UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE FÍSICA
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física
Mestrado Profissional em Ensino de Física

O aprendizado da Astronomia e das ciências afins com a mediação da observação rudimentar e da imagem astronômica

Camila Riegel Debom

Porto Alegre
2010

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE FÍSICA
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física
Mestrado Profissional em Ensino de Física

O aprendizado da Astronomia e das ciências afins com a mediação da observação rudimentar e da imagem astronômica*

Camila Riegel Debom

Dissertação realizada sob orientação do Prof. Dr. Basílio Xavier Santiago, apresentada ao Instituto de Física da UFRGS como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Porto Alegre
2010

* Trabalho parcialmente financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)

Dedico este trabalho à memória de meu avô,
Alfredo Ovalhe Marques, com quem resolvi muitas
contas difíceis na lousa e também à minha preciosa nona,
Irina Debom Marques, minha primeira aluna.

AGRADECIMENTOS

A todos os professores que tive na vida, em especial ao orientador deste trabalho, Basílio Xavier Santiago, pela dedicação, paciência e amizade com que sempre me orientou, desde os tempos de bolsista de extensão.

Ao meu pai, Nilton Debom, de quem herdei as ideias mais brilhantes que já tive e quem sempre me ajudou na construção dos experimentos e aparatos de demonstração mais exóticos com sua inteligência, sagacidade e engenhosidade singulares.

À minha mãe, Sandra Maria Riegel Debom, por me alfabetizar e me ensinar álgebra e pelo incentivo aos estudos, à leitura, à cultura e ao magistério e ainda pelas impressões de última hora e pelas infinitas listas de compras na livraria.

Ao meu namorado, Rudolf Ghysio Schaarschmidt, pela motivação, compreensão e também por todos os serviços de informática prestados nas horas mais oportunas.

Aos astrônomos Claudio Miguel Bevilacqua e Eduardo Luiz Damiani Bica, que sempre foram incentivadores e me ensinaram muito do que aprendi sobre Astronomia até hoje.

Aos meus queridos alunos, sem os quais minha profissão não teria sentido.

À minha família – em especial às minhas tias – por todo o apoio, incentivo e compreensão.

À minha amiga Marlone Heliara Hünnig Bom, sempre incentivadora e conselheira.

Aos meus colegas do curso de mestrado, especialmente a Lisete Funari Dias e Camilla Lima dos Reis pelo companheirismo.

Ao Observatório Educativo Itinerante por todo o suporte na realização dos cursos.

À professora Thaisa Storchi-Bergmann pelo empréstimo do espectrógrafo de mão.

RESUMO

Apresentamos o planejamento, desenvolvimento e aplicação de uma proposta de curso de extensão em Astronomia, dividido em módulos e oferecido a estudantes de ensino médio visando a aprendizagem da Astronomia e das ciências afins a partir da observação rudimentar e da imagem astronômica. A confecção do material didático destinado ao curso e a elaboração das aulas tiveram por base a teoria da mediação de Lev Vygotsky e a epistemologia de Stephen Toulmin. O projeto incluiu a realização de uma experiência piloto, da qual foram extraídos subsídios para seu aperfeiçoamento. Apresentamos aqui o relato desta experiência e de seus resultados, bem como o desenvolvimento e aplicação de uma segunda versão do curso e dos resultados obtidos. Como instrumentos de avaliação foram utilizados pré e pós-testes idênticos. Da análise destes instrumentos, verificamos um aumento no número absoluto de acertos de cerca de 55% na avaliação, com relação à avaliação prévia, na segunda implementação do curso. Esse resultado, conjuntamente com a análise qualitativa dos comentários feitos pelos estudantes concluiu-se que a utilização da imagem astronômica e a observação rudimentar com fins didáticos é viável e frutífera. Como produto educacional desta dissertação confeccionamos um CD com o conteúdo das aulas, que acompanha guias ao professor que queira replicar a experiência.

Palavras-chave: Astronomia, imagem astronômica, ensino de física.

ABSTRACT

We present an outreach course in Astronomy and related sciences at high school level, describing its planning, development and application. The course is modulated and uses elementary astronomical observation and images as its basic learning tools. The didatic material for the project and the lecture grid are based on Lev Vygotsky mediation theory and the epistemology be Stephen Toulmin. The project involved an initial test course, from which we extracted subsidies for its improvement. We describe this initial experience and its results. We also describe the application of the second version of the course. Identical pre and post course tests we used to assess the impact of both versions and led to a final 55% improvement in the rate of correct answers, on the second version of the course. This result, along with the qualitative analysis of the comments made by the students, shows the importance of astronomical images and observations as teaching tools. Finally, the course is detailed out in a CD containing not only the material developed for the lectures, but also a guide to other teachers who wish to apply it in their classes.

Keywords: Astronomy, astronomical image, teaching of Physics.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO …..... 9
2 ESTUDOS RELACIONADOS …..... 13
3 MARCO TEÓRICO …..... 17
4 PROCEDIMENTOS …..... 20
4.1 DESENVOLVIMENTO DO MATERIAL E PLANEJAMENTO DAS AULAS 20
4.2 REALIZAÇÃO DA EXPERIÊNCIA PILOTO …..... 26
4.3 RESULTADOS DA EXPERIÊNCIA PILOTO …..... 43
4.4 ALTERAÇÕES NA PROPOSTA PARA SEGUNDA APLICAÇÃO …..... 51
4.5 REALIZAÇÃO DA SEGUNDA VERSÃO DO CURSO …..... 52
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO …..... 62
6 CONCLUSÕES …..... 68
7 REFERÊNCIAS …..... 70
APÊNDICE A – CD que desenvolvemos com o conteúdo das aulas do curso em sua última versão, apresentações utilizadas em aula, vídeos, simulações, etc que compõem o produto educacional deste trabalho..... 74
APÊNDICE B – Questionário aplicado na implementação piloto do curso..... 75
APÊNDICE C – Questionário aplicado na segunda implementação do curso..... 77
APÊNDICE D – Roteiro de utilização do software *Stellarium* na primeira aula do Curso..... 79
APÊNDICE E – Roteiro de utilização do software *SalsaJ* para combinação de imagens obtidas com diferentes filtros e composição de uma imagem em cores..... 80
APÊNDICE F – Roteiro para realização da atividade de simulação de observação Remota..... 81
APÊNDICE G – Roteiro da atividade de utilização do *Cybersky* na quinta aula do Curso..... 82
APÊNDICE H – Roteiro de realização da atividade sobre a expansão cósmica..... 84
APÊNDICE I – Exemplo de questionário sobre os planetas utilizado em atividade na sétima aula do curso..... 85

APÊNDICE J – Roteiro de utilização do software *SalsaJ* para determinação das dimensões de uma cratera lunar..... 86
APÊNDICE K – Roteiro de utilização do software *SalsaJ* para determinação do tamanho de uma protuberância solar..... 87

1 INTRODUÇÃO

É fato que a sociedade em que vivemos vem sendo fortemente influenciada pela tecnologia e que os avanços tecnológicos atuais beneficiam, ainda que de forma bastante desigual, praticamente todas as pessoas. No entanto, apenas uma minoria ínfima, até o presente momento, foi capaz de apropriar-se do conhecimento científico que embasa a tecnologia, proporcionado essencialmente pelas ciências básicas e exatas, tais como a Física, a Química e a Matemática.

Desde o final do século passado a informação tornou-se artigo acessível e no campo da educação de ciências há uma proliferação de sítios educativos disponíveis na rede mundial de computadores (e. g. *www.brasilescola.com*, *www.coladaweb.com*, etc.)**.** No entanto muitos destes contêm dados desatualizados e, inclusive, incorretos. Deste modo, torna-se um desafio para aqueles que trabalham com a formação e divulgação científicas lidar com os preconceitos e/ou falhas de conceitos que os alunos trazem consigo em função da acessibilidade da informação. Nesse plano a área da Astronomia sofre de forma particular com os efeitos do desequilíbrio entre informação e formação, dado o grande interesse que desperta de forma intrínseca.

A Astronomia é uma das ciências mais antigas, cujo desenvolvimento começa cerca de 600 a. C. com Tales de Mileto, na Grécia antiga (Kepler e Saraiva, 2000) e nos dias de hoje continua sendo uma ciência que particularmente interessa ao ser humano, basicamente por dois motivos:

1 – O fato de a Astronomia lidar com escalas de tamanho, distância, tempo e energia incomparáveis com a experiência cotidiana

2 – A existência de uma interface comum e acessível entre o cidadão e a Astronomia: o céu noturno, que por si só representa objeto de admiração e de apelo ao imaginário.

. No entanto, o ensino formal de Astronomia nas salas de aula brasileiras se resume à aprendizagem mecânica dos movimentos da Terra, do Sistema Solar e das leis de Kepler, tais como são conhecidos hoje, sem mencionar todo o processo de desenvolvimento científico transcorrido até que tais conhecimentos fossem aceitos, como atualmente são.

Tal realidade é dissonante do que propõem os parâmetros curriculares nacionais de 1998:

> *[...] iniciar o estudo de corpos celestes a partir de um ponto de vista heliocêntrico, explicando os movimentos de rotação e translação, é ignorar o que os alunos sempre observaram. Uma forma efetiva de desenvolver as ideias dos estudantes é proporcionar observações sistemáticas, fomentando explicitação das ideias intuitivas, solicitando explicações a partir da observação direta do Sol, da Lua, das outras estrelas e dos planetas. A mediação do professor será benéfica quando ajudar o próprio estudante a imaginar e explicar aquilo que observa, ao mesmo tempo em que torne acessíveis informações sobre outros modelos de Universo e trabalhe com eles, quando for o caso, os conflitos entre as diferentes representações.*

O fato é que muito embora tradicionalmente a Astronomia venha sendo abordada por professores de Geografia, a formação desses professores não é suficiente para exercer a tarefa. Em alguns cursos de licenciatura em Geografia a disciplina de Introdução à Astronomia não é obrigatória (UFRGS, FURG) e em outros tampouco é oferecida como optativa (UFSM, UFPEL). Isso faz com que a abordagem à Astronomia na escola seja frustrante e até perigosa, pois não estimula ou satisfaz o questionamento e a crítica. Ao não estimular ou satisfazer o questionamento e a crítica, o conhecimento científico é apresentado como, no mínimo, algo extremamente abstrato, podendo parecer, inclusive, uma forma de dogmatismo autoritário.

Ainda que haja iniciativa de se fazer uso do telescópio como recurso didático (e. g. Telescopes in Education, Telescópios na Escola), este é um processo deveras lento, devido a uma série de fatores, sendo alternativa para o educador trabalhar com a imagem astronômica, mesmo desvinculada do processo observacional, como instrumento que estimule o aprendizado de forma mais compatível com e próxima do fazer científico.

Nesta dissertação relatamos a experiência de elaboração e realização de uma atividade do tipo extra-curricular abordando a temática da Astronomia preocupando-se em mostrá-la, tal como é, uma ciência viva e em construção. Procuramos utilizar metodologias inovadoras e motivadoras, visando à construção do conhecimento consciente, à interação do indivíduo com o conhecimento e ao compartilhamento de significados.

Tomou-se a utilização da observação rudimentar e das imagens astronômicas como elemento guia para o desenvolvimento das componentes da atividade extra-curricular que teve como público alvo alunos do Ensino Médio do município de Guaíba. A atividade foi realizada em duas versões: uma em caráter piloto e outra com a implementação de modificações a partir dos resultados obtidos com a versão piloto.

Nessa atividade visou-se à apresentação dos tópicos comumente discutidos nas aulas do ensino tradicional de uma forma inovadora e bem fundamentada teórica e

epistemologicamente para que o aprendizado dos conceitos de Astronomia e Astrofísica do educando não fosse só restrito ao pouco ou falho conhecimento apresentado pelo professor licenciado em Geografia durante o Ensino Fundamental, e menos ainda um aprendizado mecânico, sem interação entre aqueles que devem participar ativamente do desenvolvimento cognitivo do aprendiz: ele próprio, o professor, os colegas e o meio em que o aprendiz se insere.

Consideramos que a utilização da imagem astronômica é uma possibilidade que deve ser explorada, especialmente pelo fato de estarmos inseridos em uma sociedade que valoriza o apelo visual nas mais diversas formas de comunicação e informação. Nesse aspecto, basta que façamos uma análise superficial dos livros didáticos de Física para encontrarmos capas elaboradas com imagens de nebulosas, textos acompanhados de desenhos esquemáticos, histórias em quadrinhos ilustrando situações físicas e, principalmente, muitas fotos da natureza. Nosso trabalho de utilização da imagem astronômica, de certo modo, vem para acompanhar essa necessidade do contato visual e da ilustração, mas mais que isso, para ressaltar a possibilidade da produção de conhecimento a partir desse contato.

De um modo mais específico, nas aulas da atividade extra-curricular buscamos que o aprendiz compreendesse como começou o estudo da Astronomia, a importância das observações astronômicas, bem como da Astronomia de posição, desde a antiguidade até os dias de hoje. Também objetivou-se que o aluno, em sequência

- partisse da interface conhecida e familiar, o céu, experimentando a sua observação e vivenciando seus movimentos.
- vivenciasse, ainda que rudimentarmente, a ferramenta de obtenção do conhecimento atual, pela observação ocular ao telescópio.
- fosse familiarizado com o dado final que essa ferramenta produz em sua versão contemporânea e profissional, em especial com as imagens astronômicas.
- fosse capaz de reconhecer os principais objetos astronômicos e a assimilar alguns conceitos básicos sobre eles, com consequente estímulo ao início/continuidade do aprendizado de ciências básicas, ligadas à Astronomia, como a Matemática, a Física, a Química e a Geografia.

Ambas as realizações da atividade extra-curricular proposta se deram no turno inverso das aulas regulares em escolas da rede particular de ensino de Guaíba, cujo público é de alunos de classe média, com acesso aos recursos de tecnologia e comunicação atuais e nos

dois casos, a participação dos alunos era facultativa, não sendo a atividade obrigatória, de modo que nossa clientela era majoritariamente já interessada pelo estudo de ciências.

O material utilizado nas aulas é constituído de um CD contendo as aulas sob a forma de texto ilustrado, bem como vídeos, animações, apresentações e também roteiros de atividade de simulação computacional. O CD é o produto educacional de nosso trabalho, existindo na versão que distribuímos aos alunos e também em uma versão para professores, que é complementada com notas instrucionais direcionadas aos mesmos. Espera-se que esse CD possa ser utilizado por outros professores que desejem desenvolver atividades semelhantes, agregando valor ao nosso trabalho.

No processo de elaboração da atividade, bem como dos materiais didáticos associados, teve-se como referências a epistemologia de Stephen Toulmin e a teoria da mediação de Lev Vygotsky e estas serão apresentadas na seção destinada a tal.

Adicionalmente será discutida toda a elaboração das aulas e do material da versão piloto, bem como os procedimentos adotados durante a realização desta e os resultados e conclusões a que se pode chegar com a implementação desta versão preliminar, os quais permearam a realização de alterações pertinentes antes da nova implementação do curso, a qual também será descrita nesta dissertação.

2 ESTUDOS RELACIONADOS

Nesta seção apresentamos alguns trabalhos que, sob certa ótica, têm relação com o que abordamos nesta dissertação. Foi feita uma pesquisa bibliográfica acerca dos artigos publicados pelos periódicos nacionais nos últimos dez anos e também dos trabalhos de conclusão do programa de pós-graduação em Ensino de Física UFRGS. Os trabalhos que apresentamos nesta seção caracterizam-se por alguma semelhança com o que desenvolvemos, mas também por suas diferenças com relação ao que propomos e julgamos pertinente à discussão sobre esses em particular.

Muitos trabalhos apresentam a Astronomia como um tema potencialmente motivador para os estudantes, e.g., Mees (2004), Kemper (2008) e há alguns outros que apresentam formas de abordar a ciência astronômica a partir de práticas diversificadas, fugindo do ensino tradicional, e.g., Lattari e Trevisan (2001), Silva et al. (2008). Há também entre os trabalhos pesquisados o de Faria e Voelzke (2008) que destacamos por discutir sobre a forma como a Astronomia vem sendo abordada pelos professores em sala de aula e outros que dão grande importância ao estudo da luz como fonte de informação na Astronomia tais como o de Catelli e Pezzini (2002) e o de Schmitt (2005). Apresentando de forma mais detalhada os trabalhos que analisamos, entramos primeiramente naqueles que apresentam a Astronomia como potencialmente motivadora para o ensino de ciências:

Kemper (2008) julga como pertinente a inserção dos conteúdos de Astronomia no Ensino Médio pois, afirma o autor, estes são de grande interesse do público jovem uma vez que é notória a motivação por parte dos aprendizes deste nível quando tais conteúdos são abordados. Além disso, é ressaltada (ibid.) a possibilidade de utilização de vídeos como recurso didático para a aprendizagem de Astronomia, em especial dos tópicos de mecânica.

À luz da ideia de que a Astronomia é um tema motivador para os estudantes aprenderem ciências, concordamos com o que é argumentado no trabalho, mas o que propomos se diferencia, pois os tópicos abordados não se atém a um ramo da física como a mecânica, mas abrangem esta, o eletromagnetismo, a termodinâmica, a física moderna, etc.

Já Mees (2004) propõe a utilização da Astronomia como tema motivador aos alunos da 8ª série do Ensino Fundamental argumentando que o primeiro contato dos indivíduos com a Física que se dá justamente nesse período deve prezar por apresentar tópicos menos abstratos

que a cinemática, geralmente objeto de estudo durante a 8ª série. Este trabalho se distingue do nosso inclusive pelo público alvo, mas compartilhamos a afirmação de que a Astronomia é apaixonante e que pode-se realizar constatações científicas importantes sobre o conhecimento astronômico a partir de observações de fenômenos cotidianos tais como a própria sucessão dos dias e das noites e das estações do ano. Assim como Kemper (2008), Mees (2004) aborda majoritariamente tópicos inseridos na mecânica, mas vai além, fazendo considerações sobre a luz, as galáxias e o Universo.

A respeito do ensino de Astronomia nas escolas, Faria e Voelzke (2008) analisaram se e como a Astronomia vem sendo abordada nas salas de aulas. Muito embora o trabalho dos autores restrinja-se apenas a uma comunidade estudantil específica, não julgamos extrapolativa a conclusão de que a realidade mostrada em sua publicação (ibid.) seja também verificada na grande maioria das comunidades estudantis, inclusive a que nosso público alvo se insere. Sobre o que obtiveram com sua pesquisa, os autores comentam

> *A grande maioria dos professores concorda que tópicos de astronomia têm uma grande influência na formação do aluno do ensino médio, pois com esse conhecimento o aluno passa a entender e compreender a origem e o desenvolvimento do Universo e em particular o planeta Terra.*

Compartilhamos a visão dos professores que participaram da pesquisa descrita por Faria e Voelzke (2008) e concordamos também com a visão de que é necessário um esforço real em mais de um âmbito para que tópicos de Astronomia figurem de fato nas salas de aulas.

A utilização de técnicas diversificadas no ensino de Astronomia e das ciências afins é defendida por Silva et al.(2008) que propõe a construção de maquete tridimensional de constelações como abordagem aos conceitos básicos sobre Astronomia de posição, transformação de coordenadas e geometria e trigonometria elementares, afirmando que tal atividade é motivadora inclusive pelo fato de as constelações estarem incorporadas à cultura popular. Em seu trabalho (ibid.), parte-se do céu para o entendimento de diversos conceitos em Astronomia, apresentando uma visão que compartilhamos no presente trabalho, de que o céu é uma interface cotidiana que deve ser usada como recurso didático. Uma leitura nossa dessa afirmação é que para explorar o céu como recurso didático pode-se inclusive lançar mão da reprodução deste em computador, permitindo observações do céu de diversos locais, de diversas datas, numa mesma aula.

A apresentação do sistema equatorial de coordenadas que se poderia fazer quando se

aborda a posição das estrelas no céu não é feita por Silva et al. (2008), assim como não é feita no presente trabalho.

Saito e Baptista (2001) apresentam uma possibilidade diferenciada de abordagem à Astrofísica no Ensino Superior que, de certo modo, não se relaciona com a nossa proposta pelo nível de ensino. No entanto, quando propõem (ibid.) a construção de um diagrama H-R de aglomerado aberto de estrelas imageado pelos próprios alunos e aproveita as peculiaridades do processo de obtenção das imagens para promover aprendizado de Astrofísica, acaba por - em outro nível - usar a imagem como recurso didático, bem como propomos, obviamente com o devido acréscimo de complexidade a que faz jus o estudo da Astrofísica em nível superior.

Lattari e Trevisan (2001) trazem a possibilidade de abordar a Radioastronomia no Ensino Básico a partir do estudo deste ramo específico da Astronomia. Muito embora o trabalho dos autores seja apenas uma sugestão de abordagem a conceitos de ciências que se podem relacionar com a radioastronomia, acreditamos que este é um estudo que conversa com nossa proposta, justamente por sugerir a apresentação da luz como complexa fonte de informação e de vários conceitos envolvidos no processo de obtenção do dado astronômico final. Adicionalmente, (ibid.) propõem uma atividade prática de construção de um captador de ondas de rádio.

Incluído nos trabalhos que ressaltam a importância do estudo da luz como fonte de informação astronômica destacamos o de Catelli e Pezzini (2002) que sugerem a construção de um espectrógrafo e a sua utilização para observação de espectros luminosos em sala de aula com materiais de uso comum. Os autores propõem a realização de uma atividade diversificada, mas acima disso, discutindo a natureza da luz e ressaltando a necessidade de conhecê-la para que se possa obter informações através dela:

> *"A natureza da luz sempre intrigou a todos os que se dedicaram a seu estudo. Compreendê-la equivaleria a ter acesso à grande parte dos segredos do mundo"*

O nosso trabalho diferencia-se deste, pois, apesar de fomentar o entendimento do conceito de luz, também discutimos outras diversidades subjacentes ao estudo deste, tais como a importância da atmosfera, o processo de obtenção das imagens astronômicas, a utilização de filtros, etc.

Outro trabalho que dá considerável importância ao estudo da luz para o ensino de

Astronomia é o de Schmitt (2005) que relata a implementação de uma proposta baseada na abordagem de tópicos de Astronomia para a aprendizagem de muitos conceitos relevantes dentro deste ramo da física que o autor julga como um dos que mais exerce atração sobre as pessoas. A partir da Astronomia, o autor (ibid.) explora temas infelizmente ainda pouco discutidos no Ensino Médio, como o espectro eletromagnético, a radiação de corpo negro, a dualidade onda-partícula, entre outros. Consideramos o trabalho em questão bastante relevante frente à nossa proposta, uma vez que a Astronomia é o tema central, aborda-se também tópicos pouco presentes nas salas de aula e dá-se grande ênfase ao estudo da luz que como sabemos, está intimamente relacionada com a imagem astronômica que é um dos recursos didáticos cujo uso buscamos privilegiar.

Outros pontos a serem levantados sobre o trabalho de Schmitt (2005) é a utilização de recursos computacionais tais como simulações de computador e apresentações, igualmente bastante explorados por nós e além disso, a realização de atividade prática de observação de espectros que, como autor, também desenvolvemos visando à abordagem do modelo atômico de Bohr, das leis de Kirchhoff e, principalmente, a forma de obtenção de informações através da espectroscopia.

3 MARCO TEÓRICO

Para determinar a metodologia de abordagem dos conceitos e a produção do material que foi utilizado na implementação do presente projeto tivemos como referências a epistemologia de Stephen Toulmin e a teoria da mediação de Lev Vygotsky.

O inglês Stephen Toulmin foi um moderno filósofo da ciência cujas ideias apresentam potenciais implicações para o Ensino de Ciências. O ponto central de sua obra é um modelo de evolução para os conceitos análogo à teoria da evolução das espécies proposta por Charles Darwin, definindo inclusive o conceito de populações conceituais.

Toulmin concebe a evolução do conhecimento como melhor descrito pela ação perene do espírito crítico (apud Ariza e Harres, 2002) e admite que os conceitos são o fator preponderante para a compreensão humana (apud Moreira, 2005). Mais que isso, que o desenvolvimento de conceitos determina a evolução histórica do conhecimento. Toulmin admite ainda que cada indivíduo pensa por si próprio, à sua maneira, compartilhando o que é comum a todos os indivíduos de uma sociedade, os conceitos.

A abordagem toulminiana (ibid.) assume que os conceitos têm em si três aspectos: linguagem, representação e aplicação, e que pode haver mudança em qualquer desses aspectos ao se enfrentar problemas científicos, sendo que os conceitos devem ser pertinentes e aplicáveis, e as inovações conceituais responsáveis por mais aplicabilidade e pertinência aos conceitos.

O indivíduo, segundo Toulmin (ibid.), compreende aplicando conceitos e os modificando de maneira a representar melhoras ao repertório comum de conceitos que aprendemos, os quais refletem formas de vida e de pensamento, de compreensão e expressão da sociedade em que vivemos. A cada nova geração, nossa herança cultural se recria a partir de processos de enculturação, inclusive pela educação formal.

Para o desenvolvimento da presente proposta, adotamos como elemento norteador da epistemologia toulminiana o fato de que o desenvolvimento da ciência só ocorre se as inovações conceituais transitórias não se deixarem morrer, admitindo que os indivíduos exercem tanta influência no desenvolvimento da ciência, quanto em qualquer outro âmbito da vida humana. Levamos esta chave para abordar todo o desenvolvimento pelo qual os conceitos da Astronomia e das ciências afins perpassaram, reconhecendo que os conceitos de

uma disciplina são introduzidos independentemente, em momentos e para propósitos distintos e só sobrevivem porque ainda são usadas suas funções originais ou porque adquiriram outras novas.

Além do supracitado, pelo caráter interdisciplinar de nosso trabalho, concordamos com Toulmin sobre sua afirmação de que a divisão do ensino em disciplinas é resultado do autoritarismo intelectual de hoje.

No que se refere à teoria de ensino que adotamos, o sociointeracionismo do russo Vygotsky propõe que a linguagem e o pensamento são processos interdependentes e, portanto relacionados, embora com origens distintas. Para Vygotsky (apud. Rosa, 2005), a unidade fundamental do *pensamento verbal* é o significado – ferramenta para o intercâmbio social. Ou seja, para que o indivíduo aprenda é essencial o compartilhamento de significados no meio em que está inserido e os significados têm papel fundamental na visão vygotskyana, pois estabelecem uma relação com a formação dos conceitos – e, segundo ele, esse processo só começa a ocorrer na adolescência.

De acordo com Vygotsky (apud Moreira, 1999), o desenvolvimento cognitivo do aprendiz é dependente do contexto social em que se insere, tratando-se da conversão em funções mentais das relações sociais, sendo a interação social o processo que faz a mediação dessa conversão. Uma das implicações da abordagem vygotskyana para o ensino são dois conceitos-chave desenvolvidos por Vygotsky (apud Rosa, 2005) – o conceito de zona de desenvolvimento real e o de zona de desenvolvimento proximal. O primeiro compreende as habilidades já dominadas pelo sujeito enquanto o segundo compreende as habilidades que o sujeito é capaz de dominar com a assessoria de um adulto ou de alguém mais experiente. Para a ocorrência do desenvolvimento cognitivo do aluno, este deve ser convidado a trabalhar dentro da sua zona de desenvolvimento proximal. Ou seja, o professor precisa propor ao aluno atividades que seja capaz de realizar com a ajuda de um parceiro mais capaz, mas que ainda não consegue realizar sozinho. As habilidades nas quais as crianças apresentam sucesso na solução de problemas assistidos serão aquelas onde o sujeito poderá ter sucesso sozinho depois de algum tempo.

A importância da utilização da demonstração em sala de aula, sob a ótica da filosofia interacionista de Vygotsky ajuda a permear o desenvolvimento desta proposta, como já foi mostrado ser frutífero em outros trabalhos (Gaspar e Monteiro, 2005). Além das demonstrações, as demais implicações desta abordagem vygotskyana determinaram a busca

por atividades interativas, que pronunciassem questionamentos e dúvidas dos aprendizes para que fosse possível sua discussão. As atividades foram pensadas na tentativa de beneficiar a interação entre colegas a fim de buscar a compreensão dos fenômenos apresentados sob a perspectiva coletiva. Além disso, a proposta vygotskyana também esteve presente na adoção da linguagem para a exploração das temáticas, visando ao compartilhamento de significados.

4 PROCEDIMENTOS

4.1 DESENVOLVIMENTO DO MATERIAL E PLANEJAMENTO DAS AULAS

Por se tratar de uma proposta fortemente calcada na utilização do céu como recurso didático e também da imagem astronômica, idealizou-se a realização da atividade em um ambiente provido de computadores, no qual os alunos pudessem usufruir de recursos tais como simuladores de céu, animações, etc. A partir dessa ideia, confeccionou-se o material didático sob a forma de um CD do tipo *plug and play* contendo o material de apoio das aulas, o qual deveria incluir roteiros de atividades, instaladores de softwares, vídeos, apresentações e outros.

No apêndice A, trazemos o CD que desenvolvemos com o conteúdo das aulas do curso em sua última versão, as apresentações utilizadas em aula, vídeos, simulações, etc que compõem o produto educacional deste trabalho.

Para possibilitar a avaliação da implementação do curso, elaboramos um questionário composto de perguntas de múltipla escolha sobre os diversos conteúdos abordados no decorrer do curso. Este questionário foi aplicado no início do curso e ao término do mesmo para que verificássemos se houve a evolução conceitual que visávamos a promover.

Nos parágrafos a seguir, faremos uma breve discussão de ideias que estiveram sempre presentes para a composição do material e seleção do conteúdo de cada uma das aulas. Adicionalmente, tratamos de forma igualmente breve os objetivos que pretendíamos atingir em cada aula, os conteúdos abordados e algumas das estratégias de abordagem dos mesmos.

4.1.1 1ª aula

A estruturação do conteúdo se deu de modo que o aluno partisse da interface comum para compreender uma série de fenômenos que já foram desvendados há muito. Sendo assim a primeira aula do curso é de utilização do software gratuito de simulação de céu, o *Stellarium*, e para tal desenvolveu-se um roteiro aberto no qual os alunos procuram reconhecer algumas constelações, conjecturar sobre a posição dos astros não visíveis na tela, identificar os diferentes tipos de objetos visíveis no céu noturno, buscando vivenciar um pouco da

dinamicidade que apreciamos ao olhar para o céu à noite.

4.1.2 2ª aula

Depois do primeiro contato com o céu, faz sentido que o aluno compreenda sobre a obtenção de informação a respeito dos astros que estão no espaço, ou seja, neste momento buscou-se que o aluno compreendesse sobre a natureza da luz e visse-a como principal fonte de informação astronômica. Desse modo, esperamos que o estudante percebesse de forma subjacente a relação céu-luz-imagem.

A primeira noção sobre natureza da luz aborda seu caráter ondulatório, e procura responder a questões tais como "Por que as estrelas emitem luz?" ou ainda "Por que estrelas têm cores diferentes". Nesta aula aborda-se a existência de formas de luz às quais nossos olhos não são sensíveis e a importância dessas formas de luz, tais como raios-X e infravermelho, para a compreensão da existência de diferentes objetos e, consequentemente, diferentes processos físicos envolvidos em sua existência.

4.1.3. 3ª aula

Além da segunda aula, é preciso apresentar a natureza corpuscular da luz e a espectroscopia, pois ambas são muito importantes para a obtenção de informação sobre as fontes astronômicas. Naturalmente, para que o aluno chegue à complexa ideia do que são os espectros, ele precisa ser introduzido ao modelo atômico de Bohr e à noção de fóton e, nessa discussão sobre luz, apresentamos as Leis de Kirchhoff para que o aluno compreenda, nesta terceira aula, como se formam os espectros das fontes astronômicas. Mais que isso, as discutimos porque tais espectros carregam informações sobre essas fontes, sendo importante, inclusive, que o aluno observe com espectrógrafo espectros contínuo, de emissão e de absorção.

Ainda nessa aula explora-se conceitos tais como absorção e espalhamento da radiação, já deixando encaminhada uma discussão posterior sobre a atmosfera e sobre sua influência na obtenção de imagens de fontes astronômicas.

4.1.4 4ª aula

Discute-se o processo de obtenção da imagem astronômica, apresentando os tipos de telescópios, os detectores, os principais telescópios de que os cientistas dispõem. Nesta quarta aula é imprescindível a abordagem à luz como conjunto de fótons dada na aula anterior para que os aprendizes compreendam como funcionam os detectores CCD e a questão física envolvida na necessidade de imagens de calibração. Já que nesta aula apresenta-se os instrumentos ópticos, é natural que sejam explorados os telescópios espaciais, explicando o porquê de tais instrumentos estarem além da atmosfera terrestre. Daí dá-se ao aluno a visão da atmosfera como um filtro e, especialmente, reforça a ideia de que o estudo do espectro eletromagnético é muito importante para a obtenção de informação (imagem) na Astronomia.

4.1.5 5ª aula

Voltamos ao céu e, especialmente, à Astronomia de posição, usando um simulador de céu bastante conhecido – o *Cybersky* – e adotando um sistema de coordenadas propomos que o aluno, a partir de algumas observações sistemáticas, seja capaz de conjecturar a respeito dos principais movimentos da Terra e da Lua e suas consequências observáveis, tais como a duração do dia nas diferentes épocas do ano, para diferentes latitudes, o movimento aparente da Lua no céu, etc. Opta-se pela utilização do sistema horizontal de coordenadas, por simplicidade, mas apresenta-se ao aluno o conceito de equador celeste e de eclíptica, visando a facilitar a compreensão de certos fenômenos como a existência de estações do ano.

4.1.6 6ª aula

Os alunos são apresentados a um modelo de cosmos e, para tal, propõe-se perpassar pelos modelos cosmológicos antigos, debatendo o processo histórico de construção desses modelos, bem como a necessidade de bases teóricas e bases observacionais que sustentem um modelo de universo para que ele seja considerado válido. Muito embora esta aula não apresente relação direta com a imagem astronômica ou com a observação rudimentar, temos em mente que seria frustrante ofertar um curso de Astronomia que não abordasse a cosmologia e o Universo.

Nessa aula, o aluno tem contato com resultados recentes da Astrofísica tais como a

existência de energia e matéria escuras, dando a ideia de que a ciência não vive de verdades absolutas, mas de uma constante evolução conceitual.

4.1.7 7ª aula

É uma aula que aborda o Sistema Solar a partir do contato com imagens dos planetas e uma tentativa de induções sobre características dos mesmos a partir das imagens, familiarizando o aprendiz com as propriedades físicas que caracterizam os planetas, tais como temperatura superficial, densidade, aceleração da gravidade, etc. Nesta aula, discute-se também os corpos menores do sistema solar tais como os cometas, cuja observação é sempre alvo de interesse por parte dos alunos, os planetas anões, os asteroides e também satélites.

Esta aula lida com as vizinhanças da Terra no Universo e, por outro lado, com conceitos já conhecidos pelos estudantes em algum momento de sua vida escolar, portanto torná-la diferenciada é algo desafiador. Levar informações e construir uma noção correta de Sistema Solar para os alunos é algo que, necessariamente, talvez não exigisse a mediação da imagem ou da observação rudimentar, mas nesta aula a imagem é utilizada como motivadora.

4.1.8 8ª aula

Dentre os conteúdos relacionados à Astronomia que são objeto de estudo no Ensino Médio está a mecânica – as Leis de Newton, as Leis de Kepler, a gravitação universal – e ao mesmo tempo essa base teórica estabelecida há alguns séculos está de algum modo relacionada com um tópico de Astronomia bastante estudado recentemente que é a detecção de exoplanetas. A partir daí realizamos a abordagem às leis da mecânica iniciando com a apresentação de algumas imagens de exoplanetas obtidas e da exploração das técnicas de detecção destes corpos.

Nesta aula, visamos à compreensão da lei da gravitação e de sua relação com a distância entre os corpos, enfatizando seu caráter de ação à distância. Visamos também, daí já não relacionando com os exoplanetas, mas com os planetas, à compreensão das Leis de Newton e das Leis de Kepler.

Aplicamos o conteúdo de mecânica abordado na aula em exemplo consistindo de um sistema de dois corpos para determinar a velocidade orbital que o menor induz no maior.

Deste modo fechamos a aula com a determinação da velocidade orbital que Júpiter induz no Sol e retomando a possibilidade de se detectar estrelas orbitadas por planetas gigantes a partir da velocidade orbital que o planeta induz na estrela.

4.1.9 9ª aula

A vida e a morte das estrelas, bem como seus mecanismos de funcionamento são alguns dos tópicos mais interessantes do curso, justamente por apresentarem aplicação de diversos princípios físicos. Nesta aula, partimos de imagens de nebulosas, indagando dos aprendizes o que eles julgam estar representado fisicamente por tais imagens. A partir das ideias dos alunos sobre as imagens parte-se para uma discussão em ordem temporal, abordando os aspectos físicos do nascimento de uma estrela.

O processo de geração de energia no interior das estrelas é discutido, dando sentido à já familiar equação de Einstein $E=m.c^2$, mais que dar significado a uma equação, aproveita-se para diferenciar fusão nuclear e fissão nuclear, mencionando uma questão importante que é a geração de energia em usinas nucleares.

Ainda nesta aula, explora-se um pouco da estrutura do Sol, aproveitando a abordagem à estrutura estelar para discutir as formas de propagação do calor.

4.1.10 10ª aula

Além do nascimento das estrelas, dá-se ao aluno subsídios para compreender como as estrelas vivem e que fatores determinam seu tempo de vida. Apresenta-se o diagrama H-R e seu significado, tal como uma ferramenta de classificação das estrelas a partir de suas características físicas. Relaciona-se a posição das estrelas no diagrama H-R com suas características observáveis, assim como aborda-se as possibilidades de evolução estelar. É necessário que se evidencie a questão do equilíbrio termodinâmico e da necessidade de temperaturas extremamente altas para dar continuidade aos processos de fusão nuclear ao término do H no caroço para que o aluno entenda os estágios de evolução das estrelas, bem como as formas de morte delas.

Imagens são usadas como facilitadoras do processo de compreensão dos referidos estágios, ilustrando as fases a que se faz referência, tais como gigante vermelha, anã-branca,

etc. Nesta aula esquemas comparativos também são recursos dos quais lançamos mão, aliás, a apresentação do próprio diagrama H-R é esquematizada.

4.2 REALIZAÇÃO DA EXPERIÊNCIA PILOTO

A experiência piloto foi realizada no Instituto Educacional Dimensão, escola da rede privada de Ensino de Guaíba que existe há 20 anos na cidade e que conta com unidades também em Camaquã e Pelotas. A filosofia da escola, cuja fachada está ilustrada na figura 1, é proporcionar um ambiente para o desenvolvimento da autonomia do aluno, esta constituindo-se eixo do Ensino Médio, uma vez que a escola abre espaço para o diálogo crítico fundamentado no respeito. De acordo com essa filosofia, os alunos estarão preparados para o mundo da vida, para o vestibular e consequentemente para o mercado de trabalho.

Figura 1 – fachada do Instituto Educacional Dimensão.

A clientela a que a escola atende tem acesso pleno a tecnologias e recursos de comunicação e a escola dispõe de todo tipo de recurso multimídia, tais como projetores, sala de informática com um computador por aluno e acesso à internet, DVD *players*, TV, etc.

O curso realizado na experiência piloto foi aberto aos estudantes das turmas de Ensino Médio, tendo ao todo 17 inscritos, o que é um número bastante expressivo de interessados, uma vez que a escola tem apenas uma turma de cada série do Ensino Médio e a escola se caracteriza pelas turmas pequenas com cerca de 20 alunos cada. Dos 17 alunos inscritos, 14 declararam que nunca haviam observado o céu com telescópio e 5 que nunca haviam visitado um planetário. Além disso, 9 declararam gostar de Física.

O curso foi realizado na sala de informática da escola, de 12 de maio a 18 de junho de 2009 em dez aulas de aproximadamente uma hora e meia de duração e procuraremos

descrever aula a aula como transcorreu o curso, da forma mais sucinta e verossímil possível.

Na primeira aula do curso compareceram 14 alunos, os quais receberam o material didático em CD e um planisfério construído artesanalmente pela professora ministrante. Iniciou-se a aula convidando-se os aprendizes a responderem o questionário que trazemos no apêndice B. A aula propriamente dita começou quando os estudantes foram apresentados ao software simulador de céu gratuito *Stellarium* e a suas principais funcionalidades.

Figura 2 – Planisfério desenvolvido para o curso a partir de um modelo disponível na internet em astro.if.ufrgs.br/plan/index.html.

4.2.1 1ª Aula

O início foi um tanto conturbado, pois houve um interesse eufórico pelo software e, ao mesmo tempo, incertezas sobre seu manuseio e utilização até que a professora informou-os como proceder para os ajustes de localização e tempo. Quando os alunos já estavam familiarizados com as configurações disponíveis no *Stellarium*, sugeriu-se que seguissem algumas instruções para visualizarem o que objetivávamos. Nesta aula abordamos conceitos elementares de direção, orientação, movimento circular e noção de movimento relativo. O roteiro a ser seguido foi projetado no quadro branco para que os alunos o visualizassem sem precisar efetuar trocas de tela de um exercício para outro.

Basicamente, as instruções eram para que os alunos:

- procurassem identificar constelações conhecidas, tais como “Cruzeiro do Sul”,

constelações do Zodíaco entre outras – porque de certo modo, as constelações se reconhecidas e observado seu movimento diurno e anual, podem nos levar a conjecturas sobre os principais movimentos da Terra.

- se familiarizassem com os diversos tipos de objetos, procurando pelos Planetas e pela Lua e utilizando o recurso de aproximação disponível – porque é importante que os alunos tenham ideia de que nem tudo que há no céu são estrelas, mas muitos outros objetos que nem sempre podem ser distinguidos a olho nu, mas apenas com o recurso de aproximação podem ser interpretados mais corretamente, dando a noção da necessidade de instrumentos sofisticados para o conhecimento astronômico.
- procurassem identificar, sem os recursos de aproximação, objetos que diferem entre si – pelo mesmo motivo do item anterior, já que há muitos objetos que não são meramente estrelas no céu noturno.
- avançassem no tempo em 4 horas e identificassem as mudanças que se apresentam – para verificar o movimento diurno dos astros, ainda sem inferências sobre velocidade angular, mas que já propicia a ideia de nascer e ocaso para outros astros além do Sol, levando a conjecturas sobre a rotação da Terra
- avançassem no tempo em 1 dia, em 2 dias e em 7 dias apreciando o movimento da Lua – para perceberem a relação da fase da lua e sua proximidade com o Sol.
- avançassem no tempo em 6 meses e identificassem as mudanças que se apresentam – para perceberem que as constelações visíveis no céu noturno não são as mesmas, o que leva a pensar sobre o movimento de revolução da Terra ao redor do Sol, quando assumimos as estrelas como fixas.
- conjecturassem sobre a localização dos objetos que deixam de ser visíveis em determinada instância – para que percebessem que se objetos deixam de ser visíveis é porque a nossa posição enquanto observadores não permite vê-los.

Fazendo uma avaliação da realização da aula, é preciso comentar que a utilização do software para promover esse primeiro contato formal entre os estudantes e o céu cumpriu seu papel no sentido de tornar a aula prazerosa, no entanto percebemos que havia necessidade de um roteiro mais fechado de realização das atividades para que se agregasse valor educacional à aula, não sendo esta apenas uma atividade divertida e livre de conteúdo.

Após a realização da aula, recebemos comentários de alguns pais de alunos sobre o software, elogiando a iniciativa de mostrar aos estudantes a possibilidade de usar o

computador para ter acesso a conteúdo instrucional que não apenas textos.

4.2.2 2ª Aula

Na segunda aula compareceram duas meninas que não haviam ido à aula inicial, de modo que dos 17 inscritos, 16 compareceram a pelo menos uma aula. Em outra seção discutiremos sobre as desistências.

Nesta aula sobre luz, em que abordou-se conceitos da física ondulatória, tais como comprimento de onda, frequência e velocidade de propagação, iniciamos a discussão projetando uma imagem do aglomerado aberto NGC4755, também chamado de "Caixinha de Joias". Deste ponto pediu-se aos alunos que fizessem observações sobre o objeto em questão. Não demorou para que chegassem à questão sobre a cor das estrelas e a partir desta pergunta, fomos um pouco além, questionando-os por que as estrelas emitem luz e como se pode obter informação sobre as fontes astronômicas. Seguimos a linha de raciocínio, apresentando a luz como principal fonte de informação na Astronomia e abordando sua natureza ondulatória. Alguns dos alunos, que eram do 3º ano, já haviam visto o conceito de onda e também as características das ondas e as classificações em ondas mecânicas e eletromagnéticas, transversais e longitudinais. No entanto, a maioria dos alunos não tinha noção do conceito de onda, então apresentamos a definição, as características das ondas e apresentamos o espectro eletromagnético. Demos ênfase à existência de ondas eletromagnéticas que não são visíveis aos nossos olhos e daí passamos a falar da emissão de luz pelas fontes astronômicas. Apresentamos a ideia de que cargas em movimento acelerado emitem luz e que a emissão térmica era basicamente isso, pois a temperatura pode ser entendida como agitação das partículas que compõem um corpo e nessa agitação há emissão de radiação. Abordamos a radiação de corpo negro na sequência da aula expositiva dialogada, mostrando-lhes o que seria a curva de emissão de um corpo à temperatura do Sol e questionamos-os por que a visão humana se restringe a uma parcela tão pequena do espectro eletromagnético, dando margem a discussão de algumas questões subjacentes à teoria da evolução das espécies.

Depois de entendida a emissão de radiação por um corpo negro, inclusive através da utilização de um *applet* simulador da curva de emissão do corpo negro em função da temperatura, projetamos novamente a imagem de NGC4755 e indagamos: quais estrelas do aglomerado são mais quentes? E mais frias?

Apresentamos o conceito de filtro e a utilização de dispositivos que funcionam como filtros para a obtenção de imagens dos objetos em diferentes comprimentos de onda, caracterizando fenômenos diferentes e a continuação da aula foi uma discussão de imagens de mesmo objeto em mais de um comprimento de onda, questionando-os por que o mesmo objeto se apresentava diferente dependendo do comprimento de onda no qual havia sido imageado. Fizemos isso com imagens da galáxia M33 no óptico e no rádio, do aglomerado de galáxias ABELL1698 em raios-X e no óptico, da nuvem BARNARD68 em diversos comprimentos de onda do infravermelho e também do aglomerado globular NGC104 no óptico e em raios-X. Com o auxílio dessas imagens, pudemos discutir sobre muitas questões físicas como a emissão de rádio pelos braços de M33, o efeito Bremsstrahlung que implica na emissão de raios-X por ABELL1698, a extinção da luz de comprimentos de onda menores por BARNARD68, a emissão de raios-X como indicativo de estrelas já evoluídas em NGC104, etc.

A parte final da aula foi pedir que os estudantes fizessem algumas inferências e discutissem com o grande grupo sobre imagens em rádio e infravermelho da galáxia M81 e também de imagens de Júpiter em óptico, ultravioleta e raios-X. As inferências foram as mais variadas, mas em geral eles associavam a emissão de menores comprimentos de onda a objetos mais quentes e de maiores comprimentos de onda a objetos mais frios, o que estaria correto na abordagem a M81, mas é inverídico no caso de Júpiter, cuja emissão de ultravioleta e raios-X nos polos está relacionada com seu campo magnético e com suas auroras. Fizemos o fechamento da aula apresentando as causas das diferenças nas imagens acima mencionadas.

4.2.3 3ª Aula

Na aula seguinte, em que teríamos a continuação da discussão sobre luz, iniciamos com uma apresentação na qual o primeiro *slide* era a projeção de um espectro de absorção qualquer e afirmando que se pode obter informações de uma fonte astronômica a partir de seu espectro. A partir daí explicamos como a luz branca pode ser decomposta e, inclusive, realizamos uma demonstração de decomposição da luz oriunda de uma lâmpada incandescente por um prisma. Feita a demonstração, consideramos que para compreender como se obtém informações a partir do espectro de uma fonte astronômica – e, aliás, até mesmo para compreender o que são os espectros de emissão e absorção – seria preciso

compreender a luz de uma outra forma, que não onda eletromagnética como a havíamos considerado na aula anterior, mas sendo composta de partículas – os fótons.

Depois de introduzirmos o conceito de fóton, apresentamos uma figura representando o espectro eletromagnético associando comprimentos de onda com energia dos fótons correspondentes. À luz da ideia de que o fóton sempre carrega uma energia de valor bem determinado, discorremos sobre o modelo atômico de Bohr e recorremos a uma simulação computacional do mesmo para explicar a origem dos espectros de emissão e absorção dos elementos químicos.

Uma vez que haviam sido discutidos os espectros de emissão e de absorção dos elementos, partimos para as Leis de Kirchhoff para que os alunos compreendessem como poderia se obter informações a respeito das fontes astronômicas a partir de seu espectro. Abordamos a questão de que nem toda a radiação produzida no interior de uma estrela chega até nós, alguns fótons sendo absorvidos por uma camada mais fria da estrela. Abordamos a possibilidade de se determinar a composição química desse gás, dependendo dos fótons absorvidos, e daí partimos para a classificação das estrelas segundo um tipo espectral.

A atividade seguinte foi de utilização de um espectrógrafo de mão para verificar espectros contínuo, de emissão e de absorção, respectivamente usando o instrumento para observar o espectro de uma lâmpada incandescente, de uma lâmpada fluorescente e do Sol. Embora o dia não estivesse propriamente ensolarado, a observação foi possível ao direcionar o espectrógrafo para uma nuvem bem brilhante. Naturalmente surgiram questões sobre o funcionamento de ambos os tipos de lâmpada, sendo tais questões bem aproveitadas para discutirmos sobre aplicações dos conceitos físicos que vimos até então durante o curso.

A atividade de observação dos espectros foi muito apreciada pelos alunos que, de alguma forma, puderam realizar uma verificação concreta daqueles conceitos recém estudados, os quais consideramos bastante abstratos. Além dessa verificação, foi possível discutir sobre a influência das condições atmosféricas na observação do céu com o espectrógrafo de mão. A seguir trazemos uma foto de aluna do curso observando com o aparato.

Figura 3 – Aluna do curso observando com o espectrógrafo de mão.

O fechamento da aula se deu com a abordagem a dois outros conceitos importantes dentro do estudo da radiação para a Astronomia: absorção e espalhamento da luz. Discorremos sobre os dois efeitos, explicando porque ocorriam e de que fatores dependiam, bem como as consequências observáveis tais como o céu azul e o crepúsculo avermelhado.

4.2.4 4ª Aula

Depois de discutirmos aspectos acerca da radiação eletromagnética e pincelarmos sobre a obtenção de informação das fontes astronômicas seguimos para uma aula que aborda efetivamente o processo de obtenção das imagens astronômicas, desde o funcionamento dos telescópios. Iniciamos esta aula tratando sobre a necessidade de observar o céu com um instrumento óptico mais potente que o olho humano, para que se possa captar mais luz, possibilitando a observação de objetos muito mais tênues que aqueles que observamos a olho nu no céu noturno.

A partir dessa discussão inicial, partimos para a apresentação dos tipos de telescópios – refratores e refletores – e seu funcionamento, abordando as lentes e os espelhos. Aproveitamos para tratar sobre a aberração cromática e sua correção, recorrendo a animações tanto para explicar o funcionamento dos telescópios, como da aberração cromática, da sua correção e os esquemas ópticos dos telescópios refletores (newtoniano e Cassegrain). Essa abordagem incluiu a discussão dos conceitos de foco e de distância e razão focais, ligando-se a noção de tais conceitos ao processo de obtenção da imagem astronômica.

Uma vez apresentado o funcionamento dos telescópios, partimos para a discussão da

necessidade da obtenção de imagem em vez da simples observação ocular para fins científicos, bem como do processo de obtenção de tais imagens, explicando o funcionamento dos detectores CCD, aproveitando para discorrer sobre o sinal de corrente elétrica gerado no dispositivo pela incidência de fótons e a necessidade de imagens de calibração para a fidedignidade das imagens obtidas com os detectores. Daí apresentamos os maiores telescópios existentes, apresentando a faixa de comprimentos de onda de operação dos referidos telescópios, a altitude a que se encontram e mostramos imagens obtidas com cada instrumento mencionado.

Naturalmente, ao término dessa apresentação inicial surgiram questões sobre os telescópios espaciais, sobre os quais discutimos em sequência, primeiramente abordando a necessidade de se enviar telescópios além da atmosfera terrestre. Apresentamos algumas imagens com as janelas de absorção da atmosfera da Terra e então apresentamos os telescópios espaciais, suas faixas de comprimento de onda de imageamento e os tipos de objeto dos quais obtêm imagem.

De um modo geral, os alunos se mostraram bastante interessados e participativos ao longo dessa aula que, ao nosso ver, seria considerada chata por não ter nenhuma atividade de interação entre os alunos, sendo mais expositiva que as anteriores, mas a temática pareceu motivar os alunos e, após a realização da aula, consideramos que os objetivos foram alcançados com êxito.

4.2.5 5ª Aula

A aula seguinte foi uma retomada na exploração do céu, a partir da utilização de outro *software* simulador de céu – o *Cybersky*. Antes de abordarmos os movimentos dos astros no céu, procuramos elucidar alguns conceitos importantes para o entendimento da atividade – o de eclíptica e de equador celeste e, para tanto, utilizamos uma demonstração simples envolvendo uma lâmpada e bolinhas de isopor. A figura 4 é uma foto do dispositivo desenvolvido para esta aula e sobre o qual exploramos os dois conceitos supracitados, além dos quais discutimos a ocorrência de eclipses adicionalmente.

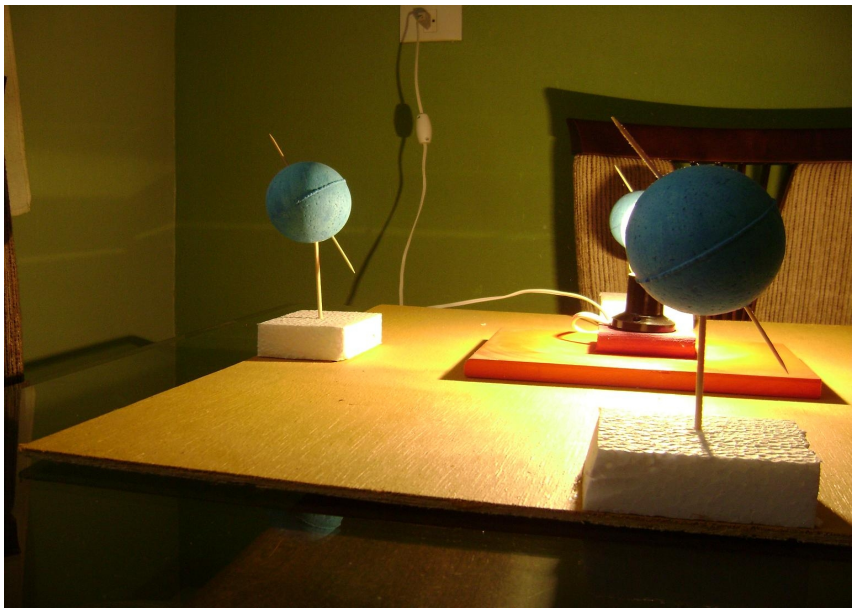


Figura 4 – Aparato desenvolvido para discorrer sobre os conceitos de eclíptica e equador celeste e também para explicar a ocorrência de eclipses.

Nessa discussão sobre as estações do ano e sobre a ocorrência de eclipses, são abordados alguns conceitos básicos dentro da Geometria – especialmente o conceito de planos paralelos e oblíquos e o de intersecção entre planos.

A sequência da aula foi com a realização da atividade para a qual preparamos um roteiro fechado que abordava, de modo geral, o movimento diurno da Terra e anual do Sol no céu. No entanto, para a correta realização do roteiro era necessária a adoção de um sistema de coordenadas, de modo que apresentamos aos alunos essa necessidade e optamos por apresentar-lhes o sistema horizontal de coordenadas, explicando os conceitos de altura e azimute de um astro, inclusive utilizando algumas animações por nós desenvolvidas.

Uma vez estabelecidas as noções de altura e azimute, partimos para o roteiro propriamente dito. Uma versão melhorada do roteiro se encontra no apêndice G. A primeira atividade do roteiro era de apropriação dos conceitos de altura e azimute e de verificação da duração do dia de realização da aula. A seguir pedimos aos alunos que determinassem a hora e o azimute do Sol nascente, o altura do Sol ao meio-dia e a hora e o azimute do Sol poente em Porto Alegre em diversas épocas do ano. O intuito era que os alunos percebessem, entre outras coisas, que o Sol nunca fica “a pino” em Porto Alegre ao meio-dia e também a diferença que há na duração dia nas diversas épocas do ano. Adicionalmente, esperávamos que os alunos atentassem ao fato do Sol nascer no Leste e se por no Oeste apenas duas vezes no ano – nos equinócios.

Depois solicitamos que fossem feitas as mesmas determinações para as cidades de Miami e Oslo, para que relacionassem a variação da duração do dia ao longo do ano com a latitude local. Nessa etapa, pedimos aos alunos conclusões sobre a altura do Sol ao meio dia nas várias épocas do ano.

A fase seguinte da aula foi analisar o movimento da Lua e, para tanto pedimos aos alunos que observassem o movimento do nosso satélite de um dia para o outro com respeito às estrelas "fixas" para que determinassem quanto tempo levaria (dias) para que a Lua voltasse à mesma posição no céu. De posse dessa informação, solicitou-se a determinação da duração do mês lunar e, a partir deste pediu-se que os estudantes determinassem a velocidade angular orbital média de nosso satélite.

Ao término dessa aula os alunos se disseram exaustos, alegando que haviam feito muitas medidas complicadas. De modo geral, consideramos que os objetivos foram parcialmente atingidos, pois claramente houve uma apropriação das ideias de altura e azimute, da relação da latitude do local com a duração do dia nas variadas épocas do ano, mas algumas coisas pareceram não ficar claras da leitura dos roteiros devolvidos – como a compreensão do movimento da Lua.

4.2.6 6ª Aula

O tópico seguinte abordado no curso foi a cosmologia e, muito embora não tenhamos utilizado a imagem ou a observação rudimentar como mediadores da aprendizagem, julgamos que seria frustante aos alunos do curso saírem deste sem uma noção digna do Universo. Para tanto ministramos esta sexta aula partindo de uma questão mais filosófica – a necessidade do homem de compreender a si e ao que o cerca, então pedimos aos alunos que fizessem um desenho que procurasse representar o Universo como eles o concebiam. A ideia era pô-los a refletir sobre sua concepção do Universo. A Figura 5 é um conjunto dos desenhos que os alunos entregaram – a maioria deles preferiu desenhar no computador que nas folhas por nós disponibilizadas – que selecionamos por alguns elementos interessantes tais como a concepção de que o Universo é constituído apenas do Sistema Solar ou de que há estrelas entre os corpos do Sistema Solar.

Figura 5 – Conjunto de desenhos que representam a concepção de Universo dos alunos, feitos antes da aula sobre cosmologia.

A conversa que seguiu após a realização do desenho foi de que naquela aula estudaríamos afinal como é o Universo, mas partindo de uma ordem cronológica das visões de mundo que a humanidade já teve e, daí, seguimos apresentando as primeiras cosmovisões, alguns dos mitos cosmogônicos até o período em que foram sistematizadas as observações do céu, exigindo a coerência entre o observável e a cosmovisão vigente. Apresentamos algumas animações por nós desenvolvidas do modelo geocêntrico, apresentamos também as ideias de Copérnico para a construção de um modelo heliocêntrico e uma animação, também desenvolvida por nós, deste modelo. O passo seguinte foi apresentar a visão de um universo maior de Thomas Digges, que incluía as estrelas dentro de seu modelo e também discorremos sobre as ideia de Giordano Bruno de que as estrelas do céu noturno fossem também sois como o nosso Sol que o levou à fogueira da Santa Inquisição.

Depois de toda essa discussão primeira, questionamos os alunos sobre o que eles pensariam que se entendia por Universo hoje e, rapidamente, algumas falas remontaram à imagem da primeira aula sobre luz em que mostramos o aglomerado de galáxias ABELL1698. A partir daí, afirmamos que o Universo está sim baseado em uma distribuição de galáxias em aglomerados, apresentamos os tipos de galáxias e a classificação de Hubble para as galáxias. Aprofundamos a discussão sobre as espirais e seus componentes procurando dar alguma noção sobre o tamanho da Via-Láctea e apresentamos o chamado Grupo Local para que os estudantes tentassem se situar mentalmente no Universo. Por fim, apresentamos algumas

características do Universo, como a idade, a homogeneidade e a isotropia em grande escala, e também abordamos sua composição e a relação com a expansão cósmica, inclusive mencionando Matéria e Energia Escuras e descrevendo-as brevemente. O fechamento da aula foi com um vídeo intitulado "Hubble Deep Field: a mais importante imagem já obtida", disponível no *youtube*, que procura mostrar um pouco da grandiosidade do Universo a partir das imagens de aglomerados de galáxias obtidas com o Telescópio Espacial Hubble.

4.2.7 7ª Aula

A aula seguinte objetivava uma exploração maior acerca do Sistema Solar e decidimos usar a imagem astronômica para iniciar a discussão acerca dos planetas. Para tal, distribuímos aos alunos uma folha contendo imagem de um planeta e solicitando respostas sobre as características do planetas, apenas de posse da imagem. Apresentamos um exemplo deste material impresso distribuído aos alunos no apêndice I. Naturalmente, não esperávamos que os alunos acertassem as respostas, mas que se sentissem intrigados a saber informações sobre aquele planeta do qual tinham a imagem em mãos. Discutimos as suposições feitas pelos estudantes no grande grupo e passamos a exposição das características de cada planeta, tais como temperatura superficial, distância média ao Sol, número de satélites, aceleração gravitacional, de sólido ou gasoso, etc. Nessa etapa os alunos pareceram estar bastante interessados, especialmente com as enormes diferenças que apresentam os planetas em relação à Terra. Dentre os aspectos discutidos, enfatizamos a diferenciação dos dois tipos básicos de planetas do Sistema Solar – os gasosos e os terrestres, demos atenção à existência de atmosfera nos planetas sólidos e discutimos a ocorrência do efeito estufa.

Uma vez apresentados os planetas do Sistema Solar, abordamos os corpos menores: os planetas anões – sobre os quais os alunos demonstraram bastante interesse, haja vista a recente reclassificação de Plutão –, os cometas e os asteroides e meteoros, estes últimos também despertaram o interesse dos alunos quando levantamos a questão das "estrelas cadentes" e também quando abordamos os impactos sobre a Terra.

4.2.8 8ª Aula

A sequência do curso foi com uma aula que visava abordar algumas Leis Físicas da

mecânica que ajudaram a sustentar a visão heliocêntrica de cosmos e que são objeto de estudo do Ensino Médio – as Leis de Kepler, a Lei da Gravitação Universal e as Leis de Newton. Para tanto, iniciamos a aula com uma imagem de Júpiter e seus 4 maiores satélites, apresentando a partir desta o que abordaríamos na aula – leis físicas que tentam descrever o comportamento de sistemas como o de Júpiter e de seus satélites e que devem valer para outros sistemas de vários corpos como o Sistema Solar ou qualquer sistema planetário. A segunda imagem mostrada é a de planetas orbitando a estrela HR8799 – exoplanetas. Muitos alunos já haviam ouvido falar de exoplanetas e então questionamos: como será possível detectar esses planetas? A primeira resposta que surge é: apontando um telescópio! Então questionamos a resposta afirmando que esses objetos costumam ser muito tênues e que é consideravelmente raro se obter imagens de exoplanetas. A partir daí, apresentamos a informação de que um pequeno número de descobertas desse tipo se baseia na obtenção de imagens periódicas dos sistemas promissores, pois planetas muito grandes interferem gravitacionalmente na posição de sua estrela – na medida em que o planeta avança em sua órbita, a estrela muda de posição e então afirmamos que é preciso compreender as leis que iremos abordar para compreender o porquê.

Transcorrida essa discussão inicial, apresentamos as três Leis de Kepler, recorrendo a figuras e animações de computador para ilustrá-las e depois apresentamos a Lei da Gravitação Universal de Newton – evidenciando seu caráter de ação à distância e sua dependência com as massas envolvidas e com o quadrado da distância entre as massas. A partir daí voltamos às órbitas elípticas da 1ª Lei de Kepler para mostrar que em cada ponto da órbita, a força que o corpo orbitante sofre muda e – mais que isso – que a força sobre o corpo orbitado também muda, de acordo com a 3ª Lei de Newton, que versa sobre ação e reação. Da 2ª Lei de Newton mostramos que podem haver variações na posição da estrela devido ao movimento do planeta, pois a estrela fica sujeita a diferentes acelerações enquanto o planeta percorre sua órbita. Aliás, aproveitamos esse momento da aula para mostrar, de acordo com a Lei da Gravitação e com a 2ª Lei, que quando a distância em questão é o raio do planeta, o que obtemos da equação é a aceleração da gravidade superficial.

Num segundo momento da aula, apresentamos aos alunos o conceito de centro de massa e a questão dos corpos de um sistema orbitarem o centro de massa deste. Nossa intenção era chegar ao ponto: as estrelas não estão paradas no centro dos sistemas planetários – elas orbitam o centro de massa do sistema, que depende também das massas dos planetas.

Discutimos os fatores que influenciariam a velocidade da estrela no seu movimento em torno do centro de massa do sistema e fizemos a conta da velocidade que Júpiter induz no Sol. Muito embora a parte da explicação sobre as Leis tenha despertado o interesse dos estudantes, até mesmo pelo fato de serem tópicos já vistos pela grande maioria deles, ainda que com outro viés, a parte das contas não foi tão bem recebida, no entanto os resultados foram compreendidos. Para o fechamento da aula, pedimos que eles determinassem a velocidade que a Lua induzia na Terra e fomos atendidos pela maioria. Alguns apenas esperaram que os cálculos fossem feitos para o grande grupo.

4.2.9 9ª Aula

Sabemos que a internet está repleta de lindas imagens de nebulosas e que até alguns telefones celulares têm aplicativos que disponibilizam *wallpaper*s de belas nebulosas diferentes todos os dias. No entanto, o acesso das pessoas a essas imagens astronômicas não costuma vir acompanhado do real significado de tais imagens – o objeto físico que ilustram. Na nona e na décima aula do curso pretendíamos dar uma noção do que são as nebulosas e abordar a dinâmica da vida de uma estrela, desde seu nascimento até a sua morte.

Iniciamos a nona aula distribuindo aos alunos algumas imagens e lhes pedindo que tentassem descrever o que cada uma representava. As imagens eram de uma nebulosa de formação estelar, uma nebulosa planetária e uma remanescente de supernova. Sem que tivéssemos dito nada aos alunos sobre as imagens, alguns disseram que se tratavam de nebulosas, mas quando indagávamos o que se entendia por nebulosa em Astronomia, não sabiam explicar. Depois dessa discussão inicial, dissemos que todas as imagens se tratavam de nebulosas, mas que ao mesmo tempo eram objetos diferentes fisicamente, pois a primeira representava a etapa de formação de estrelas e as demais etapas finais da vida de uma estrela.

A apresentação que se seguiu foi iniciada com a projeção de imagens de algumas regiões de formação estelar e então questionamos: de onde vêm as estrelas? De que são feitas? Por que emitem luz? Alguns disseram que as estrelas eram bolas de fogo, mas a discussão não evoluiu além disso, então partimos para a exposição de que as estrelas se formam de nuvens moleculares no meio interestelar e que tais nuvens são principalmente compostas de Hidrogênio molecular, daí discorremos sobre as características físicas das nuvens moleculares e, abordamos as regiões de formação estelar existentes no interior dessas nuvens.

Apresentamos aos alunos o processo de formação estelar a partir das flutuações de densidade que ocorrem no interior das nuvens moleculares que podem ser iniciado pela explosão de uma supernova próxima, inclusive mostramos um vídeo para ilustrar o processo. Abordamos o processo de fragmentação e o surgimento de protoestrelas, bem como o processo de acresção de matéria à protoestrela até que esta comece a realizar reações termonucleares. Apresentamos brevemente o processo de separação das estrelas que se formam num aglomerado, apenas a título de explicação para a não existência de companheiras do Sol.

A continuação da explanação sobre o nascimento das estrelas incluiu uma discussão sobre as reações de fusão nuclear que ocorrem no interior das estrelas. Apresentamos a cadeia próton-próton e a célebre equação de Einstein – $E=m.c^2$ – aos alunos para explicar porque as reações nucleares liberam energia. Depois atentamos ao fato de que nem toda protoestrela consegue chegar a estrela abordando a existência das anãs-marrons.

Outro ponto interessante que discutimos foi a escala de tempo em que as etapas de formação de estrela ocorrem. Uma vez que tal escala de tempo é totalmente incomparável com as escalas que vivenciamos, os alunos demonstraram bastante interesse nesse tópico.

Para finalizar a aula, que foi permeada de perguntas e questionamentos bastante relevantes por parte dos alunos, apresentamos um pouco da estrutura estelar de uma estrela do tipo do Sol, explicando quais suas camadas e os processos físicos evolvidos.

De um modo geral, consideramos que a aula foi bastante satisfatória, pois verificamos que os alunos se mantiveram muito atentos e interessados ao que estava sendo tratado.

4.2.10 10ª Aula

A continuação da nona aula foi a última aula do curso, na qual abordamos a vida e a morte das estrelas após seu nascimento. Iniciamos esta aula com imagens de nebulosas de formação estelar e de remanescentes de supernova, para discutirmos sobre as etapas da vida de uma estrela. Desse ponto partimos para discutir os aspectos que determinam o tempo de vida de uma estrela, abordando – entre outros fatores – a questão da luminosidade da estrela, explorando sua dependência com o quadrado do raio e com a quarta potência da temperatura. O passo seguinte foi explanar sobre o diagrama H-R e, portanto, a relação cor-luminosidade. Apresentamos o diagrama, situando algumas estrelas nele a partir das características de tais estrelas, a seguir discorrendo sobre a sequência principal. Mostramos aos alunos alguns

diagramas, alguns contendo estrelas conhecidas. Muitas perguntas surgiram, especialmente sobre a crença de que estrelas mais brilhantes se tratam de estrelas maiores.

Depois de apresentar o diagrama H-R e a sequência principal, mostramos um esquema, contendo as possíveis etapas de evolução para uma estrela de acordo com sua massa e anunciamos que discutiríamos algumas dessas fases importantes. Então partimos para a questão principal acerca da evolução estelar: o que pode acontecer quando se esgota o Hidrogênio no caroço da estrela? Daí partimos para as possíveis respostas, sempre retomando os conceitos físicos envolvidos e citados anteriormente.

Tratamos o estágio gigante vermelha, apenas citando que nessa fase da vida da estrela não está ocorrendo fusão termonuclear em seu caroço, mas que devido às mudanças que a estrela sofre com o término do Hidrogênio em seu centro, é possível realizar tais reações em camadas externas ao caroço. Discutimos as variações na luminosidade e o resfriamento (e consequente avermelhamento) da estrela, bem como as etapas que podem se suceder, dependendo das possibilidades térmicas da estrela, como a ocorrência de reações de fusão de outros elementos mais pesados. Apresentamos as explosões em decorrência da perda do equilíbrio termodinâmico – as nebulosas planetárias e as supernovas. No caso das planetárias, apresentamos as características da estrela que fica após a expulsão das camadas externas – a anã branca e discutimos também o que pode restar após a explosão de uma supernova. A apresentação é permeada por inúmeras imagens de tais objetos. O fechamento da aula se deu com a discussão sobre os buracos negros estelares, especialmente sobre um ponto: por que os buracos negros são assim chamados? Exploramos a questão da densidade do buraco negro ser tão alta que sua gravidade não permite nem à luz escapar.

Ao término da apresentação, que não foi muito longa, surgiram inúmeras questões, inclusive sobre os buracos negros em galáxias, dos quais alguns alunos já haviam ouvido falar. Consideramos que a aula foi exitosa, pois durante todo o transcorrer os estudantes mostraram-se interessados e questionadores.

Uma vez dada por encerrada a aula, aplicamos um questionário idêntico ao respondido pelos alunos na primeira aula, na intenção de verificarmos os conceitos que haviam sido compreendidos e os que não tinham sido elucidados dentre os abordados ao longo do curso. Os resultados obtidos são discutidos no item 4.3.

4.2.11 Sessão de observação telescópica

O último encontro não foi uma aula, mas uma sessão de observação telescópica, realizada na noite de 18 de junho, na qual contamos com o apoio técnico do Observatório educativo Itinerante – o OEI – que deslocou-se até Guaíba, levando os equipamentos para que pudéssemos observar.

Na ocasião, observamos o planeta Saturno e seus anéis, estrelas duplas e triplas, um aglomerado aberto de estrelas e um aglomerado globular. Os alunos demonstraram muito entusiasmo para a realização da atividade. Nem o frio, nem a neblina que mais parecia uma garoa tiraram o brilho da noite de observação, na qual os alunos fizeram muitas perguntas sobre os mais diversos conceitos abordados na aula. A figura 6 é uma cópia da reportagem publicada no jornal "Folha Guaibense" sobre o curso e sobre a atividade de observação.

FOTOS DIVULGAÇÃO/FG

Dimensão no Ano da Astronomia

Na noite de 18 de junho, o Dimensão recebeu o **Observatório Educativo Itinerante**, projeto de extensão da UFRGS, que propiciou observação com telescópio para os alunos no encerramento do curso de extensão em Astronomia, realizado na escola, pela professora Camila Riegel Debom.

O curso que contemplou desde a Astronomia de posição até a Astrofísica estelar fez parte da programação do Ano Internacional da Astronomia que celebra os 400 anos das observações astronômicas de Galileu . A atividade foi uma realização da Pró-reitoria de Extensão da UFRGS em colaboração com o Dimensão. Na atividade de observação os alunos puderam ver aglomerados estelares, estrelas duplas e triplas além do planeta Saturno com seus anéis, praticando o conhecimento adquirido no curso.

Figura 6 – reportagem publicada em jornal guaibense sobre a atividade de observação com telescópio realizada como parte integrante do curso.

4.3 RESULTADOS DA EXPERIÊNCIA PILOTO

De modo geral, a analisar o que observamos acerca das falas dos estudantes, consideramos que o curso foi satisfatório no que diz respeito aos objetivos que havíamos traçado, pois os aprendizes demonstraram bastante interesse durante as aluas, mostrando-se questionadores e entusiasmados com o aprendizado da Astronomia, revelando uma evolução científica em suas crenças acerca do tema.

No entanto, para uma análise talvez mais fidedigna, foram comparados os resultados dos questionários aplicados antes e depois do curso. A tabela 1, a seguir, apresenta os resultados obtidos a partir do teste aplicado na primeira aula do curso – o pré-teste.

Tabela 1 – Resultados do pré-teste, questão a questão, aluno a aluno, comparativamente com a opção correta. Em negrito, para facilitar a análise, estão as respostas corretas.

QUESTÃO / ALUNO	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	ACERTOS
A1	A	A	C	B	**A**	**D**	B	C	A	B	**D**	B	**3**
A2	D	C	A	B	B	**D**	C	C	A	D	B	A	**1**
A3	**C**	C	A	**D**	B	A	**D**	**A**	B	A	**D**	D	**5**
A4	**C**	D	**D**	**D**	B	A	C	**A**	**C**	B	C	A	**5**
A5	**C**	C	A	**D**	B	A	**D**	**A**	B	A	**D**	D	**5**
A6	**C**	**B**	C	**D**	B	**D**	A	**A**	B	B	C	B	**5**
A7	**C**	A	**D**	C	C	C	B	**A**	D	**C**	B	B	**4**
A8	**C**	C	A	B	**A**	C	B	D	B	A	**D**	**C**	**4**
A9	**C**	A	B	A	C	**D**	C	B	**C**	B	A	**C**	**4**
A10	**C**	C	**D**	C	B	C	**D**	**A**	A	D	**D**	**C**	**6**
A11	**C**	D	**D**	**D**	B	A	**D**	**A**	**C**	A	C	A	**6**
A12	A	C	A	C	**A**	C	**D**	C	D	**C**	C	A	**3**
A13	**C**	C	A	C	B	**D**	B	**A**	B	A	**D**	**C**	**5**
A14	D	B	**D**	A	D	C	**D**	C	B	**C**	A	B	**4**
A15	**C**	A	B	A	B	B	B	C	**C**	A	**D**	B	**3**
A16	**C**	C	A	**D**	B	A	**D**	C	D	**C**	C	**C**	**5**
GABARITO	C	B	D	D	A	D	D	A	C	C	D	C	
ACERTOS	**12**	**2**	**5**	**6**	**3**	**5**	**7**	**8**	**4**	**4**	**7**	**5**	
% DE ACERTOS	**75**	**12,5**	**31,3**	**37,5**	**18,8**	**31,3**	**43,8**	**50**	**25**	**25**	**43,8**	**31,3**	

De posse das informações contidas na tabela 1, verificamos um baixíssimo índice de acertos nas questões 2, 5, 9 e 10 – abaixo de 30%, e um alto índice de acertos nas questões 1 e 8. Esses índices dão margem à verificação de um crescimento maior nas questões cujo índice de acertos foi menor e vice-versa.

Poderíamos explorar os resultados obtidos no pré-teste exaustivamente, discutindo sobre que visões a respeito da Astronomia são apresentadas pelos estudantes, mas este não é o objetivo deste trabalho, de modo que partiremos para análise do teste realizado ao final da última aula do curso – o pós-teste – para discutirmos comparativamente a evolução conceitual que observamos. A tabela 2, a seguir, é análoga à tabela 1 e contem os resultados do pós-teste.

Tabela 2 – Resultados do pós-teste, questão a questão, aluno a aluno, comparativamente com a opção correta. Em negrito, para facilitar a análise, estão as respostas corretas

QUESTÃO / ALUNO	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	ACERTOS
A4	D	**B**	**D**	B	**A**	**D**	**D**	**A**	**C**	**C**	**D**	**C**	**10**
A7	D	A	C	**D**	B	A	**D**	C	**C**	D	**D**	**C**	**5**
A8	**C**	C	**D**	A	**A**	C	**D**	B	B	B	A	**C**	**5**
A10	B	**B**	**D**	B	D	B	**D**	B	A	B	C	**C**	**4**
A11	D	C	C	**D**	B	**D**	**D**	D	**C**	A	**D**	A	**5**
A13	D	**B**	**D**	**D**	D	A	**D**	**A**	D	A	B	A	**5**
A14	B	**B**	C	B	C	A	**D**	**A**	D	**C**	B	**C**	**5**
A16	**C**	A	C	**D**	B	**D**	**D**	B	D	**C**	C	**C**	**6**
GABARITO	C	B	D	D	A	D	D	A	C	C	D	C	
ACERTOS	2	4	4	4	2	3	8	3	3	3	3	6	
% DE ACERTOS	**25**	**50**	**50**	**50**	**25**	**37,5**	**100**	**37,5**	**37,5**	**37,5**	**37,5**	**75**	

Da análise comparativa das tabelas 1 e 2 vem que em algumas questões houve redução no percentual de acertos do pré-teste para o pós-teste (Q1 e Q8), quando se esperaria que verificássemos exatamente o contrário. Deste fato, levantamos que justamente as questões com maior percentual de acertos no pré-teste foram as que mostraram a referida redução no percentual de acertos. Consideramos isto um indicativo de que tais questões não exploraram adequadamente o conhecimento propiciado pelo curso, estando fortemente ligadas ao conhecimento prévio dos alunos.

Além disso, verificamos que vários alunos erraram no pós-teste questões que haviam acertado no pré-teste, mas consideramos que salvo algumas exceções que discutiremos, houve

um aumento – ainda que modesto – no percentual de acertos do pós-teste com relação ao pré-teste para a maioria das questões.

Do exposto acima, concluímos que vários tópicos mereciam mais atenção quanto à forma de abordagem no transcorrer das aulas, em especial a questão do movimento aparente dos planetas com relação aos demais astros e também das características dos planetas anões, sobre os quais apresentamos algumas considerações a seguir.

Quando aplicamos as aulas exploratórias do céu com o uso de simuladores de computador e a aula sobre cosmologia em que abordamos o movimento retrógrado dos planetas, pensamos que havia ficado claro que os planetas se moviam aparentemente por entre as estrelas e também com relação ao Sol – o resultado dos questionários mostrou que estávamos equivocados.

Na aula em que discutimos sobre os corpos menores do Sistema Solar, abordamos as regiões habitadas por asteroides como o cinturão entre Marte e Júpiter e a Nuvem de Oort, mostramos imagens de planetas anões e, no entanto, os alunos pareceram se confundir a respeito de sua forma e da presença ou não de corpos comparáveis nas proximidades de sua órbita. Não sabemos bem a que atribuir essa confusão conceitual, mas talvez seja ao fato de termos apresentado os planetas e os planetas anões na mesma aula, e também alguns satélites, asteroides e cometas, ficando difícil compreender as características de cada classe de corpos.

Da análise geral, verifica-se um aumento percentual médio – por questão – de cerca de 11% do pós-teste com respeito ao pré-teste. Para a próxima implementação, fica a possibilidade de modificarmos as perguntas do questionário que tiveram alto índice de acertos no pré-teste e também de procurarmos dar ênfase a esses aspectos que se mostraram pouco esclarecidos no estudo dos tópicos supracitados.

Apenas a título de síntese dos resultados obtidos, apresentamos a tabela 3 que é comparativa das respostas dadas no pré e no pós-testes, aluno a aluno, considerando-se apenas aqueles que concluíram o curso.

Tabela 3 – comparativo das respostas de cada questão no pré e no pós-testes, aluno a aluno.

QUESTÃO / ALUNO	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	ACERTOS	
A4	**C**	D	**D**	**D**	B	A	C	**A**	**C**	B	C	A	**PRÉ**	**5**
A4	D	**B**	**D**	B	**A**	**D**	**D**	**A**	**C**	**C**	**D**	**C**	**PÓS**	**10**
A7	**C**	A	**D**	C	C	C	B	**A**	D	**C**	B	B	**PRÉ**	**4**
A7	D	A	C	**D**	B	A	**D**	C	**C**	D	**D**	**C**	**PÓS**	**5**
A8	**C**	C	A	B	**A**	C	B	D	B	A	**D**	**C**	**PRÉ**	**4**
A8	**C**	C	**D**	A	**A**	C	**D**	B	B	B	A	**C**	**PÓS**	**5**
A10	**C**	C	**D**	C	B	C	**D**	**A**	A	D	**D**	**C**	**PRÉ**	**6**
A10	B	**B**	**D**	B	D	B	**D**	B	A	B	C	**C**	**PÓS**	**4**
A11	**C**	D	**D**	**D**	B	A	**D**	**A**	**C**	A	C	A	**PRÉ**	**6**
A11	D	C	C	**D**	B	**D**	**D**	D	**C**	A	**D**	A	**PÓS**	**5**
A13	**C**	C	A	C	B	**D**	B	**A**	B	A	**D**	**C**	**PRÉ**	**5**
A13	D	**B**	**D**	**D**	D	A	**D**	**A**	D	A	B	A	**PÓS**	**5**
A14	D	B	**D**	A	D	C	**D**	C	B	**C**	A	B	**PRÉ**	**4**
A14	B	**B**	C	B	C	A	**D**	**A**	D	**C**	B	**C**	**PÓS**	**5**
A16	**C**	C	A	**D**	B	A	**D**	C	D	**C**	C	**C**	**PRÉ**	**5**
A16	**C**	A	C	**D**	B	**D**	**D**	B	D	**C**	C	**C**	**PÓS**	**6**

Apenas para ilustrar as informações contidas na tabela 3, trazemos um gráfico na figura 7.

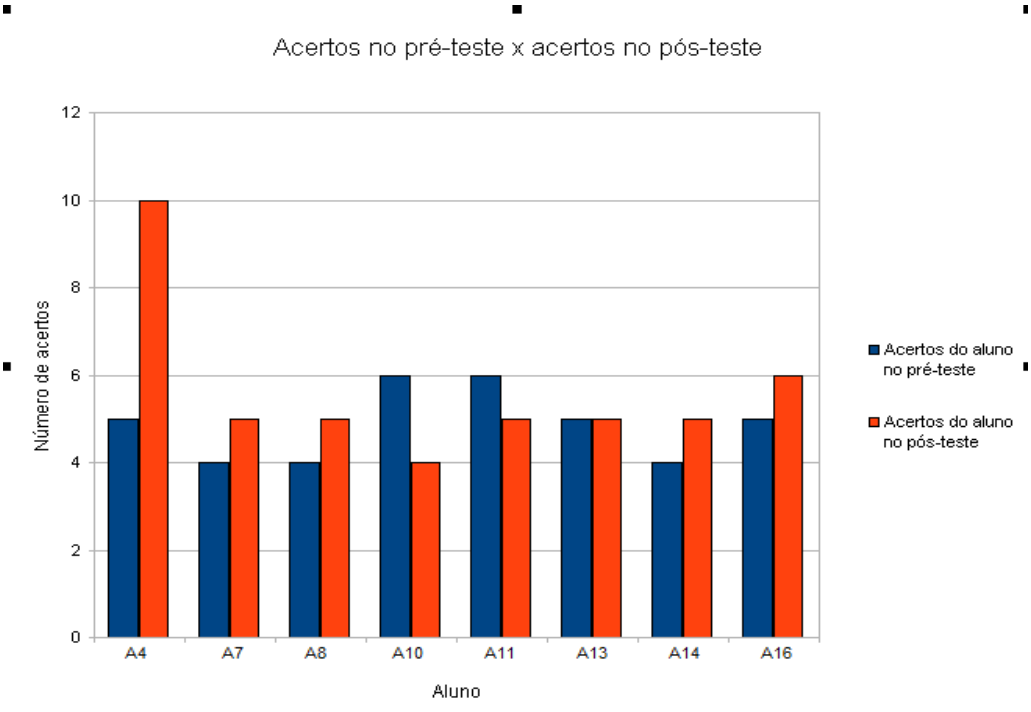


Figura 7 – Gráfico comparativo do número de acertos no pré-teste e no pós-teste, aluno a aluno.

Da tabela 3 e da figura 7, vemos a notória evolução do aluno A4 e julgamos pertinente a realização de algumas observações acerca deste aluno, em especial. O aluno A4 durante todo o curso demonstrou um grande interesse na Astronomia, fazendo perguntas complexas e mostrando-se um estudante reflexivo sobre as questões que lhe são apresentadas. A4 é aluno concluinte do Ensino Médio e, inclusive, manifestou a admiração pela profissão de professor de física, sendo uma de suas opções para o vestibular. Mesmo vindo de uma cidade vizinha, cerca de 30 km de Guaíba, A4 só faltou a uma aula do curso, o que reforça a hipótese de que havia um interesse maior pela Astronomia por parte deste aluno que dos demais. Provavelmente o resultado da análise de seu pré e pós-testes reflete este interesse diferenciado, mas não apenas isso. Os resultados dos testes do aluno A4 refletem igualmente o fato de o curso ter propiciado condições para que conceitos de Astronomia fossem aprendidos. Obviamente o interesse natural de A4 por Astronomia fez com que ele aproveitasse de maneira diferenciada as condições de aprendizado oferecidas pelo curso.

À exceção do aluno A16, todos os alunos apresentaram mudança em respostas que estavam corretas já no pré-teste, o que nos leva a crer que vários aspectos não foram tão bem trabalhados como esperaríamos, de acordo com o teste que elaboramos.

Mesmo tendo em vista o exposto acima, consideramos a implementação bastante válida, inclusive pelas manifestações dos alunos posteriores ao curso, ilustradas nas figuras 8 e 9, que nos traziam a ideia de que tinham gostado da experiência e que esta havia sido relevante para sua vida escolar.

Figura 8 – Printscreen de um recado enviado através de um site de relacionamentos por uma aluna da implementação piloto logo após a prova de física do vestibular da UFRGS 2010

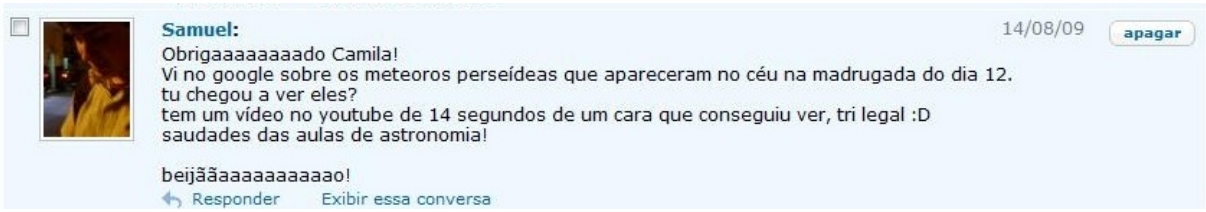


Figura 9 – Printscreen de um recado enviado através de um site de relacionamentos por um aluno da implementação por ocasião de uma chuva de meteoros anunciada na internet.

Um dos últimos pontos a abordar nesta seção é a desistência de alguns alunos no

transcorrer do curso. O curso começou com 17 inscritos, sendo que um aluno não compareceu a nenhuma aula, de modo que não podemos atribuir ao curso em si o papel desmotivador dessa desistência em especial.

Dos 16 estudantes que assistiram a pelo menos uma aula, 5 assistiram à terceira aula e depois pararam de frequentar o curso, sendo que alguns nos procuraram para informar razões de sua desistência, nenhuma ligada ao curso em si. Além das desistências supracitadas, 1 aluno assistiu a apenas à primeira aula e não compareceu a mais nenhuma, sendo possível que, nesta primeira aula, cuja atividade fugia bastante do considerado ensino tradicional, não se tenha correspondido às expectativas desse aluno.

Para concluir, apresentamos na tabela 4 os resultados da pesquisa de satisfação que aplicamos com os estudantes concluintes, os quais revelaram – em suma – uma grande receptividade dos alunos à ideia, mas mais que isso, deram-nos uma noção de que os alunos julgaram o curso como tendo um papel relevante no seu aprendizado de Astronomia.

Tabela 4 – Resultados da pesquisa de satisfação dos alunos com relação ao curso.

Afirmativa	Nº de alunos que concorda plenamente	Nº de alunos que concorda	Nº de alunos que discorda	Nº de alunos que discorda plenamente
O conteúdo do curso foi interessante.	8	0	0	0
A professora parecia dominar o conteúdo.	7	1	0	0
A professora explica de forma clara.	7	1	0	0
As aulas do curso me motivaram a saber mais sobre o tema.	6	2	0	0
O tempo de duração do curso foi adequado ao conteúdo.	3	2	3	0
Gosto de Astronomia.	4	4	0	0
Os conteúdos abordados são muito abstratos.	2	5	1	0
Aprendi bastante no curso.	4	3	1	0
Recomendaria o curso para meus amigos.	6	2	0	0
Prestei atenção nas aulas.	4	4	0	0
Dediquei algum tempo extra ao estudo de Astronomia.	0	5	3	0
A professora sempre se dispôs a responder às dúvidas.	8	0	0	0
Gostei do curso.	7	1	0	0
A abordagem aos conteúdos foi estimulante.	6	2	0	0
As aulas foram chatas.		0	1	7
Respondi a este questionário atentamente.	8	0	0	0

Um dos aspectos a serem mencionados do que trazemos na tabela 9 é o fato de que a totalidade de alunos concorda plenamente que o curso foi interessante e que a professora sempre se dispôs a responder às dúvidas. Além disso, todos concordam que gostaram do curso a grande maioria concorda que aprendeu bastante no curso. No entanto, concordam que os conteúdos abordados são abstratos.

Lemos essa afirmação como um reflexo da dificuldade intrínseca ao nosso desafio de transpor os conhecimentos estudados para o cotidiano. Dizemos que essa dificuldade é intrínseca pelo fato de estarmos abordando planetas, estrelas e galáxias entre muitos outros

objetos que estão a grandes distâncias de nós. Acreditamos que a distância a que nos encontramos desses objetos não deve ser vista como obstáculo para o interesse em conhecê-los, mas admitimos que torna difícil a tarefa de concretizar o objeto de estudo.

A afirmação acerca da duração do curso ser adequada ao conteúdo, da qual 3 alunos discordam, provavelmente reflete uma certa frustração no que se refere à abordagem de alguns tópicos que foram apenas citados – como a vida fora da Terra e a astronáutica.

4.4 ALTERAÇÕES NA PROPOSTA PARA SEGUNDA APLICAÇÃO

Um dos aspectos que buscamos modificar para a segunda versão do curso foi a interatividade. Algumas das aulas do curso foram praticamente exposição dialogada em sua integralidade, de modo que ambicionamos a realização de mais atividades práticas envolvendo o trato com imagens ou não. Até para reforçar nosso compromisso com o que propusemos em nossos referenciais teórico-epistemológico, julgamos que o maior número de atividades do tipo "mão na massa" realizadas em duplas ou trios levaria à facilitação da aprendizagem que é nosso objetivo maior, além do que, é inegável a motivação dos alunos em realizar atividades diferenciadas no ambiente de aprendizado.

Outra modificação implementada está nos roteiros previstos no curso, em especial o da aula inicial, sobre o céu com utilização do software *Stellarium*, tornando-o mais fechado – visando a realização da atividade com mais foco e direcionalidade para que se possa verificar com mais objetividade os fenômenos de interesse. A opção por um roteiro mais fechado é reflexo daquilo que observamos na primeira aula do curso piloto em que os estudantes, em alguns momentos, apenas brincaram com o software sem relacionar seu uso com as questões físicas de interesse.

Acerca da avaliação, incluímos elementos dificultadores nos itens do questionário que tiveram alto percentual de acertos no pré-teste, ambicionando que com isso tivéssemos uma margem maior de verificação de evolução conceitual em tais itens. A segunda versão do questionário aplicado está disponível no apêndice C.

4.5 REALIZAÇÃO DA SEGUNDA VERSÃO DO CURSO

A segunda aplicação do curso ocorreu na cidade de Guaíba, de 30 de outubro a 4 de dezembro com aulas de uma hora e meia de duração na Unidade de Ensino Martinho Lutero, escola da rede privada de ensino guaibense. Essa instituição de ensino integra a rede da ULBRA e é uma escola religiosa.

A escola, fundada em 1996, atende a uma clientela com acesso pleno a tecnologias e recursos de comunicação e dispõe de alguns recursos multimídias, tais como projetores, sala de informática com – em média – um computador para cada 2 alunos , DVD *players*, TV, etc. Cabe salientar que os recursos da escola são um pouco defasados tecnologicamente, em especial os computadores da sala de informática, sendo precária a utilização de alguns softwares que necessitam de mais recursos de processamento, bem como o acesso a internet.

Dentro da proposta pedagógica da escola para o ensino médio, cujas turmas têm entre 30 e 40 alunos, estão os ideais de rigor nos objetivos e flexibilidade para atender ao desenvolvimento de cada indivíduo, preparando cidadãos para a vida real, da qual considera parte os desafios do vestibular, o mundo do trabalho, a responsabilidade social e a formação da personalidade. Deste modo, a escola propõe a formação de pessoas realizadas. Na figura 10, apresentamos uma fotografia da fachada da escola.

Figura 10 – fachada da Unidade de Ensino Martinho Lutero.

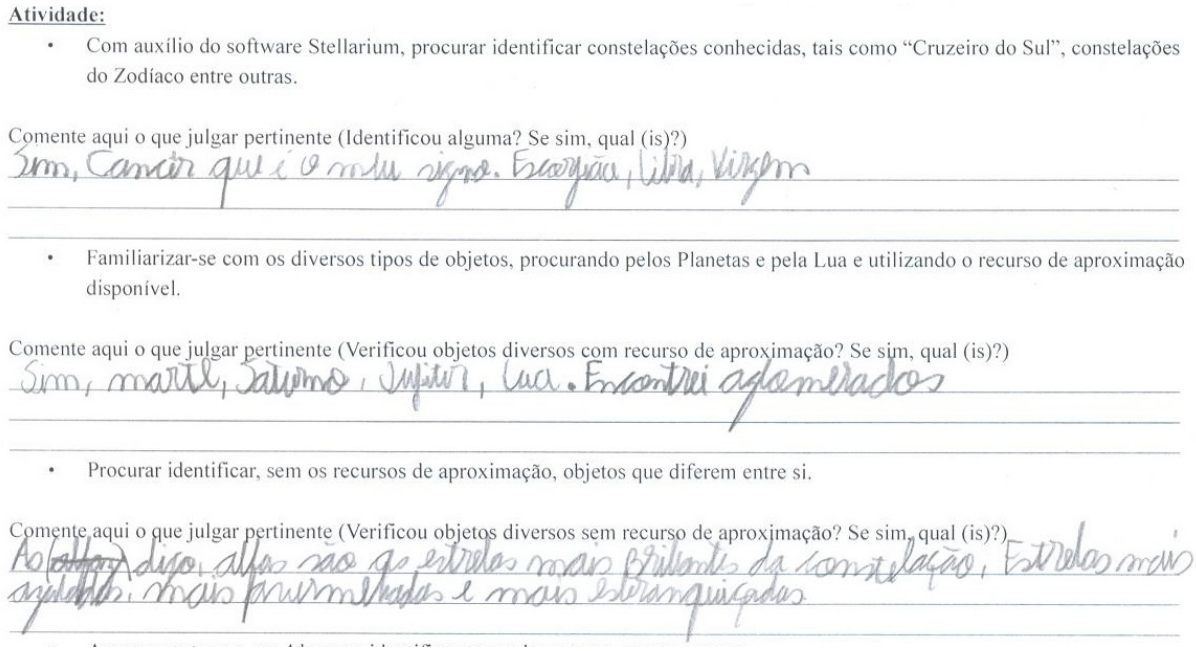
O curso realizado em sua segunda versão foi aberto aos estudantes das turmas de Ensino Médio, tendo ao todo 21 inscritos. Dos 21 alunos inscritos, 17 declararam que nunca

haviam observado o céu com telescópio e 8 que nunca haviam visitado um planetário. Além disso, 12 declararam gostar de Física.

Na primeira aula dessa segunda implementação do curso compareceram 19 alunos e mantivemos a utilização do *Stellarium*, porém a partir de um roteiro menos aberto a divagações durante o manuseio com o software. Esse novo roteiro encontra-se disponível no apêndice D. Notamos que a aula foi mais exitosa, no sentido que os alunos pareceram se preocupar mais em atender ao solicitado pelo roteiro para completá-lo.

Além dessa evolução no roteiro da aula também pedimos aos alunos que escolhessem algum objeto interessante cujo imageamento poderia ser simulado na quarta aula, já que previmos a incorporação de atividades interativas e uma delas a ser realizada com simulador de observação remota.

Uma análise dos roteiros entregues pelos alunos que o realizaram em duplas e trios, nos mostra que, em sua maioria, conseguiram identificar constelações, familiarizaram-se com os diversos tipos de objetos, dominando o recurso de aproximação oferecido pelo software para identificar planetas e satélites. Trazemos nas figuras 11 e 12 trechos do roteiro respondidos pelos alunos.



Atividade:

- Com auxílio do software Stellarium, procurar identificar constelações conhecidas, tais como "Cruzeiro do Sul", constelações do Zodíaco entre outras.

Comente aqui o que julgar pertinente (Identificou alguma? Se sim, qual (is)?)

Sim, Cancer que é o meu signo. Escorpião, Libra, Virgem

- Familiarizar-se com os diversos tipos de objetos, procurando pelos Planetas e pela Lua e utilizando o recurso de aproximação disponível.

Comente aqui o que julgar pertinente (Verificou objetos diversos com recurso de aproximação? Se sim, qual (is)?)

Sim, marte, Saturno, Jupiter, Lua. Encontrei aglomerados

- Procurar identificar, sem os recursos de aproximação, objetos que diferem entre si.

Comente aqui o que julgar pertinente (Verificou objetos diversos sem recurso de aproximação? Se sim, qual (is)?)

Ao olhar digo, elas são as estrelas mais brilhantes da constelação, Estrelas mais azuladas, mais avermelhadas e mais esbranquiçadas

Figura 11 – Trecho do roteiro respondido por um dos alunos, evidenciando a correta identificação de constelações e de variados tipos de objetos, inclusive estrelas de cores distintas.

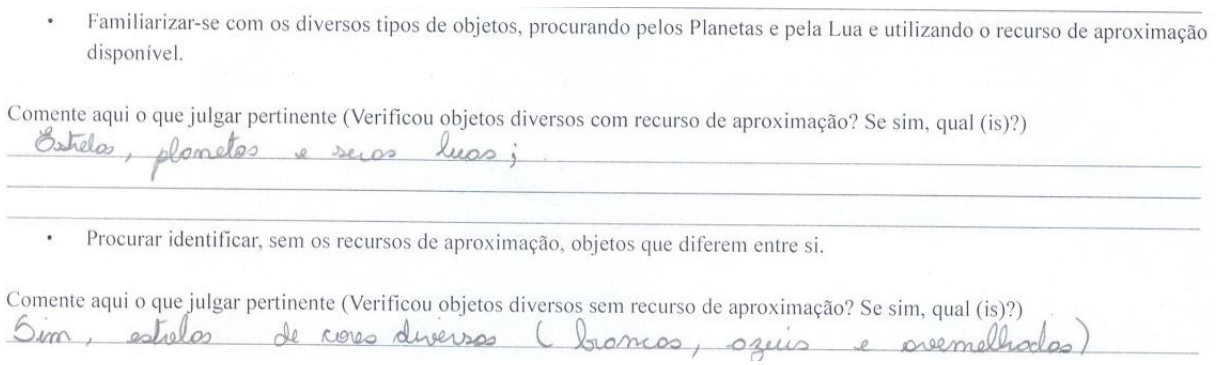


Figura 12 – Trecho de roteiro respondido por um dos alunos, evidenciando a identificação de diversos tipos de objetos e de estrelas de cores distintas.

Grande parte dos alunos, quando questionados sobre os movimentos observados, atribui tais observações aos movimentos da Terra e da Lua, mostrando uma forte influência das ideias prévias na compreensão dos fenômenos. Alguns alunos confundiram o sistema de coordenadas oferecido pelo software, cuja utilização não foi sugerida no roteiro, com o sistema de localização de pontos na Terra (latitude e longitude), como é mostrado na figura 13.

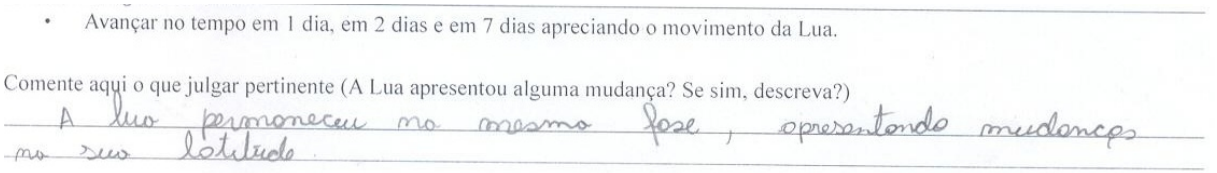


Figura 13 – Trecho de roteiro preenchido por um dos alunos, evidenciando a equivocada relação entre o movimento da Lua e a ideia de latitude e longitude.

Na segunda aula, pensamos em incluir uma atividade de combinação de imagens astronômicas de um mesmo objeto obtida com diferentes filtros, fazendo alusão ao que abordamos nessa aula. No entanto, optamos por realizar esta atividade na terceira aula, por uma questão de distribuição do tempo. Assim, na segunda aula não efetuamos nenhuma modificação com relação à implementação piloto, realizando apenas a apresentação sobre a luz e desenvolvendo a atividade de estudo das imagens de um mesmo objeto obtidas com diferentes filtros. Já no início da terceira aula, incluímos a atividade de combinação de imagens supracitada que contou com a utilização do software *SalsaJ* – um aplicativo de manuseio de imagens astronômicas, gratuito, desenvolvido para fins educacionais por Jérôme Lucas, da *Université Pierre et Marie Curie*, de Paris e disponibilizado pelo programa G–HOU (Global Hands on Universe). Nessa atividade os alunos receberam um roteiro de utilização que previa a combinação de imagens do objeto M27 obtidas com filtros azul, verde e

vermelho para construir uma imagem em cores do objeto. O roteiro da atividade está disponível no apêndice E.

Os alunos se mostraram satisfeitos com a realização da atividade, fazendo questão de mostrarem as suas imagens uns aos outros e, ao mesmo tempo, demonstraram surpresa com o resultado obtido pelo fato de três imagens em escala de cinza terem dado origem a uma imagem colorida. Na figura 14 trazemos a imagem obtida por um grupo de alunos na realização da atividade.

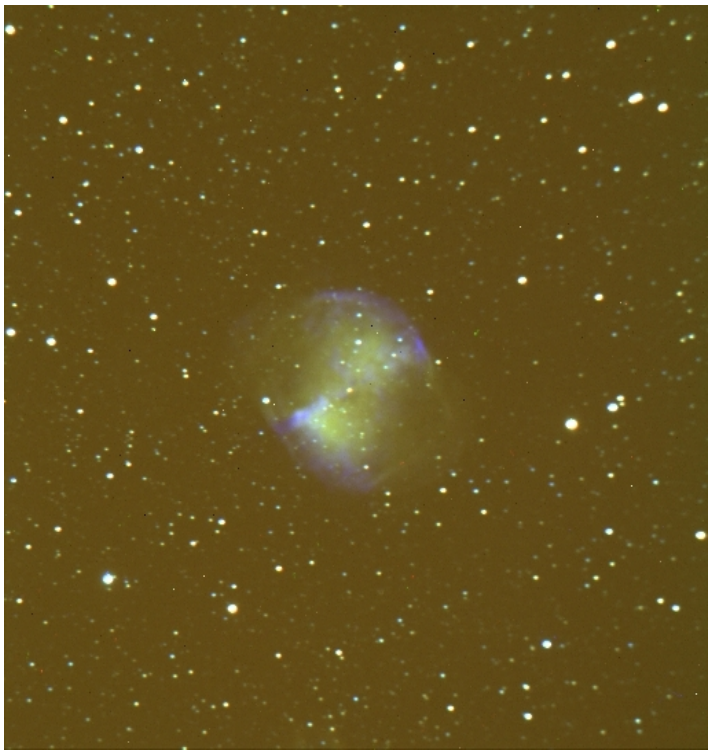


Figura 14 – imagem em cores da nebulosa M27, obtida por alunos a partir da composição de três imagens de filtros distintos.

Salientamos que a atividade proposta não foi concebida por nós, mas baseada em atividade sugerida pelo programa G–HOU.

Além da utilização do *SalsaJ*, não houve outras mudanças substanciais na terceira aula do curso com relação à aplicação do curso piloto.

Na quarta aula, a única modificação que implementaríamos seria a realização de uma atividade de simulação de observação remota com o intuito de dar uma breve noção aos alunos acerca da relação entre o tempo de exposição e a quantidade de fótons que chegam ao detector. No entanto, nesta aula houve uma situação atípica: somente 4 alunos compareceram à aula, provavelmente devido à forte chuva que caía naquele dia. Assim, apresentamos a aula,

mas devido ao baixo quorum os estudantes presentes sentiram-se muito à vontade para perguntas. A atividade de simulação de observação remota, cujo roteiro está no apêndice F, tornou-se impraticável por dois fatores: a falta de tempo hábil para tal durante a aula e a necessidade de conexão à internet – que é precária na escola. Deste modo, distribuímos os roteiros para que os alunos a realizassem em casa e discutíssemos na aula seguinte os resultados.

Na quinta aula, fizemos alguns comentários sobre a aula anterior e os alunos manifestaram não terem realizado a atividade de casa. Os aprimoramentos a esta aula com relação ao curso piloto foram apenas alguns ajustes no roteiro, mas nenhuma modificação em sua essência. De modo geral, os roteiros entregues demonstraram que os alunos realizaram, com êxito as atividades acerca da duração do dia e do movimento anual do Sol. Sobre o movimento da Lua, nem todos os alunos conseguiram chegar às conclusões que esperávamos, mas vários alunos fizeram afirmações corretas a respeito das fases da Lua, como trazemos na figura 15, e do seu período orbital, inclusive tendo determinado corretamente sua velocidade angular aparente, conforme ilustra a figura 16.

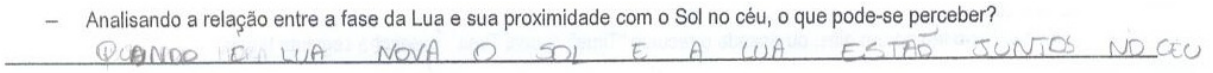


Figura 15 - Trecho de roteiro preenchido por um dos alunos do curso, evidenciando a correta noção de que a fase da Lua está relacionada à sua proximidade do Sol no céu.

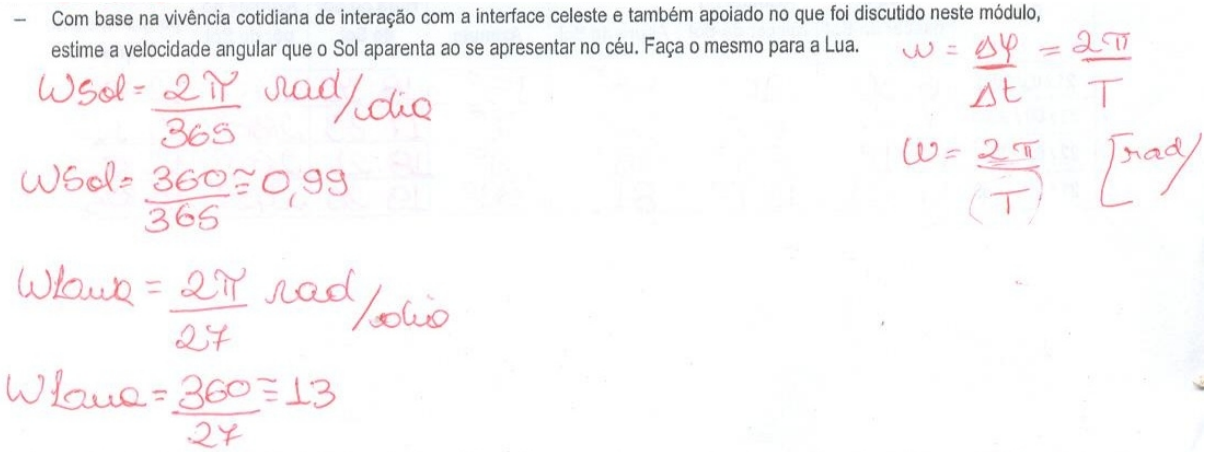


Figura 16 – Trecho de roteiro preenchido por um dos alunos do curso, mostrando o cálculo das velocidades angulares aparentes do Sol e da Lua.

A sexta aula, abordando a cosmologia, incluiu como principal modificação a realização de uma atividade sobre a expansão de Hubble como fechamento. Julgamos que a inclusão dessa atividade possibilitaria a visualização da Lei de Hubble, tornando seu

entendimento mais facilitado.

Nessa atividade, disponível no apêndice H, os alunos organizados em duplas e trios, receberam um roteiro de realização e duas transparências contendo pontos, em uma vermelhos e em outra pretos. Uma das transparências representando o universo em um tempo dito T=1 e a outra, o Universo em um tempo T=2. Em cada lâmina havia um ponto de referência, a representar a posição do observador da expansão cósmica. Os alunos mediram a distância de alguns pontos do Universo em T=1 com relação ao ponto de referência e também a distância entre os pontos correspondentes em T=2 ao ponto de referência. Da análise dos dados obtidos e organizados em uma tabela, pedimos que traçassem um gráfico em um software de planilhas para representar a velocidade de afastamento dos pontos em função de sua distância. Esperávamos que os alunos chegassem à conclusão de que quanto maior é a distância de um ponto, maior é a velocidade com que ele se afasta de nós.

Salientamos que a atividade descrita acima também não foi concebida por nós, mas baseada em uma atividade intitulada Hubble Unit, desenvolvida por Carl Pennypacker e apresentada no Programa de Treinamento de Professores Galileu (GTTP), do qual participamos, em 2009. O arquivo de computador para impressão das transparências está disponível no apêndice A.

Realizamos a aula e, havendo pouco tempo para a realização da atividade de fechamento, os alunos fizeram a tomada de dados com nosso auxílio e a tarefa de traçar o gráfico como continuação foi solicitada como atividade para casa. Recebemos o retorno de alguns que construíram o gráfico e que obtiveram a função linear que era de se esperar. No entanto não chegaram à conclusão de que o coeficiente da equação da reta seria o fator de expansão do universo das transparências. A figura 17 traz o gráfico entregue por uma dupla de alunos. Embora os eixos do gráfico não tenham tido suas unidades de medida indicadas pelos estudantes, acreditamos ter ficado claro o que cada medida representava fisicamente.

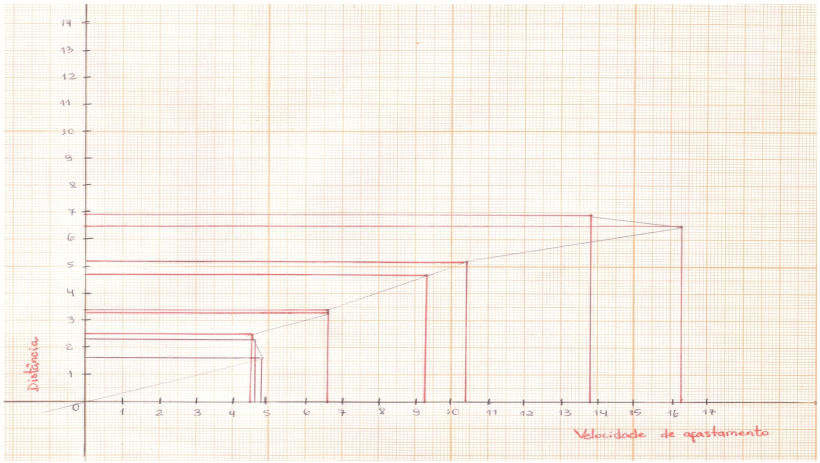


Figura 17 – Gráfico construído por uma dupla de alunos do curso para a atividade sobre a expansão cósmica. É evidente a relação linear existente entre a distância à galáxia e sua velocidade de afastamento, mas os alunos não concluíram isso através do gráfico.

Na sétima aula, o principal melhoramento foi a inclusão de uma atividade de determinação das dimensões de uma cratera lunar com o auxílio do software *SalsaJ*., cujo roteiro de realização está no apêndice J. Consideramos que esta atividade pode ajudar à compreensão de alguns aspectos das escalas de tamanho em Astronomia. Então, a sétima aula transcorreu normalmente, como na implementação piloto, os alunos mostraram inclusive uma certa competitividade para ver quem acertava mais as características dos planetas.

Sobre a apresentação dos corpos menores, surgiram inúmeras perguntas – tal como na implementação piloto sobre as estrelas cadentes e também sobre os impactos de meteoros.

O fechamento da aula se deu então com a realização da atividade de utilização do *SalsaJ* para determinar o diâmetro de crateras na lua, consistindo basicamente em abrir uma imagem da Lua, verificar a escala da imagem e medir – em pixels – o diâmetro da cratera para convertê-lo em quilômetros de posse da informação da escala. Essa atividade não foi concebida por nós, apenas adaptada do guia para o professor do livro *Solar System*, parte do curso *Global Systems Science* (GSS) da *University of California*, de Berkeley, a partir do qual construímos nosso roteiro.

De modo geral os alunos se mostraram surpresos com os resultados obtidos e manifestaram seu desconhecimento sobre os tamanhos envolvidos na questão. A seguir, transcrevemos algumas respostas interessantes, dadas pelos alunos no roteiro, sobre a sua impressão acerca do tamanho das crateras.

> *"Eu pensei que eram menores, na verdade nunca havia pensado nisso. Deve ser por isso que me surpreendi tanto."*

"É razoável, mas pensei que ela fosse um pouco menor, cerca de 20 km².”

A oitava aula, que abordava as Leis da Mecânica não sofreu modificações com relação à experiência piloto. Gostaríamos até de ter incluído alguma atividade de interação nesta aula, mas tendo em vista que não há uma ligação fácil a ser feita entre a imagem astronômica e o tema abordado nessa aula, acabamos por deixá-la como estava. Algumas ideias até surgiram, como a possibilidade de se fazer uma análise do movimento de satélites de Júpiter para determinar sua massa, mas qualquer atividade nesse sentido tomaria muito tempo em uma aula que já era demasiado extensa.

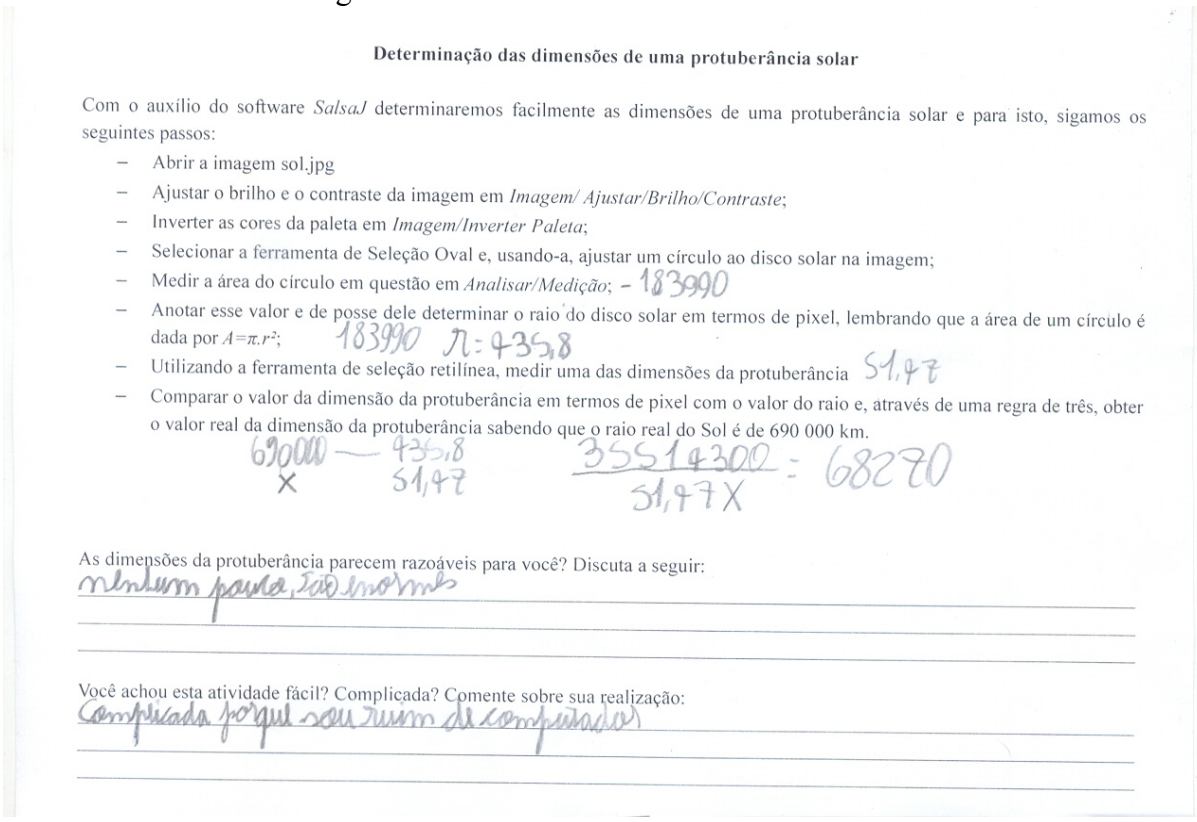
A aula transcorreu bem, até superando nossas expectativas em termos de interesse dos alunos. Acreditamos que o interesse demonstrado pelos alunos e as frequentes perguntas enriquecedoras que surgiram durante a aula deveram-se majoritariamente ao fato de que os alunos do 1° ano estavam tendo contato com a mecânica nas aulas regulares, de modo que essa abordagem diferenciada que fizemos, suscitou interesse e, consequentemente, dúvidas por parte desses aprendizes.

Já na nona aula, que julgamos ter sido bastante motivadora na implementação piloto, até pelo fato de ser iniciada com a discussão sobre imagens de nebulosas, incluímos apenas uma atividade de fechamento sobre o Sol. O último tópico abordado era a estrutura estelar, onde mencionamos as erupções solares e, como essa parte era a mais expositiva e a mais pragmática, optamos por incluir uma atividade de determinação das dimensões de uma protuberância solar, utilizando uma imagem do Sol com o software *SalsaJ*. A atividade consistiu em, a partir de um roteiro distribuído, utilizar uma ferramenta de medida sobre a imagem do Sol para determinar a área do disco, calculando seu diâmetro e, depois, medir as dimensões da protuberância. De posse do valor conhecido para o diâmetro do Sol, com uma regra de três simples, determinaria-se as dimensões da protuberância. Os alunos apresentaram uma certa dificuldade nessa atividade em determinar o diâmetro, pois argumentaram não se lembrarem das fórmulas de geometria. Colocamos então na lousa a expressão da área do círculo para que eles se guiassem.

O roteiro que desenvolvemos para a atividade encontra-se no apêndice K. Essa atividade não foi concebida por nós, apenas adaptada o guia de atividades do projetor "Sol para todos", da Universidade de Coimbra, em Portugal. Esse projeto visa à promoção da ciência em geral e da Astronomia em particular, junto dos alunos de escolas do ensino não superior, disponibilizando material na *web* para a realização de atividades envolvendo

imagens a utilização de imagens do Sol.

Dos roteiros recolhidos, percebemos que os alunos realizaram a atividade corretamente conforme o que é mostrado na figura 18. Além disso, vários alunos demonstraram surpresa com as dimensões da protuberância, mas nem todos. A facilidade na realização da tarefa atribuímos ao fato de já terem realizado anteriormente uma atividade semelhante acerca das dimensões de crateras lunares. De modo geral, consideramos exitosa a inclusão dessa atividade de utilização da imagem para obter informações relevantes, pois os alunos saíram da aula elogiosos.



Determinação das dimensões de uma protuberância solar

Com o auxílio do software *SalsaJ* determinaremos facilmente as dimensões de uma protuberância solar e para isto, sigamos os seguintes passos:

- Abrir a imagem sol.jpg
- Ajustar o brilho e o contraste da imagem em *Imagem/ Ajustar/Brilho/Contraste*;
- Inverter as cores da paleta em *Imagem/Inverter Paleta*;
- Selecionar a ferramenta de Seleção Oval e, usando-a, ajustar um círculo ao disco solar na imagem;
- Medir a área do círculo em questão em *Analisar/Medição*; – 183990
- Anotar esse valor e de posse dele determinar o raio do disco solar em termos de pixel, lembrando que a área de um círculo é dada por $A=\pi.r^2$; 183990 π = 435,8
- Utilizando a ferramenta de seleção retilínea, medir uma das dimensões da protuberância 51,47
- Comparar o valor da dimensão da protuberância em termos de pixel com o valor do raio e, através de uma regra de três, obter o valor real da dimensão da protuberância sabendo que o raio real do Sol é de 690 000 km.

690000 — 435,8
X 51,47

35514300 / 51,47X = 68270

As dimensões da protuberância parecem razoáveis para você? Discuta a seguir:
nenhum pouco, Tão enormes

Você achou esta atividade fácil? Complicada? Comente sobre sua realização:
Complicada porque sou ruim de computador

Figura 18 – Roteiro preenchido da atividade de utilização do software SalsaJ para determinação do tamanho de uma protuberância solar.

Nosso encontro seguinte não foi uma aula do curso, mas uma sessão de observação telescópica realizada no pátio da escola em 2 de dezembro, novamente com o apoio do OEI. Nessa ocasião, os alunos tiveram a oportunidade de observar Júpiter e seus 4 maiores satélites, a nebulosa de Órion, um aglomerado globular e a superfície da Lua. A sessão do observação era bastante esperada pelos alunos e, na ocasião foi possível a reflexão sobre vários conceitos abordados no curso, em especial sobre o movimento diurno e anual dos astros, mas também sobre a formação de estrelas e outros temas da Astrofísica. A figura 19 traz o grupo todo na noite de observação.

Figura 19 – Alunos do curso juntamente com a professora e com os membros do OEI que possibilitaram a observação telescópica.

A aula final, que já era bastante extensa, levando-se em consideração que deveríamos dispensar tempo para a realização do pós-teste, não sofreu modificações. Seu desenrolar foi bastante satisfatório, permeado de perguntas por parte dos alunos. Em especial debateu-se a questão da morte do Sol e das modificações que nossa estrela sofrerá em seu processo evolutivo, bem como as consequências para a Terra. Ao término da aula os alunos responderam ao questionário de avaliação e também à pesquisa de satisfação sobre o curso em si.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Da segunda implementação, apresentamos brevemente os resultados obtidos a partir da análise e transformação das respostas ao pré e pós-testes. A tabela 5 nos traz o resultados obtidos no pré-teste aplicado nessa segunda implementação do curso

Tabela 5 - Resultados do pré-teste, questão a questão, aluno a aluno, comparativamente com a opção correta. Em negrito, para facilitar a análise, estão as respostas corretas.

QUESTÃO / ALUNO	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	ACERTOS
A1	D	**B**	E	**D**	**A**	C	A	**A**	B	**C**	C	**C**	6
A2	**C**	**B**	A	**D**	**A**	C	**D**	**A**	B	B	**D**	A	7
A3	B	A	B	**D**	C	B	C	E	**C**	D	B	D	2
A4	D	A	**D**	**D**	D	C	**D**	E	D	**C**	B	B	4
A5	D	A	**D**	**D**	**A**	C	B	E	B	A	**D**	D	4
A6	**C**	D	C	B	B	C	**D**	E	D	**C**	**D**	**C**	5
A7	D	A	**D**	**D**	B	B	B	E	**C**	**C**	B	D	4
A8	**C**	A	C	**D**	C	B	A	C	B	D	B	B	2
A9	A	C	A	B	**A**	B	B	**A**	B	A	C	B	2
A10	E	C	A	**D**	**A**	A	B	B	B	D	B	A	2
A11	D	C	A	**D**	B	A	C	D	B	A	**D**	**C**	3
A12	D	C	A	**D**	**A**	B	C	**A**	B	D	B	D	3
A13	E	**B**	**D**	**D**	C	C	**D**	B	B	B	A	**C**	5
A14	**C**	A	**D**	A	B	**D**	**D**	**A**	B	**C**	**D**	D	7
A15	D	D	C	A	D	A	A	**A**	B	**C**	A	B	2
A16	D	D	B	C	B	A	A	**A**	B	**C**	B	D	2
A17	A	A	**D**	A	**A**	**D**	C	**A**	B	A	A	A	4
A18	**C**	A	**D**	B	C	A	**D**	E	**C**	**C**	B	A	5
A19	A	C	E	**D**	**A**	C	C	E	A	B	A	A	2
GABARITO	C	B	D	D	A	D	D	A	C	C	D	C	
ACERTOS	**5**	**3**	**7**	**11**	**8**	**2**	**6**	**8**	**3**	**8**	**5**	**4**	
% DE ACERTOS	**26,3**	**15,8**	**36,8**	**57,9**	**42,1**	**10,5**	**31,6**	**42,1**	**15,8**	**42,1**	**26,3**	**21**	

Diferentemente da implementação piloto, aqui não tivemos nenhuma questão cujo índice de acertos estivesse além dos 70% no pré-teste. Em especial nas questões em que

inserimos elementos dificultadores, houve uma queda no percentual de acertos.

A tabela 6 nos traz os resultados obtidos no pós-teste, para que comparemos e possamos tirar algumas conclusões.

Tabela 6 - Resultados do pós-teste, questão a questão, aluno a aluno, comparativamente com a opção correta. Em negrito, para facilitar a análise, estão as respostas corretas

QUESTÃO / ALUNO	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	ACERTOS
A1	A	**B**	E	**D**	B	**D**	**D**	E	D	D	**D**	**C**	**6**
A2	A	C	B	**D**	**A**	A	**D**	**A**	**C**	**C**	**D**	**C**	**8**
A3	A	C	**D**	**D**	C	C	**D**	**A**	D	D	**D**	A	**5**
A4	**C**	C	**D**	**D**	**A**	**D**	**D**	**A**	**C**	B	B	D	**8**
A5	A	A	C	**D**	**A**	B	**D**	E	A	**C**	**D**	**C**	**6**
A6	A	C	C	**D**	D	**D**	**D**	E	B	B	A	B	**3**
A7	A	A	**D**	**D**	**A**	**D**	**D**	E	A	**C**	B	**C**	**7**
A8	E	A	C	**D**	D	B	**D**	E	D	**C**	C	B	**3**
A9	E	A	E	**D**	C	B	**D**	C	D	**C**	B	B	**3**
A10	**C**	C	E	B	**A**	**D**	**D**	**A**	D	A	B	**C**	**6**
A11	**C**	C	E	B	**A**	**D**	**D**	**A**	**C**	A	B	**C**	**7**
A12	**C**	C	E	**D**	B	**D**	**D**	**A**	D	A	B	**C**	**6**
A13	A	**B**	E	**D**	B	**D**	**D**	E	**C**	**C**	**D**	**C**	**8**
A20	A	**B**	**D**	**D**	**A**	A	**D**	E	D	A	B	B	**5**
GABARITO	C	B	D	D	A	D	D	A	C	C	D	C	
ACERTOS	**4**	**3**	**4**	**12**	**7**	**8**	**14**	**6**	**4**	**6**	**5**	**8**	
% DE ACERTOS	**28,6**	**21,4**	**28,6**	**85,7**	**50**	**57,1**	**100**	**42,9**	**28,6**	**42,6**	**35,7**	**57,1**	

A análise comparativa nos permite verificar que, novamente, temos um aumento do percentual de acertos – ainda que modesto em alguns casos – na maioria das questões,à exceção da questão 3, que versava sobre os espectro de estrelas e do meio interestelar da Galáxia. Nessa questão, a maioria dos alunos respondeu que as estrelas emitem muito no domínio óptico e no infravermelho, mas que o meio interestelar só emite em raios-X ou rádio. Atribuímos o grande número de respostas com essa afirmação ao fato de ser a única alternativa que continha a informação de que obrigatoriamente as estrelas emitem luz no domínio óptico, ignorando a relação com a temperatura apresentada na alternativa correta.

Apesar do inesperado resultado que citamos no parágrafo anterior, consideramos que

houve alguma evolução conceitual, a qual verificamos pelo fato de que no pré-teste, apenas 3 alunos responderam corretamente a 50% ou mais dos itens do questionário, enquanto que no pós-teste, 9 alunos conseguiram um percentual de acertos igual ou superior a 50%. Além disso, verificamos um aumento percentual médio de acertos – por questão – de cerca de 18% do pré-teste para o pós-teste, considerando-se todas as questões.

A análise mais criteriosa dos resultados da avaliação da segunda implementação do curso, pede uma tabela comparativa das respostas de cada aluno no seu pré e no seu pós-teste, como trazemos na tabela 7.

Tabela 7 – comparativo das respostas de cada questão no pré e no pós-testes, aluno a aluno.

QUESTÃO / ALUNO	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	ACERTOS	
A1	D	**B**	E	**D**	**A**	C	A	**A**	B	**C**	C	**C**	**PRÉ**	**6**
A1	A	**B**	E	**D**	B	**D**	**D**	E	D	D	**D**	**C**	**PÓS**	**6**
A2	**C**	**B**	A	**D**	**A**	C	**D**	**A**	B	B	**D**	A	**PRÉ**	**7**
A2	A	C	B	**D**	**A**	A	**D**	**A**	**C**	**C**	**D**	**C**	**PÓS**	**8**
A3	B	A	B	**D**	C	B	C	E	**C**	D	B	D	**PRÉ**	**2**
A3	A	C	**D**	**D**	C	C	**D**	**A**	D	D	**D**	A	**PÓS**	**5**
A4	D	A	**D**	**D**	D	C	**D**	E	D	**C**	B	B	**PRÉ**	**4**
A4	**C**	C	**D**	**D**	**A**	**D**	**D**	**A**	**C**	B	B	D	**PÓS**	**8**
A5	D	A	**D**	**D**	**A**	C	B	E	B	A	**D**	D	**PRÉ**	**4**
A5	A	A	C	**D**	**A**	B	**D**	E	A	**C**	**D**	**C**	**PÓS**	**6**
A6	**C**	D	C	B	B	C	**D**	E	D	**C**	**D**	**C**	**PRÉ**	**5**
A6	A	C	C	**D**	D	**D**	**D**	E	B	B	A	B	**PÓS**	**3**
A7	D	A	**D**	**D**	B	B	B	E	**C**	**C**	B	D	**PRÉ**	**4**
A7	A	A	**D**	**D**	**A**	**D**	**D**	E	A	**C**	B	**C**	**PÓS**	**7**
A8	**C**	A	C	**D**	C	B	A	C	B	D	B	B	**PRÉ**	**2**
A8	E	A	C	**D**	D	B	**D**	E	D	**C**	C	B	**PÓS**	**3**
A9	A	C	A	B	**A**	B	B	**A**	B	A	C	B	**PRÉ**	**2**
A9	E	A	E	**D**	C	B	**D**	C	D	**C**	B	B	**PÓS**	**3**
A10	E	C	A	**D**	**A**	A	B	B	B	D	B	A	**PRÉ**	**2**
A10	**C**	C	E	B	**A**	**D**	**D**	**A**	D	A	B	**C**	**PÓS**	**6**
A11	D	C	A	**D**	B	A	C	D	B	A	**D**	**C**	**PRÉ**	**3**
A11	**C**	C	E	B	**A**	**D**	**D**	**A**	**C**	A	B	**C**	**PÓS**	**7**
A12	D	C	A	**D**	**A**	B	C	**A**	B	D	B	D	**PRÉ**	**3**
A12	**C**	C	E	**D**	B	**D**	**D**	**A**	D	A	B	**C**	**PÓS**	**6**
A13	E	**B**	**D**	**D**	C	C	**D**	B	B	B	A	**C**	**PRÉ**	**5**
A13	A	**B**	E	**D**	B	**D**	**D**	E	**C**	**C**	**D**	**C**	**PÓS**	**8**

Apenas para ilustrar as informações contidas na tabela 7, trazemos um gráfico na figura 20.

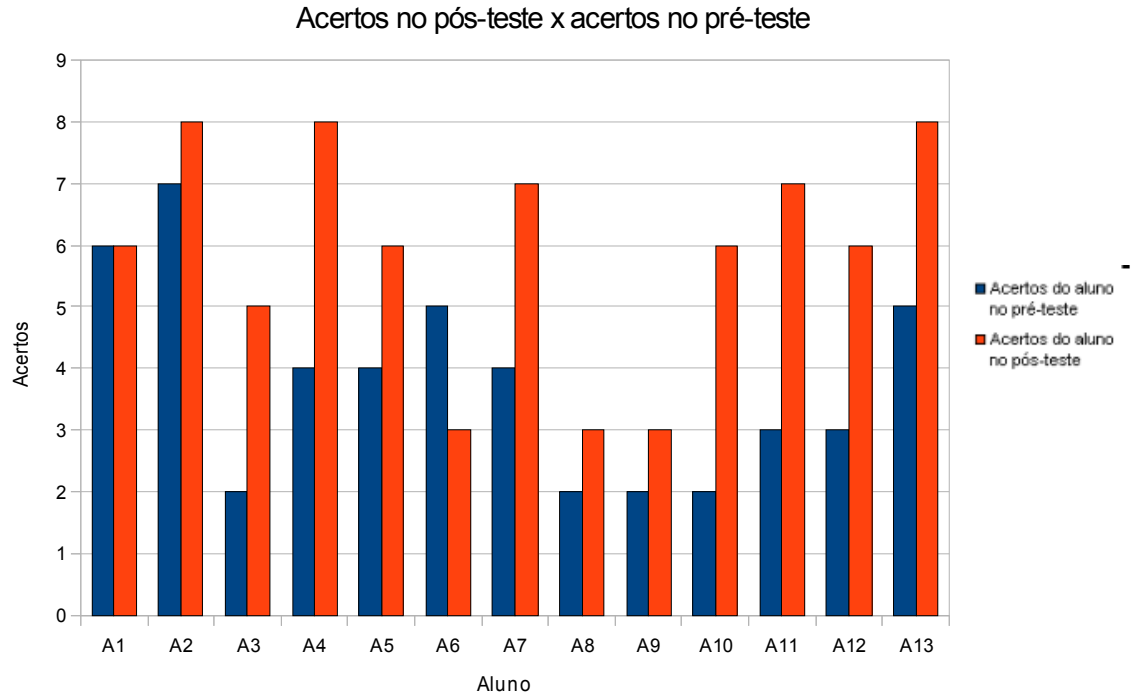


Figura 20 – Gráfico comparativo do número de acertos no pré-teste e no pós-teste, aluno a aluno.

Assim como na implementação piloto, os resultados da segunda implementação também nos mostram que muitas questões respondidas corretamente na pré-teste, foram respondidas pelo mesmo aluno de forma errada no pós-teste. Uma vez que não se trata de uma questão específica em que isso ocorreu, nem tampouco a ocorrência se restringe a algum aluno em especial, não consideramos tal resultado indicativo de uma desaprendizagem, mas o atribuímos, em parte ao acaso e, em parte a algum entendimento equivocado de conceitos diversos, em diversas situações, não sempre pelo mesmo aluno, provavelmente fruto de formas de expressão dubitáveis, por parte da professora.

A título de conclusão, trazemos uma análise comparativa dos resultados do curso piloto para a segunda versão da aplicação do projeto.

Tabela 8 – Comparativo de resultados das duas implementações do projeto.

Implementação	**Nº absoluto de acertos em pré-teste**	**Nº absoluto de acertos no pós-teste**	**Aumento no nº de acertos**
Piloto	39	45	15,40%
Segunda versão	49	76	55,51%

Da tabela 8, verifica-se que na segunda versão do curso houve um crescimento no resultado do pós-teste ante o resultado do pré-teste que não pode ser ignorado. Ainda que essa análise não seja específica e rigorosa, reflete uma melhora da segunda versão com respeito à implementação piloto.

Para concluir, apresentamos os resultados da pesquisa de satisfação a que os alunos responderam na última aula do curso na tabela 9.

Tabela 9 – Resultados da pesquisa de satisfação dos alunos com relação ao curso.

Afirmativa	Nº de alunos que concorda plenamente	Nº de alunos que concorda	Nº de alunos que discorda	Nº de alunos que discorda plenamente
O conteúdo do curso foi interessante.	14	0	0	0
A professora parecia dominar o conteúdo.	14	0	0	0
A professora não explica de forma clara.	0	0	3	11
As aulas do curso me motivaram a saber mais sobre o tema.	10	4	0	0
O tempo de duração do curso não foi adequado ao conteúdo.	2	4	6	2
Gosto de Astronomia.	9	5	0	0
Os conteúdos abordados são muito abstratos.	0	6	4	4
Aprendi bastante no curso.	9	5	0	0
Não Recomendaria o curso para meus amigos.	0	0	2	12
Prestei atenção nas aulas.	7	7	0	0
Dediquei algum tempo extra ao estudo de Astronomia.	3	9	1	1
A professora sempre se dispôs a responder às dúvidas.	14	0	0	0
Gostei do curso.	12	2	0	0
A abordagem aos conteúdos foi estimulante.	10	4	0	0
As aulas foram chatas.	1	0	3	10
Respondi a este questionário atentamente.	11	3	0	0

Do que trazemos na tabela 9 vêm algumas considerações como o fato de que a totalidade dos alunos que respondeu à pesquisa concorda plenamente que o curso foi interessante, que a professora parecia dominar o conteúdo e que esta sempre se dispôs a responder às dúvidas. Além disso, a totalidade dos alunos também concorda que gostou do curso, que aprendeu bastante e que a abordagem aos conteúdos foi estimulante.

No entanto, não podemos negligenciar o fato de que vários alunos julgaram os conteúdos abordados como sendo abstratos assim como ocorreu na implementação piloto. Reafirmamos que esse julgamento reflete a dificuldade de transpormos para o cotidiano os conteúdos estudados quando o objeto de estudo é inalcançável, distante do palpável.

6 CONCLUSÕES

Nesta dissertação exploramos o uso da imagem astronômica e da observação ocular como ferramenta de ensino. O planejamento e desenvolvimento da proposta se deram a partir de nossa experiência docente, inclusive em cursos prévios de extensão em Astronomia, e de divulgação da Astronomia em geral. Aplicamos dois cursos, em duas escolas distintas, nos quais a ideia central foi desenvolvida. Outra característica do trabalho foi a constante preocupação em mostrar o conhecimento como algo em constante evolução e utilizar as novas tecnologias como apoio ao processo.

Ambos os cursos tiveram um impacto significativo sobre os alunos. Qualitativamente, essa conclusão está embasada nas respostas a questionários sobre o curso e em comentários feitos espontaneamente pelos alunos. Quantitativamente, o impacto pôde ser mensurado pelo aumento porcentual de respostas corretas entre os testes feitos no início e ao final das atividades. Este impacto quantitativo, em especial, foi maior no segundo curso realizado, evidenciando o amadurecimento do projeto.

Dessa forma, após a vivência das duas implementações da atividade de extensão e da análise dos resultados obtidos nestas, consideramos que nosso trabalho foi exitoso. Principalmente porque acreditamos que o material desenvolvido sob a forma do produto educacional desta dissertação poderá auxiliar outros professores a construir propostas semelhantes, ou propostas dentro da mesma temática. Além disso, há que se considerar que, se os estudantes que participaram dos cursos apresentaram alguma evolução conceitual dentro dos propósitos iniciais – como pudemos verificar –, nosso empenho já não foi em vão. Mais que isso, concluímos o desenvolvimento da proposta com a convicção de que a abordagem é apropriada ao ensino de ciências, podendo a imagem astronômica e a observação rudimentar servir de instrumento de ensino-aprendizagem.

Da realização deste trabalho fazemos ainda alguns juízos de valor sobre o ensino de ciências. O primeiro deles é sobre o interesse dos aprendizes quanto ao conteúdo que se está ensinando. A Astronomia, de fato, é um tema motivador no contexto do ensino e essa é uma das razões pelas quais a realização dos cursos se deu em condições tão privilegiadas. Todos os alunos que participaram da atividade de extensão manifestaram interesse em estudar o conteúdo que abordaríamos e talvez este seja um forte indicativo de que as temáticas

motivadoras devem ser exploradas no Ensino Formal.

Além disso, por nossa proposta estar tão intimamente relacionada com as novas tecnologias e com a utilização de recursos multimídia, acreditamos que a ausência de recursos nas escolas certamente é fator preponderante na manutenção do modelo tradicional de educação, reconhecidamente falho.

No entanto, o desenvolvimento e a realização dos dois cursos nos conduz à percepção óbvia de que os recursos não são autossuficientes. O empenho e a vontade do professor são fundamentais para que haja a diversificação de atividades de sala de aula, privilegiando a interatividade. Adicionamos ainda a conclusão, a partir do nosso trabalho, de que há mais um fator além dos supracitados a considerar para o êxito de uma abordagem diferenciada de tópicos de qualquer ramo da ciência – o conhecimento do professor. O professor necessita de formação adequada, que lhe forneça os requisitos para abordar temáticas que fogem ao conteúdo prestigiado pelos livros didáticos com segurança e que lhe conduza a uma postura de estudante permanente, pois a ciência é viva e está inexoravelmente em construção.

7 REFERÊNCIAS

ARIZA, R. P.; HARRES, J. B. S. A Epistemologia Evolucionista de Stephen Toulmin e o Ensino de Ciências**.** *Caderno Brasileiro de Ensino de Física,* Florianópolis, v. 19, p. 70 – 83, jun. 2002. n. especial.

BRASIL. *Parâmetros Curriculares Nacionais:* ensino fundamental. Brasília:MEC/SEF, 1998.

CATELLI, F.; PEZZINI, S. Laboratório Caseiro: observando espectros luminosos – espectroscópio portátil**.** *Caderno Brasileiro de Ensino de Física,* Florianópolis, v. 19, n. 2, p. 264 – 269, ago. 2002.

CTIO. Cerro Tololo Inter-American Observatory. Disponível em: <http://www.ctio.noao.edu/.>. Acesso em: 10 maio 2009.

ESA. European Space Agency. Disponível em: <http://www.esa.int/>. Acesso em: 10 maio 2009.

CXC. Chandra X-Ray Observatory. Disponível em: <http://cxc.harvard.edu/>. Acesso em: 10 maio 2009.

FARIA, R. Z.; VOELZKE, M. R. Análise das características da aprendizagem de astronomia no ensino médio nos municípios de Rio Grande da Serra, Ribeirão Pires e Mauá. *Revista Brasileira de Ensino de Física,* São Paulo,v. 30, n. 4, 4402 10p., out./dez. 2008.

GASPAR, A.; MONTEIRO, I. C. de C. Atividades Experimentais de Demonstrações em **S**ala de Aula: uma análise segundo o referencial da teoria de Vygotsky. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 10, n. 2, p. 227-254, maio/ago. 2005.

GASPAR, A. *Física.* São Paulo: Ática, 2000. 3 v.

G-HOU. Global Hands on Universe. Disponível em: <http://www.globalhou.net/. >.Acesso em: 02 ago. 2009.

GEMINI OBSERVATORY. Disponível em: <http://www.gemini.edu/.>. Acesso em: 08 maio 2009.

GTTP. Galileo Teacher Training Program. Disponível em: <http://www.galileoteachers.org/.>. Acesso em: 10 ago 2009.

HST. Hubble Space Telescope. Disponível em: <http://hubblesite.org/.>. Acesso em: 08 maio 2009.

IAC. Instituto de Astrofisica de Canarias. Disponível em: <http://www.iac.es>. Acesso em: 08 maio 2009.

KEMPER, E. *A Inserção de Tópicos de Astronomia como Motivação para o Estudo da Mecânica em uma Abordagem Epistemológica para o Ensino Médio.* 2008. 127 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

LATTARI, C. J. B.; TREVISAN, R. H. Radioastronomia: noções iniciais para o ensino médio e fundamental como ilustração de aula. *Caderno Catarinense de Ensino de Física,* Florianópolis, v. 18, n. 2, p. 229 – 239, ago. 2001.

MEES, A. A. *Astronomia:* motivação para o ensino de física na 8ª série. 2004. 132 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

MOREIRA, M. A. *Teorias de Aprendizagem.* São Paulo: EPU, 1999.

_____. *Notas de Aula da Disciplina História e Epistemologia da Física do Currículo de Licenciatura em Física da UFRGS*, Porto Alegre: [s.n.], 2005.

MOUNT WILSON OBSERVATORY. Disponível em: <http://www.mtwilson.edu/.>. Acesso em: 08 maio 2009.

NASA. National Aeronautics and Space Administration. Disponível em: <http://www.nasa.gov/>. Acesso em: 10 maio 2009.

NOAO. National Optical Astronomy Observatory. Disponível em: <http://www.noao.edu.>. Acesso em: 08 maio 2009.

NRAO. National Radio Astronomy Observatory. Disponível em: <http://www.nrao.edu.>. Acesso em: 09 maio 2009.

OLIVEIRA FILHO, K. de S.; SARAIVA, M. de F. O. *Astronomia e Astrofísica.* Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2000.

PHET. Physics Education Technology. Disponível em: <http://phet.colorado.edu/.>. Acesso em: 26 abr. 2009.

ROSA, P. R. S. *Notas de Aula da Disciplina Instrumentação para o Ensino de Física do Currículo de Licenciatura em Física da UFMS*, Campo Grande: [s.n.], 2005.

SAITO, R. K.; BAPTISTA, R. Uma Prática Observacional em Astrofísica: o diagrama H-R de aglomerados abertos. *Caderno Catarinense de Ensino de Física,* Florianópolis, v. 18, n. 2, p. 182 – 196, ago. 2001.

SARAIVA, M. F. O.; DARDE, P.; VELHO, A. I.; AMADOR, C. B.; CAMPOS, F. *Planisférios para o Brasil.* Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/~fatima/planisferio/planisferio.html.>. Acesso em: 04 maio 2009.

SCHMITT, C. E. *O uso da Astronomia como instrumento para a introdução ao estudo das radiações eletromagnéticas no ensino médio.* 2006. 133 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

SHARE YOUR SKY. Disponível em: <http://shareyoursky.com/.>. Acesso em: 08 ago 2009.

SILVA, G. M. dos S.; RIBAS, F. B.; FREITAS, M. S. T. Transformação de Coordenadas Aplicada à Construção da Maquete Tridimensional de uma Constelação. *Revista Brasileira de Ensino de Física,* São Paulo, v. 30, n. 1, 1306 7p., jan./mar. 2008.

SOAR. Southern Astrophysical Research. Disponível em: <http://www.soartelescope.org/.>. Acesso em: 08 maio 2009.

SOL PARA TODOS. Disponível em: < http://www.mat.uc.pt/sun4all/.>. Acesso em: 02. ago 2009.

SPITZER SPACE TELESCOPE. Disponível em: <http://www.spitzer.caltech.edu/.>. Acesso em: 08 maio 2009.

TELESCÓPIOS. Site do construtor de telescópios Sebastião Santiago Filho. Disponível em: <http://www.telescopiosastronomicos.com.br/.>. Acesso em: 30 abr 2009.

APÊNDICE A – CD que desenvolvemos com o conteúdo das aulas do curso em sua última versão, apresentações utilizadas em aula, vídeos, simulações, etc que compõem o produto educacional deste trabalho.

APÊNDICE B – questionário aplicado na implementação piloto do curso.

Questionário Inicial/Final de Avaliação do Curso de Astronomia

Nome do Aluno: _____

Em todas as questões assinale uma, e somente uma, alternativa

1) Os planetas se distinguem das estrelas no céu
a) porque são todos eles mais brilhantes do que as estrelas, além de nunca cintilarem.
b) pelo fato de estarem sempre próximos do Sol no céu, enquanto que a posição das estrelas varia com a época do ano.
c) porque se movimentam por entre as estrelas e também com relação ao Sol.
d) de nenhum modo, sendo impossível diferenciá-los em termos de aparência ou movimento no céu.

2) O movimento do Sol no céu durante o ano é
a) ao longo da eclíptica, que é uma linha paralela ao equador celeste, situada sempre a norte deste último.
b) oblíquo com relação ao equador celeste, ao longo da eclíptica.
c) paralelo ao equador celeste e perpendicular à órbita da Lua em torno da Terra
d) altamente variável, não podendo ser descrito como um círculo na esfera celeste

3) O espectro eletromagnético é a decomposição da luz em diferentes comprimentos de onda. Com relação aos espectros de estrelas e do meio interestelar da Galáxia, podemos afirmar que
a) somente estrelas emitem luz e apenas no domínio óptico.
b) o meio interestelar emite sempre muita luz no óptico e pouca no infravermelho.
c) tanto estrelas quanto o meio interestelar emitem mais em raios X e rádio do que no óptico ou no infravermelho.
d) tanto estrelas quanto o meio interestelar podem emitir no óptico e no infra-vermelho, a quantidade em cada caso dependendo da sua temperatura.

4) Podemos usar o espectro de uma estrela
a) apenas para determinar sua temperatura, com base no pico de emissão.
b) apenas para determinar sua temperatura, com base nas linhas espectrais presentes.
c) apenas para determinar sua composição, com base nas linhas espectrais presentes.
d) para determinar, entre outras coisas, sua temperatura e sua composição, com base em diversas características do espectro.

5) Podemos afirmar que o efeito da atmosfera da Terra na luz proveniente das fontes astronômicas
a) é muito importante, causando distorção nas imagens ópticas e infra-vermelhas, além de absorver a maior parte do espectro eletromagnético.
b) é muito importante, pois causa distorção nas imagens ópticas e absorve as ondas de rádio e infra-vermelho.
c) é pouco importante, pois apenas absorve um pouco a luz ultra-violeta, raios X e raios gama.
d) é pouco importante, porque apenas distorce as imagens no óptico e infra-vermelho.

6) Considere os telescópios espaciais Hubble e Chandra. Com relação à necessidade de estarem fora da atmosfera, escolha a melhor alternativa:
a) O primeiro é óptico, o segundo de raios X, estando ambos no espaço por causa da distorção que a atmosfera causaria sobre suas imagens.
b) O primeiro é óptico, o segundo de raios X, estando ambos no espaço por causa da absorção atmosférica nessas faixas do espectro.
c) o primeiro é de raios X e está no espaço por causa da distorção das imagens que a atmosfera causaria, enquanto que o segundo é óptico e está no espaço por causa da absorção da luz pela atmosfera nesta faixa do espectro.
d) O primeiro é óptico e está no espaço porque a atmosfera distorce as suas imagens, enquanto que o segundo é de raios X e está no espaço porque a atmosfera absorve essa faixa do espectro.

7) Com relação à visão cosmológica contemporânea, escolha a melhor afirmativa

a) É uma visão geocêntrica de cosmos, estando a Terra no centro da distribuição de galáxias, vistas em todas as direções.

b) É uma visão heliocêntrica de cosmos, estando o Sol no centro da distribuição de galáxias, vistas em todas as direções.

c) Não é nem geocêntrica nem heliocêntrica, sendo o Universo em grande escala dominado pela distribuição de galáxias, sem expansão nem centro.

d) Não é nem geocêntrica nem heliocêntrica, sendo o Universo em grande escala dominado pela distribuição de galáxias, em expansão, mas sem centro.

8) Sobre os planetas do Sistema Solar, podemos afirmar que:

a) os anões são sólidos, arredondados e há objetos semelhantes ao longo de suas órbitas.

b) os anões são sólidos, arredondados e não há objetos semelhantes ao longo de suas órbitas.

c) os anões são sólidos, de forma irregular e há objetos semelhantes ao longo de suas órbitas.

d) os anões são sólidos, de forma irregular e não há objetos semelhantes ao longo de suas órbitas.

9) Sobre o movimento dos planetas em torno de uma estrela, podemos afirmar que:

a) suas órbitas são círculos com a estrela no centro e os períodos orbitais ao quadrado são proporcionais ao raio médio das órbitas ao cubo.

b) suas órbitas são elipses com a estrela no centro e os períodos orbitais são proporcionais ao raio médio das órbitas.

c) suas órbitas são elipses com a estrela em um dos focos e os períodos orbitais ao quadrado são proporcionais ao raio médio das órbitas ao cubo.

d) suas órbitas são elipses com a estrela em um dos focos e os períodos orbitais são proporcionais ao raio médio das órbitas.

10) Sobre a formação das estrelas escolha a resposta correta.

a) Estrelas se formam pelo colapso gravitacional e fragmentação de nuvens do meio interestelar, inicialmente quentes.

b) Estrelas se formam pelo colapso gravitacional, sem fragmentação, de nuvens do meio interestelar, inicialmente quentes.

c) Estrelas se formam pelo colapso gravitacional e fragmentação de nuvens do meio interestelar, inicialmente frias.

d) Estrelas se formam pelo colapso gravitacional, sem fragmentação, de nuvens do meio interestelar, inicialmente frias.

11) Com relação ao processo de produção de energia duma estrela:

a) na fase de formação da estrela, energia potencial gravitacional é convertida em energia nuclear e, uma vez formada, ela gera energia por reações químicas.

b) na fase de formação da estrela, energia potencial gravitacional é convertida em energia térmica e, uma vez formada, ela gera energia por reações químicas.

c) na fase de formação da estrela, energia potencial gravitacional é convertida em energia térmica e, uma vez formada, ela gera energia por reações nucleares de fissão.

d) na fase de formação da estrela, energia potencial gravitacional é convertida em térmica e, uma vez formada, ela gera energia por reações nucleares de fusão.

12) Sobre a evolução estelar, escolha a única afirmativa INCORRETA.

a) A propriedade mais importante para a evolução é a massa da estrela, que determina o quão rápido ela evolui e o estágio final dessa evolução.

b) A luminosidade de uma estrela depende da sua temperatura e do seu tamanho.

c) A sequência principal é a fase mais curta da evolução de uma estrela, na qual H é convertido em He.

d) Os estágios finais possíveis para uma estrela são anã branca, estrela de nêutrons e buraco negro.

APÊNDICE C – questionário aplicado na segunda implementação do curso.

Questionário Inicial/Final de Avaliação do Curso de Astronomia

Nome do Aluno: _____

Em todas as questões assinale uma, e somente uma, alternativa

1) Os planetas se distinguem das estrelas no céu
a) porque eles são mais brilhantes do que as estrelas, além de nunca cintilarem.
b) pelo fato de estarem sempre próximos do Sol no céu, enquanto que a posição das estrelas varia com a época do ano.
c) porque aparentam mover-se por entre as estrelas e também com relação ao Sol.
d) porque aparentam mover-se com relação ao Sol, mas não com relação às estrelas.
e) de nenhum modo, sendo impossível diferenciá-los em termos de aparência ou movimento no céu.

2) O movimento do Sol no céu durante o ano é
a) ao longo da eclíptica, que é uma linha paralela ao equador celeste, situada sempre a norte deste último.
b) oblíquo com relação ao equador celeste, ao longo da eclíptica.
c) paralelo ao equador celeste e perpendicular à órbita da Lua em torno da Terra.
d) altamente variável, não podendo ser descrito como um círculo na esfera celeste.

3) O espectro eletromagnético é a decomposição da luz em diferentes comprimentos de onda. Com relação aos espectros de estrelas e do meio interestelar da Galáxia, podemos afirmar que
a) somente estrelas emitem luz e apenas em comprimentos de onda do domínio óptico.
b) o meio interestelar emite sempre muita luz no domínio óptico e pouca no infravermelho.
c) tanto estrelas quanto o meio interestelar emitem mais em raios - X e rádio do que no domínio óptico ou no infravermelho.
d) tanto estrelas quanto o meio interestelar podem emitir no domínio óptico e no infra-vermelho e a quantidade de emissão em cada caso depende da sua temperatura.
e) as estrelas emitem muito no domínio óptico e no infra-vermelho, mas o meio interestelar só emite em raios-X ou rádio.

4) Podemos usar o espectro de uma estrela
a) apenas para determinar sua temperatura, com base no pico de emissão.
b) apenas para determinar sua temperatura, com base nas linhas espectrais presentes.
c) apenas para determinar sua composição, com base nas linhas espectrais presentes.
d) para determinar, entre outras coisas, sua temperatura e sua composição, com base em diversas características do espectro.

5) Podemos afirmar que o efeito da atmosfera da Terra na luz proveniente das fontes astronômicas
a) é muito importante, causando distorção nas imagens ópticas e infra-vermelhas, além de absorver a maior parte do espectro eletromagnético.
b) é muito importante, pois causa distorção nas imagens ópticas e absorve as ondas de rádio e infra-vermelho
c) é pouco importante, pois apenas absorve um pouco a luz ultra-violeta, raios X e raios gama
d) é pouco importante, porque apenas distorce as imagens no óptico e infra-vermelho.

6) Considere os telescópios espaciais Hubble e Chandra. Com relação à necessidade de estarem fora da atmosfera, escolha a melhor alternativa:
a) O primeiro é óptico, o segundo de raios X, estando ambos no espaço por causa da distorção que a atmosfera causaria sobre suas imagens.
b) O primeiro é óptico, o segundo de raios X, estando ambos no espaço por causa da absorção atmosférica nessas faixas do espectro.
c) o primeiro é de raios X e está no espaço por causa da distorção das imagens que a atmosfera causaria, enquanto que o segundo é óptico e está no espaço por causa da absorção da luz pela atmosfera nesta faixa do espectro.
d) O primeiro é óptico e está no espaço porque a atmosfera distorce as suas imagens, enquanto que o segundo é de raios X e está no espaço porque a atmosfera absorve essa faixa do espectro.

7) Com relação à visão cosmológica contemporânea, escolha a melhor afirmativa

a) É uma visão geocêntrica de cosmos, estando a Terra no centro da distribuição de galáxias, vistas em todas as direções.

b) É uma visão heliocêntrica de cosmos, estando o Sol no centro da distribuição de galáxias, vistas em todas as direções.

c) Não é nem geocêntrica nem heliocêntrica, sendo o Universo em grande escala dominado pela distribuição de galáxias, sem expansão nem centro.

d) Não é nem geocêntrica nem heliocêntrica, sendo o Universo em grande escala dominado pela distribuição de galáxias, em expansão, mas sem centro.

8) Sobre os planetas anões do Sistema Solar, podemos afirmar que

a) são sólidos, arredondados e há objetos semelhantes ao longo de suas órbitas.

b) são sólidos, arredondados e não há objetos semelhantes ao longo de suas órbitas.

c) são sólidos, de forma irregular e há objetos semelhantes ao longo de suas órbitas.

d) são sólidos, de forma irregular e não há objetos semelhantes ao longo de suas órbitas.

e) são sólidos, de forma irregular, podendo ou não ter objetos semelhantes ao longo de suas órbitas.

9) Sobre o movimento dos planetas em torno de uma estrela, podemos afirmar que

a) suas órbitas são círculos com a estrela no centro e os períodos orbitais ao quadrado são proporcionais ao raio médio das órbitas ao cubo.

b) suas órbitas são elipses com a estrela no centro e os períodos orbitais são proporcionais ao raio médio das órbitas.

c) suas órbitas são elipses com a estrela em um dos focos e os períodos orbitais ao quadrado são proporcionais ao raio médio das órbitas ao cubo.

d) suas órbitas são elipses com a estrela em um dos focos e os períodos orbitais são proporcionais ao raio médio das órbitas.

10) Sobre a formação das estrelas escolha a resposta correta

a) Estrelas se formam pelo colapso gravitacional e fragmentação de nuvens do meio interestelar, inicialmente quentes.

b) Estrelas se formam pelo colapso gravitacional, sem fragmentação, de nuvens do meio interestelar, inicialmente quentes.

c) Estrelas se formam pelo colapso gravitacional e fragmentação de nuvens do meio interestelar, inicialmente frias.

d) Estrelas se formam pelo colapso gravitacional, sem fragmentação, de nuvens do meio interestelar, inicialmente frias.

11) Com relação ao processo de produção de energia duma estrela

a) na fase de formação da estrela, energia potencial gravitacional é convertida em energia nuclear e, uma vez formada, ela gera energia por reações químicas.

b) na fase de formação da estrela, energia potencial gravitacional é convertida em energia térmica e, uma vez formada, ela gera energia por reações químicas.

c) na fase de formação da estrela, energia potencial gravitacional é convertida em energia térmica e, uma vez formada, ela gera energia por reações nucleares de fissão.

d) na fase de formação da estrela, energia potencial gravitacional é convertida em térmica e, uma vez formada, ela gera energia por reações nucleares de fusão.

12) Sobre a evolução estelar, escolha a única afirmativa INCORRETA

a) A propriedade mais importante para a evolução é a massa da estrela, que determina o quão rápido ela evolui e o estágio final dessa evolução.

b) A luminosidade de uma estrela depende da sua temperatura e do seu raio.

c) A sequência principal é a fase mais curta da evolução de uma estrela, na qual H é convertido em He.

d) Os estágios finais possíveis para uma estrela são anã branca, estrela de nêutrons e buraco negro.

APÊNDICE D – roteiro de utilização do software *Stellarium* na primeira aula do curso.

Roteiro para utilização do Software Stellarium

Primeiros passos:

Configuração de local, data e hora.

- Para configurar o local, no menu à esquerda, clique em "Janela de Localização" (ícone de estrelinha).
- Digite os dados de Latitude, longitude e altitude para Guaíba. Aparecerá "New Location" em Nome/Cidade (não é possível alterar).
  LATITUDE: 30º 06' 50" S
  LONGITUDE: 51º 19' 30" W
  ALTITUDE: 23 m
- Selecione o país (Brazil) e clique em "Utilizar como padrão". Depois disso basta fechar a janela e o software estará refletindo o céu de Guaíba.
- Para modificar a data, no menu à esquerda, clique em "Janela de Data/Tempo" (ícone de reloginho).

Atividade:

- Com auxílio do software Stellarium, procurar identificar constelações conhecidas, tais como "Cruzeiro do Sul", constelações do Zodíaco entre outras.

Comente aqui o que julgar pertinente (Identificou alguma? Se sim, qual (is)?)

_____
_____
_____

- Familiarizar-se com os diversos tipos de objetos, procurando pelos Planetas e pela Lua e utilizando o recurso de aproximação disponível.

Comente aqui o que julgar pertinente (Verificou objetos diversos com recurso de aproximação? Se sim, qual (is)?)

_____
_____
_____

- Procurar identificar, sem os recursos de aproximação, objetos que diferem entre si.

Comente aqui o que julgar pertinente (Verificou objetos diversos sem recurso de aproximação? Se sim, qual (is)?)

_____
_____
_____

- Avançar no tempo em 4 horas e identificar as mudanças que se apresentam

Comente aqui o que julgar pertinente (Apresentou-se alguma mudança? Se sim, descreva?)

_____
_____
_____

- Avançar no tempo em 1 dia, em 2 dias e em 7 dias apreciando o movimento da Lua.

Comente aqui o que julgar pertinente (A Lua apresentou alguma mudança? Se sim, descreva?)

_____
_____
_____

- Avançar no tempo em 6 meses e identificar as mudanças que se apresentam

Comente aqui o que julgar pertinente (Apresentou-se alguma mudança? Se sim, descreva?)

_____
_____
_____

- Conjecturar sobre a localização dos objetos que deixam de ser visíveis em determinada instância:

_____
_____
_____

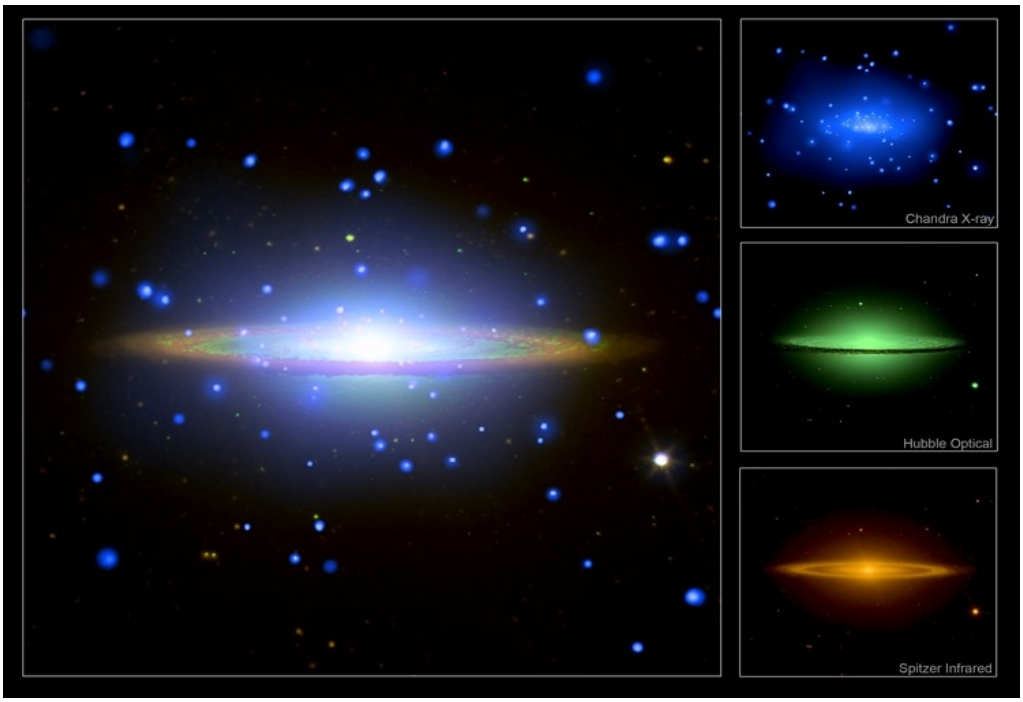
APÊNDICE E – roteiro de utilização do software *SalsaJ* para combinação de imagens obtidas com diferentes filtros e composição de uma imagem em cores.

Combinação de Cores em Imagens Astrofísicas

A obtenção de belas imagens coloridas se dá por meio de detectores sensíveis à radiação que pode ser visível para nós, ou não.

São obtidas imagens do mesmo objeto com filtros de diversos comprimentos de onda e a partir da combinação destas se obtém as detalhadas e ricas imagens que permitem a análise astrofísica do objeto.

A seguir, temos um exemplo de imagem combinada, originada de três outras imagens. O objeto é a galáxia M 104 e à esquerda (maior) temos a combinação de imagens em raios-X, óptico e infravermelho enquanto à direita apresentamos as imagens que deram origem à combinada.



Nesta atividade faremos uma imagem combinada de um objeto do qual foram obtidas imagens com filtro vermelho, azul e verde e, para isso utilizaremos o software *SalsaJ*.

Roteiro de atividade:

- Abra o *SalsaJ*;
- Abra os arquivos *FITS* do objeto M 27 (é possível abrir todos juntos utilizando a tecla CTRL do teclado);
- Para cada arquivo, vá em *Imagem/Ajustar/Brilho Contraste/Auto*
- Para cada arquivo, vá em *Imagem/Informações* e procure saber qual é o filtro com que a imagem foi obtida e, sabido isso, no menu *Imagem* modifique a *Paleta* de acordo;
- Feito o passo anterior, para os três arquivos, no menu *Imagem/Empilhamentos*, peça a conversão das três imagens para *Empilhamento*;
- Depois de empilhadas, é preciso converter esse empilhamento para RGB, faz-se isso no menu *Imagem/Cores/Converter Empilhamentos para RGB*;
- Se você quiser salvar a imagem em formato JPG para poder vê-la em visualizadores de imagens comuns, basta exportá-la através do *SalsaJ*.

APÊNDICE F – roteiro para realização da atividade de simulação de observação remota.

Simulação de Obervação Remota com o
Red Mountain Simulated Observatory

Na primeira aula você fez um plano de observação e na aula de hoje é simulada sua execução. Para fazer simulações de observação a partir de casa, basta seguir alguns passos:

- Acesse http://shareyoursky.com/demo-signup.asp e crie uma conta de usuário.
- Feito isso, acesse http://Simulator.My-Sky.com/ com a senha que lhe foi enviada (é a página do simulador de observação remota)
- Vá em *Acquire Single Image* e inclua os dados para a obtenção da imagem do objeto escolhido (Endereço do Objeto – Ascensão Reta e Declinação). Determine um tempo de exposição coerente com a magnitude do objeto.
- Dê o comando de obtenção da imagem.
- Veja como ficou.
- Você pode ver todas as imagens que obteve no menu à esquerda em *My Documents/Acquired Images*;
- É possível procurar objetos de catálogo, em *Deep Sky Catalog Search.*
- As imagens obtidas têm formato *FITS,* podendo ser visualizadas com o software *SalsaJ.*

APÊNDICE G – roteiro da atividade de utilização do *Cybersky* na quinta aula do curso.

Astronomia de posição com o *Cybersky*

Para que se possa fazer uso das cartas celestes e interpretá-las corretamente é conveniente que se use um sistema de coordenadas para caracterizar a posição dos astros no céu.

O sistema que trabalharemos é o sistema horizontal de coordenadas.

Nesse sistema a posição de um astro fica definida por dois ângulos: altura e azimute.

Vamos entender o que é cada um deles: a altura é a distância angular entre o astro e o horizonte do observador e o azimute é a distância angular entre a direção Norte e o astro, contada ao longo do horizonte.

Parece complicado, mas é simples, principalmente se prestarmos a devida atenção aos conceitos de altura e azimute apresentados nessa aula.

Como é de se imaginar, neste sistema de coordenadas a determinação da posição de um astro só é válida para aquele lugar e àquele horário, vamos pôr em prática nosso conhecimento sobre os conceitos apresentados com a utilização do CyberSky que é um simulador de céu para computador, ou seja – um planetário de tela.

No menu principal, em "Options" há a opção "Location". Este é o caminho para que a carta mostrada no simulador se refira ao local onde o observador (você) está. Para configurar, portanto, a localização são necessárias algumas informações sobre o local: a latitude, a longitude e a hora local em relação a Greenwich. No caso de Guaíba:

LATITUDE: 30º 06' 50" S

LONGITUDE: 51º 19' 30" W

HORA LOCAL: 03h 00m atrás da hora universal (Greenwich)

Configurada a localização, é preciso informar ao software qual a data e hora de que se deseja refletir o céu, por exemplo o dia de hoje. Para isso use a opção "Time" do menu principal e, em seguida "Local Time".

Clique na letra Z do menu principal para que a tela exiba o céu inteiro.

Pois bem, agora que o software reproduz o céu do local onde estamos, na hora atual, podemos solicitar que o mesmo exiba as grades de coordenadas horizontais em "Chart", "Grids", "Horizontal Grid".

Usando os botões de controle do tempo (avança, recua, etc.), responda as perguntas a seguir, e complete a tabela 1.

Regredindo no tempo para o momento em que o Sol estava nascendo, qual a altura do Sol nesse instante? Qual o azimute do Sol nesse instante? Que horas são?

Avançando no tempo até o meio-dia, qual a altura do Sol? E o azimute?

E no momento em que o Sol se pôs, qual sua altura? Qual seu azimute? Que horas são?

Qual é a duração do dia de hoje?

Instante	Altura	Azimute
Nascer do Sol		
Meio-Dia		--X--
Pôr do Sol		

Duração do dia: _____.

Agora, avançando no tempo em dias, ou usando o recurso "Time", "Local Time", preencha seguinte tabela:

GUAÍBA:

Data	**Hora do nascer do Sol**	**Azimute no nascer do Sol**	**Altura do Sol ao meio-dia**	**Hora do pôr do Sol**	**Azimute no pôr do Sol**	**Tempo de permanência do Sol no céu**
21 / 03/ 2009						
21 / 06 / 2009						
22 / 09 / 2009						
21 / 12 / 2009						

Agora você irá deixar Porto Alegre para observar o movimento diurno e anual do Sol em locais a latitudes diferentes da nossa. Preencha as tabelas que seguem:

MIAMI:

Latitude: 25º 46´ 00" N Longitude: 80º 13´ 00" W Hora Local: 05h 00min atrás da hora universal

Data	Hora do nascer do Sol	Azimute no nascer do Sol	Altura do Sol ao meio-dia	Hora do pôr do Sol	Azimute no pôr do Sol	Tempo de permanência do Sol no céu
21 / 06 / 2009						
21 / 12 / 2009						

OSLO

Latitude: 59º 56´ 00" N Longitude: 10º 42´ 00" E Hora Local: 01h00min à frente da hora universal

Data	Hora do nascer do Sol	Azimute no nascer do Sol	Altura do Sol ao meio-dia	Hora do pôr do Sol	Azimute no pôr do Sol	Tempo de permanência do Sol no céu
21 / 06 / 2009						
21 / 12 / 2009						

Compare a altura do Sol ao meio dia em 21/06/2009 para as três cidades acima. Compare também a altura do Sol em 21/12/2009 para as referidas cidades.

Comente aqui o que você percebeu, bem como a sua explicação para os valores de altura observados :

Agora vamos voltar para Guaíba, para estudar o movimento da Lua no céu.

A partir de 17/11/2009 às 20h 00m avance um dia de cada vez. Perceba que ao avançar o dia, as estrelas praticamente permanecerão fixas. Observando a Lua com relação a essas estrelas, responda:

- Como se modifica a posição da Lua com o avançar dos dias?

- Quanto tempo leva, avançando nos dias, para que a Lua volte ao mesmo ponto no céu?

- Aproximadamente, quantos graus a Lua se desloca no céu em altura, por dia?

- Analisando a relação entre a fase da Lua e sua proximidade com o Sol no céu, o que pode-se perceber?

- Com base na vivência cotidiana de interação com a interface celeste e também apoiado no que foi discutido neste módulo, estime a velocidade angular que o Sol aparenta ao se apresentar no céu. Faça o mesmo para a Lua.

APÊNDICE H – roteiro de realização da atividade sobre a expansão cósmica.

Atividade sobre a Expansão de Hubble

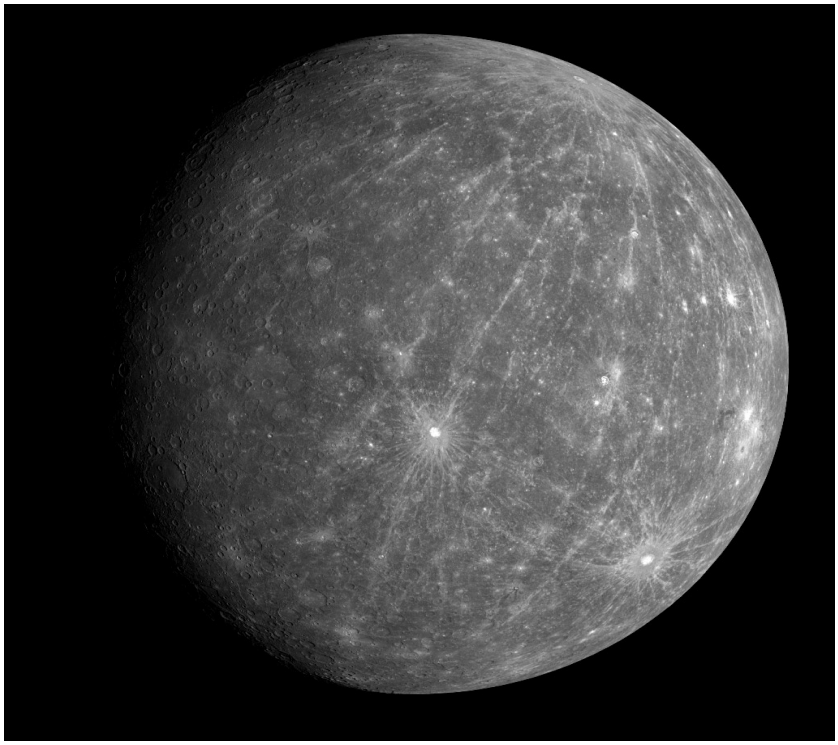
Nesta atividade, pretendemos compreender um pouco melhor como se dá a expansão do Universo, para isso você recebeu duas transparências contendo pontos uniformemente distribuídos sobre elas.
Em uma delas há pontos vermelhos e na outra pontos pretos.
A transparência que contém pontos **pretos** representa o Universo em **T=1.**
A transparência que contém pontos **vermelhos** representa o Universo em **T=2**.
Em ambas transparências há um ponto circulado, o qual chamaremos de ponto de referência e que representa nossa posição no Universo, pois é de onde vemos tudo que há.
Faça coincidir os dois pontos de referência e procure medir qual a distância entre um ponto preto qualquer e o ponto de referência;
Meça também o quanto o correspondente ponto vermelho está distante do ponto preto.
A distância medida entre o ponto preto e o de referência representa a distância até uma galáxia X
A distância medida entre o ponto preto e o vermelho representa o afastamento da galáxia X no intervalo de tempo entre T=1 e T=2, traduzindo-se em sua velocidade de afastamento.
Faça isso para alguns pontos (10)
Coloque estes dados na tabela a seguir

Distância	**Velocidade de Afastamento**

Transporte os dados para o Excel e faça um gráfico de Distância versus Velocidade de Afastamento.
De posse do gráfico, você é capaz de determinar o fator de expansão do Universo representado nas transparências?

APÊNDICE I – exemplo de questionário sobre os planetas utilizado em atividade na sétima aula do curso.

A partir da imagem a seguir, especule sobre as respostas das questões abaixo



Sobre o planeta do qual vocês receberam a imagem, responda às questões a seguir.

O planeta é sólido ou gasoso?

( ) Sólido ( ) Gasoso

Para o caso de um planeta sólido, este possui atmosfera?

( )Não ( )Sim

O planeta apresenta anéis?

( )Não ( )Sim

Seu tamanho em relação à Terra:

( ) Maior ( ) Menor

Sua massa em relação à massa da Terra:

( ) Maior ( )Menor

Sua gravidade em relação à da Terra?

( ) Maior ( ) Menor

Possui satélites?

( )Não. ( ) Sim, menos de 15.

( )Sim, mais de 15 e menos de 30. ( )Sim, mais de 30.

Numa escala em que 1 corresponde ao planeta mais próximo do Sol e 8 ao mais distante, que número corresponde ao planeta em questão? _____

Duração do ano no planeta, em relação à duração do ano na Terra (365 dias terrestres).

( ) Maior ( ) Menor

Sua temperatura superficial, em relação à Terra:

( ) Maior ( )Menor

Duração do dia no planeta, em relação à duração dia na Terra (24 horas).

( ) Maior ( ) Menor

APÊNDICE J – roteiro de utilização do software *SalsaJ* para determinação das dimensões de uma cratera lunar.

Medindo o tamanho de crateras na superfície da Lua com auxílio do *SalsaJ*.

400 anos atrás, Galileu viu crateras na superfície da Lua e hoje, a partir de uma imagem do nosso satélite natural, mediremos quais são as dimensões das crateras lunares.

Passo a passo:

- Inicie o software *SalsaJ*;
- Abra a imagem craters000314.fts;
- Ajuste o brilho contraste para o automático em "Imagem/Ajustar/Brilho/Contraste/Auto"
- Verifique qual é a escala da imagem nas informações do arquivo em "Imagens/Informações". Essa informação diz qual o tamanho real que 1 pixel está representando na imagem;

_____

- Utilizando a ferramenta de seleção retilínea, trace uma reta representando o diâmetro de uma cratera a escolher;
- Vá em "Analisar/Medições" para ver o comprimento em pixels da reta que você traçou;

_____

- Compare o nº de pixels que você obteve com a escala da imagem e determine qual o tamanho real da cratera.

_____

_____

_____

O tamanho das crateras é razoável para você ou você pensava serem muito maiores ou muito menores?

_____

_____

_____

O que você achou desta atividade?

_____

_____

_____

_____

APÊNDICE K – roteiro de utilização do software *SalsaJ* para determinação do tamanho de uma protuberância solar.

Determinação das dimensões de uma protuberância solar

Com o auxílio do software *SalsaJ* determinaremos facilmente as dimensões de uma protuberância solar e para isto, sigamos os seguintes passos:

- Abrir a imagem sol.jpg
- Ajustar o brilho e o contraste da imagem em *Imagem/ Ajustar/Brilho/Contraste*;
- Inverter as cores da paleta em *Imagem/Inverter Paleta*;
- Selecionar a ferramenta de Seleção Oval e, usando-a, ajustar um círculo ao disco solar na imagem;
- Medir a área do círculo em questão em *Analisar/Medição*;
- Anotar esse valor e de posse dele determinar o raio do disco solar em termos de pixel, lembrando que a área de um círculo é dada por $A=\pi.r^2$;
- Utilizando a ferramenta de seleção retilínea, medir uma das dimensões da protuberância;
- Comparar o valor da dimensão da protuberância em termos de pixel com o valor do raio e, através de uma regra de três, obter o valor real da dimensão da protuberância sabendo que o raio real do Sol é de 690 000 km.

As dimensões da protuberância parecem razoáveis para você? Discuta a seguir:

_____
_____
_____
_____

Você achou esta atividade fácil? Complicada? Comente sobre sua realização:

_____
_____
_____
_____