno da Terra e, ao mesmo tempo, tenha uma trajetória que se curve sempre para o Sol. (*ibid.* pg.6).

Considerando este breve apanhado dos estudos que relacionam as abordagens educacionais dadas a Lua, podemos verificar que certos grupos de pesquisadores em educação já têm empenhado esforços na realização de trabalhos

direta ou indiretamente ligados a esse astro. Na secção a seguir, começaremos a “desenhar” nossa proposta adotando o uso de tecnologias da informação que nos permitam também empenhar esforço na proposição de novos materiais para o ensino e aprendizagem da astronomia.

3.3.O USO DE INFORMÁTICA NO ENSINO DE ASTRONOMIA

É de grande importância para o ensino do século 21, que todos os conhecimentos que serão levados para a sala de aula possam de alguma forma ter ligação com tecnologias contemporâneas, tais como o uso de informática através de *software*, aplicativos e simuladores virtuais.

Verifica-se que no ensino da astronomia alguns projetos obtiveram grande êxito, mantendo relação estreita com o uso de tecnologias contemporâneas. Um deles é o programa *Hands-on Universe* (HOU) originado da ideia de colocar nas mãos de estudantes do ensino fundamental e médio, imagens coletadas através de telescópios profissionais, projeto que foi idealizado por Carl Pennypacker da Universidade da Califórnia, em Berkeley.

Tal projeto trouxe o interesse dos estudantes pelo conhecimento científico, trabalhando com ferramentas de processamento de imagens e conceitos específicos da área de astronomia.

Devido ao sucesso do programa, houve um aumento do seu alcance, passando a ser chamado de *Global Hands-on Universe* (GHOU), que contou com a participação de pessoas interessadas em países como Japão, China, Marrocos, Polônia, Suécia, França e Brasil, conforme informado por Doran *apud* Longhini (2014, pg. 71).

O projeto anteriormente financiado por uma instituição americana ganhou uma nova versão, mais aprimorada e estruturada, agora financiada pela União Europeia, onde cientistas de oito países criaram recursos para o ensino de astronomia, usando novas ferramentas e imagens geradas através de grandes observatórios. Depois desta fase, os cientistas ficaram responsáveis por disseminar o conhecimento, através do treinamento de novos professores em cada país de origem.

Um dos projetos que impactou de maneira significativa na formação de novos professores, de acordo com Doran *apud* Longhini (*ibid.* pg. 73) foi o *Galileo Teacher Training Program*, apoiado pela União Astronômica Internacional (IAU) em

decorrência do ano internacional da astronomia em 2009 (IYA – 2009). Foram treinados cerca de cinco mil professores no mundo todo em 2009, e até 2012 esperava-se chegar a 20 mil. O projeto teve como modelo o GHOU.

No Brasil, houve interesse em estabelecer nas escolas públicas, uma iniciativa com fins educacionais similares ao HOU, por meio de um projeto piloto financiado pela Fundação Vitae.

Inicialmente o projeto foi denominado Observatórios Virtuais. Em 2005, o projeto piloto foi encerrado, dando origem ao projeto Telescópios na Escola (TnE).

Atualmente o TnE é um projeto coordenado pelo Departamento de Astronomia do IAG/USP que tem por objetivo fomentar a prática científica em nível de educação básica, disponibilizando uma rede de telescópios espalhados pelo território brasileiro. Tais instrumentos são operados remotamente, via *Internet*, por qualquer professor que tenha um projeto e que entre em contato com um dos observatórios da rede TnE.

Alguns passos são importantes para que as atividades propostas pelos docentes sejam executadas, para isso o projeto conta com um *site* onde os pré-requisitos, bem como sugestões de atividades observacionais, são facilmente localizados.

Os objetivos do grupo de instituições acadêmicas representadas no TnE vem de encontro com nossos objetivos no presente trabalho, visto que a partir da observação astronômica promove-se a prática científica e o desenvolvimento dos estudantes em diversas disciplinas do currículo básico.

3.4. ROTEIROS DIDÁTICOS PARA O ENSINO DE ASTRONOMIA

Os roteiros didáticos propostos no presente trabalho têm o intuito de apresentar de forma simples, mas completa, uma série de conhecimentos necessários ao entendimento de fenômenos que estão ligados às teorias de formação da Lua, seu movimento, a história de sua exploração científico-tecnológica, dos fenômenos físicos clássicos ligados ao currículo tradicional, novas abordagens para fenômenos estudados pela FMC entre outros.

Espera-se que a partir deles se possam desenvolver novas atividades de ensino, enriquecendo as aulas de ciências da educação formal.

Os roteiros são compostos de maneira a contemplar a integração entre os conceitos científicos, a história de seu desenvolvimento com atividades de experimentação. Assim contemplando as premissas inerentes aos três saberes dispostos na teoria da TD, de Chevallard.

Figura 3.4: Esquema ilustrativo da interligação entre os roteiros didáticos propostos no presente trabalho, com o tema estruturador Universo, Terra e Vida e suas três unidades dos PCN +.

A estrutura básica que orientou a montagem dos dois roteiros didáticos é a que podemos ver no esquema apresentado na Figura 3.4. Com os Roteiros de Crateramento Lunar e Telescópios espera-se trilhar um caminho que através da experimentação leve ao entendimento da **Terra e Sistema Solar** (unidade temática 1, do tema estruturador Universo, Terra e Vida dos PCN+) e a **Compreensão Humana do Universo** (unidade temática 3, do tema estruturador Universo, Terra e Vida dos PCN+). No Roteiro de Telescópios temos também a via de duplo sentido, onde as questões referentes ao **Universo e sua Origem** (unidade temática 2, do tema estruturador Universo, Terra e Vida dos PCN+) geram a necessidade de um aparato experimental bem desenvolvido e tecnologicamente avançado. Os dados

obtidos por meio de tais aparatos permitem melhorar as teorias, que levam a novas perguntas e à necessidade de mais dados, criando assim um ciclo virtuoso.

A composição de tais roteiros é apresentada em forma de aulas, com vistas à experimentação a partir do tema Lua.

A interação com o tema é proposta seguindo um raciocínio que prevê a contextualização histórica dos conceitos científicos, da construção do conceito à partir da prática experimental auxiliada por simulações ou construção de instrumentos e de discussão mediada pelo professor.

Não se espera que os professores que venham a utilizar os roteiros se preocupem em seguir uma “receita de bolo”, assim não se determina, por exemplo, o tempo de aula em minutos, entendendo-se que a mesma deve se adequar conforme o tamanho da turma, a disponibilidade de infraestrutura, espaço físico para as observações do astro ou até mesmo visitas a centros de referência.

Nos capítulos a seguir são apresentados os roteiros didáticos produzidos no presente trabalho, nos quais a metodologia da TD aqui descrita se faz presente na forma de uma série de atividades práticas relacionadas com os temas “Crateramento Lunar” (Capítulo 4) e “Telescópios” (Capítulo 5).

CAPÍTULO 4

ROTEIRO DIDÁTICO 1 – Crateramento Lunar

INTRODUÇÃO

A Lua é para o ser humano, sem dúvida alguma, o objeto celeste mais fascinante que se teve a oportunidade de explorar cientificamente *in loco*. Junto ao Sol, é o astro mais relacionado à civilização desde os tempos remotos e assim tem imensa importância cultural, científica e histórica ao longo de toda a jornada humana.

No início do século 17 tivemos as primeiras representações da Lua, dada a sua observação com o tubo óptico, mais tarde conhecido como telescópio refrator.

Quando se trata da Lua, na perspectiva da aprendizagem científica é necessário situar os estudantes quanto ao uso do telescópio como um instrumento que quebrou um paradigma na ciência¹¹, corroborando a queda de um modelo cosmológico, quando utilizado cientificamente por Galileu.

Inicialmente, o objeto de estudo de Galileu foi a Lua, e ele mostrou de uma vez por todas que este astro não era perfeito. Desde então, nosso satélite natural vem fascinando a humanidade e incentivando a ciência moderna, em estudos e através de sondas e missões espaciais.

Figura 4.1: Representação da Lua apresentada no livro *Sidereus Nuncius* publicado por Galileu.

¹¹ Para a definição de paradigma no contexto científico verifique *A estrutura das revoluções científicas* de Thomas S. Kuhn.

Até a publicação do *Sidereus Nuncius*, de Galileu, não havia uma representação tão emblemática do nosso astro. Podemos observar na Figura 4.1 que há um ganho enorme (para a época) no que diz respeito ao que se representar após o aperfeiçoamento da luneta por Galileu, haja vista a representação feita por Harriot em 1609.

OBJETIVOS GERAIS DO ROTEIRO

Proporcionar aos estudantes, do ensino fundamental (9º ano) e aos do ensino médio o contato com a observação da Lua, através da observação a olho nu, com instrumentos ópticos simples, e a obtenção de imagens com o auxílio de telescópios operados remotamente.

Nas aulas que compõe este roteiro, entre as observações propostas, sugerimos o uso de um pequeno telescópio refrator. Para esse fim, apresentamos no Apêndice B a lista de materiais e as instruções para a construção de uma luneta de baixo custo. Discutimos o crateramento lunar e propomos uma atividade com um simulador de crateras (*software* apresentado no Apêndice C), destacando a importância do estudo do crateramento através de imagens astronômicas.

Tais tarefas devem revelar como a experimentação aproxima o estudante da forma com que os profissionais lidam com os dados observacionais e experimentais.

MÉTODOS DE ABORDAGEM

- Discussão teórica de conceitos
- Uso de imagens da Lua
- Utilização de simuladores
- Realização de atividades onde se deve mensurar o tamanho de crateras lunares de forma indireta
- Experimentação a olho nu
- Confeção de instrumento óptico
- Aulas expositivas sobre o tema
- Aulas práticas usando instrumentos
- Aulas práticas usando a informática

OBJETIVOS PEDAGÓGICOS

- Apresentar aos estudantes aspectos que se relacionem com a NdC.
- Contextualizar o conhecimento científico com o desenvolvimento da sociedade.
- Utilizar a experimentação científica como motivador da difusão do conhecimento no ambiente escolar.
- Abordar a formação de crateras.
- Discutir aspectos físicos que se relacionem com a Lua.
- Dimensionar as crateras lunares através de um método indireto.
- Colocar os estudantes a par da tecnologia que envolve os estudos sobre o STL.
- Usar *software* para auxiliar no entendimento de conceitos físicos ligados ao crateramento.

AULA 1: Abrindo os olhos para a Lua

OBJETIVOS:

Buscar o primeiro contato com a observação da Lua e notar os primeiros aspectos fenomenológicos relacionados com ela.

DISCUSSÕES INICIAIS:

Será a observação de um astro como a Lua algo simples de ser feito?

O primeiro contato que um estudante pode ter com a Lua é observando a olho nu. Mas o que podemos observar além do próprio astro? E quando dizemos “além”, nos referimos a “o quê” observar nele.

Para tanto precisamos verificar, minimamente, em que horário este astro estará posicionado em uma altura, acima do horizonte, que permita a sua observação, a partir de nossa localização (latitude geográfica). Isso possibilitará um planejamento inicial das nossas atividades¹².

Agora podemos pensar no que observar, a olho nu, quando olhamos para a Lua.

Figura 4.2: Fases da Lua – Lunação. Crédito: Jornal da Orla¹³.

É possível ao longo de alguns dias verificarmos que a aparência da Lua vai mudando ao longo de um certo período, como mostra a Figura 4.2, a esse período

¹² Consultar o Apêndice D – Tutorial para atividade observacional.

¹³ Disponível em: www.jornaldaorla.com.br/arquivos/noticia/2013_8_23_9_32_39_6537.jpg

dá-se o nome de *lunação*, que dura em média 29,53 dias. Mas por qual razão a aparência da Lua muda?

Para que possamos chegar a uma conclusão satisfatória devemos buscar o embasamento teórico necessário ao entendimento dos movimentos no sistema Sol-Terra-Lua, como foi, por exemplo, descrito no Capítulo 2.

Também temos a nossa disposição, no *site* da Universidade de Nebraska-Lincoln¹⁴, uma página onde se encontra um simulador das fases da Lua. Este *software* nos traz a visão de um observador situado na Terra, que com o passar do tempo pode verificar a mudança da aparência da Lua¹⁵.

Figura 4.3: Interface do simulador *Lunar Phase Simulator*

Na Figura 4.3, o quadro da esquerda mostra os raios luminosos provenientes do Sol (*sunlight*), e a Lua orbitando a Terra que se encontra no centro da imagem, sendo vista na direção do polo terrestre.

¹⁴ <http://astro.unl.edu/napp/>

¹⁵ Consultar o Apêndice A – Tutorial para a utilização do *software Lunar Phase Simulator*

A região com sombreamento dourado nos mostra a área varrida pelos eixos que ligam a direção do centro da Lua e a direção do centro do Sol, ambos com o centro da Terra.

Tal região sombreada nos revela qual a percepção do observador em relação ao nascer do Sol e o nascer da Lua, assim representando o caminho na eclíptica.

Ainda na Figura 4.3, no topo à direita temos a fase da Lua naquele instante, visto que sua aparência muda constantemente (nem sempre isso é perceptível em intervalos de tempo pequenos). Verifica-se a porcentagem da face lunar que está sendo iluminada e o tempo desde a fase de Lua Nova.

Mas isso é o que se pode obter, de maneira mais generalista, com uma observação a olho nu – identificar o fenômeno das fases da Lua - logo em seguida utilizamos o *software* para nos auxiliar de maneira mais sistematizada e prática a repetir o fenômeno, quantas vezes forem necessárias.

O uso do simulador não substitui a observação a olho nu que sem dúvida proporciona aos estudantes um contato muito produtivo, através da experimentação direta.

DISCUSSÕES FINAIS:

Não é fundamental para o entendimento do crateramento lunar que os estudantes saibam como se dão as fases da Lua. Mas é muito importante, nos trabalhos de experimentação, que eles possam encontrar formas de questionar e de resolver problemas relacionados aos fenômenos que estão a verificar, portanto é indispensável que os estudantes possam ter essa primeira aula com a observação a olho nu, para que comecem a se relacionar com as aulas de experimentação.

Depois de apurar as fases da Lua e discuti-las em aula, com o auxílio da teoria e do *software* o professor pode junto à sala construir um breve questionário que o ajude a verificar o aprendizado do seu grupo de estudantes, antes de passar à próxima aula.

AULA 2: “Chegando perto da Lua”

OBJETIVOS

Levar ao grupo de estudantes a experimentação, usando um telescópio refrator simples, a fim de observarem o que Galileu Galilei pode notar ao apontar sua luneta para a Lua e posteriormente para outros objetos celestes.

DISCUSSÕES INICIAIS:

Conforme descrito no Apêndice B, A Luneta de Galileo, com uma observação através de um pequeno telescópio é possível ver a Lua, de forma semelhante ao mostrado na Figura 4.4.

Figura 4.4: A Lua em uma observação semelhante a que pode ser feita com um pequeno telescópio.
Crédito: Rodrigo Andolfato¹⁶

¹⁶ Disponível em: <http://www.astrofotos.info/index.php/Rodrigo-Andolfato/Lua/Lua-Full>

Mas o que pode nos revelar uma observação como esta que propomos?

Podemos verificar que existem diversas formações e entre elas há *mares*¹⁷, montanhas, vales, crateras e etc.

DISCUSSÕES FINAIS:

O professor deve propor algumas discussões com os estudantes, principalmente no que tange a montagem e a utilização da luneta (caso tenha sido uma opção do professor) ou outro equipamento do mesmo gênero que esteja disponível.

Deve também colher as impressões dos estudantes, quanto à aparência do astro, quando observado por um instrumento simples como este. Algumas questões são relevantes para esse estudo, como por exemplo, quais são as características mais proeminentes relacionadas à superfície lunar que podemos verificar durante observações com lunetas e pequenos telescópios?

A maior discussão (assim se espera) deve ser relacionada com a observação da superfície lunar, das crateras, *mares* e montanhas que os estudantes podem notar com certa facilidade, mas sem nenhuma condição, nesse momento, de fazer alguma consideração sobre o que levou a formação desse tipo de “acidente”.

¹⁷ Em selenografia a denominação *mare* ou *mares* significa grande planície. Diferindo do termo mar ou mares que segundo o dicionário Michaelis define uma grande massa e extensão de água salgada que cobre a maior parte da superfície do globo terrestre e que constitui um dos bens do domínio de cada nação, dentro dos limites do território flutuante.

AULA 3: Estimando dimensões com imagens astronômicas

OBJETIVO:

Utilizar imagens astronômicas para se estimar dimensões de crateras lunares, estabelecendo relações matemáticas entre medidas lineares diretamente obtidas sobre uma imagem da superfície lunar.

Sabendo qual é a equivalência entre o tamanho em centímetros na imagem, através de uma escala e seu respectivo comprimento real em quilômetros, poderemos estimar de forma indireta o tamanho de crateras de impacto.

DISCUSSÕES INICIAIS

Nesta aula vamos conhecer uma simples técnica de análise de imagens astronômicas que permite a estimativa de dimensões lineares no que se relaciona com a superfície lunar.

Quando dispomos de uma simples régua e uma figura impressa que tem uma escala própria, que guarda relação com a dimensão física de um dado objeto, é possível estimar o tamanho de objetos representados nessa figura. Como por exemplo, usaremos uma imagem que representa uma parte da superfície lunar, Figura 4.5.

Como materiais devemos utilizar uma cópia em papel dessa imagem da Lua, uma régua de 20 cm a 30 cm, lápis e borracha.

O procedimento consiste em identificar a cratera localizada próxima ao centro da Figura 4.5, que tem o fundo claro e próximo a suas bordas o aspecto raiado.

Com a régua o estudante deve medir a cratera, impressa em papel A4, anotando em seu caderno a medida em centímetros que ele obteve. Para que sua medida seja melhorada indica-se repetir a medição cinco vezes e fazer uma média simples.

Depois de calcular a média, o estudante deverá usar a escala indicada na Figura 4.5 para, através de uma regra de três simples, converter a sua medida para a unidade quilômetros, obtendo assim a medida aproximada da cratera indicada para esta atividade.

Figura 4. 5: Superfície lunar.

DISCUSSÕES FINAIS:

Uma vez estimado o tamanho de uma cratera, é interessante que o grupo de estudantes discuta a importância de se conhecer as dimensões de tal formação, assim confrontando seus dados com os dados oficiais. No caso dessa cratera, conhecida por *Copernicus*, o diâmetro é de 93 km.

Também se inicia a discussão que será finalizada na aula seguinte, que versa sobre o processo de crateramento, onde os estudantes serão indagados pelo docente sobre a presença de tais formações na superfície terrestre, podendo verificar em que se assemelham as que lá se encontram e as que se encontram na Terra.

O procedimento observacional, de aquisição e análise de imagens astronômicas, visando estimar parâmetros físicos se equipara com a natureza do trabalho de pesquisadores de diversas áreas. Tal trabalho deve agora culminar com as especulações naturais sobre uma descoberta, onde o grupo de estudantes deve buscar formas de explicar a origem de tais crateras, debater com seus colegas a fim de melhorarem seus argumentos e depois procurar por mais informações científicas que corroborem ou não suas hipóteses, quem sabe assim até mesmo chegando ao ponto de debater o significado de um paradigma científico.

AULA 4 – Sobre o processo de crateramento

OBJETIVOS:

Promover o entendimento do processo de crateramento sem que se perda de vista os aspectos científicos que sustentam este complexo fenômeno natural.

Gerar discussões em sala de aula sobre o processo de crateramento a partir dos conhecimentos produzidos em pesquisas sobre tal fenômeno, conduzidas com a coleta de dados por pesquisadores da área científica das Geociências.

FERRAMENTAS

A fundamentação teórica desta aula foi baseada da tese de doutoramento de Elder Yokoyama¹⁸, onde no Capítulo 2 o autor versa sobre as crateras de impacto.

DISCUSSÕES INICIAIS

Um processo geológico é muitas vezes lento e se tratando da Terra é quase que imperceptível na maioria das vezes. Mas existem processos bem rápidos, embora complexos e um deles é o Crateramento.

Como nosso principal objeto de estudo durante as aulas foi a Lua e tornou-se notável que um dos seus aspectos mais importantes é o seu relevo, que por sinal é muito acidentado e claramente tem relação direta com a grande quantidade de crateras de impacto espalhadas por sua superfície.

No entanto, na superfície terrestre também encontramos tais acidentes geológicos e a partir de seu estudo podemos levantar teorias para a formação de crateras na Lua.

Com tal discussão iremos apresentar os principais aspectos desse fenômeno com bases em pesquisas realizadas atualmente.

As crateras de impacto¹⁹

Alguns fenômenos astronômicos passam a ter grande aderência com outras áreas de conhecimento quando se busca a causa e efeito de tais acontecimentos.

¹⁸ É uma tese da área de Geociências intitulada - *Petrologia e Magnetismo de Estruturas de Impacto da Bacia do Paraná: Reflexões sobre o Processo de Crateramento*.

¹⁹ Para simular crateras de impacto veja o Apêndice C – Tutorial de utilização do *software Impact Calculator*

Um bom exemplo disso é a relação que se dá entre a astronomia e as geociências. Segundo Yokoyama (2013, pg. 5) *a formação de crateras de impacto é uma área de fronteira em Geociências*, sendo pouco explorada até a década de 1960.

O processo de crateramento é descrito por alguns experimentos analógicos (por exemplo, com disparo de projéteis em direção a alvos) e por modelos computacionais. A compreensão deste processo é facilitada pelo uso dos modelos descritos nas Figuras 4.6 e 4.7 onde se destacam três estágios principais que são denominados **contato/compressão, escavação e modificação**.

Figura 4.6: Estágio de escavação para crateras de impacto. Fonte: Yokoyama (2013).

Figura 4.7: Estágios de escavação e modificação. Fonte: Yokoyama (2013).

Cada um destes estágios acontece em um intervalo de tempo bem curto e envolvem grandes quantidades de energia²⁰, que permitem uma compreensão da grandeza desse processo em termos físicos e energéticos.

As características marcantes das crateras são relacionadas ao seu aspecto final, decorridos estes três estágios, que nos permitem uma categorização de acordo com sua geometria e morfologia, como descritas por Yokoyama (2013. pg. 14-15) e que podem ser vistas na Figura 4.8.

- **Crateras Simples:** são as menores estruturas com diâmetro de até 20 km, com geometria que se assemelha a uma tigela e seu aspecto final não declara colapso gravitacional pós-impacto.
- **Crateras Complexas:** têm diâmetro final entre 20 e 150 km, apresentando bordas colapsadas, bacias anelares e núcleo central soerguido.
- **Bacias Multi-Anelares:** são as maiores estruturas de impacto observáveis ultrapassando 150 km de diâmetro, sua estrutura lembra anéis concêntricos. Atribui-se sua formação nos primórdios do Sistema Solar devido a uma abundância de projéteis de grandes dimensões.

Figura 4.8: Exemplos de tipos de crateras na superfície da Lua. Fonte: Yokoyama (2013).

Depois de estudarmos estes aspectos referentes ao processo de crateramento por impacto, se faz necessária uma intervenção que vise simular de tal fenômeno²¹.

²⁰ Ver Apêndice C – Tutorial Impact Calculator

Essa atividade deve ser gerenciada pelo professor de acordo com o número de estudantes que fazem parte da sua turma.

DISCUSSÕES FINAIS

Quando se trata do processo de crateramento, buscamos evidências que comprovem que meteoritos foram responsáveis por algum tipo de formação geológica, seja na superfície terrestre, em outros planetas ou em satélites naturais.

A discussão sobre a formação das crateras de impacto é importante, pois são formações resultantes da colisão de meteoritos com a superfície de um alvo, que pode ser, por exemplo, a Lua. No nosso planeta o crateramento é o processo geológico mais veloz em comparação com outros processos.

Após esta aula, os estudantes devem ser capazes de responder a seguinte indagação: Como é possível que identifiquemos crateras de impacto na superfície terrestre para assim compará-las a outras formações similares encontradas na Lua?

Figura 4.9: Face da Lua não visível do referencial terrestre. Crédito: NASA²².

Nota-se que é um processo que envolve grande quantidade de energia e sendo assim é objeto de interesse a comunidade científica, visto sua ocorrência ser provável, haja vista que, se não houvesse um escudo natural protegendo a Terra, poderíamos ter alguns eventos desta natureza acontecendo com certa frequência.

²¹ Use o Apêndice C, para a atividade de simulação do crateramento.

²² Disponível em: http://solarsystem.nasa.gov/moon/image-display.cfm?IM_ID=11823

Mas como podemos atribuir à Lua o papel de escudo natural? Essa discussão deve ser conduzida com o auxílio da Figura 4.9.

É grande a probabilidade de que no passado a Lua tenha exercido tal papel já que de seu lado não visível nota-se, com o auxílio de imagens de satélites, que é muito mais acidentado, com uma imensa quantidade de crateras de impacto.

Sendo um indicador de momentos bem “quentes” da formação do Sistema Solar, onde a quantidade de matéria original era enorme e estaria em rota de colisão com o nosso planeta.

Cabe o destaque, de que os estudos realizados no que se referem às características geomorfológicas presentes nas crateras terrestres transformam-se em importante ferramenta para análise de semelhantes formações em outros planetas e na Lua.

Ao final o estudante deve saber identificar as principais crateras de impacto presentes na Terra. Além de discutir sobre as que se localizam no território brasileiro, Figura 4.10, como a Riachão, a do Vargeão e a do Araguainha.

Figura 4.10: Localização das crateras de impacto catalogadas no Brasil. Crédito: Francisco Carvalho²³.

²³ Disponível em: <http://www.folhadabarra.com/2013/02/ma-tem-duas-crateras-formadas-por.html>

CAPÍTULO 5

ROTEIRO DIDÁTICO 2 – Telescópios

INTRODUÇÃO

A origem do Universo e o uso de teorias e experimentos para explicá-la é um tema contemporâneo. Percorrendo a história, devemos encontrar pistas que permitam entender o desenvolvimento do pensamento científico que gira em torno de tal dúvida. Segundo Martins (1994), *a origem do Universo é um tema que sempre interessou à humanidade*.

O intuito das aulas que compõe este roteiro é tomar como ponto de partida a curiosidade humana, numa dada época, em que muitos acontecimentos importantes ocorreram devido à invenção e uso do telescópio.

Como se sabe, a luneta foi o principal instrumento utilizado na confirmação das diversas inconsistências observacionais, recorrentes ao modelo de Ptolomeu, muitas outras “verdades” em que se acreditava até o século 17, que se relacionavam com tal modelo que já haviam sido questionadas – como a perfeição dos astros, visto como algo divino e que foi jogada por terra quando o homem apontou a luneta pela primeira vez e viu que a superfície da Lua era toda irregular – e foram com o tempo deixadas de lado. Assim, o telescópio figurou como fundamental para a queda do paradigma aristotélico-ptolomaico.

O telescópio desde então, teve lugar como o instrumento mais revolucionário que os cientistas do século 17 podiam ter em mãos. Ao longo de mais de quatro séculos tal instrumento foi sendo modernizado e tomando outras formas, e a instrumentação ligada a ele foi se tornando de ponta, colaborando para o crescimento de diversas outras áreas que se aproveitaram de tais tecnologias.

Assim propomos um olhar bem cuidadoso para este revolucionário instrumento, sem perder de vista a história da ciência e da tecnologia que o envolve, transformando este instrumento em objeto de conhecimento didático.

OBJETIVOS GERAIS DO ROTEIRO

Promover o aprendizado das ciências exatas com vistas ao desenvolvimento científico e tecnológico do telescópio, desde sua origem no século 17 até o século 21, dando importância aos fatos científicos que contribuíram para o surgimento de novos paradigmas relacionados a modelos cosmológicos.

Levar até os estudantes os conhecimentos relativos à construção, operação, prática observacional e coleta de dados que se relacionam com os telescópios e com a atuação dos astrônomos profissionais, utilizando o viés da ciência e tecnologia moderna na busca por dados astronômicos. São 4 aulas que podem ter duração variável, de acordo com as especificidades das turmas e colégios onde forem aplicadas.

Abordamos na Aula 1, de uma forma breve, a história do desenvolvimento do telescópio no século 17, dando destaque à sua descoberta e às práticas que decorreram dela no referido período. Na Aula 2 mostraremos os tipos de telescópios e como a comunidade científica se organiza em torno dos grandes projetos. Na Aula 3, trataremos das práticas de medição indireta usando imagens astronômicas e na Aula 4 as missões espaciais para a Lua e a astronomia no espaço.

MÉTODOS DE ABORDAGEM

- Discussão teórica de conceitos
- Uso de imagens da Lua
- Abordagem expositiva usando a História da Ciência e Tecnologia
- Utilização de simuladores
- Realização de atividades onde se deve mensurar o tamanho de crateras lunares de forma indireta
- Experimentação a olho nu
- Confecção de instrumento óptico
- Aulas expositivas sobre o tema
- Aulas práticas usando instrumentos
- Aulas práticas usando a informática

OBJETIVOS PEDAGÓGICOS

- Apresentar aos estudantes pontos que se relacionem com a NdC.
- Contextualizar o conhecimento científico com o desenvolvimento da sociedade.
- Utilizar a experimentação científica como motivador da difusão do conhecimento no ambiente escolar.
- Abordar o desenvolvimento do telescópio.
- Discutir temas de física e a astrofísica através do telescópio.
- Diferenciar os tipos de telescópios.
- Entender o papel da ciência moderna na sociedade.

AULA 1: Um breve histórico do uso do telescópio no século 17

OBJETIVOS

Promover o estudo da história da astronomia visto o desenvolvimento desta ciência, dado o momento histórico da invenção do telescópio no início do século 17. Mostrar a relação muito próxima entre a Lua e o uso do telescópio no referido período.

DISCUSSÕES INICIAIS

No início do século 17 a astronomia passou a ter o auxílio do telescópio como ferramenta de trabalho. Até então, nenhum instrumento tivera potencial de proporcionar os avanços para o entendimento da ciência numa época onde os modelos cosmológicos estavam em pleno questionamento. Por muito tempo a invenção do telescópio foi atribuída a Galileu Galilei, no entanto sabe-se que ele apenas aprimorou tal instrumento.

No trabalho desenvolvido por Saito (2011) podemos observar características importantes que nos levam a entender o grande quebra-cabeça da origem do “óculo” de longo alcance ou telescópio. Possivelmente tenha sido proposto por Giambattista Della Porta, pelo fato das primeiras indicações sobre a composição de lentes terem sido citadas no *Magia naturalis*, um trabalho de divulgação científica publicado em Nápoles, em 1589 abordando diversos assuntos, entre eles óptica.

Com o advento do telescópio em 1608 construído pelo holandês Hans Lippershey, e que posteriormente foi aperfeiçoado por Galileu Galilei - para o uso nos seus estudos sobre a superfície da Lua, para a descoberta dos satélites de Júpiter, na observação de Saturno (sem resolução), no estudo das fases de Vênus e das manchas solares - foi possível para a ciência naquele tempo obter mais informações sobre os astros do sistema solar.

As representações de astros, como a Lua, no início do século 17 eram as mais diversas. A primeira ilustração da Lua foi registrada por Thomas Harriot em 26 de julho de 1609 (calendário Juliano) e está reproduzida na Figura 5.1.

Figura 5.1: Representação da Lua por Thomas Harriot em 26/07/1609. Crédito: The Galileo Project²⁴.

Figura 5.2: Representação da Lua com a linha central representando o terminador em 17/07/1610. Crédito: The Galileo Project²⁵.

Harriot representava a Lua em claros e escuros – Figura 5.2 – e já tinha visto a Lua desenhada por Galileu em 1610 (*Sidereus Nuncius*, Figura 4.1) e nessa época, tais representações tinham a função de convencer o leitor sobre o fato de a Lua não ser lisa, como se acreditava até então.

Podemos verificar a inclusão da Lua em trabalhos de artistas renascentistas, como no trabalho de Lodovico Cigoli, onde:

No afresco da cúpula de Santa Maria Maggiore, a Lua encontra-se aos pés da Madonna, numa representação comum da iconografia cristã. Porém o incomum aqui é esta figura imaculada apoiar-se numa lua craterada, pós-copernicana e, obviamente, maculada, muito diferente, pois, da lua “perfeita”, lisa e esférica, como acreditavam os peripatéticos-tomistas. Tal representação à descrição da lua rugosa e craterada de Galilei [...] (Silva e Neves, 2014. pg. 60)

²⁴ Disponível em: http://galileo.rice.edu/sci/harriot_moon1609_726.gif

²⁵ Disponível em: http://galileo.rice.edu/sci/harriot_moon1610_717.gif

Figura 5.3: Afresco da *Madonna Assunta*, de Cigoli, na *Cappella Paolina* na basílica de *Santa Maria Maggiore*. Crédito - Gli Scritti Centro Culturale²⁶.

Segundo Haddad e Gonçalves (2008, pg.55) o *Collegio Romano* (sede da educação institucional jesuítica) é na passagem do século 16 para o 17 um centro europeu de astronomia onde foram realizadas as primeiras observações telescópicas sistematizadas após a publicação do *Sidereus Nuncius*.

Durante todo o século 17 a Lua foi objeto de estudo, construindo-se assim sua cartografia (ou selenografia) que curiosamente viria a ter um objetivo pungente para dois sábios da época, a resolução do problema da determinação da longitude.

Impresso em 1629 em Lisboa, o livro *Collecta Astronomica* de Cristóvão Bruno, trazia uma imagem da Lua de 10 cm de diâmetro que era um mapa sem toponímia. Em 1645, Michael Florent van Langren produz o *Plenilunni / Lumina Austriaca Philippica*, reproduzida na Figura 5.4, com nomes de 325 regiões lunares. (Haddad, 2011. pg. 49).

²⁶ Disponível em: <http://www.glisritti.it/blog/entry/568>

Figura 5. 4: Primeiro mapa lunar com o nome das regiões lunares, feito por Van Langrens, 1645. Crédito: The Renaissance Mathematicus²⁷.

No Brasil no início do século 17, existiam algumas atividades relacionadas à astronomia desenvolvidas por Jorge Marcgrave (MATSUURA, 2015. pg. 163), elas iam desde a construção de um observatório e de instrumentos astronômicos até observações planetárias, passagens meridianas do Sol e eclipses.

²⁷ Disponível em: <https://thonyc.wordpress.com/2012/04/17/who-put-the-names-on-the-moon/>

DISCUSSÕES FINAIS:

As discussões sobre a invenção do telescópio suscitam os princípios que norteiam a história da ciência e muito pode se aproveitar na sala de aula debatendo sobre a concepção do telescópio e o contexto científico da época.

Quando pensamos em modernidade nos basta, equivocadamente, buscar o referencial cronológico em que vivemos. Tal postura é responsável por uma visão distorcida na análise de fatos históricos, por vezes nossos estudantes e talvez até colegas de trabalho, acabam por analisar fatos históricos com tal olhar.

Cabe ao professor, em seu cotidiano atentar para que tal postura seja cada vez menos comum.

É necessário ressaltar aos nossos estudantes que a partir das discussões sobre a origem do telescópio deve-se analisar o contexto histórico da invenção de tal instrumento e verificar principalmente os efeitos de tal produção naquela sociedade.

Além do viés historiográfico da ciência faz parte da aula destacar o contexto social e político da época, assim possibilitando uma abordagem interdisciplinar do tema para a aula acima proposta.

AULA 2: Os telescópios

OBJETIVOS

Levar ao ambiente de sala de aula a descrição dos principais tipos de telescópios utilizados na astronomia, desde os telescópios refratores até a modernidade dos grandes telescópios construídos em terra pelos consórcios internacionais, quem envolvem diversos países, onde destacamos os que o Brasil é participante.

DISCUSSÕES INICIAIS

São dois tipos bem conhecidos de telescópios ópticos: os do tipo refrator e do tipo refletor.

Figura 5.5: Um telescópio refrator e o caminho óptico percorrido. Crédito: APOLO11.COM²⁸

Um telescópio é conhecido como refrator devido a sua construção, que consiste, em geral, de um par de lentes – objetiva e ocular – onde a luz proveniente do objeto observado passa por processos de refração, representado na Figura 5.5.

Tais telescópios também são conhecidos como lunetas, devido ao seu largo emprego na observação da Lua.

Já o telescópio refletor, como o da Figura 5.6, consiste em um conjunto de espelhos – primário e secundário – que promovem a reflexão da luz, suportados por um tubo óptico. O sistema óptico deste tipo de telescópios é composto principalmente por espelhos, no entanto, como em outros telescópios a imagem

²⁸ Disponível em: http://www.apolo11.com/tudo_sobre_telemcopios_2.php

formada é vista em um foco por meio de uma lente ocular e onde também podemos acoplar um CCD para capturá-la.

Figura 5.6: Caminho óptico dentro de um telescópio refletor do tipo Cassegrain. Crédito: Cosmobrain²⁹.

Por um longo período, os telescópios refratores foram utilizados em larga escala para pesquisas em astronomia, contudo para que sua capacidade de resolução fosse ampliada se fazia necessário o aumento das lentes o que esbarrava em pelo menos dois grandes problemas de ordem técnica: 1) A massa da lente era muito grande, visto seu diâmetro e espessura; 2) O fenômeno da aberração cromática se fazia presente.

Com o uso de novas técnicas de observação e do aumento do investimento na pesquisa, os telescópios alcançaram dimensões jamais pensadas antes, criando a necessidade do uso de grande tecnologia para que desenvolvêssemos espelhos grandes o suficiente para nossas pretensões.

No Brasil temos o Observatório Pico dos Dias – OPD, que é de responsabilidade do Laboratório Nacional de Astrofísica – LNA. O OPD dispõe do telescópio Perkin-Elmer, do tipo refletor de 1,6 metros de diâmetro e esta em operação desde 1981 e é o maior do tipo em operação no território nacional, sendo utilizado para fotometria, polarimetria e espectroscopia. Podemos vê-lo na Figura 5.7.

Estão em operação no OPD outros dois telescópios de 0,6 metros de diâmetro. O Boller & Chivens em convênio com o IAG/USP e o Zeiss, ambos são utilizados com técnicas de fotometria e polarimetria.

O Zeiss foi adquirido da ex-Alemanha Oriental em troca de café, nas décadas de 1960/70.

²⁹ Disponível em: <http://www.cosmobrain.com.br/>

Figura 5.7: Telescópio Perkin-Elmer, no OPD. Crédito: LNA³⁰.

Os maiores telescópios refletor em operação no solo, no entanto são administrados por consórcios de países, que unidos, contribuíram para sua construção ou para sua manutenção, e podem operá-los em função de propostas de trabalho, que são sujeitas a disponibilidade de tempo de uso do instrumento.

O Brasil dispõe do uso dos telescópios do Observatório Gemini, vistos na Figura 5.8, que é operado pelo consórcio de mesmo nome, entre 7 países (Estados Unidos, Reino Unido, Canadá, Chile, Austrália, Brasil e Argentina).

Gemini Norte com as janelas de ventilação e a janela de observação abertas ao pôr-do-sol.

Gemini Sul com trilhas de estrelas do Pólo Sul Celeste.

Figura 5.8: Observatórios com os dois telescópios do consórcio Gemini. Crédito: LNA³¹.

³⁰ Disponível em: <http://www.lna.br/opd/telescop/telescop.html>

³¹ Disponível em: http://www.lna.br/gemini/gem_hist.html

Tal observatório é composto por dois telescópios, o Gemini Norte que está instalado no vulcão adormecido Mauna Kea, de altitude 4220 metros e que fica no Havaí. O Gemini Sul está instalado em uma montanha chamada Cerro Pácon, nos Andes chilenos a 2720 metros de altitude, no deserto do Atacama.

Os telescópios Gemini contam com um espelho de 8,1 metros cada, e com espessura de apenas 20 centímetros, tais instrumentos operam no infravermelho e no visível.

Também não podemos deixar de lado o *Southern Astrophysical Research Telescope* – SOAR, mantido pelo consórcio que envolve instituições brasileiras e americanas.

Este telescópio tem tamanho intermediário em relação aos instalados no OPD e aos Gemini, com um espelho de 4,2 metros de diâmetro e está instalado na mesma montanha, a poucos metros do Gemini Sul. O seu esquema de montagem é visto na Figura 5.9.

Figura 5.9: Esquema do Telescópio SOAR. Crédito: LNA³².

Voltando ao território brasileiro é importante destacar o Radiobservatório de Itapetinga (ROI), em Atibaia – SP, inaugurado no início da década de 1970.

O radiotelescópio do ROI tem uma antena com cerca de 14 metros de diâmetro, Figura 5.10, e foi projetado para operar com frequências de até 100 GHz.

³² Disponível em: <http://www.lna.br/soar/telescope.html>

Atualmente é de responsabilidade do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE.

Figura 5.10: Radiotelescópio e sua redoma. Crédito: INPE³³.

As principais pesquisas feitas com os dados obtidos através do radiotelescópio são relacionadas à detecção moléculas que estão presentes nas nuvens interestelares.

A visita aos observatórios é uma atividade que tem grande potencial de incentivo aos estudantes, para que possam decidir por uma carreira científica. Tanto o radiobservatório de Itapetinga (Atibaia), como o OPD (Brazópolis) e o Observatório Abrahão de Moraes (Valinhos) recebem grupos de estudantes e realizam visitas monitoradas. Indicamos ao professor que realize tal atividade com suas turmas, caso tais cidades não sejam demasiadamente distantes de sua escola.

O Observatório Abrahão de Moraes (OAM), tem uma série de equipamentos dedicados à astronomia profissional, com pesquisas relacionadas à observação utilizando um instrumento conhecido como Círculo Meridiano. Este observatório suporta o telescópio Argus, dedicado ao projeto TnE.

Como atividade complementar ao estudo da física do telescópio, devemos aprender como determinar o tamanho angular de uma imagem.

A noção de **distância angular** é essencial para práticas de observação. Conforme ilustrado na Figura 5.11, a separação entre as duas retas que contém duas esferas é a chamada distância angular. Quando a distância se refere a pontos diametralmente opostos, teremos o nome de diâmetro angular ou diâmetro aparente (ALMEIDA, 2004. pg. 31).

³³ Disponível em: <http://www.cea.inpe.br/roi/imagens.php>

Figura 5.11: Dois objetos de diâmetros lineares diferentes e diâmetro angular igual. Crédito: Harold Geller³⁴.

A Lua, por exemplo, tem um diâmetro angular de cerca de $0,518^\circ$ o que corresponde a cerca de 31,1 minutos de arco (arcmin) ou aproximadamente 1865 segundos de arco (arcsec), lembrando que 1° (grau) corresponde a 60' (arcmin), e 1' corresponde a 60" (arcsec). Assim, as conversões de unidades angulares são uma forma, ao mesmo tempo simples e interessante, de trabalhar com os alunos as operações do tipo “regra de 3”, comparáveis às transformações de horas em minutos e em segundos.

Outro aspecto interessante, a se discutir com os alunos, é o fato de que a dimensão angular de um objeto astronômico depende tanto do seu tamanho linear, quanto de sua distância. Um exemplo que pode se aplicar diretamente é a comparação dos tamanhos e distâncias do Sol e da Lua, que observados a partir da Terra têm o mesmo tamanho angular de cerca de $0,5^\circ$.

DISCUSSÕES FINAIS

Espera-se ao final desta aula ter contribuído para o entendimento dos principais aspectos dos telescópios utilizados na astronomia a partir do solo.

Uma visita monitorada a um observatório complementar o que foi discutido nesta aula, dando maior significado ao exposto pelo professor.

As pequenas atividades propostas podem vir a gerar outras de maior amplitude, dependendo do grupo de estudantes com que o professor vier a trabalhar.

³⁴ Disponível em: www.physics.gmu.edu/~hgeller/astr111/ch01as.pdf

AULA 3 – Operando um telescópio remotamente

OBJETIVO:

Proporcionar ao corpo de estudantes uma atividade em que planejem uma observação da Lua com telescópios, operados a distância por eles próprios, de maneira a obter imagens que possam ser utilizadas em seus estudos.

DISCUSSÕES INICIAIS:

Para nossas aulas de observação, é interessante que seja feita uma intervenção de modo que a partir da operação remota, o corpo de estudantes que compõe uma classe do ensino fundamental (9º ano) ou do ensino médio, obtenham imagens astronômicas, com telescópios de pequeno porte, como aqueles que fazem parte do projeto TnE³⁵.

O passo inicial é planejar as observações de forma direcionada para as crateras de impacto³⁶. O ideal é realizar as observações na fase crescente da Lua, pois as crateras ficam visualmente bem destacadas quando os raios de luz do Sol incidem obliquamente nas bordas da cratera, destacando o seu contorno.

Devemos agora solicitar o uso do telescópio acessando a página do projeto TnE³⁷. Para exemplificar a atividade, escolhemos o observatório do IAG/USP³⁸.

Você deve solicitar o uso do equipamento, justificando os fins através de uma breve explanação dos objetivos da atividade proposta com sua turma.

Depois que você solicitou o uso através da página do telescópio Argus, você deverá receber um e-mail de confirmação da observação a ser realizada por sua escola, para a data e horário escolhidos.

Depois desta confirmação o responsável técnico do observatório enviará um novo e-mail ratificando sua data e informando os procedimentos para que vocês se comuniquem durante a observação através de um sistema de teleconferência, utilizando *webcam* e algum *software* como, por exemplo, o *Skype*.

³⁵ Consultar o capítulo 3 para maiores informações sobre o projeto TnE.

³⁶ Consultar o Apêndice D – Tutorial para atividade observacional.

³⁷ Consultar o Apêndice D – Tutorial para atividade observacional.

³⁸ <http://www.observatorio.iag.usp.br/>

Também serão enviados os dados da página de acesso (*web link*) ao telescópio e a senha que você utilizará. Mas a página estará disponível apenas poucos minutos antes da sua observação.

A página de controle do telescópio a distância é liberada com pouca antecedência por vários motivos, dentre os quais:

- Mau tempo local, impossibilitando a abertura da cúpula e a observação.
- Preparação do equipamento, com abertura da cúpula.
- Segurança de informações visto acesso restrito a escolas interessadas.

Assim que for realizada a observação, através do *software* de controle, você poderá visualizar a imagem do seu alvo – em nosso caso a Lua – e vale lembrar que para cada alvo teremos um tempo de exposição que possibilitará colhermos uma imagem de boa qualidade.

Assim que um grupo de estudantes escolher suas imagens, devem passar a operação para outro grupo de estudantes e assim por diante.

As imagens que os estudantes forem escolhendo como as de melhor qualidade podem ser salvas em formatos do tipo *gif*³⁹, *jpeg*⁴⁰ e *fits*⁴¹.

Para a visualização normal no computador os formatos *gif* ou *jpeg* são os aconselhados, contudo para a aula de processamento de imagens e cálculos do tamanho de crateras é necessário que tenhamos um arquivo da imagem em formato *fits*.

É com este tipo de imagem que poderemos obter as informações astronômicas que mais nos interessam, necessárias para o programa que utilizaremos opere com os cálculos que buscamos.

³⁹ *Graphics Interchange Format*

⁴⁰ *Joint Photographic Experts Group*

⁴¹ *Flexible Image Transport System*

Figura 5.12: Imagem da Lua obtida por nós com o telescópio Argus em agosto/14

A Figura 5.12 mostra um arquivo do tipo *fits* correspondente à imagem que obtivemos com o Argus, mas este tipo de arquivo só pode ser lido por programas específicos, que em geral, são utilizados para o tratamento de imagens astronômicas⁴².

Assim poderemos utilizar imagens obtidas pelos estudantes a fim de realizar medidas indiretas do seu tamanho, como veremos na aula seguinte.

A escala de placa do telescópio Argus

O primeiro passo é obter a informação do telescópio utilizado na aquisição das imagens que corresponde ao tamanho do campo observado, conforme abaixo⁴³:

- Campo: $17 \times 11,2 \text{ arcmin}$

Depois devemos verificar o tamanho da imagem que temos cuja largura e altura devem estar em *pixels*.

- Tamanho da imagem em escala direta: $765 \times 510 \text{ pixels}$

Agora procedemos ao cálculo da “escala de placa” do instrumento que utilizamos. Esse termo vem dos tempos em que eram utilizadas placas fotográficas na obtenção de dados astronômicos, correspondendo à relação entre o tamanho

⁴² Ver Apêndice E – Tutorial para a utilização do *software* SalsaJ.

⁴³ Informação disponível em: <http://www.telescopiosnaescola.pro.br/argus/detalhes.php>

linear da imagem formada na placa e sua dimensão angular vista no céu. Hoje em dia, com o uso dos CCDs, a escala de placa usualmente é dada pela dimensão angular (em segundos de arco) que corresponde a cada pixel da imagem.

Como o campo tem $17 \times 11,2 \text{ arcmin}$, podemos converter suas medidas em segundos de arco, ficando $1020 \times 672 \text{ arcsec}$.

Assim se relacionarmos o tamanho da imagem em segundos de arco com seu tamanho em *pixels* podemos obter a escala de placa.

Logo no comprimento temos:

$$1020/765 \cong 1,33 \text{ arcsec/pixel}$$

Na largura temos:

$$672/510 \cong 1,32 \text{ arcsec/pixel}$$

Assim adotamos a escala de placa como sendo a relação de comprimento por diâmetro angular, em tendo o valor de $1,33 \text{ arcsec/pixel}$.

Com a escala de placa estabelecida, poderemos prosseguir na obtenção da estimativa do tamanho de uma cratera lunar. Para isso precisamos agora de informações referentes à Lua.

O diâmetro angular da Lua corresponde a $0,518^\circ$ (1865 arcsec).

Seu diâmetro linear pode ser obtido nos livros-texto e é de 3476 km .

Figura 5.13: Imagem da Cratera *Copernicus*, obtida através do telescópio Argus.

Com as informações sobre o diâmetro angular e linear da Lua em mãos vamos determinar o tamanho de uma cratera.

Da Figura 5.13 temos a informação do diâmetro da cratera *Copernicus*, que corresponde ao valor de $37,8 \text{ pixels}$, lembramos que a medida encontrada na imagem é ilustrativa e, portanto, devemos utilizar um valor médio obtido por várias medidas e adotado através de uma média ponderada⁴⁴.

Com uma regra de três simples poderemos determinar o tamanho da cratera.

Se a escala de placa vale $1,33 \text{ arcsec/pixel}$, logo o medida da imagem pode ser convertida para segundos de arco:

$$37,8 \times 1,33 \cong 50,27 \text{ arcsec}$$

Agora vamos à regra de três:

$$1865 \text{ arcsec} \quad \text{_____} \quad 3476 \text{ km}$$

$$50,27 \text{ arcsec} \quad \text{_____} \quad x$$

$$\text{Como } 1865x = 174738,5$$

$$\text{Então, } x = 174738,5/1865 \cong 93,7 \text{ km}$$

Que é um valor muito próximo daquele fornecido na literatura (93 km) para essa cratera. É importante salientar aos alunos que a precisão nas casas decimais é um exagero, já que o método de medida é apenas uma aproximação. Assim, o resultado mais adequado a ser apresentado nesse caso esta entre 90 e 94 km, ou seja, da ordem de $92 \pm 2 \text{ km}$

DISCUSSÕES FINAIS

Esperamos ao final desta aula, ter êxito em operar os telescópios remotamente, colocar os estudantes em contato com as atividades científicas, guardadas as proporções, que os astrônomos profissionais têm em cotidiano.

Cabe mostrar aos estudantes que esse tipo de atividade nos dias atuais é feita em grandes observatórios do mundo, com grandes consórcios entre diversos países que inclusive tem como associados o Brasil.

⁴⁴ Consultar o Apêndice E – Tutorial para utilização do *software SalsaJ*.

AULA 4: História da ciência e tecnologia – missões espaciais para a Lua, telescópios espaciais.

OBJETIVOS

Construir uma linha do tempo que relacione a conquista do espaço, com suas missões elaboradas para colocar satélites em órbita para o estudo do cosmos, bem como do advento do primeiro cosmonauta e das viagens à Lua e com as novas formas de se fazer astronomia, agora no espaço com telescópios e sondas espaciais.

DISCUSSÕES INICIAIS

Como foi possível explorar o espaço? Esta pergunta tem como resposta uma das histórias científicas mais geniais de todos os tempos: É resultado do esforço humano em busca do espaço e dos confins do sistema solar, para que ele pudesse conhecer-se melhor!

O pano de fundo foi uma batalha imensa entre duas nações do pós 2ª grande guerra mundial, a corrida entre a União das Repúblicas Socialistas Soviéticas – URSS, encabeçada pela Rússia e os Estados Unidos da América - EUA.

Em 1957 a URSS lança o primeiro satélite artificial da Terra - o Sputnik 1 – dando início à corrida espacial, em seguida os EUA lançaram o Explorer 1. Houve diversas tentativas de se colocar satélites em órbita dali em diante, entretanto o principal alvo passou a ser a Lua.

Descobrir o que havia no nosso satélite natural era há muito tempo um anseio dos humanos, para tanto era necessária mais bagagem científica e tecnológica para que isso fosse possível.

Assim a difícil tarefa de explorar a Lua teve início com o lançamento de satélites que tinham como objetivo mapear o terreno lunar, já que para pousar no astro é necessário conhecer os melhores locais para pouso e possível decolagem, no caso de uma exploração com cosmonautas.

Figura 5.14: Sonda *Lunik*. Crédito: Bergamosera⁴⁵.

Para que uma sonda soviética como a *Lunik* - Figura 5.14 – fosse lançada foi necessária a construção de potentes foguetes, com vários estágios de acionamento. Tal missão tinha o intuito de atingir a Lua, no sentido mais direto da palavra com a destruição da sonda ao atingir o solo lunar, tarefa obtida com êxito pela *Lunik 2*. Não havia na época grandes conhecimentos sobre a navegação necessária para controlar os equipamentos na rota até a Lua, nem sequer para colocar satélites nas órbitas projetadas.

Basta lembrar que não existiam computadores como os de hoje em dia, capazes de analisar os dados para a correção de rotas em um curto espaço de tempo.

Mesmo com dificuldades técnicas, a URSS colocou o primeiro humano em órbita em 12 de abril de 1961, o militar russo Yuri Gagarin que a bordo da nave Vostok 1 orbitou a Terra por 108 minutos, tornando-se assim o primeiro cosmonauta da história.

Outra grande barreira, que deveria ser suplantada com o apoio da engenharia era a do transporte de componentes para um ambiente tão diferente como é o do espaço sideral, nada na Terra tinha sido projetado, até então, para trabalhar no vácuo espacial em condições de variações extremas de temperaturas e sem a proteção da nossa atmosfera.

De janeiro de 1959 até agosto de 1976 foram lançadas 30 naves lunares russas sem tripulação, com diversas finalidades como, por exemplo, fotografar a superfície lunar, realizar experiências científicas. Destas, 10 não foram recuperadas, devido a quedas na superfície lunar ou até mesmo por terem errado o alvo.

⁴⁵ Disponível em: <http://www.bergamosera.com/cms/2014/07/22/luna-gli-usa-rubarono-navicella-spaziale-russa/>

Os americanos iniciaram a corrida com o programa *Ranger* que tinha como objetivo inicial a aquisição de imagens do nosso satélite natural, mas obtidas o mais próximo possível da sua superfície. Depois das cinco primeiras naves da série *Ranger* falharem (inclusive errando o alvo, como as naves 3 e 5) a sexta nave atingiu o *Mare Tranquillitatis*, mas seu equipamento de captura de imagens falhou já no lançamento.

A missão Ranger 7 veio a se tornar um sucesso completo ao televisionar seu “pouso” desde uma altitude de cerca de 2 mil quilômetros em julho de 1964.

De março de 1959 até novembro de 1973, foram lançadas 21 missões lunares não tripuladas pelos americanos, destas, seis caíram ou não acertaram o alvo.

A missão mais impactante promovida pelos EUA foi a Apollo 11⁴⁶. Com esta missão a humanidade finalmente alcançou a Lua, como visto na Figura 5.15.

Neil A. Armstrong e Edwin E. “Buzz” Aldrin Jr, desembarcaram no solo lunar em 20 de julho de 1969 enquanto o astronauta Michael Collins continuou a orbitar a Lua em um módulo de comando.

Nesta missão eles levaram instrumentos que seriam usados em diversas experiências em solo lunar. Os equipamentos tinham várias finalidades, como a detecção de raios cósmicos, a instalação de retro-refletor para raios laser⁴⁷, experimentos de geologia, coleta de amostras do solo lunar e experimentos sísmicos.

Figura 5.15: Buzz Aldrin e a bandeira americana, fincada no solo lunar durante a missão Apollo 11. Crédito: NASA⁴⁸.

⁴⁶ Para mais informações sobre a missão acesse: http://solarsystem.nasa.gov/missions/apollo_11/indepth

⁴⁷ Ver: McDonald Laser Ranging Center - <http://www.csr.utexas.edu/mlrs/>

⁴⁸ Disponível em: http://moon.nasa.gov/apollo_anniversary.cfm

A ciência obteve avanços científicos muito relevantes com as missões soviéticas e americanas, sendo importantes para diversas áreas. Muito da cartografia lunar moderna foi possível com estas missões além do mapeamento geológico feito com o auxílio das imagens e também de amostras de terreno lunar.

A agência espacial americana – NASA coloca em destaque as dez descobertas científicas realizadas pelas missões Apollo para a exploração lunar, dentre as quais o fato de a Lua não ser um objeto primordial!

Para o professor interessado em usar outros recursos didáticos atrativos para ensino de física, recomendamos os roteiros de aula preparados por Silva (2015) que versam sobre a ida do homem a Lua, aproveitando-se de vídeos produzidos durante missões espaciais, ele analisa com programas de computador os vídeos visando à determinação de parâmetros físicos ligados ao movimento acelerado e a determinação da constante de aceleração gravitacional da Lua.

Agora daremos destaque a projetos de grande impacto científico, que nos trouxeram melhor conhecimento durante o século 21 ou que tem grande potencial para nos surpreender com novos dados obtidos no espaço.

A ASTRONOMIA NO ESPAÇO

A MISSÃO *CLEMENTINE*

Após cerca de 20 anos do lançamento da última nave espacial em direção à Lua, em 25 de janeiro de 1994 a NASA lança a sonda *Clementine*, com o intuito de explorar novas tecnologias espaciais. *Clementine* foi responsável pelo envio de cerca de 1,6 milhões de imagens da Lua que cobriam onze diferentes comprimentos de onda durante um período de 71 dias, isso permitiu uma visão aprofundada da superfície lunar, como nunca antes visto e incluía as regiões polares.

Com o auxílio de instrumentos a *laser* ela foi responsável pelo levantamento topográfico completo do satélite, conforme ilustrado na Figura 5.16.

As câmeras a bordo da sonda eram do tipo multi-espectro e foram adequadas às faixas do espectro cuja composição do solo apresentava variação conhecida. Assim todas atuaram refletindo a radiação solar e por isso foram utilizados diversos filtros, como os do espectro visível e do infravermelho que são sensíveis a variações

de mineralogia como as dos silicatos ricos em ferro⁴⁹ gerando o mapa da Figura 5.17.

Figura 5.16: Mapa topográfico da Lua construído com os dados da *Clementine*. Crédito: *Lunar and Planetary Institute*⁵⁰.

Figura 5.17: Mapa do levantamento da concentração de Ferro no solo lunar. Crédito: *Lunar and Planetary Institute*⁵¹.

⁴⁹ Para mais informações visite: <http://www.lpi.usra.edu/lunar/missions/clementine/instruments/>

⁵⁰ Disponível em: http://www.lpi.usra.edu/lunar/missions/clementine/images/img1_lg.gif

Atualmente os cientistas do *Lunar and Planetary Institute* têm usado os dados da *Clementine* para buscar respostas sobre a composição da crosta lunar, para a possibilidade de se encontrar gelo no polo sul da Lua e também sobre a composição dos silicatos do lado não visível da Lua.

Muito do progresso obtido em várias áreas de estudo da astronomia, como por exemplo, a astrofísica, é resultado do envio de telescópios espaciais para o estudo específico em faixas do espectro eletromagnético para qual não conseguimos obter dados em solo terrestre, pelo fato de a atmosfera bloquear a passagem de luz em alguns destes comprimentos de onda.

Assim destacaremos a seguir os principais projetos que envolvem a astronomia no espaço e também mostraremos como alguns destes equipamentos permitem observar nossa estrela, o Sol, em diversas faixas do espectro eletromagnético.

WMAP

Wilkinson Microwave Anisotropy Probe – WMAP é uma sonda espacial que teve por finalidade o estudo da variação das temperaturas observadas através da Radiação Cósmica de Fundo – RCF, em microondas, tendo sido lançada em 30 de junho de 2001.

A RCF é a radiação remanescente do *Big Bang* e o WMAP teve por finalidade a verificação dos limites de validade da principal teoria vigente sobre a origem do Universo. Além de uma maior precisão da Constante de Hubble, um parâmetro que relaciona a velocidade e a distância das galáxias, fornecendo a idade do Universo, o WMAP proporcionou, como visto na Figura 5.18, um grande e muito bem detalhado mapa do universo e do fundo cósmico em microondas.

⁵¹ Disponível em: http://www.lpi.usra.edu/lunar/missions/clementine/images/img3_lg.gif

Figura 5.18: Mapa do céu em micro-ondas feito a partir da compilação de dados coletados durante 9 anos pelo WMAP. Crédito: NASA⁵².

Graças aos dados do WMAP foi possível estimar a quantidade de matéria bariônica e dos demais constituintes do Universo, indicados na Figura 5.19.

Figura 5.19: Representação da distribuição de matéria bariônica, matéria escura e energia escura. Estes dados estão sendo refinados e podem sofrer uma melhoria em sua precisão. Crédito: NASA⁵³.

SPTIZER

O telescópio espacial SPTIZER trabalha com comprimentos de onda da faixa do infravermelho, e é essencial no estudo desta faixa, visto que boa parte dela é bloqueada pela atmosfera terrestre. Seu lançamento ocorreu em 25 de agosto de 2003. Sendo o maior de seu tipo no espaço, permite o estudo de diversas regiões do espaço onde nuvens de gás e poeira (Figura 5.20) bloqueiam a passagem da luz visível, mas não a da radiação infravermelha e microondas.

⁵² Disponível em: http://map.gsfc.nasa.gov/media/121238/ilc_9yr_moll320.jpg

⁵³ Disponível em: http://map.gsfc.nasa.gov/media/121236/121236_NewPieChart320.png

Figura 5.20: Gráfico com as assinaturas moleculares do exoplaneta WASP-12b. Crédito: *Jet Propulsion Laboratory*⁵⁴.

Logo podemos observar com o seu auxílio o centro de galáxias, estrelas e sistemas planetários em formação, e exoplanetas, conforme ilustrado Figura 5.21.

Figura 5.21: Curva do infravermelho para o trânsito do exoplaneta HD 219134b. Crédito: *Jet Propulsion Laboratory*⁵⁵.

⁵⁴ Disponível em: http://www.spitzer.caltech.edu/uploaded_files/graphics/high_definition_graphics/0007/8655/ssc2010-10a Inline.jpg?1314904406

HERSCHEL

O Observatório Espacial Herschel é uma sonda espacial lançada pela agência espacial europeia – ESA, com o intuito de cobrir comprimentos de onda do infravermelho distante e do submilimétrico e operou entre os anos de 2009 e 2013.

A faixa do espectro que vai dos 55 aos 672 μm era completamente inexplorada até o Herschel entrar em operação e a perguntas relacionadas à formação de galáxias e da sua evolução poderão ser respondidas a partir dos dados coletados por ele. Também teremos trabalhos relacionados à investigação química da nossa Galáxia e da química molecular de atmosferas planetárias, como se nota na Figura 5.22.

Figura 5.22: Descoberta de moléculas vitais para a formação de água na nebulosa Helix, usando o telescópio Herschel. Crédito: ESA⁵⁶.

⁵⁵ Disponível em: http://www.spitzer.caltech.edu/uploaded_files/graphics/high_definition_graphics/0010/5734/ssc2015-02b Inline.jpg?1438291789

⁵⁶ Disponível em: http://www.esa.int/Our_Activities/Space_Science/Herschel/New_molecules_around_old_stars

HUBBLE

O telescópio espacial HUBBLE observa a faixa do espectro eletromagnético que corresponde à luz visível e também em algumas bandas do infravermelho.

Foi o primeiro instrumento deste porte lançado para a astronomia no espaço e isto ocorreu em 24 de abril de 1990. Seu projeto ousado para a época não previa que ele estivesse em funcionamento até os dias atuais.

Como o primeiro telescópio do tipo, a engenharia da época passou por grandes desafios que se relacionavam com a sua construção, sobretudo no que tange à construção dos espelhos. Devido a uma aberração esférica em seu espelho principal, o telescópio ficou “miope” no princípio de seus trabalhos.

Foram necessárias missões para corrigir os defeitos do espelho bem como para a troca e manutenção de uma câmera CCD. Tais manutenções o prepararam para que se mantivesse em operação, mas também foi um desafio a parte já que nunca antes, a manutenção de qualquer equipamento foi realizada em órbita.

Figura 5. 23: Os Pilares da Criação, na nebulosa Águia (M16). Crédito: HUBBLESITE⁵⁷.

⁵⁷ Disponível em: http://imsrc.hubblesite.org/hu/db/images/hs-1995-44-a-large_web.jpg

Na Figura 5.23, encontramos uma das primeiras imagens produzidas pelo Hubble após o conserto de seu espelho, o que viria a representar o sucesso do projeto do telescópio espacial.

CHANDRA

CHANDRA *X-Ray Observatory* é um telescópio espacial projetado para coletar dados de radiação do comprimento de onda que corresponde aos raios-X.

Com resolução angular de 0,5 arcsec o CHANDRA é um excelente instrumento e de grande precisão. Na Figura 5.24 encontram-se duas imagens que correspondem aos dados obtidos pelo Chandra.

Figura 5. 24: A esquerda uma composição filtros e a direita uma imagem em raios-X, ambas do aglomerado de galáxias Abell 1033. Crédito: Chandra X-Ray Laboratory⁵⁸.

Como atividade complementar às discussões sobre o espectro eletromagnético e a astronomia no espaço, o professor poderá utilizar imagens obtidas do Sol e solicitar ao estudante que utilize a Figura 2.8, para associar o comprimento de onda correspondente a cada uma das imagens, discutindo as propriedades físicas relacionadas a cada tipo de radiação, representadas pelas Figuras 5.25 até a Figura 5.29.

Vale lembrar que tais imagens são uma “versão artística” do que cada uma seria se houvessem cores associadas a tais bandas do espectro.

⁵⁸ Disponível em: <http://chandra.si.edu/photo/2015/a1033/>

Figura 5. 25: O Sol em microondas. Crédito: Nobeyama Radio Heliograph⁵⁹.

Figura 5. 26: O Sol em infravermelho. Crédito: NSO⁶⁰.

⁵⁹ Disponível em: <http://solar.nro.nao.ac.jp/norh/html/daily/2016/02/ifa160219.png>

⁶⁰ Disponível em: http://umbra.nascom.nasa.gov/images/latest_nsoHe.gif

Figura 5. 27: O Sol no visível - luz branca. Crédito: BBSO⁶¹.

Figura 5. 28: Em luz ultravioleta, o Sol. Crédito: SOHO⁶².

⁶¹ Disponível em: <http://www.bbso.njit.edu/Images/daily/images/gongint.jpg>

⁶² Disponível em: http://sohowww.nascom.nasa.gov/data/realtime/eit_195/512/

Figura 5. 29: Imagem em raios-X do Sol. Crédito: XRT⁶³.

DISCUSSÕES FINAIS:

Com esta aula se espera apresentar ao grupo de estudantes a ciência feita no final do século 20 até os dias atuais e os principais temas relacionados à tecnologia da astronomia espacial.

Exemplos ilustrativos das diferentes aparências do Sol, em função dos diferentes comprimentos de onda em que nossa estrela foi observada, mostram a importância dos estudos multiespectrais. Tais observações revelam características que não poderiam ser estudadas apenas como imagens no visível, aprimorando nosso entendimento sobre a física estelar.

⁶³ Disponível em: http://solar.physics.montana.edu/HINODE/XRT/SCIA/daily_pages/2016/20160131_SYN.html

CAPÍTULO 6

CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

Os temas escolhidos para a produção dos roteiros didáticos apresentados no presente trabalho motivaram a concepção de material de apoio ao professor, apresentado nos Capítulos 4 e 5, proporcionando uma articulação entre conteúdos de astronomia através de atividades de experimentação. O STL foi o ponto de partida para que fossem transpostos conhecimentos, adotando a metodologia do marco teórico da TD (Capítulo 3).

O diálogo entre os conteúdos foi alcançado, considerando que as atividades tiveram a preocupação de propor no primeiro roteiro didático conceitos básicos do STL e, conforme as aulas avançam, outros conceitos vão sendo apresentados e ao final do segundo roteiro abordamos temas contemporâneos da ciência, como a radiação eletromagnética e astronomia espacial. Dessa forma, a escolha do tema foi fundamental para que os roteiros correspondessem não apenas a atividades pedagógicas que teriam como função atender os PCN, mas principalmente alcançar os objetivos no que tange a transposição de conhecimentos.

Os princípios norteadores que a TD revela para a concepção do nosso material didático permitem analisar o potencial do trabalho, já que ele revela aspectos importantes dos conceitos, como os concebidos na academia, e de maneira a transformá-los em materiais que podem ser utilizados para fins didáticos e ainda assim guardando semelhança com o **saber sábio**.

Como visto nas discussões iniciais deste trabalho (Tabela 1.2) existem conteúdos sugeridos nos PCN, sendo os mesmos, o norte para que escolhêssemos o **saber a ensinar**.

O conjunto das atividades propostas ao longo deste trabalho encontra-se sintetizado na Tabela 6.1, que relaciona os objetivos das aulas de cada roteiro com os respectivos recursos didáticos e estratégias sugeridas.

Tabela 6.1 – Atividades presentes nos roteiros didáticos

Roteiro	Tema da aula	Estratégias e Atividades	Recursos Didáticos
1. Lua	1.1 - Fases	Observação a olho nu e visualização de fase da Lua	Experimentação e Tutorial para simulação das fases da Lua (Apêndice A)
	1.2 - Luneta	Construção de Instrumento e Identificação da superfície lunar através de uma luneta	Tutorial para construção de uma luneta (Apêndice B) e Experimentação
	1.3 - Superfície Lunar	Medir o diâmetro de crateras	Uso didático de imagem astronômica - superfície lunar
	1.4 - Processo de Crateramento	Simular e conhecer os aspectos ligados ao fenômeno	Discussão teórica introduzindo o assunto e uso de simulador de crateras (Apêndice C)
2. Telescópios	2.1 - Histórico	Panorama do seu uso no século 17	Aula expositiva discutindo aspectos de História da Ciência
	2.2 - Descrição	Descrição dos tipos e os consórcios internacionais	Abordagem teórica através de aula expositiva introduzindo o tema
	2.3 - Operação Remota	Operação remota, atividade observacional, aquisição de imagens, cálculo indireto de dimensões de crateras.	Planejamento de observação (Apêndice D) e trabalho com imagens astronômicas (Apêndice E)
	2.4 - Missões espaciais e FMC	Discussão sobre a corrida espacial, tecnologia aplicada a telescópios espaciais	Abordagem do tema com aula expositiva e atividade com diferentes imagens em faixas distintas do espectro eletromagnético

O estudo da Lua tendo em vista o seu significado científico, abre as discussões no primeiro roteiro, apontando o quão importante é o nosso satélite e a partir desse contexto trabalhamos o tema, relacionando a luneta com a descoberta de uma superfície lunar cheia de crateras e *mares*, tendo um encerramento com a discussão do processo de crateramento que é tema de fronteira na atualidade.

Vimos o desenvolvimento histórico e tecnológico do telescópio, e demos atenção a aspectos relevantes da natureza do trabalho dos profissionais de astronomia para que os conhecimentos por eles desenvolvidos cheguem até o ambiente escolar, na forma de materiais didáticos, onde a Lua e o telescópio moderno se complementam na forma de objetos de ensino.

Em relação ao que orientam os PCN vemos que o produto final do nosso trabalho permite aos estudantes ao menos por algumas aulas, se questionar sobre seu lugar no Universo, sobre como a ciência vem se desenvolvendo através de um olhar para a astronomia e de que forma a história da ciência se revela como essencial para entender as razões para se estudar a Lua e os telescópios conjuntamente. Ainda se notou a relação com outro tema estruturador dos PCN (Tema 5: Matéria e Radiação) apesar de não pertencer ao foco principal de nosso trabalho.

É importante destacar que, embora não tenha sido descrito no presente trabalho, foi realizado um teste inicial para a recepção do tema. Para esse teste, foi aplicado a um grupo de 8 estudantes de um colégio particular de Mogi das Cruzes, em agosto de 2014, em aulas livres no contra turno, um conjunto de duas atividades que promoviam inicialmente a discussão das origens do Universo em um breve texto ilustrado, de 4 páginas.

Entretanto, no segundo encontro que foi dividido em duas partes, somente 4 dos estudantes que participaram inicialmente retornaram, sendo que as justificativas para o não comparecimento foram as mais diversas, como por exemplo conflito com o horário da “carona dos pais ou treino para o futebol”.

Com os 4 estudantes foram aplicadas atividades de medida de crateras com régua, conforme um livro texto disponibilizado a eles. Em seguida, o mesmo tipo de atividade, suportada por *software* com o intuito de aprimorar seus conhecimentos, foi proposta uma forma mais elaborada, onde tiveram contato com imagens astronômicas similares as utilizadas por profissionais da área.

Sabendo que mesmo com restrições devido a fatores diversos, aprimoramos nossas ideias e construímos os roteiros didáticos destacados nos Capítulos 4 e 5.

Infelizmente não foi possível reaplicar as atividades ao mesmo grupo de estudantes, visto que na oportunidade de um novo formato aprimorado das atividades, apenas 1 dos estudantes permanecia no colégio. Além disso, atividades no contra turno não foram mais ofertadas pelo colégio, dado a baixa procura dos estudantes detectada também em outras disciplinas. Com um currículo engessado e totalmente voltado para apostilas, não foi possível testar a versão final dos roteiros didáticos.

PERSPECTIVAS DE CONTINUIDADE

Vemos que os produtos finais deste trabalho, propostos através dos Capítulos 4 e 5 e dos Apêndices, têm imenso potencial de promover um maior contato com a experimentação, visto que os roteiros didáticos permitem ao colega docente o uso articulado com temas do currículo abordados no seu cotidiano contribuindo para as suas aulas de física ou para o professor que deseja propor atividades extras de experimentação em astronomia.

Nesse sentido, os produtos do presente trabalho podem ser considerados embriões, por exemplo, para minicurso complementando atividades curriculares e até mesmo dialogando com outras matérias de maneira interdisciplinar.

Temos como perspectiva para a continuação deste trabalho, a sua aplicação visando verificar junto a um grupo de estudantes se, tais roteiros possibilitam efetivamente a transformação do **saber sábio** em **saber ensinado**. Também esperamos no futuro investigar se tal trabalho ajudou de alguma forma a preencher as lacunas deixadas pela não formação de docentes em astronomia que atuem na educação básica.

Percebemos ao longo do presente trabalho o quão importante foi a relação estabelecida historicamente entre o nosso objeto de estudo – a Lua – e o aparato tecnológico que nos permite analisar com maior detalhamento seus aspectos físicos, o telescópio. Assim desejamos disponibilizar os roteiros e tutoriais aqui produzidos. Para tal, verificaremos a possibilidade de cooperação com algum projeto vigente na área de ensino como, por exemplo, o TnE.

Após desenvolver este trabalho, notamos que a observação da Lua com instrumentos ópticos, através das atividades propostas, trará contribuições ao ensino de astronomia, desejamos assim produzir artigos possibilitando sua maior difusão por meio de publicações em periódicos especializados.

A Lua sendo tema gerador das atividades permitiu que a experimentação fosse proposta, por meio da observação por instrumentos ópticos, com a verificação de que a superfície da lunar não é lisa como no passado era aceito e trazendo ao ambiente escolar questões sobre as possíveis causas da origem das formações das crateras, tanto as lunares como as terrestres, possibilitando assim a discussão de seus diversos aspectos. Com experiência adquirida no decorrer deste trabalho pretendemos abordar, em futuros trabalhos, outros temas geradores.

Para o estudo dos telescópios várias práticas foram adequadas à sala de aula, como por exemplo, a obtenção de imagens com telescópios operados à distância, e o uso destas imagens para inferir medidas do tamanho de crateras lunares. Cabendo destaque o papel da informática como fator modernizador das práticas educacionais, por meio de simuladores para as aulas de astronomia. Assim os roteiros devem fomentar novas atividades de ensino, enriquecendo as aulas de ciências de educação formal.

São temas com grande potencial de sobrevivência aos testes impostos aos saberes no cotidiano educacional, que podem vir a fazer parte do currículo escolar, para que isso seja consenso, assim buscaremos estabelecer diálogo com outros pesquisadores em eventos acadêmicos visando a renovação do currículo oficial através de políticas públicas de educação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ALMEIDA, Guilherme de; **Telescópios: Guia dos instrumentos de observação astronômica e seus acessórios. Como escolher e utilizar binóculos e telescópios**. Lisboa: Plátano Editora, 2004.

ALVES FILHO, José de Pinho. **Atividades experimentais: do método à prática construtivista**. 2000. 312 pg. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais: terceiro e quarto ciclos do ensino fundamental**. SEMTEC. Brasília: MEC 1998.

_____. **Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio**. SEMTEC. Brasília: MEC 2000.

_____. **PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. SEMTEC. Brasília: MEC 2002.

BROCKINGTON, Guilherme; PIETROCOLA, Maurício. Serão as regras da transposição didática aplicáveis aos conceitos de física moderna? **Investigações em Ensino de Ciências**. Vol. 10 (3), pp. 387-404, 2005.

CABRAL, Maria Leonor Fonseca. **A imagem no ensino de astronomia: Exploração Didática e pedagógica de imagens no âmbito da astronomia**. 2001. 245 pg. Tese de mestrado. Departamento de Matemática, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Portugal.

CAVALCANTE, Marcio Balbino. A popularização da astronomia no ensino de geografia: Uma experiência no ensino fundamental e médio. **Revista Brasileira de Educação em Geografia**. Campinas, v.2, n.4, p.192-202, jul./dez., 2012.

CERBARO, B. Q.; ROCHA FILHO, J. B. **Experimentos para o ensino médio de física: compilando e testando experimentos didáticos no contexto curricular**. In: Salão de iniciação científica, 10, 2009, Porto Alegre. Anais do X Salão de Iniciação Científica. Porto Alegre, 2009, p. 1118-1120.

CHEVALLARD, Yves. **La Transposición Didáctica: Del saber sabio al saber enseñado**. 3ª ed.. Buenos Aires: Aique, 2009.

DARROZ, Luiz Marcelo; HEINECK, Renato; PÉREZ, Carlos Ariel Samudio. Conceitos Básicos de Astronomia: Uma Proposta Metodológica. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia – RELEA**. n. 12, p. 57-69, 2011.

DIAS, Cláudio André C. M; SANTA RITA, Josué R. A Inserção da Astronomia como Disciplina Curricular do Ensino Médio. **Revista Latino-Americana de educação em astronomia - RELEA**. n. 6, p. 55-65, 2008.

DORAN, Rosa. **O programa “Global Hand’s-on Universe” e o ensino de astronomia**. In: LONGHINI, Marcos Daniel [org.]. **Ensino de Astronomia na Escola**. Campinas, SP: Editora Átomo, 2014.

FORATO, Thaís Cyrino de Mello; PIETROCOLA, Maurício; MARTINS, Roberto de Andrade. Historiografia e Natureza da Ciência em Sala de Aula. **Cad. Bras. Ens. Fis.**, vol. 28, n.1: p. 27-59, abr. 2011.

FRÓES, André Luís Delvas. Astronomia, astrofísica e cosmologia para o Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. Vol. 36, n. 3, 3504, 2014.

GAMA, Leandro Daros; HENRIQUE, Alexandre Bagdonas. Astronomia na sala de aula: Por quê? **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia - RELEA**. n. 9, p. 7-15, 2010.

HADDAD, Thomás A. S.; GONÇALVES, Carlos H. B. Algumas Observações sobre Fontes Jesuíticas para a História da Astronomia. **Circumscribere**, n. 4, p. 51-58. 2008.

HADDAD, Thomás A. S. Mapas da Lua e carreiras astronômicas na Península Ibérica seiscentista. **Circumscribere**, n. 10, p. 40-51. 2011.

HECHT, Eugene. **Óptica**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian. 2002.

HETEM JUNIOR, A; GREGORIO-HETEM, J; TENÓRIO, M; MITSUNAGA, L. **Ombros de Gigantes – História da Astronomia em Quadrinhos**. São Paulo: Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas/USP, 2009.

HORVATH, Jorge Ernesto. **O ABCD da Astronomia e Astrofísica**. São Paulo: Livraria de Física, 2008. 2ª ed.

_____. Uma proposta para o ensino da astronomia e astrofísica estelares no Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. Vol. 35, n. 4, 4501, 2013.

IACHEL, Gustavo. *et al.* A montagem e a utilização de lunetas de baixo custo como experiência motivadora ao ensino de astronomia. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. Vol. 31, n. 4, 4502, 2009.

KIOURANIS, Neide Maria Michellan; SOUSA, Aguinaldo Robinson de; FILHO, Ourides Santin. Alguns aspectos da transposição didática de uma sequência didática sobre o comportamento de partículas e ondas. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. Vol. 9, n. 1, 199-224 (2010).

KLEIN, A. E. *et al.* Os Sentidos da Observação Astronômica: Uma Análise com Base na Relação com o Saber. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia - RELEA**. n. 10, p. 37-54, 2010.

KRAPAS, Sonia. Livros Didáticos: Maxwell e a Transposição Didática da Luz como Onda Eletromagnética. **Cad. Bras. Ens. Fis.**, vol. 28, n.3: p. 564-600, dez. 2011.

LAGO, Leonardo Gonçalves. **Lua: Fases e facetas de um conceito**. 2013. 222 pg. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

LANGHI, Rodolfo. **Um estudo exploratório para a inserção da astronomia na formação de professores dos anos iniciais do ensino fundamental**. 2004. 240 pg. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, Bauru.

_____. **Astronomia nos anos iniciais do ensino fundamental: repensando a formação de professores**. 2009. 370 pg. Tese de Doutorado. Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, Bauru.

LANGHI, Rodolfo; NARDI, Roberto. Ensino da Astronomia no Brasil: Educação formal, informal, não formal e divulgação científica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 31, n. 4, 4402, 2009.

MARANDINO, Martha. Transposição ou recontextualização? Sobre a produção de saberes na educação em museus de ciências. **Revista Brasileira de Educação**. Maio – Ago., 2004. Nº 26.

MARRONE JÚNIOR, Jayme; TREVISAN, Rute Helena. Um perfil da pesquisa em ensino de astronomia no Brasil a partir da análise de periódicos de ensino de ciências. **Cad. Bras. Ens. Fis.**, v. 26, n. 3, p.547-574, dez. 2009.

MARTINS, R. A. **O Universo: teorias sobre sua origem e evolução**. São Paulo: Moderna, 1994. 2ª ed.

MATSUURA, Oscar T. [org.] **História da astronomia no Brasil**. Recife: Cepe, 2014. Volume 1.

MENEZES, Luiz. Carlos. **Ensino de Física: reforma ou revolução**. In: MARTINS, A. F. P. **Física ainda é cultura?** São Paulo: Editora Livraria da Física, 2009.

MICHAELIS. **Minidicionário escolar da língua portuguesa**. São Paulo: Companhia Melhoramentos, 2000.

PEDROCHI, Franciana; NEVES, Marcos Cesar Danhoni. Concepções astronômicas de estudantes no ensino superior. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. Vol. 4, n. 2 (2005).

PICAZZIO, Enos. [org.] **O céu que nos envolve**. São Paulo: Odysseus, 2011.

PIETROCOLA, Maurício. Inovação Curricular em Física: Transposição Didática e a Sobrevivência dos Saberes. In: GARCIA, N. M. et al. **A pesquisa em ensino de Física e a sala de aula: articulações necessárias**. São Paulo: Editora da Sociedade Brasileira de Física, 2010.

SAITO, Fumikazu. **O telescópio na magia natural de Giambattista della Porta**. São Paulo: EDUC / Livraria da Física Editorial / FAPESP, 2011.

SARAIVA, Maria de Fátima Oliveira; SILVEIRA, Fernando Lang; STEFFANI, Maria Helena. Concepções de estudantes universitários sobre as fases da Lua. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia - RELEA**. n. 11, p. 63-80, 2011.

SILVA, Josie Agatha Parrilha da ; NEVES, Marcos Cesar Danhoni. Arte e Ciência no Renascimento: Galileo e Cigoli e as novas descobertas telescópicas. **História da Ciência e Ensino: Construindo Interfaces**. Vol. 9, 2014, pp. 57-74.

SILVA, Ronilson Pinheiro. **Movimento acelerado e o Homem na Lua: Desmistificando teorias de conspiração através da demonstração investigativa**. 2015. 124 pg. Dissertação de Mestrado. Departamento de Física, Universidade Federal de Sergipe, São Cristovão – Sergipe.

TONEL, Arlei Prestes; MARRANGHELLO, Guilherme Frederico. O Movimento Aparente da Lua. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. Vol. 35, n. 2, 2310, 2013.

UHR, Andréia Pessi. **O sistema solar: Um programa de astronomia para o ensino médio**. 2007. 121 pg. Dissertação de Mestrado. Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

YOKOYAMA, Elder. **Petrologia e magnetismo de estruturas de impacto na bacia do Paraná: Reflexões sobre o processo de crateramento**. 2013. 285 pg. Tese de Doutorado. Departamento de Geofísica, Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

ZANARDI, Danilo Claro. **A análise praxeológica de atividades experimentais subsidiando a elaboração de situações-problema no ensino de física**. 2013. 152 pg. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

APÊNDICES

APÊNDICE A: TUTORIAL PARA A UTILIZAÇÃO DO PROGRAMA *LUNAR PHASE SIMULATOR*

OBJETIVO

Este tutorial deve servir como guia para operação básica do *software Lunar Phase Simulator* para auxiliar no entendimento das fases da Lua.

FERRAMENTAS

Software Lunar Phase Simulator, Desktop ou Notebook e acesso a Internet.

INTRODUÇÃO

O entendimento de alguns conceitos científicos pode ser obtido de forma prática com simulações, sejam elas através de modelos físicos (maquetes, por exemplo) ou através de simulações computacionais.

Com a necessidade evidenciar as vantagens de um entendimento adequado dos conceitos que se relacionam com as fases da Lua, apresentamos um tutorial para a utilização de um *software* que auxilia no entendimento das fases da Lua.

O *software Lunar Phase Simulator*

Para iniciarmos a utilização do *software*, devemos acessar a página de *Internet* da Universidade de Nebraska-Lincoln onde podemos encontrar o simulador, no endereço: <http://astro.unl.edu/naap/>

Como pode ser visto na Figura A.1, a página está em inglês, mas é possível verificar que a sua direita está uma caixa onde você encontrará *links* para diversos simuladores, vá até esta caixa e selecione o *software Lunar Phase Simulator*.

Ao clicar no *link* haverá um direcionamento para uma nova página, onde o título *Lunar Phases Lab*, indica que você está no ambiente correto (Figura A.2).

Figura A.1: Página inicial do departamento de educação em astronomia da Universidade de *Nebraska-Lincoln*.

Figura A.2: Página do laboratório simulador de fases da Lua.

Agora podemos prosseguir clicando sobre o *link* encontrado no fim da página *Lunar Phase Simulator [swf]* que é executado no navegador e é necessário que o *flash* esteja instalado.

Figura A.3: Tela do simulador a partir da qual se inicia a animação mostrando as fases da Lua.

Na tela ilustrada na Figura A.3 aparece no canto inferior direito o controle de animação e tempo: **Animation and Time Controls**. Para iniciar a simulação clicamos em “*start simulation*”, a qual será realizada, com as configurações padrão do programa, mas é possível aumentar / diminuir a velocidade da animação movimentando o cursor em “*animation rate*”. Para adicionar dias, horas ou minutos a nossa simulação basta clicar em “*increment animation*” nos botões de + e -.

Durante a simulação verificamos em **Moon Phase**, no canto superior direito, o aspecto que nosso astro terá ao passar dos dias, a sua área iluminada em porcentagem, quantos dias se passaram desde que ocorreu a Lua Nova.

Abaixo, à direita, em **Horizon Diagram** é possível ver do ponto de vista do observador, qual a posição tanto do Sol ou da Lua em seu caminho pela eclíptica. A esfera em que se encontra o observador é móvel, portanto a pessoa que faz a simulação pode girar a esfera para uma melhor visualização, sem prejuízo da simulação.

Em **Diagram Options** temos três opções em função do ângulo entre o centro da Lua e do Sol, medidos em relação ao centro da Terra “*show angle*”, podemos

colocar um marcação na Lua “*show lunar landmark*” e também podemos fixar na Terra uma grade com os principais marcos temporais do dia “*show time tickmarks*”

A Figura A.4. apresenta um *print* de uma simulação em que usamos os principais comandos do simulador.

Figura A.4: Resultados de uma simulação, indicando os principais comandos utilizados.

Uma observação importante: é um simulador produzido por uma universidade norte-americana e por isso os referenciais são para observadores no hemisfério norte, mas que não penaliza em nada o entendimento das fases da Lua.

APÊNDICE B: TUTORIAL DE MONTAGEM DE UMA LUNETA GALILEANA⁶⁴

(Uma adaptação do proposto por HETEM JUNIOR, A; GREGORIO-HETEM, J; TENÓRIO, M; MITSUNAGA, L.).

OBJETIVO

Montar um instrumento similar ao que foi aprimorado por Galileu Galilei e proporcionar aos estudantes o contato com o instrumento e posterior utilização do mesmo em atividades experimentais.

INTRODUÇÃO

Aspectos importantes de um instrumento que se tornou revolucionário no século 17, devido a sua aplicação científica, podem ser encontrados com a concepção de um instrumento de baixo custo, como uma simples luneta refratora ou também conhecida como luneta de Galileu.

A realização da montagem de um instrumento pode possibilitar aos estudantes uma oportunidade real de se aproximar (mesmo que de uma forma muito simplória) da rotina daqueles que buscam informações sobre o cosmo e ainda permitir o entendimento de conceitos de ótica que são alvo de estudo nas escolas de educação básica.

Esse tutorial foi adaptado da proposta apresentada no livro “Ombros de Gigantes” de Hetem & Gregorio-Hetem (2009), que por sua vez se inspiraram no experimento “A luneta com lente de óculos”, apresentado na Oficina de Astronomia do Prof. João Canalle⁶⁵.

FERRAMENTAS

Os componentes necessários para a montagem, descritos a seguir, são facilmente encontrados em lojas de material de construção. Uma ação possível é obter o orçamento de tais componentes em uma loja e minimizar ainda mais o custo comprando-os “por atacado”. Além da minimização do custo, pelo fato dos

⁶⁴ A primeira versão deste tutorial foi apresentada em 2014, como parte das atividades da disciplina MPA 5002 – Instrumentação para o Ensino de Astronomia, com participação de Fábio da Silva Bozzolan.

⁶⁵ www.telescopiosnaescola.pro.br/oficina.pdf

componentes terem sido levados pelo professor, não haverá a possibilidade de algum grupo de alunos ficarem sem um item ou outro. Ei-los:

B.01) **Luva** simples de esgoto (cor branca) de 2 polegadas;

B.02) Uma **lente** incolor de óculos com vergência $V = + 2$ di (vulgarmente: dois “graus positivos”)

B.03) Um **disco** de cartolina preta (ou papel camurça preto) de 50 mm de diâmetro com furo interno de 20 mm de diâmetro

B.04) Um **tubo** de esgoto (cor branca) com comprimento 30 cm e secção 2 polegadas;

B.05) Um **tubo** de esgoto de 1,5 polegadas (cor branca) com comprimento 30 cm

B.06) Um **monóculo** de fotografia para retirarmos a lente

B.07) Um **plug** branco de esgoto de 2 polegadas;

B.08) uma **lata** de tinta spray cor “preto fosco”;

B.09) **Fita** adesiva com feltro do tipo “veda porta”

B.10) Um tubo de esgoto (cor branca) com diâmetro 1,5 polegadas e comprimento 10 cm

B.11) Frasco com bico conta gotas.

B.12) Uma Garrafa PET, parafusos com cabeça de fenda de bitola 5 mm e comprimento de 20 mm, porcas com asa borboleta, arruelas e duas cantoneiras de 2 polegadas com furos.

B.13) Tesoura, régua, serra, chave de fenda e lixa.

B.14) Furadeira e broca de 4 mm.

Montagem:

O fato dos próprios estudantes poderem montar seu dispositivo experimental proporciona duas vantagens a eles, a saber, por um lado a construção do seu próprio equipamento é um processo lúdico, e por outro permite que os estudantes vislumbrem um aspecto pouquíssimo percebido num ambiente escolar: a própria demanda de energia em torno da preparação de um experimento. Destacados esses dois itens, eis as etapas da construção:

Corpo do telescópio: cole um anel da fita (B.09) no exterior de uma das pontas do tubo (B.06) e no interior de uma das pontas do tubo (B.04)

Corpo do telescópio: encaixe o tubo (B.04) no tubo (B.06): o interno deve deslizar dentro do externo sem frouxidão, observe que o tubo de menor diâmetro deve ser colocado através do tubo de maior diâmetro de modo que as pontas com feltro fiquem posicionadas de maneira oposta.

Para a montagem da lente **objetiva** do telescópio: insira o tubo (B.04) na luva (B.01), de forma a fixar a lente e o disco.

Lente **objetiva** do telescópio: insira o disco (B.03) e depois a lente (B.02) na luva (B.01);

Use o plugue (B.07) para fechar a lente objetiva e protegê-la;

Lente **ocular** do telescópio: Serre a tampa do frasco conta gotas (B.11), utilizando a serra em seguida destaque a lente do monóculo (B.06) e encaixe na parte interna da tampa (cuidado para não serrar muito a tampa, pois ela dará suporte a lente ocular) com a face convexa para fora. Corte o frasco no fundo e recorte uma aba e dobre-a para fora para encaixar no tubo (B.06); Depois rosqueie a tampa.

Coloque o conjunto acima, na extremidade oposta ao conjunto da objetiva.

Em seguida monte o suporte para a luneta, furando o tubo (B.10) aproximadamente no centro, na posição imediatamente oposta serre o tubo na longitudinal. Com o auxílio de um colega abra o tubo com cuidado para não quebrá-lo, passe um parafuso pelo furo de dentro para fora, e fixe com a porca borboleta.

Logo após coloque a luneta no suporte e com a garrafa cheia d'água, fixe sua luneta.

Pinte sua luneta, protegendo as lentes. Assim você evitará que a luz entre pelas paredes do tubo.

Observação importante: Jamais aponte esta luneta diretamente para o Sol durante uma observação, sob a pena de ter danos permanentes na sua retina.

Referência Bibliográfica:

HETEM JUNIOR, A; GREGORIO-HETEM, J; TENÓRIO, M; MITSUNAGA, L. **Ombros de Gigantes – História da Astronomia em Quadrinhos**. São Paulo: Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas/USP, 2009.

APÊNDICE C: TUTORIAL DE UTILIZAÇÃO DO PROGRAMA *IMPACT CALCULATOR*

OBJETIVO

Este tutorial deve servir como guia para iniciantes na utilização do *software Impact Calculator* para auxiliar no entendimento da formação de crateras de impacto.

FERRAMENTAS

Software Impact Calculator, Desktop ou Notebook e acesso a Internet.

INTRODUÇÃO

O entendimento de alguns conceitos científicos pode ser obtido de forma prática com simulações, sejam elas através de modelos físicos (maquetes, por exemplo) ou através de simulações computacionais.

Com a necessidade evidenciar as vantagens de um entendimento adequado dos conceitos que se relacionam com a formação de crateras de impacto, apresentamos um tutorial para a utilização de um *software* que simula a formação de crateras de impacto.

O tutorial do *software Impact Calculator*

Para utilizarmos *software*, devemos acessar a página de *Internet* do projeto educacional *Down Earth 2* onde se encontra o simulador, no endereço: <http://education.down2earth.eu/>

A página está em inglês, mas é possível verificar na ilustração da Figura C.1, que no centro da tela temos uma barra com o *link Impact Calculator* para acessar o simulador.

Ao clicar no *link* haverá um direcionamento para uma nova página, onde o título *Impact Calculator*, indica que você está no ambiente correto Figura C.2.

Figura C.1: Página inicial onde encontramos o programa que simula crateras de impacto.

Devemos agora, clicar em “*Launch Impact Calculator*” que permite em seguida escolher o idioma para a navegação.

Figura C.2: Página onde encontramos as opções de idioma do *Impact Calculator*.

Agora podemos prosseguir clicando sobre o botão do idioma desejado, que executará no navegador o programa no idioma escolhido.

Figura C.3: Tela do simulador que calcula as crateras de impacto pronto para o uso.

Nesta etapa do processo devemos nos preocupar com os parâmetros iniciais do programa, que nada mais são do que os dados que devemos inserir para que o cálculo do tamanho da cratera de impacto seja feito.

No canto superior esquerdo da Figura C.3, em ***Projectile Diameter*** devemos escolher o tamanho do projétil (meteorito, por exemplo) que atingirá a Terra. Seu tamanho pode no máximo ser de 15 mil metros (15 km).

Logo ao centro do topo da tela, temos em ***Trajectory Angle*** como calibrar o ângulo com que o projétil deverá acertar o alvo. Este ângulo varia de 1° a 90°.

A direita, temos ***Projectile Velocity*** onde ajustamos a velocidade do projétil que vai até 80 km/s.

Na parte inferior encontraremos uma variável importante no nosso estudo de crateras, em ***Projectile Density*** conseguimos definir a densidade do projétil, onde temos o projétil feito de gelo, rocha porosa, rocha densa e ferro.

Ao lado, no canto inferior direito podemos escolher o alvo em ***Target Density***. No caso em que o alvo é a água podemos calibrar a altura da coluna d'água a ser atingida. Além disso, é possível escolher se chocaremos o projétil contra uma rocha sedimentária ou uma rocha ígnea.

Por fim, devemos em ***Distance from crash site*** definir a que distância estaremos do impacto, que nos fornecerá dados sobre o que ocorrerá com o ambiente nessa região.

Figura C.4: Simulação com alguns parâmetros de cálculo, ilustrando o funcionamento do programa.

Assim após inserir os dados inicialmente solicitados, como por exemplo os indicados na Figura C.4, deve-se clicar em **submit** onde o cálculo será iniciado. Vemos na Figura C. 5 os resultados.

Figura C.5: Os resultados do cálculo simulado para Londres com a representação da cratera.

Temos três botões na parte inferior da tela de resultados: **Crater Size**, **Crater Depth** e **Data View**.

Na figura C.5, encontramos o resultado no que se refere ao tamanho da cratera (**Crater Size**) que foi formada na região onde o projétil deveria colidir. Neste caso,

optamos por Londres – Inglaterra como alvo, dentre as grandes metrópoles mundiais.

À esquerda temos os valores ligados ao impacto, tais como a profundidade, diâmetro, tamanho do material ejetado, altitude alcançada pelo material ejetado, velocidade do vento devido ao impacto, graduação do tremor na escala Richter e a intensidade sonora em Decibel.

Na figura C.6, encontramos a representação de uma vista lateral da cratera em **Crater Depth** onde podemos visualizar seu perfil e assim obter as medidas de profundidade e diâmetro, além de comparar sua profundidade com a altura dos maiores edifícios / monumentos construídos.

Figura C.6: Vista lateral da cratera que foi formada e a comparação com a torre Eiffel.

Agora em **Data View** podemos verificar os dados resultantes do cálculo, inclusive para quem estiver a certa distância do impacto – Figura C.7.

Figura C.7: Dados gerais do cálculo com diversos parâmetros físicos.

APÊNDICE D: TUTORIAL PARA ATIVIDADE OBSERVACIONAL NO TnE: PLANO DE OBSERVAÇÃO E PLATAFORMA TnE.

OBJETIVO

Este tutorial deve servir como guia para a utilização do *software Cartes du Ciel* a fim de se obter as coordenadas para um objeto celeste – neste caso a Lua – e programar uma observação remota a partir do projeto educacional Telescópios na Escola - TnE.

FERRAMENTAS

Software Cartes du Ciel, Desktop ou Notebook e acesso a Internet.

INTRODUÇÃO

A observação do céu noturno é sem dúvida maravilhosa, principalmente se houver uma condição apropriada, ou seja, com o mínimo de poluição luminosa e sem nuvens ou neblina/cerração.

É de se notar que, antes de tudo, devemos planejar bem nossa observação!

No planejamento devemos nos preocupar com o que desejamos observar, se, por exemplo, nosso alvo for um aglomerado globular, como Alfa-Centauri é bom fazê-lo sem a presença da Lua no céu que é um corpo celeste que reflete muita luz e não permite uma boa visualização de objetos de baixa magnitude aparente, como aglomerados globulares.

Para os planetas vale a mesma dica, precisamos verificar se estarão visíveis no céu noturno, neste dia e horário e se haverá a presença de mais algum astro que possa impedir sua visualização.

E quando o nosso alvo é a Lua, com o que devemos nos preocupar? Primeiramente devemos saber qual é o nosso objetivo ao observar a Lua, se caso desejarmos obter uma imagem do seu disco completo é aparentemente simples, mas e se precisarmos de imagens que evidenciem as suas crateras? O quê precisamos saber?

Para obter imagens que evidenciem as crateras devemos observar a Lua em duas fases que podem nos ajudar – A fase crescente e a fase minguante.

A escolha destas fases distintas se deve ao fato de os raios de luz, provenientes do Sol incidirem obliquamente na superfície lunar, destacando assim suas proeminências.

O TUTORIAL OBSERVACIONAL

Antes de iniciarmos o uso do *software* devemos consultar um site onde seja possível encontrar as efemérides para o mês que se deseja observar⁶⁶, logo após a consulta devemos escolher a data onde se inicia a fase crescente – melhor fase para observações no começo da noite no hemisfério sul – e anotamos esta data.

Devemos utilizar um *software* que permita prever o céu da noite que decidimos observar. O *software* que usaremos é o *Cartes du Ciel*, pois é um *software* livre que pode ser baixado para versões *Windows* e *Linux*, e também oferece uma interface amigável.

Com o programa instalado é necessário inserir os dados da localização de nosso telescópio, pois com base nessas coordenadas que observaremos o céu. Para a cidade de Valinhos, onde se localiza o telescópio *Argus* (Observatório Abraão de Moraes – OAM - IAG/USP) usamos os seguintes dados: Latitude: 23° 00' 06" S, Longitude: 46° 58' 03" O e altitude de 850 metros. Logo em seguida poderemos inserir o dia e hora, que você achar convenientes para as observações.

Para este roteiro colocaremos a data de 08/08/2014 e o horário de 20h00 min.

A seguir podemos verificar como os passos adotados são alterados no *software* através das Figuras D.1, D.2 e D.3.

⁶⁶ Para observar as mudanças de fases da Lua - <http://www.iag.usp.br/astro/astronomia/datas-de-mudanca-das-fases-da-lua>

Figura D.1: Interface da tela inicial do programa *Cartes du Ciel*. O nome das constelações é indicado em amarelo, e em branco é fornecido o nome de alguns objetos remarcáveis. A faixa destacando a região mais clara corresponde à Via Láctea.

Na barra lateral à esquerda, temos o desenho de uma cúpula indicando o botão que deve ser acionado para preencher um formulário com os dados do observatório. Ao clicar aparecerá a janela mostrada na Figura D.2.

Figura D.2: Janela para fornecer os dados de coordenadas do observatório.

Logo abaixo do símbolo da cúpula veremos outro ícone, agora para fixar a data e hora.

Figura D.3: Janela para fornecer os dados de data e hora.

Podemos notar que no canto superior esquerdo já aparecem os dados que inserimos.

Escolhendo os alvos:

Como já temos a data referente à nossa observação, podemos agora escolher os alvos em função da nossa localização e horário. O *software* nos fornece uma lista de objetos a serem vistos naquele campo de visão e traz seus dados completos como suas coordenadas Ascensão Reta e Declinação, os horários de seu Nascimento e Ocaso, Magnitude aparente e Catálogo de origem.

Também é possível fazer uma busca através dos nomes dos objetos e verificar se estão visíveis naquele campo ou se estão por nascer ou se estarão ocultos.

Assim, escolhemos o nosso alvo dentre a lista de objetos que podem ser visualizados e anotaremos seus dados para a parte prática da observação. Note que dependendo do equipamento que utilizaremos, estes dados já fazem parte do catálogo eletrônico instalado no equipamento, sendo necessária apenas a calibração do apontamento do telescópio (calagem) na hora de sua utilização.

A Figura D.4 ilustra todos os objetos visíveis no campo, através de uma tabela gerada ao clicarmos no botão “Lista de objetos” na parte central da tela.

Figura D.4: Tabela com os objetos do campo de observação.

Figura D.5: Busca de objeto pela barra de pesquisa.

Na Figura D.5 temos ilustramos uma busca através da barra de pesquisa, no alto da tela. Na barra inferior outras informações sobre o objeto são mostradas.

Figura D.6: Detalhes do objeto são obtidos ao se clicar sobre o objeto.

Com as informações fornecidas na Figura D.6, poderemos verificar se o astro está ou não visível no céu noturno e assim preencher os dados do formulário para pedido de tempo no site do TnE. Para obtê-las basta clicar com o botão direito sobre o nome do astro e uma tela como a da Figura D.6 será executada.

SOLICITANDO O USO DE TELESCÓPIOS DO TnE

Devemos agora solicitar o uso do telescópio acessando a página do projeto TnE⁶⁷. Entre as várias opções disponíveis, nesse Tutorial sugerimos escolher o telescópio Argus, instalado no OAM do IAG/USP⁶⁸.

Para ter acesso às informações específicas sobre as observações com o Argus, você deve clicar na imagem do telescópio, que aparece no ícone que se encontra parte superior à esquerda, conforme ilustrado na Figura D.7.

⁶⁷ <http://www.telescopiosnaescola.pro.br/>

⁶⁸ <http://www.observatorio.iag.usp.br/>

Figura D.7: Página inicial na web do projeto TnE, com destaque para o Telescópio Argus, do IAG/USP.

Agora na página do Telescópio Argus, devemos procurar o *link* que permite o acesso aos dados do instrumento. Ajudando assim na escolha das configurações para nossa observação, como por exemplo, os tipos de filtros utilizados.

FiguraD.8: Página do telescópio Argus – OAM – IAG/USP.

Clicando em “Detalhes Técnicos” (Figura D.8) podemos ver:

- As coordenadas geográficas da cidade em que se encontra o observatório.
- A descrição do equipamento.
- As configurações óticas disponíveis.

Agora devemos clicar em “Solicitar Telescópio”, que nos leva às instruções de preenchimento de um formulário, que deverá ser encaminhado por um e-mail⁶⁹ com todos os dados solicitados.

Em resposta, a equipe do TnE encaminha um e-mail para o solicitante, confirmando o agendamento e enviando novas instruções.

Vale lembrar que para o preenchimento completo do formulário devem ser fornecidas as coordenadas dos objetos a serem observados. Tais coordenadas são obtidas auxílio de cartas celestes ou com o uso de *software*, como foi visto no início deste tutorial.

Agora basta ter um computador com acesso a *Internet* para proceder à observação remota. A melhor maneira de se comunicar com o observatório durante uma observação remota é via *Skype*, que permite uma conferência *web* durante a sessão de observação para que você seja instruído na coleta de imagens astronômicas pelo técnico de plantão no observatório.

De acordo com o que vimos no Capítulo 5 (Aula 3), o armazenamento da imagem coletada por meio do TnE pode ser feito de duas formas diferentes. Uma delas é mais indicada para a simples visualização da imagem (jpeg ou gif); enquanto que a outra adota um formato padrão de arquivos de dados (FITS), que é o mais indicado para se trabalhar com *software* de tratamento e análise de imagens, como veremos no Apêndice E, a seguir.

⁶⁹ O endereço de e-mail é indicado na página do TnE

APÊNDICE E: TUTORIAL PARA A UTILIZAÇÃO DO PROGRAMA SALSAJ

OBJETIVO

Este tutorial é dedicado ao usuário que pretende utilizar de forma básica o *software SalsaJ*, voltado para a atividade de medidas de dimensionamento das crateras lunares.

FERRAMENTAS

Desktop ou Notebook e acesso a Internet.

INTRODUÇÃO

Há uma grande variedade de *softwares* que possibilitam o trabalho com imagens, porém apenas alguns poucos são destinados ao uso com imagens astronômicas.

O SalsaJ é um programa que permite o tratamento das informações que são obtidas através de uma imagem astronômica do tipo *fits* que tem um cabeçalho com diversas e importantes informações sobre o objeto que foi alvo da observação, (identificação, coordenadas), o equipamento (telescópio, tamanho e escala do CCD) utilizado, e as condições observacionais (ângulo horário, tempo de exposição, qualidade das condições atmosféricas).

Com este tutorial iremos aprender como obter estas informações através do cabeçalho da imagem, como tratar minimamente a imagem e também utilizar algumas das ferramentas do Salsa J para que se possa dimensionar crateras posteriormente, utilizando os dados extraídos a partir da análise da imagem realizada com o programa. Esse roteiro foi inspirado na atividade prática “Medindo as dimensões das crateras lunares” proposta originalmente pela equipe HOU, sendo posteriormente adaptada para o TnE por Raquel Shida e Sérgio Scarano⁷⁰. Um tutorial para tal atividade, utilizando o software DS9, foi elaborado no âmbito da disciplina de graduação AGA0317, do IAG/USP⁷¹.

⁷⁰ <http://www.telescopiosnaescola.pro.br/crateras.pdf>

⁷¹ <http://www.astro.iag.usp.br/~aga0317/2008/atividades/manual.pdf>

O software SalsaJ

O SalsaJ é um *software* livre com interface amigável desenvolvido para o projeto EU-HOU⁷², sendo de fácil instalação e utilização.

O grupo de estudantes com que se pretende trabalhar imagens astronômicas pode facilmente dominar o uso dessa poderosa ferramenta, tratando-se de um tipo de tarefa que encontra grande similaridade com o trabalho de astrônomos profissionais.

Passamos agora ao procedimento de instalação e utilização do *software*.

Você deve acessar o seguinte endereço: <http://www.euhou.net/> e clicar sobre a imagem onde está escrito *software*, como mostra a Figura E.1.

Figura E.1: Reprodução da página do projeto EU-HOU indicando o link para o *software* SalsaJ.

Assim temos acesso à página que contém diversas informações sobre como “baixar” o arquivo de instalação do programa.

No *menu* superior (mostrado na Figura E.2), é possível verificar através de bandeiras, cada país participante do projeto no continente europeu. Você pode, por exemplo, escolher a página do projeto em Portugal, clicando sobre sua bandeira⁷³.

Escolhendo a página portuguesa do EU-HOU você pode conhecer o material produzido pelo projeto em língua portuguesa, contudo o programa não está

⁷² European Hands on Universe

⁷³ O processo de instalação não difere em função do idioma do país.

traduzido completamente (até o presente momento). Dessa forma, no presente trabalho optamos por usar na versão em inglês.

Figura E.2: Página para acesso à instalação do programa SalsaJ. No topo são indicados os ícones (bandeiras) que se referem ao idioma da página, que traz a versão do programa correspondente àquele idioma.

No centro da tela temos as opções mais recentes para instalação nos sistemas operacionais que precedem o arquivo, escolha a opção que não traz imagens associadas.

A instalação é bem simples bastando poucos minutos para ser efetuada com sucesso, depois que você baixar o arquivo vá até a pasta de destino escolhida, clique sobre o arquivo **SalsaJ_with_macros_2_21_windows_installer**, por exemplo, e o próprio programa já lhe informará como finalizar a instalação⁷⁴.

Agora clicando sobre o ícone gerado na área de trabalho do seu computador veremos a interface normal do programa, que a cada arquivo aberto gera um arquivo de *log* que guarda as informações das ações realizadas pelo programa.

Estando o programa aberto, você deve clicar sobre *file > open* e escolha o arquivo do tipo *fits* que você obteve durante as aulas de observação. Veja na Figura E.3 a interface do programa, bem como a lista de arquivos a serem escolhidos.

⁷⁴ O nome do arquivo pode variar em função do sistema operacional escolhido.

Figura E.3: Interface do programa SalsaJ e tela de opções para selecionar qual arquivo será aberto.

Uma vez aberto o arquivo, poderemos visualizar a imagem que trabalharemos (Figura E.4), a qual se parecerá em muito com qualquer outro tipo de imagem, porém o arquivo *fits* não pode ser aberto com programas comuns de visualização de imagens dos tipos *gif* ou *jpeg*, como dito anteriormente. Agora poderemos verificar as informações que nos interessam através do cabeçalho do arquivo (Figura E.5).

Figura E.4: Exemplo de arquivo tipo *fits* aberto.

Para acessar o cabeçalho da imagem devemos clicar em *image > show info* e teremos as informações técnicas da nossa imagem.

Figura E.5: O cabeçalho da imagem correspondente à Figura E.4.

Também podemos encontrar algumas informações importantes, sem necessariamente ter acesso ao cabeçalho do arquivo, basta clicar em *image > properties*. (Figura E.6).

Informações como largura e altura da imagem selecionada são mostradas, assim como a unidade de comprimento.

Figura E.6: Propriedades da imagem.

Agora passamos ao procedimento que nos permite medir uma cratera ou qualquer outra estrutura da nossa imagem, na escala *pixel*.

O primeiro passo é ajustar, quando necessário, o contraste e o brilho da imagem (Figura E.7), para melhor visualizar o que se pretende medir e para isso devemos clicar em *image > adjust > brightness/contrast*.

Figura E.7: Indicando o caminho para ajustar o brilho e o contraste da imagem.

Figura E.8: Ajustando o brilho e o contraste da imagem.

Você pode variar os valores de brilho e contraste de acordo com a sua imagem, preocupando-se apenas em destaca a cratera que deseja medir (Figura E.8).

Figura E.9: Traçando linhas no centro da cratera.

Na sequência você deve selecionar a ferramenta *Straight Line Selection* (Figura E.9) para desenhar uma linha reta que passe pelo centro da cratera que você escolheu. Se necessário coloque um *zoom* na imagem para desenhar a linha corretamente.

Na Figura E.10 vemos uma linha (em amarelo) desenhada sobre uma cratera selecionada.

Depois de desenhar a linha você deve clicar em *analyze > measure* (Figura E.11) e assim mediremos o comprimento de cada uma das linhas que desenhamos. É necessário traçar mais de uma linha, basta repetir *analyze > measure* para cada linha desenhada. Assim geramos uma tabela com todas as medidas como vemos na Figura E.11.

Figura E.10: Traçando linhas no centro da cratera.

Figura E.11: Ferramenta de medida.

Assim geramos uma tabela com todas as medidas como vemos na Figura F.12. Note-se que o fornecimento das medidas com três casas decimais é irreal, dada a impossibilidade de se medir frações de pixels tão pequenas. É importante salientar aos estudantes que uma aproximação para até 1 casa decimal é plenamente aceitável (e mais adequada) para indicar a acurácia da medida.

 The image shows the 'Results' window in SalsaJ. It contains a table with 6 columns: Mean, Min, Max, Angle, and Length. There are 10 rows of data, numbered 1 to 10 in the first column.

	Mean	Min	Max	Angle	Length
1	1263.538	970	1466	9.211	37.924
2	1256.079	977	1466	1.591	36.673
3	1195.162	1063	1466	-19.440	36.056
4	1270.083	1137	1466	30.964	34.986
5	1295.857	1071	1485	11.634	33.993
6	1256.083	1007	1466	-1.637	35.358
7	1242.833	1076	1466	-13.241	35.434
8	1174.139	1021	1344	-19.983	35.207
9	1190.378	1021	1439	-22.989	35.540
10	1194.946	1021	1466	-20.925	35.901

Figura E.12: Resultados de cada medida em pixels (*length*).

Agora para utilizarmos nossos dados na estimativa das crateras temos que gerar uma média entre os dados obtidos. Para isso o professor deve ensinar aos seus alunos conceitos de média e desvio padrão.

Além disso, quanto maior o número de medidas melhor será nosso resultado.