

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**O ENSINO DE FUNDAMENTOS DE ASTRONOMIA E ASTROFÍSICA NA
MODALIDADE A DISTÂNCIA PARA ALUNOS DE GRADUAÇÃO**

Alexei Machado Müller

Dissertação realizada sob a orientação da Profa. Dra. Maria de Fátima Oliveira Saraiva e coorientação da Profa. Dra. Eliane Angela Veit, apresentada ao Instituto de Física da UFRGS em preenchimento parcial dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Porto Alegre

2013

A minha família e amigos pelo apoio constante.

AGRADECIMENTOS

Agradeço

- às professoras Eliane Angela Veit e Maria de Fátima Oliveira Saraiva, pela dedicada orientação e constante ajuda.
- ao professor Fernando Lang da Silveira, pela contribuição ao desenvolvimento teórico da dissertação a ser apresentada.
- aos professores do Instituto de Física desta instituição que colaboraram com o meu aprimoramento como professor de Física.

Meu especial agradecimento a todas as pessoas que colaboraram como sujeitos da pesquisa.

RESUMO

O número de cursos na modalidade a distância tem aumentado consideravelmente no mundo, porém existe um grande receio por parte de muitos que o ensino nessa modalidade tenha qualidade inferior ao apresentado na modalidade presencial. Contudo a qualidade do ensino não decorre da presença de todos os envolvidos num mesmo local, e sim da implementação de ações que facilitem o processo de aprendizagem. Esse trabalho teve como objetivo produzir um módulo didático, em hipermídia, para a disciplina de Fundamentos de Astronomia e Astrofísica, a ser ministrada na modalidade a distância aos alunos do curso de licenciatura em Física e a outros alunos interessados, vinculados à UFRGS, por meio de um ambiente virtual de aprendizagem, que tornasse possível um ensino de qualidade nessa modalidade. Com esse intuito, foi elaborada uma adaptação do hipertexto Astronomia e Astrofísica dos Professores Kepler de Souza Oliveira Filho e Maria de Fátima Oliveira Saraiva, procurando colocá-lo num formato mais adequado para a aprendizagem sem a presença do professor. Para atingir a meta de favorecer uma aprendizagem significativa ausubeliana, os conteúdos das aulas foram organizados de forma a propiciar a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora, e no desenvolvimento das atividades propostas, a interação social vygostkyana entre os alunos, no ambiente virtual. O módulo de ensino está dividido em três áreas e contém 28 aulas no total, todas tendo a mesma estrutura básica: objetivos, introdução, desenvolvimento, resumo e atividades de fixação. Também são utilizados aplicativos (*applets*) de uso livre na rede e outros recursos próprios do ambiente virtual de aprendizagem tais como fóruns e questionários. O material foi aplicado no segundo semestre de 2011, 2011/2, tendo sido trabalhado com uma turma de 25 alunos matriculados. No final de cada uma das três áreas, os alunos foram submetidos a uma avaliação presencial, sendo a nota de cada área estabelecida a partir de uma composição entre as participações nas atividades propostas no ambiente virtual e na prova presencial. A média final foi calculada pela média aritmética das notas de cada área. Os resultados foram bastante satisfatórios do ponto de vista de desempenho e aproveitamento dos alunos participantes, mas não corresponderam à expectativa de diminuição da taxa de abandono da disciplina. O mesmo material, com algumas melhorias, foi reaplicado no primeiro semestre de 2012, com resultados semelhantes aos de 2011/2. Novamente, os alunos que se dedicaram ao estudo conseguiram ter na modalidade a distância um aproveitamento tão bom quanto os alunos dedicados das turmas presenciais; no entanto, o taxa de abandono, principalmente por parte dos alunos de Licenciatura Noturna, permaneceu alta.

Palavras-chave: aprendizagem a distância online, cursos presenciais, Astronomia e Astrofísica, aprendizagem significativa ausubeliana, interação social vygostkyana, avaliação, taxa de abandono.

ABSTRACT

The number of online distance learning courses has greatly increased worldwide, but there is a great concern shared by many that this type of teaching modality offers lower quality than that offered by onsite courses. However, we understand that the quality of education does not follow from the onsite presence of all participants, but from the implementation of actions that facilitate the learning process. This study aims at producing a high quality hypermedia didactic module to the online teaching of the Fundamentals of Astronomy and Astrophysics to the undergraduate students and students alike who are linked to UFRGS through a virtual environment. In addition, to achieve such goal, an adaptation of the Astronomy and Astrophysics hypertext by Dr. Kepler Oliveira de Souza Filho and Dr. Maria de Fatima Oliveira Saraiva was accomplished. Also, to carry out the Ausubelian meaningful teaching method class contents were organized in a way to encourage the progressive differentiation and integrative reconciliation of Ausubel. Furthermore, the Vygostkyan social interaction method was applied to the development of activities among the distance learning students. The teaching module is divided into three areas and contains 28 lessons in total, all having the same basic structure: objectives, introduction, development, summary and fixation activities. Freeware applets and other virtual learning environment resources such as forums and questionnaires were used. The teaching resources were applied in the second semester of 2011, 2011/2, to a class of 25 enrolled students. At the end of each of the three areas the students were submitted to an on-site assessment: the score of each area was established from a composition between the participation in the online proposed activities and the test applied. The final average was calculated as the arithmetic average of the ratings for each area. The results were quite satisfactory from the point of view of performance and progress of the participating students, but did not correspond to the expected decrease in the class drop-out rate. The same class material, with some improvements, was reapplied in the first semester of 2012, with results similar to those of 2011/2. Again, dedicated students benefited from the distance learning course as much as the best students of the onsite course. Nonetheless, the drop-out rate, mainly by evening class undergraduate students, remained high.

Key-words: online distance learning courses, onsite courses, Astronomy and Astrophysics, Ausubelian method, Vygostkyan social interaction, evaluation, class drop-out rate.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
2	CURSOS DE ASTRONOMIA A DISTÂNCIA	11
3	REFERENCIAL TEÓRICO	14
3.1	TEORIA SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL	14
3.2	TEORIA DA INTERAÇÃO SOCIAL DE VYGOTSKY	15
4	MATERIAL INSTRUCIONAL	18
4.1	ELABORAÇÃO DO MATERIAL	18
4.2	ESTRUTURA DO MATERIAL	19
4.3	ESTRUTURA DAS AULAS	20
4.4	O TEXTO	22
4.5	O RESUMO	23
4.6	QUESTÕES DE FIXAÇÃO	24
4.7	NOTAS DE BORDA	25
4.8	LINKS	26
4.9	PRÉ-TESTES E PÓS-TESTES	26
5	APLICAÇÃO E RESULTADOS	28
5.1	O AVA	28
5.2	PERFIL DOS ALUNOS MATRICULADOS NA DISCIPLINA	28
5.3	DESENVOLVIMENTO DAS AULAS	29
5.4	CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO	32
5.4.1	Participação	32
5.4.2	Avaliações Semanais	33
5.4.3	Provas Presenciais	34
6	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	37
6.1	PRÉ-TESTE E PÓS-TESTES	37
6.1.1	Análise da consistência interna dos testes	38
6.1.2	Análise da significância estatística das diferenças entre pós-testes e pré-testes	40

6.2	COMPARAÇÃO COM A DISCIPLINA PRESENCIAL	44
7	PESQUISA DE SATISFAÇÃO DOS ALUNOS	48
7.1	RESULTADOS DA PESQUISA DE SATISFAÇÃO DOS ALUNOS	48
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	52
	REFERÊNCIAS	58
	APÊNDICES	
	APÊNDICE A – PLANO DE ESTUDO.....	61
	APÊNDICE B – EXEMPLO DE UMA AULA.....	67
	APÊNDICE C - QUESTÕES APLICADAS NO PRÉ-TESTE E NO PÓS- TESTE DA 1ª ÁREA.....	79
	APÊNDICE D - QUESTÕES APLICADAS NO PRÉ-TESTE E NO PÓS- TESTE DA 2ª ÁREA.....	82
	APÊNDICE E - QUESTÕES APLICADAS NO PRÉ-TESTE E NO PÓS- TESTE DA 3ª ÁREA.....	84
	APÊNDICE F - COEFICIENTE ALFA DE CRONBACH PARA O PÓS- TESTE DA PRIMEIRA ÁREA.....	87
	APÊNDICE G - CÁLCULO DO COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO ITEM- TOTAL DE ACERTOS.....	90
	APÊNDICE H - COMPARAÇÃO ENTRE PRÉ E PÓS-TESTE EM UM ÚNICO GRUPO.....	97
	APÊNDICE I – PROVAS DE ASTRONOMIA.....	100
	APÊNDICE J – ENTREVISTAS.....	116
	APÊNDICE K – QUESTIONÁRIOS.....	122

1 INTRODUÇÃO

A multimídia, o celular, a internet e, agora, a TV digital estão provocando uma constante revolução na vida de todos. Cada vez mais, os indivíduos resolvem seus problemas a distância, conectados à internet, mas, na educação, como alerta Moran (2009), há grande resistência a mudanças. Verifica-se que, atualmente, as alterações nos equipamentos didáticos são corriqueiras, mas, nos procedimentos didáticos, não ocorrem com a mesma rapidez. Ainda que as tecnologias sejam apenas apoios e meios, podem e devem possibilitar mudanças na forma de ensinar (ibid) na modalidade presencial e, especialmente, na Educação a Distância (EAD).

Pode-se aprender sem a companhia presencial de outrem, estando os atores do processo em locais diferentes. Há receio, por parte de muitos, de que o ensino virtual e as atividades a distância sirvam para diminuir o nível do ensino. Contudo, a qualidade do ensino e da aprendizagem não decorre apenas do fato de as pessoas estarem reunidas num mesmo local, mas sim da implementação de ações que facilitem a aprendizagem. O sistema de ensino está precisando reacomodar e reorganizar a sua estrutura por meio de uma gestão pedagógica mais flexível, noções menos rígidas de tempo e de espaço, e acessos e modos de pesquisa e de atividades mais dinâmicos (ibid).

Isso implica uma mudança de paradigma, e, consoante Peters (2010), um novo paradigma na educação pressupõe um ensino mais aberto, centrado no aluno. Diferentemente da abordagem pedagógica tradicional, o processo ensino-aprendizagem deve basear-se em um currículo mais flexível, em um processo de ensino mais participativo e interativo, focado, assim, nos resultados apresentados ao longo do processo, e não exclusivamente no final. As transformações tornam-se mais acentuadas nos ambientes virtuais de aprendizagem. Os impactos dessa nova proposta pedagógica atingem não apenas os alunos, mas também os próprios professores, dos quais se passa a exigir significativa reformulação na metodologia de ensino. A figura do professor “sabe tudo” perde espaço para a de um mediador e balizador da aprendizagem, ao passo que o aluno passa a ter mais autonomia em todo o processo.

As tecnologias constituem um fator essencial desse processo de mudança. Fazendo uso delas, o ensino na modalidade a distância é um recurso de inestimável importância, uma vez que pode atender a grandes contingentes de alunos de forma mais eficaz que outras modalidades e, quando de forma responsável e adequada, sem riscos de redução na qualidade em função do aumento do número de alunos. Moran (2009) salienta que as tecnologias são apenas apoios e meios, todavia podem possibilitar mudanças na forma de ensinar.

O ensino, nessa modalidade, vem crescendo de forma muito intensa no mundo e, como não poderia deixar de ser, no Brasil. De acordo com o Censo da Educação Superior 2010 (BRASIL, 2011) o número de matrículas em cursos de graduação a distância cresceu de 5.000 em 2001 para 930.000 em 2010, constituindo 14,6% dos mais de 6 milhões de matriculados em cursos de graduação no País, em 2010.

É muito grande o potencial de expansão do acesso ao ensino superior por meio da modalidade EAD, principalmente na formação e no aperfeiçoamento de professores, muito necessária para atender à demanda do ensino médio. A capacitação dos professores em atividade, observada no Convênio BID/MEC, prevê um investimento de duzentos e cinquenta bilhões de dólares na reforma do ensino médio (CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENSINO DE FÍSICA, 2012).

Conforme Cunha (2006), a capacitação de professores de Física para o ensino Fundamental e Médio não acompanha a demanda dos alunos, pois o MEC divulgou que o déficit de professores em Física para o ensino básico era da ordem de 23,5 mil em 2006. Dessa forma, a utilização do ensino na modalidade a distância poderá contribuir – como alternativa – para a formação de profissionais na área. Segundo Figuerêdo (2010), o ambiente virtual pode ser utilizado para complementar e melhorar o ensino presencial, apesar de haver a tendência de o ambiente virtual substituir o presencial.

Nesse contexto, o Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul sedia, em seu Departamento de Astronomia, desde 1996, o hipertexto Astronomia e Astrofísica (OLIVEIRA F.^o e SARAIVA, 2004), desenvolvido ao longo de vários anos com a finalidade principal de servir de literatura básica, de fácil acesso e gratuita, para os alunos da disciplina de Fundamentos de Astronomia e Astrofísica – uma disciplina de nível introdutório, que tem caráter obrigatório para a maioria dos cursos de graduação de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

O acesso ao hipertexto ocorre pela internet e inclui diversos aplicativos (*applets*) que podem ser utilizados pelos internautas. Além disso, também estão disponíveis, com roteiros em português, alguns exercícios do Projeto CLEA (CONTEMPORARY LABORATORY EXPERIENCES IN ASTRONOMY, 2013), com o objetivo de ilustrar técnicas modernas de observações astronômicas por meio de simulações. O número de visitas (via internet) a esse material é o maior do Instituto de Física, apresentando, segundo o Centro de Referência para Ensino de Física (2012), mais de dez mil acessos por semana.

O objetivo geral do presente trabalho foi adaptar o referido hipertexto para o ensino formal a distância, gerando um módulo didático adequado à oferta da disciplina de

Fundamentos de Astronomia e Astrofísica também na modalidade não presencial, por meio de um ambiente virtual de aprendizagem. O público visado foram os alunos do curso noturno de Licenciatura em Física, visto que muitos desses alunos trabalham e poderiam ter (e têm) dificuldade de comparecer às aulas com a frequência necessária ao ensino presencial. A ideia foi possibilitar aprendizagem significativa ausubeliana (MOREIRA, 2004), partindo da diferenciação progressiva na implantação dos conteúdos e da reconciliação integrativa na sequência do trabalho, bem como da interação social vygotskyana (VYGOTSKY, 1988).

A fim de atingir, de forma exitosa, o objetivo geral desse trabalho, foram estabelecido como objetivos específicos:

- propiciar aprendizagem significativa dos conteúdos introdutórios de Astronomia e de Astrofísica, nas áreas de Astronomia Fundamental, Mecânica Celeste, Sistema Solar, Física Estelar, Galáxias e Cosmologia;

- estimular a aplicação de conhecimentos de Física na interpretação das observações astronômicas.

No Capítulo 2, a presente dissertação exporá uma breve descrição de cursos de Astronomia produzidos e oferecidos por outras instituições de ensino na modalidade a distância. A partir de uma sucinta apresentação do referencial teórico (Capítulo 3), discorrer-se-á sobre a produção do material instrucional (Capítulo 4). O modo como ocorreu a aplicação do material a uma turma de graduação do Instituto de Física desta Universidade na disciplina de Fundamentos de Astronomia e Astrofísica na modalidade EAD, é apresentado no Capítulo 5 e a discussão dos resultados é feita no Capítulo 6. No Capítulo 7 relatam-se os resultados de uma pesquisa de satisfação aplicada nos alunos com as aulas na modalidade a distância e, finalmente, são apresentadas considerações finais em relação à aplicação do trabalho no Capítulo 8. Algumas mostras do material produzido serão apresentadas nos apêndices.

2 CURSOS DE ASTRONOMIA A DISTÂNCIA

Com a criação da Universidade Aberta do Brasil, em 2005, pelo Ministério da Educação, houve um investimento muito expressivo no ensino a distância com intuito de ampliar a educação de nível superior no âmbito do Plano de Desenvolvimento da Educação – PDE (CAPES, 2012). Além de recursos financeiros por parte do governo federal, as instituições de ensino superior passaram a investir na produção de cursos nessa modalidade, resultando em uma grande divulgação de trabalhos nessa área, na internet e em revistas especializadas em ensino.

A despeito do crescimento do ensino na modalidade a distância, não há muitos registros, nas revistas especializadas da área, de implantações de cursos ou disciplinas de Astronomia nessa modalidade, em instituições de ensino superior. Nesse capítulo, será feito um breve relato de atividades que foram localizadas na internet e em artigos de divulgação de trabalhos nessa área.

A Universidade de Itajubá-MG (UNIFEI), devido à criação da Universidade Aberta do Brasil (UAB), começou a ofertar o curso de Licenciatura de Física na modalidade a distância em cinco polos localizados em cidades da região. Graças a isso, a disciplina Introdução à Astronomia e à Astrofísica foi ofertada pela primeira vez, na modalidade a distância, no 2º semestre de 2007. Apesar de ser uma disciplina opcional no programa do curso, houve um número de inscrições muito significativo: oitenta e quatro alunos, o correspondente a 41% do total de alunos dos cinco polos.

De acordo com Caetano e Dias (2009), as aulas são teóricas com atividades experimentais, que podem ser solicitadas no transcorrer das aulas. Se ocorrerem tais atividades, elas poderão ser realizadas de forma individual e com material disponível para todos os matriculados, independentemente do local onde estejam, não havendo necessidade de eles terem que se deslocar aos polos. A disciplina conta com dois tipos de tutores: presenciais e a distância, dois em cada polo e um na UNIFEI.

O ambiente virtual de aprendizagem utilizado nas aulas é o TelEduc (2012). As aulas são disponibilizadas semanalmente, por meio de um texto hipermídia do projeto “Astronomia em Multimídia”, de nível introdutório, bem como interativo, com riqueza de ilustrações. São também utilizados vídeos disponibilizados por meio de *links* externos, mas apresentados no ambiente virtual. Há ainda espaço para uso de simulações e de jogos, bem como *softwares* livres para as abordagens de vários conceitos.

A avaliação ocorre por meio do desempenho nas aulas virtuais e na prova presencial, que é obrigatória nos cursos EAD da instituição. A participação do aluno nas atividades a distância é avaliada mediante seu envolvimento nas atividades de integração (fóruns e bate-papos) propostas pelo professor e/ou pelos próprios alunos e por meio do material que os alunos confeccionam (exercícios e trabalhos solicitados). O bate-papo, usado como ferramenta síncrona, possibilita, devido à sua dinâmica, segundo Caetano e Dias (2009), que o professor e os tutores consigam perceber o conhecimento acumulado pelo aluno sob avaliação.

A Universidade Federal de Santa Catarina também tem parceria com a UAB para a oferta de cursos de Licenciatura em Física (UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, 2005). A primeira turma, da qual 45 licenciandos se formaram em 2011, teve em sua grade curricular a disciplina “Astrofísica” (CRUZ, S. M. S. C. S.¹, 2012), na qual foi utilizado um material didático elaborado por professores da UFRGS e impresso pelo consórcio UFSC/Redisul com o título “Astrofísica” (SARAIVA, SANTIAGO, KEPLER e SALVIANO, 2010). Não existem relatos sobre o motivo pelo qual a disciplina deixou de ser oferecida.

O Instituto Nacional de Ciências e Tecnologia em Astrofísica, INCT-A, com sede no Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas – IAG/USP –, elaborou um curso de Astronomia a distância para professores da escola básica, o qual foi ministrado no ano de 2011. O curso foi implantado com a finalidade de possibilitar aperfeiçoamento em Astronomia para professores de ensino básico como uma forma de capacitá-lo. Tal trabalho foi estimulado e financiado pelo Instituto citado e teve em sua equipe vários profissionais da área de Astrofísica, com a colaboração de vários profissionais de áreas afins. Na primeira edição do curso, matricularam-se 84 professores de escolas públicas de São Paulo, com um total de 43 alunos aprovados, 13 reprovados e 28 abandonos. (GONÇALVES, D.F.², 2012)

O Observatório Nacional (INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, 2009) localizado na cidade do Rio de Janeiro, desde 2003, vem ofertando, por meio de sua Divisão de Atividades Educacionais (Daed), cursos de Astronomia na modalidade a distância dirigido a pessoas sem especialização na área de ciências exatas. Desde 2003, os cursos ofertados foram Astrofísica Geral, 2003; Astrofísica do Sistema Solar, 2004; Astrofísica Estelar, 2005; Cosmologia, 2006; Astrofísica Estelar, 2007; Cosmologia, 2008; Astrofísica do Sistema Solar, 2010; Evolução Estelar, 2011.

¹ Comunicação privada, em 16/01/2012.

² Comunicação privada, em 17/09/2012.

Até 2010 (INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, 2009), mais de 30.000 pessoas de todo o País já haviam se inscrito nos cursos ofertados. Além do material disponibilizado, são realizadas avaliações no final de cada curso, o que confere aos aprovados um certificado na página do Observatório Nacional. As inscrições ocorrem em períodos divulgados na página da instituição via internet.

O intuito é, além de aproximar a instituição da sociedade, atuar como auxiliar na capacitação de professores, o que é fundamental para potencializar e socializar os conhecimentos em Astronomia e Astrofísica.

Observa-se que, apesar da grande demanda de cursos na modalidade a distância, ainda há poucos trabalhos em universidades do País relacionados ao estudo de Astronomia e Astrofísica nessa modalidade. Provavelmente, existam outros cursos além dos mencionados nos parágrafos anteriores, mas sem a devida divulgação na internet e nas revistas especializadas. As instituições de ensino superior poderiam disseminar ainda mais o ensino de Astronomia e de Astrofísica, por intermédio de um maior investimento próprio no ensino a distância, possibilitando, dessa forma, que alunos tenham acesso ao conhecimento com maior flexibilidade de horário, sem a necessidade de estar presente, em todas as aulas, na instituição de ensino.

Compondo o curso de graduação de Licenciatura em Ciências a USP (Universidade de São Paulo) disponibiliza duas disciplinas semi-presenciais de Astronomia, mas tal trabalho ainda não apresenta divulgação. (FIGUERÊDO, E.³, 2013)

O próximo capítulo tratará do referencial teórico utilizado na aplicação do trabalho, a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel e a teoria da mediação de Vygotsky.

³ Comunicação privada, em 28/08/2013.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Esse capítulo discorre, de forma sucinta, sobre o modo como as teorias da aprendizagem significativa de Ausubel e a teoria da mediação de Vygotsky orientaram esse trabalho.

3.1 TEORIA SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL

Podem-se distinguir três tipos gerais de aprendizagem: cognitiva, afetiva e psicomotora. David Paul Ausubel, médico psiquiatra norte-americano, dedicou-se à psicologia educacional e é um dos representantes do cognitivismo.

A teoria de Ausubel (1980) focaliza, primordialmente, aprendizagem cognitiva, isto é, a maneira como a informação é armazenada ou processada na mente do ser (MOREIRA, 2004). Um dos fatores mais importantes para a aprendizagem, segundo essa teoria, é o conhecimento prévio, pois a aprendizagem significativa depende crucialmente da interação entre a nova informação e o conhecimento prévio existente na estrutura cognitiva do aprendiz.

Nas palavras de Moreira (2004, p. 153)

“O conceito central da teoria de Ausubel é o da aprendizagem significativa. Para Ausubel, a aprendizagem significativa é um processo por meio do qual uma nova informação se relaciona com aspecto especificamente relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo, ou seja, esse processo envolve a interação da nova informação com uma estrutura de conhecimento específica a qual Ausubel define como conceito *subsunçor*, ou simplesmente *subsunçor* (facilitador), existente na estrutura cognitiva do indivíduo. A aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação se ancora em conceitos ou proposições relevantes, pré-existent na estrutura cognitiva do aprendiz. Ausubel vê o armazenamento de informações no cérebro humano como sendo organizado, formando uma hierarquia conceitual na qual elementos mais específicos de conhecimentos são ligados (e assimilados) a conceitos mais gerais e mais inclusivos.”

Duas são as condições para que ocorra aprendizagem significativa:

- o aluno precisa estar motivado para aprender significativamente. Se ele não quiser aprender ou só quiser aprender de modo mecânico, não será possível auxiliá-lo para atingir uma aprendizagem significativa;

- é preciso haver um material potencialmente significativo, ou seja, com estrutura lógica e psicológica adequada ao aluno que aprende. Este, por sua vez, deve dispor dos subsunçores necessários para a compreensão do material.

Dois são os princípios programáticos propostos por Ausubel para organização do material: a Diferenciação Progressiva e a Reconciliação Integradora. A Diferenciação Progressiva ocorre quando um conceito básico vai, progressivamente, sendo detalhado e especializado, sofrendo uma evolução por meio de assimilações subordinadas, em que a nova informação modifica o *subsunçor*, enriquecendo-o. Já a Reconciliação Integradora deve ocorrer quando uma nova informação não é ampla o suficiente para ser trabalhada com os *subsunçores* e também para modificá-los (aprendizagem superordenada ou combinatória). Dessa forma, segundo Moreira (1983), os conceitos básicos devem ser associados entre si, interligando-se.

A consolidação do aprendizado terá maiores chances de ocorrer quando o método de ensino adotado priorizar a associação dos novos conceitos com os *subsunçores* do aluno, de tal forma que ocorra uma aprendizagem realmente significativa. Para isso, a preparação das aulas teve como ponto de partida a determinação da estrutura dos conceitos abordados nos conteúdos a serem trabalhados, buscando a identificação dos *subsunçores* relevantes para o processo de aprendizagem. Adicionalmente, as aulas foram planejadas de forma a cobrir todo o conteúdo programático previsto na ementa da disciplina.

No início de cada aula, era apresentada uma descrição dos assuntos a serem abordados e os objetivos da aprendizagem, possibilitando, assim, que os alunos tivessem uma visão geral do conteúdo de cada aula. A seguir, os assuntos eram progressivamente detalhados, lembrando, sempre que possível, os conteúdos trabalhados anteriormente (de maneira a ancorar nestes o novo conhecimento) e ilustrando os conteúdos com exemplos, *applets* e exercícios de aplicação. Ao final de cada aula, um resumo dos conteúdos trabalhados possibilitava a reconciliação integradora.

3.2 TEORIA DA INTERAÇÃO SOCIAL DE VYGOTSKY

Lev Semenovich Vygotsky, nascido na Bielo-Rússia, foi pesquisador e professor de Pedagogia, Psicologia e Psicopatologia.

Segundo Vygotsky, o desenvolvimento não pode ser entendido sem referência ao contexto social, histórico e cultural no qual ocorre (MOREIRA, 2004). Processos mentais superiores, como pensamento, linguagem e comportamento evolutivo do indivíduo, têm origem em processos sociais.

O desenvolvimento cognitivo é, segundo Vygotsky (1988), a conversão de relações sociais em funções mentais. Essa conversão não é direta, mas mediada, e essa mediação inclui o uso de instrumentos e de signos.

Um instrumento pode ser usado para executar-se uma tarefa; os signos são representações da realidade. Por exemplo, as palavras são signos linguísticos. A linguagem, bem como a Matemática, são sistemas articulados de signos. Em Física, as representações mais usadas são a Álgebra, os gráficos e a linguagem.

Ao longo da História, as sociedades constroem instrumentos e sistemas de signos, os quais são modificados, estabelecendo o desenvolvimento social e cultural. A linguagem é, para Vygotsky (1988), o mais importante sistema de signos, fundamental para que ocorra o desenvolvimento cognitivo.

A aquisição de significados está diretamente ligada à interação social. A internalização (reconstrução interna) de signos é fundamental para o desenvolvimento do ser humano, mas, para que isso ocorra, ele tem de compartilhar significados já aceitos no contexto social em que se encontra, ou já construídos nesse mesmo contexto social. A fala é extremamente importante no desenvolvimento da linguagem.

Para Vygotsky (1988, p. 27):

“O momento de maior significado na disciplina do desenvolvimento intelectual, que dá origem às formas puramente humanas de inteligência prática e abstrata, acontece quando a fala e a atividade prática, até então duas linhas completamente independentes, convergem.”

A inteligência prática refere-se ao uso de instrumentos, e a inteligência abstrata, à utilização de signos dos quais a linguagem é a mais importante para a efetivação do desenvolvimento cognitivo.

Um conceito importante na teoria de Vygotsky, relacionado à aprendizagem em sala de aula, presencial ou a distância, é o de zona de desenvolvimento proximal, que é definida como a distância entre o nível de desenvolvimento cognitivo real do indivíduo, tal como o medido por sua capacidade de resolver problemas de forma independente, e o seu nível de desenvolvimento potencial, tal como o medido por meio da solução de problemas sob a orientação de alguém ou em colaboração com companheiros mais capazes (VYGOTSKY, 1988). Na visão de Vygotsky (ibid), o intercâmbio de significados não diz muito sobre como ocorre a internalização, mas, para ele, o intercâmbio é fundamental para a aprendizagem e também para o desenvolvimento cognitivo. Sem interação, sem intercâmbio de significados na zona de desenvolvimento proximal do educando, não há aprendizagem, nem

desenvolvimento cognitivo. Todos os envolvidos no processo ensino-aprendizagem devem ter a oportunidade de falar, pois o mais importante sistema de signos para o desenvolvimento cognitivo do ser humano é a linguagem.

A teoria de Vygotsky serviu de referência para a mediação da aprendizagem possibilitada pelos instrumentos empregados e também para a dinâmica das aulas. O ambiente virtual de aprendizagem usado é potencialmente apropriado para o intercâmbio entre os alunos e deles com o tutor e o professor, em um curso na modalidade EAD. Planejaram-se os fóruns de discussão e a troca de mensagens eletrônicas, além dos diversos encontros presenciais, para propiciar a troca de significados entre os envolvidos no processo, de modo a oferecer melhores condições para que os alunos se apropriassem dos significados compartilhados pela comunidade científica, nos quais estavam sendo introduzidos pelo material instrucional. As atividades propostas foram estabelecidas a partir de perguntas instigantes de forma a motivar os alunos a aprenderem significativamente e a possibilitar a permuta entre os alunos nos fóruns e nas questões de fixação.

O próximo capítulo discorrerá sobre a produção do material trabalhado com os alunos.

4 MATERIAL INSTRUCCIONAL

Neste capítulo será apresentado o material desenvolvido, particularmente o roteiro básico das aulas trabalhadas com os alunos, baseadas na adaptação do hipertexto Astronomia e Astrofísica (OLIVEIRA, F.^o e SARAIVA, 2004) para a disciplina de Fundamentos de Astronomia e Astrofísica (doravante FAeA), em nível de graduação na modalidade a distância. O material completo pode ser visto em Muller, Saraiva e Oliveira F.^o (2013).

Conforme ponderado no capítulo anterior, a proposição da adaptação do material dá-se com base na interação social de Vygotsky e na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, partindo da diferenciação progressiva na implementação dos conteúdos.

Seguindo as recomendações de Corrêa (2007) a respeito do texto de apresentação dos conteúdos a serem trabalhados, procurou-se:

- propiciar interpretação rápida por meio da apresentação de conceitos e de informações relativas ao conteúdo da aula;
- permitir que o aluno pudesse assimilar os conceitos fazendo uso de conhecimentos prévios;
- desenvolver um texto claro, objetivo e preciso quanto aos conceitos e às informações apresentadas;
- estimular o aluno a desenvolver seus estudos, provocando interesse e despertando o diálogo entre o aluno e o texto.

O material foi produzido de forma que os alunos pudessem participar das aulas e das atividades não presenciais de maneira assíncrona, possibilitando, dessa forma, que os conteúdos pudessem ser trabalhados de acordo com a disponibilidade de tempo de cada um.

4.1 ELABORAÇÃO DO MATERIAL

Durante a elaboração do material procurou-se seguir a orientação da metodologia didático-pedagógica de Possari e Neder (2009, p.29), que ressaltam que, ao produzir um material didático para EAD, o professor deve ter em conta importantes funções do material no curso, dentre as quais:

- propiciar o diálogo permanente entre professor/aluno;
- orientar o aluno em seu percurso de estudo;

- motivar o aluno não só para aprendizagem do conteúdo selecionado para o material em questão, mas também para a ampliação de seu conhecimento sobre o tema trabalhado, mediante leituras complementares;

- ensinar a compreensão crítica do conteúdo selecionado como fundamental para o curso em desenvolvimento, tendo em vista que aquele é a base teórico-metodológica para a construção de conhecimentos/sentidos;

- possibilitar o acompanhamento e a avaliação do processo de aprendizagem de determinado material o que faz parte da construção curricular em que estão implicados outros textos;

- instigar o aluno para a pesquisa.

Seguindo considerações de Figuerêdo (2010), as tecnologias de informação e comunicação (TICs) foram utilizadas com parcimônia, buscando-se a utilização de aplicativos baseados em *software* livre para possibilitar, efetivamente, a inclusão dos alunos matriculados, sem que houvesse prejuízos à aprendizagem. Houve também a preocupação de preparar todas as aulas e as atividades não presenciais de forma assíncrona.

Deu-se uma atenção especial à configuração visual do texto, de maneira que esta ficasse ao mesmo tempo, clara e atrativa para o aluno. Os textos são disponibilizados em *pdf*, o que, apesar da desvantagem de dificultar a edição dos textos por outros professores que queiram utilizá-lo, tem a grande vantagem de permitir a visualização do material em qualquer *browser*, além de ser um formato mais favorável à impressão. Apesar de que muitas pessoas estão habituadas a fazer a leitura de textos no próprio monitor do computador, poupando tempo e papel, parece que muitos alunos sentem-se mais confortáveis tendo o livro-texto impresso.

4.2 ESTRUTURA DO MATERIAL

Fundamentos de Astronomia e Astrofísica é uma disciplina de 4 créditos, com duas aulas semanais de 100 min. O conteúdo programático está dividido em três áreas: a primeira aborda conteúdos de Astronomia Fundamental, Mecânica Celeste e Sistema Solar; a segunda trata de Física Estelar e a terceira, Galáxias e Cosmologia.

Na organização do material de que trata esta dissertação foi mantida a estrutura de três áreas, sendo que os conteúdos da primeira e da segunda área foram acomodados em dez aulas

cada uma e os da terceira área foi distribuído em oito aulas. O plano de ensino⁴, da disciplina, apresentado no Apêndice A, traz o cronograma com o assunto de cada aula.

O material completo inclui, portanto, 28 aulas, cada uma delas com objetivos bem definidos, explicitados no seu início, e com um final que inclui uma síntese dos conteúdos e exercícios para fixação dos conhecimentos. Procurou-se desenvolver o material em uma sequência lógica e psicológica adequada ao nível de desenvolvimento cognitivo dos alunos, de modo que seus conhecimentos prévios favorecessem o estabelecimento dos subsunçores necessários para a construção de seus conhecimentos.

Pretendeu-se manter no material uma linguagem de diálogo com o estudante, promovendo interações sociais entre eles, e entre eles e o tutor e/ou professor.

4.3 ESTRUTURA DAS AULAS

As aulas são apresentadas conforme o exemplo no Apêndice B, com um título e com um breve texto introdutório, textos para leitura e indicação de *links* relativos aos assuntos trabalhados e, com frequência, aplicativos de uso livre. No final de cada aula, encontram-se um resumo e questionários de fixação dos conteúdos trabalhados com o intuito de possibilitar ao aluno uma retomada do texto, verificando se os objetivos propostos estavam sendo atingidos, além de abrir espaço para o debate sobre dúvidas no fórum de discussões com os demais participantes e para a avaliação individual de cada aluno. Essa interação criada pelo fórum de discussões propicia a integração social de Vygotsky, pois, segundo este, “... é a interiorização do diálogo exterior que leva o poderoso instrumento da linguagem a exercer influência sobre o fluxo do pensamento”. (BRUNER, 1987, p. IX).

Uma ilustração da abertura de uma aula é apresentada na Figura 1.

⁴ Esse foi o plano utilizado na primeira aplicação do material, no semestre 2011/2. Ele foi apresentado aos alunos na primeira aula.

Figura 1 - ilustração do início de uma das aulas, com a especificação do título (O Sol: a nossa estrela.), o número da área (2) e da aula (3), a figura elucidativa relacionada ao assunto a ser tratado, bem como parte de texto introdutório.

Aula 3 – O Sol: a nossa estrela.
Área 2, Aula 3.

Alexei Machado Müller, Maria de Fátima Oliveira Saraiva & Kepler de Souza Oliveira Filho

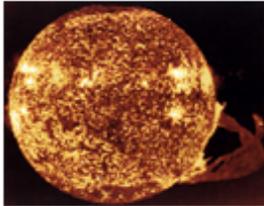


Foto do Sol obtida pela estação espacial Skylab da Nasa em 19 de dezembro de 1973, mostrando uma das mais espetaculares proeminências solares já filmadas, atingindo mais de 588.000 km.

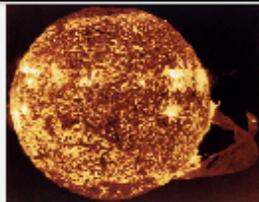
Introdução

Prezado aluno, em nossa terceira aula, da segunda área, vamos tratar do Sol, a nossa estrela. O Sol, nossa fonte de luz e de vida, é a estrela mais próxima de nós e a que melhor conhecemos. Basicamente, é uma enorme esfera de gás incandescente, em cujo núcleo acontece a

Fonte: o autor.

A seguir são apresentados os objetivos específicos a ser alcançados pelo aluno, conforme a Figura 2. Dessa forma, ele sabe, previamente, o que se espera dele ao final do estudo proposto. Logo após, é apresentada uma pergunta instigante, cuja finalidade é provocar um direcionamento e interesse maior pelo assunto a ser trabalhado e desafiar o aluno a comparar seus conhecimentos com os conceitos cientificamente corretos. Segue o início do texto que discorre sobre o assunto da aula.

Figura 2 - apresentação dos objetivos, da pergunta instigante e o início do desenvolvimento do conteúdo trabalhado na aula sobre o Sol.



Objetivos

Nesta aula trataremos do Sol e de suas características. Esperamos que ao final você esteja apto a:

- identificar e caracterizar as manchas solares e granulações e em que zona do Sol elas se localizam;
- reconhecer e explicar a estrutura interna do Sol;
- identificar e caracterizar os flares e o vento solar;
- explicar a formação das auroras;
- definir a constante solar, aplicando-a na determinação da luminosidade do Sol;
- identificar e explicar a fonte de energia do Sol.

Sol, que maravilha é essa que possibilita energia e luz necessárias para manutenção da vida?

O Sol é o objeto mais proeminente em nosso sistema solar. É o maior objeto e contendo aproximadamente 99,8% da massa total do sistema. Seu diâmetro é 109 vezes o diâmetro da Terra, de forma que em seu interior caberiam 1,3 milhões de Terras. A camada externa visível do Sol é chamada fotosfera, está a uma temperatura de aproximadamente 6.000 °C. Esta camada tem uma aparência turbulenta devida às erupções energéticas que lá ocorrem.

A energia solar é gerada no núcleo do Sol. Lá, a temperatura (15.000.000 °C) e a pressão (340 bilhões de vezes

Fonte: o autor.

4.4 O TEXTO

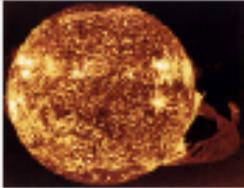
No conteúdo propriamente dito, os assuntos abordados nas respectivas aulas encontram-se separados por subtítulos, objetivando possibilitar um diálogo permanente entre professor e aluno, aluno e colega, bem como orientar estes nos seus percursos de estudo. São apresentadas resoluções comentadas de exercícios com cálculos, quando necessário.

4.5 O RESUMO

No final de cada aula, é apresentado um resumo que salienta os pontos mais relevantes da aula, buscando uma reconciliação integradora, na acepção de Ausubel (MOREIRA, 2004), entre os conceitos anteriores e os novos. Como ilustração, veja a Figura 3.

Nesse aspecto, Ausubel salienta que “(...) insistindo na consolidação ou mestria do que está sendo estudado, antes que novos materiais sejam introduzidos, assegura-se contínua prontidão na matéria de ensino e sucesso na aprendizagem sequencialmente organizada”. (MOREIRA, 2004, p.162).

Figura 3 - parte do resumo que finaliza a aula sobre o Sol.



Resumo

Sol é o maior objeto do sistema solar, com distância média à Terra de 149.597.892 km (1 UA). Em sua estrutura apresenta o núcleo, a zona radiativa, a zona convectiva, a fotosfera, a cromosfera e a coroa.

O Sol é composto de hidrogênio e hélio incandescente. No núcleo a energia é produzida por reações de fusões termonucleares de 4 núcleos de hidrogênio em um núcleo de hélio, partícula α .

Na fotosfera estão as manchas solares, regiões mais escuras que duram cerca de uma semana. As manchas solares aumentam e diminuem de número num ciclo de 11 anos (ciclo de atividade solar) e estão associadas a intensos campos magnéticos. Também na fotosfera estão as granulações, pequenas regiões brilhantes circundadas por regiões escuras que são bolhas de gás que assomam à superfície no topo da camada convectiva, com duração de aproximadamente 15 minutos.

A cromosfera é uma camada estreita e rarefeita que só é perceptível quando a fotosfera é coberta, como em eclipses. Lá estão as espículas, colunas de gás frio. As proeminências são grandes jatos de gás que se elevam acima da fotosfera.

Na coroa ocorrem os ventos solares e os flares. Os ventos solares são partículas emanadas das regiões ativas do Sol, provocam, na Terra, as auroras. Já os flares são grandes explosões na superfície do Sol, gerados pelo armazenamento de energia em campos magnéticos que é liberada quando o campo se torna muito denso.

As auroras são fenômenos luminosos provocados pela interação do vento solar com a atmosfera.

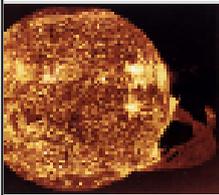
A constante solar é a quantidade de energia solar que chega, por unidade de tempo e por unidade de área, a uma superfície perpendicular aos raios solares, à distância média Terra-Sol, com valor 1.367 W/m^2 . A luminosidade é obtida multiplicando-se a constante solar pela área da esfera compreendida pela órbita da Terra em torno do Sol, com valor de $3,9 \times 10^{26} \text{ W}$.

Fonte: o autor.

4.6 QUESTÕES DE FIXAÇÃO

No material produzido, o último subtítulo indica as questões de fixação, (por exemplo, veja a Figura 4). Essas questões foram escolhidas de forma a servir como um guia para o estudo da aula, chamando a atenção para os pontos considerados relevantes do conteúdo e propondo problemas em que o aluno tem a oportunidade de aplicar os novos conceitos em situações concretas, bem como praticar os cálculos pertinentes à sua solução e, quando necessário, discutir suas dúvidas e respostas com seu professor, seu tutor e, principalmente, com seus colegas, buscando uma interação social vygotskyana no Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) no fórum de discussão.

Figura 4 - exemplo de questões de fixação indicadas no final de cada aula.

<p>Área 2, Aula 3, p.11 Möller, Saralva & Kepler</p>	<h3 style="text-align: center;">Questões de Fixação</h3> <p style="text-align: center;">Agora que vimos o assunto previsto para a aula de hoje resolva as questões de fixação e compreensão do conteúdo a seguir, utilizando o fórum, comente e compare suas respostas com os demais colegas. Bom trabalho!</p> <p>1. Comparado com a Terra, quantas vezes o Sol é maior em:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) raio? b) área? c) volume?
	<p>2.</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Quais são os principais elementos que compõem o Sol? b) Qual a abundância desses elementos em massa? c) Qual a abundância desses elementos em números de partículas? <p>3. Como se chama a superfície visível do Sol e qual é a sua temperatura?</p> <p>4.</p> <ul style="list-style-type: none"> a) O que são manchas solares? b) Qual é o seu ciclo? <p>5. Que outros fenômenos se observam no Sol,</p>

Fonte: o autor.

4.7 NOTAS DE BORDA

Em todas as páginas há espaço, à esquerda do texto, para notas de borda, que servem para destacar conceitos trabalhados no texto, indicar algum conhecimento prévio necessário para os assuntos a serem tratados na sequência dos conteúdos, para chamar a atenção para alguns detalhes do texto e para cuidados de aplicações de conhecimentos, para relacionar unidades de medida, entre outros. Um exemplo de Notas de borda é apresentado na Figura 5.

A esse respeito, Ausubel salienta que “novas ideias e informações podem ser aprendidas e retidas, na medida em que conceitos relevantes e inclusivos estejam adequadamente claros e disponíveis na estrutura cognitiva do indivíduo...” (MOREIRA, 2004, p.152)

Figura 5 - exemplo de notas de borda apresentadas nas aulas.

<p>Notas de borda</p>	<p>Vento Solar</p> <p>Partículas emanadas das regiões ativas do Sol.</p> <p>Velocidade de 300 a 800 km/s.</p> <p>Causa perda de massa do Sol em torno de 10^{13} massas solares por ano.</p> <p>Causa as auroras na Terra.</p> <p>Auroras</p> <p>Fenômeno luminoso provocado pela interação do vento solar com a atmosfera superior da Terra.</p> <p>Ocorrem em grandes variedades de cores, as mais comuns são verdes. Isso ocorre devido a que gases emitem luz em diferentes cores. O oxigênio emite luzes no vermelho e no verde, o nitrogênio emite luz vermelha.</p>	<p>aproximadamente 400 km/s.</p> <p>Ao entrar na magnetosfera da Terra e formando o chamado Cinturão de Van Allen descoberto pelo físico americano James A (1914 - 2006) em 1958. O cinturão de partículas contata com atmosfera da Terra nos polos fenômenos conhecidos como auroras. Veja a</p> <p>Auroras são fenômenos luminosos por excitação e desexcitação dos átomos e moléculas da atmosfera superior da Terra. Quando as partículas carregadas do vento solar colidem com as partículas carregadas da atmosfera superior da Terra, ocorrem fenômenos conhecidos como auroras. As auroras ocorrem tanto nas altas latitudes norte - as auroras boreais -, quanto nas altas latitudes sul - as auroras austrais.</p> <div data-bbox="868 1397 1378 1680"> </div> <p>Figura 02.03.07: Esquema mostrando as partículas carregadas no campo magnético da Terra para o Cinturão de Van Allen (à direita), formado pelas partículas</p>
-----------------------	---	--

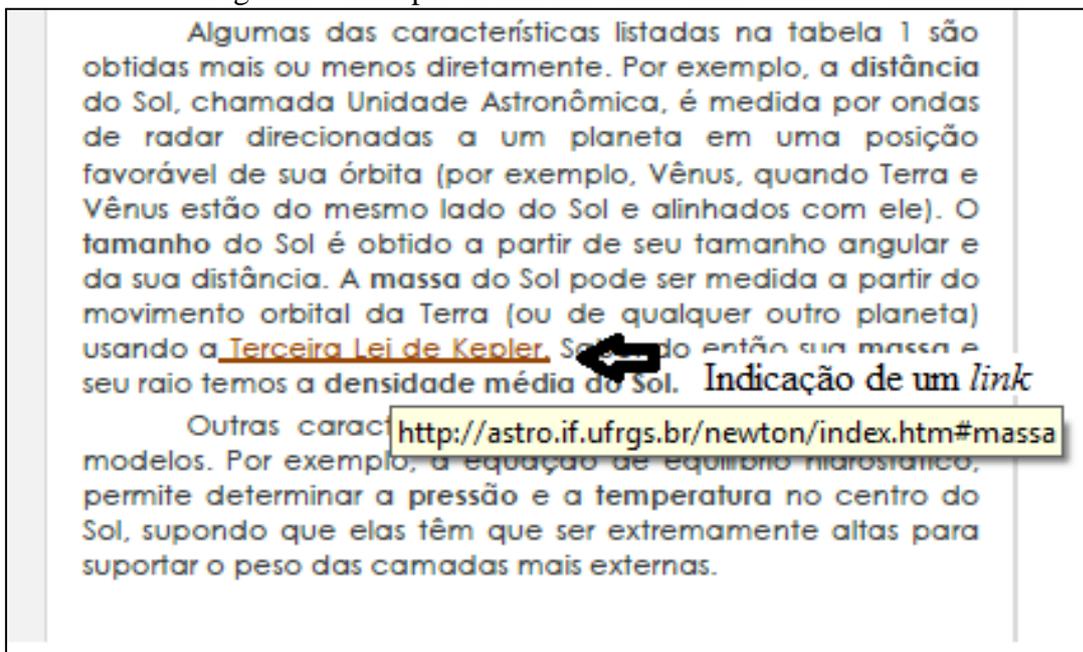
Fonte: o autor.

4.8 LINKS

O material contém *links* direcionando para outros textos ou para aplicativos e simuladores de uso livre na rede, para um glossário, para vídeos e, também, para alguns *softwares* de observatórios virtuais. Nesse quesito, Ausubel instrui que um dos papéis do professor na facilitação da aprendizagem significativa envolve “ensinar utilizando recursos e princípios que facilitem a aquisição da estrutura conceitual da matéria de ensino de uma maneira significativa.” (MOREIRA, 2004, p. 162)

Os *links*, além de estarem presentes no material (*pdf*) produzidos para cada aula, também estão presentes nas aulas, colocados no *Moodle*, fora do *pdf*. Salienta-se a necessidade de uma constante averiguação do funcionamento dos *links*, uma vez que eles estão vinculados a *sites* que podem sofrer alterações de endereços, ou mesmo ser desativados. No arquivo *pdf*, os *links* aparecem sublinhados e com outra coloração, conforme a Figura 6.

Figura 6 - exemplo de um dos vários *links* utilizados nas aulas.



Fonte: o autor.

4.9 PRÉ-TESTES E PÓS-TESTES

Propõe-se, no início de cada área (como tarefa opcional da primeira aula), um pré-teste. Nas provas presenciais de cada área, a primeira questão de cada prova se constituiu de um pós-teste, com valor de nota. Os pré-testes e pós-testes sugeridos (e aplicados no semestre 2011/2), para a 1ª área, 2ª área e 3ª área estão nos apêndices C, D e E, respectivamente.

O próximo capítulo versará sobre a aplicação do material produzido nas aulas da disciplina.

5 APLICAÇÃO E RESULTADOS

O material produzido foi aplicado pela primeira vez no semestre letivo de 2011/2, para a turma cursar a disciplina de Fundamentos de Astronomia e Astrofísica na modalidade a distância, tendo a professora Maria de Fátima como professora responsável e o autor desse trabalho como tutor.

Nesse capítulo relata-se o ambiente virtual utilizado nas aulas, o perfil dos alunos matriculados, o desenvolvimento das aulas e os instrumentos de avaliação utilizados.

5.1 O AVA

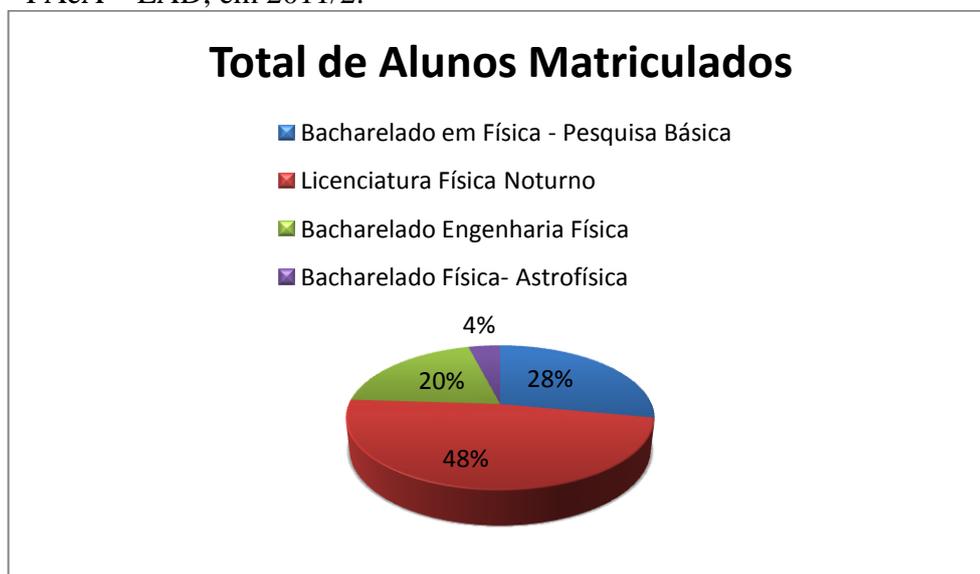
O ambiente virtual de aprendizagem (AVA) tem um papel fundamental no EAD. É por meio dele que é promovida a integração entre professores, tutores e estudantes, o que, de acordo com os Referenciais de Qualidade para a Educação Superior a Distância (BRASIL, 2007), é uma das exigências prioritárias de um EAD de qualidade. Assim, o AVA deve proporcionar aos estudantes a oportunidade de interagir, de desenvolver projetos compartilhados, de reconhecer e respeitar diferentes culturas e de construir o conhecimento. (BRASIL, 2007, p. 9)

No desenvolvimento da disciplina, foi adotado como AVA a plataforma *Moodle* (2011), implementada pela Secretaria de Educação a Distância da UFRGS (UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL, 2012). O *Moodle* tem vários recursos adequados à interatividade, entre os quais os mais utilizados foram os fóruns e os *e-mails* utilizados tanto para comunicação professor-aluno quanto alunos-alunos. Outro recurso de *Moodle* muito valioso para a disciplina foram os questionários *on-line*, que permitiram realizar atividades de avaliação semanais por meio do ambiente virtual.

5.2 PERFIL DOS ALUNOS MATRICULADOS NA DISCIPLINA

Dos vinte e cinco alunos matriculados, doze eram alunos do curso de Licenciatura em Física Noturno, sete do Bacharelado em Física – Pesquisa Básica, cinco alunos do Bacharelado em Engenharia Física e um aluno de Bacharelado em Física, como indica a Figura 7 .

Figura 7 - gráfico da distribuição percentual por curso dos 25 alunos matriculados em FAeA – EAD, em 2011/2.



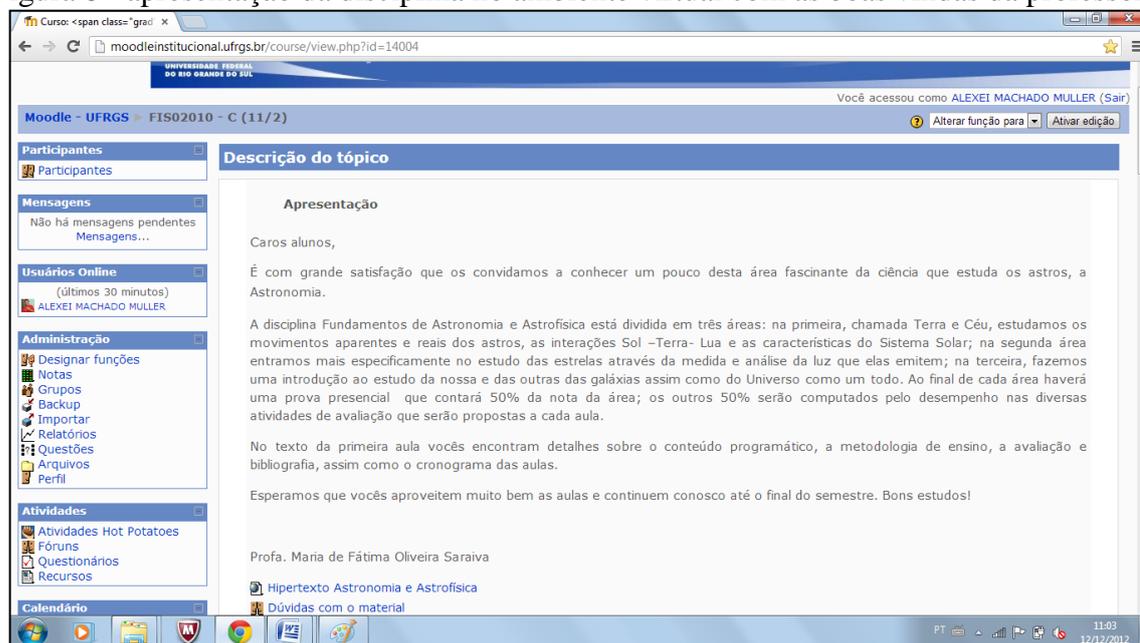
Fonte: o autor.

5.3 DESENVOLVIMENTO DAS AULAS

A primeira aula foi presencial, com o comparecimento da quase totalidade dos 25 alunos matriculados. Foram dadas as boas vindas, apresentando-se aos alunos o ambiente de trabalho, o plano de ensino e o conteúdo a ser trabalhado no *Moodle* na primeira área, conforme mostra a Figura 8. Explicou-se o andamento das aulas e a sua dinâmica, bem como o uso do *Moodle*. Aos alunos que, eventualmente, não dispusessem de computador e/ou *internet* foi dada a possibilidade de acessar o *Moodle* em sala de aula, nos horários reservados para a disciplina, com a presença da professora e/ ou do tutor, embora todos dissessem ter acesso à *internet* em casa.

Nas primeiras aulas, a professora esteve presente semanalmente, nos horários reservados à disciplina, para tirar eventuais dúvidas dos interessados. A partir da terceira semana os encontros presenciais individuais ou em grupo passaram a ser feitos somente quando solicitados previamente por algum, ou alguns alunos ou quando a professora julgasse necessário.

Figura 8 - apresentação da disciplina no ambiente virtual com as boas vindas da professora.



Fonte: Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2012).

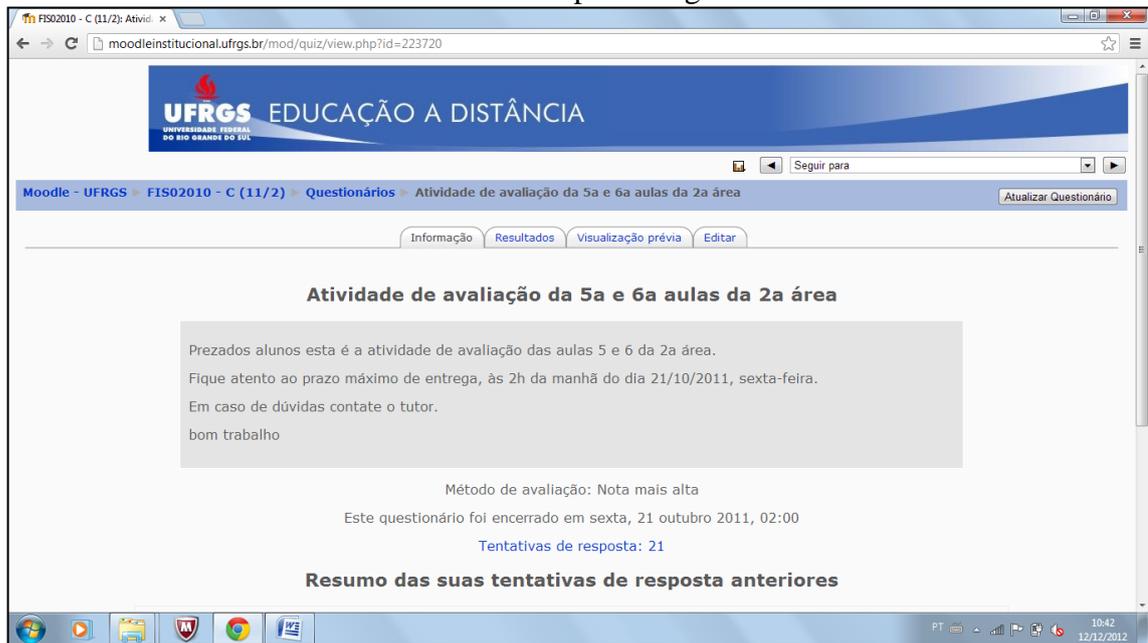
Semanalmente, nas terças e quintas-feiras, era publicado o material de uma aula, no formato *pdf*. Adicionalmente, uma vez por semana (em geral nas quintas-feiras) era publicada uma atividade de avaliação dos conteúdos desenvolvidos na semana, para ser realizada no ambiente virtual.

Esses questionários foram compostos, na maioria, de questões de múltipla escolha, sendo que em alguns deles foram incluídas outras modalidades de questões, como ensaio, resposta curta, verdadeiro/falso ou cálculo. O número de questões por questionário variou entre 10 e 20. As respostas nas questões de múltipla escolha sofriam alterações na sua ordenação a cada vez que o aluno acessava a questão para dificultar a “cola” das respostas.

Na primeira e na segunda área, que tiveram dez aulas cada uma, foram realizados cinco questionários; na terceira área, que teve oito aulas, foram realizados quatro questionários. A cada vez que o aluno acessava a página dos questionários as alternativas de respostas sofriam alterações nas suas ordenações, para evitar troca de respostas por parte dos alunos. As Figuras 9 e 10 ilustram a apresentação e o conteúdo de um dos questionários de avaliação.

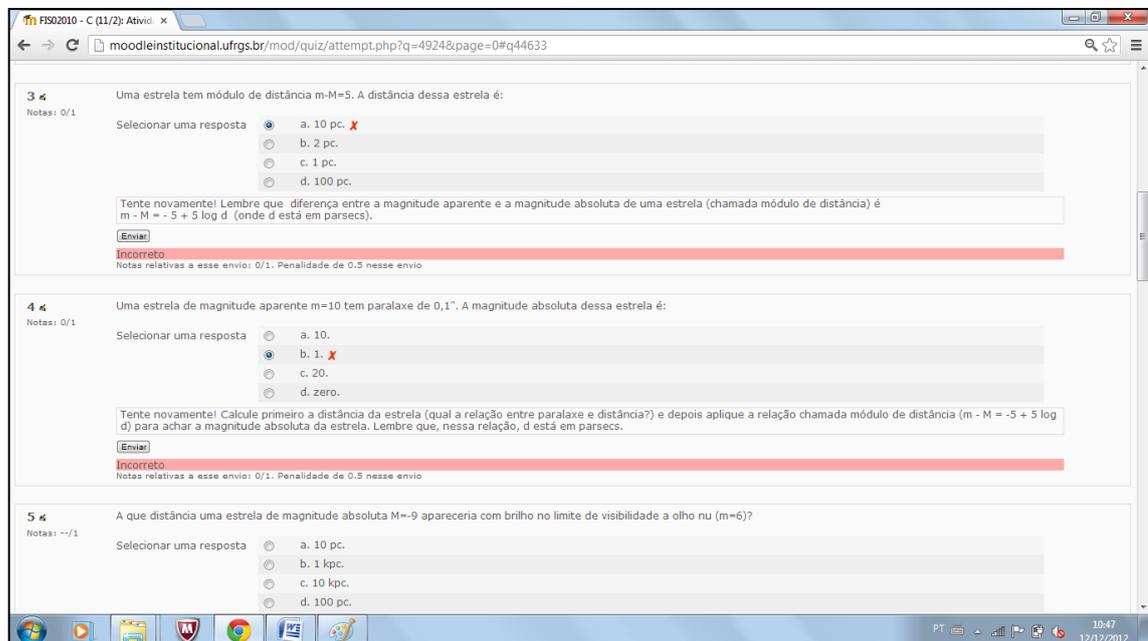
A semana seguinte à última aula de cada área foi reservada para a realização de uma aula presencial de revisão de conteúdos e para a prova presencial. As provas presenciais aplicadas são apresentadas no Apêndice I.

Figura 9 - exemplo de apresentação de atividade de avaliação no ambiente virtual de aprendizagem.



Fonte: Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2012).

Figura 10 - exemplo de questões que os alunos resolveram nas atividades de avaliação disponíveis no ambiente virtual, com o comentário sobre a resposta enviada.



Fonte: Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2012).

5.4 CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO

A avaliação de cada aluno levou em conta sua participação, seu desempenho nos questionários semanais e seu desempenho nas provas presenciais.

5.4.1 Participação

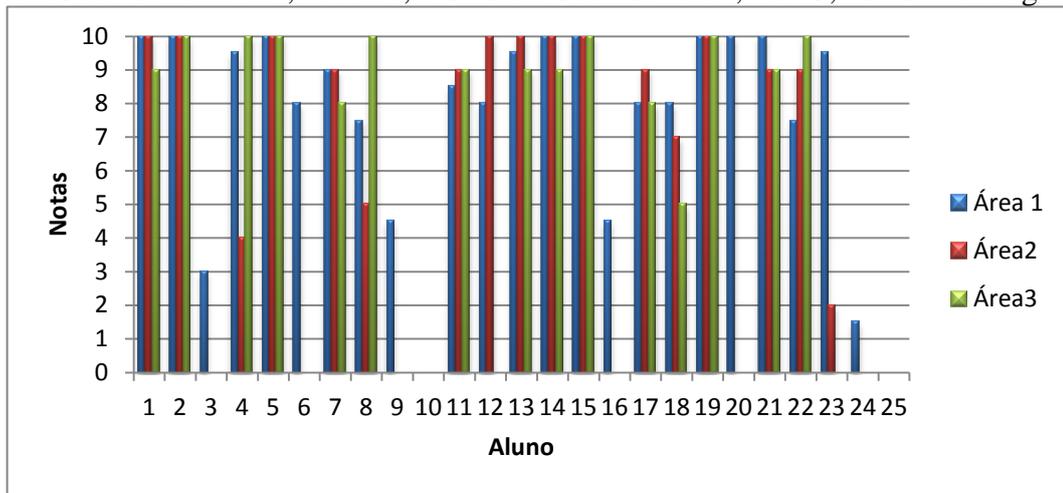
A avaliação da participação no ambiente virtual baseou-se nos relatórios de acesso disponibilizados pelo próprio Moodle (conforme Figura 11) e nas participações dos alunos nos fóruns de discussão. Por exemplo, se o aluno acessou ao menos uma vez cada aula da área e participou de ao menos uma discussão proposta nos fóruns da área, sua nota de participação foi dez. À medida que ele deixou de acessar as aulas, não participou das discussões dos fóruns, houve redução na nota da área avaliada. A Figura 12 ilustra as notas de participação de cada aluno em cada área. As notas médias de participação ficaram acima de 8,0 nas três áreas.

Figura 11 - exemplo de relatório de acessos de um determinado aluno nas atividades propostas no ambiente virtual.

Atividade	Visualizações	Último acesso
Hipertexto Astronomia e Astrofísica	64	terça, 28 agosto 2012, 22:28 (105 dias 12 horas)
Dúvidas com o material	198	terça, 28 agosto 2012, 22:28 (105 dias 12 horas)
Fórum de notícias	312	quinta, 12 julho 2012, 18:22 (152 dias 16 horas)
atividade para determinação da lei de hubble - clea-hubble	8	domingo, 23 setembro 2012, 20:36 (79 dias 14 horas)
Tópico 1		
Aula 1: Introdução	168	terça, 28 agosto 2012, 22:29 (105 dias 12 horas)
Pré-teste da Primeira Área	261	quinta, 29 novembro 2012, 21:35 (12 dias 14 horas)
pre-teste área 1	23	segunda, 26 novembro 2012, 09:47 (16 dias 1 hora)
Tópico 2		
Aula 2	113	quarta, 25 abril 2012, 13:05 (230 dias 21 horas)
Atividade de avaliação da 2a aula	237	sexta, 30 novembro 2012, 16:39 (11 dias 19 horas)
sugestão de software: Stellarium	19	sexta, 21 outubro 2011, 22:40 (1 ano 52 dias)
Tópico 3		
Aula 3	107	quarta, 25 abril 2012, 13:05 (230 dias 21 horas)
O sol da meia noite	26	domingo, 23 setembro 2012, 20:29 (79 dias 14 horas)
Simulador dos movimentos do Sol (em inglês)	30	domingo, 23 setembro 2012, 20:46 (79 dias 13 horas)

Fonte: Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2012).

Figura 12 - notas de participação por aluno em cada área; nas colunas de cor azul, área 1; nas colunas de cor vermelha, área 2 e, nas colunas de cor verde, área 3, conforme a legenda.

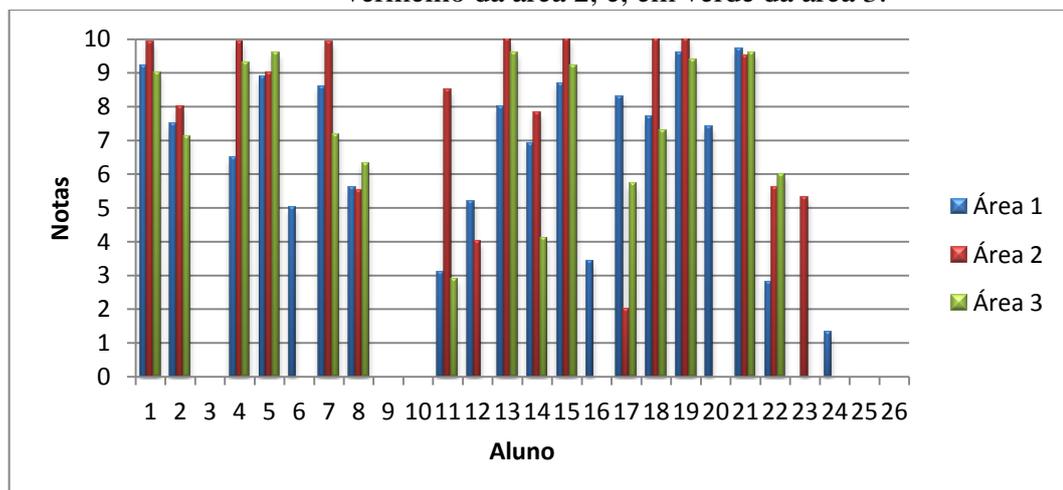


Fonte: o autor.

5.4.2 Avaliações Semanais

A Figura 13 apresenta o histograma das notas das atividades de avaliação resolvidas semanalmente pelos alunos no ambiente virtual. As notas médias das referidas atividades de cada área com seus referidos desvios-padrão são apresentadas na Tabela 1.

Figura 13 - notas das atividades de avaliação no AVA em cada área; em azul da área 1; em vermelho da área 2, e, em verde da área 3.



Fonte: o autor.

Tabela 1 - médias e desvios-padrão nas atividades de avaliação nas três áreas.

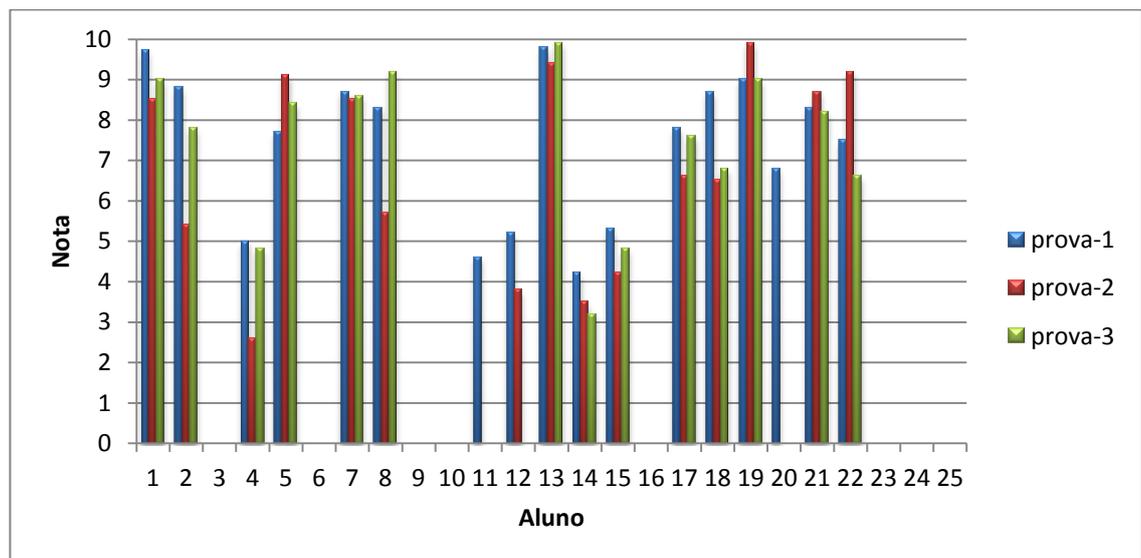
	Área 1	Área 2	Área 3
Médias	6,64	7,97	7,39
Desvios	2,46	2,46	2,23

Fonte: o autor.

5.4.3 Provas Presenciais

As notas das provas por aluno em cada área estão indicadas na Figura 14. A Tabela 2 indica as notas médias da turma em cada área e seus respectivos desvios-padrão.

Figura 14 - notas de cada aluno nas provas das três áreas da disciplina.



Fonte: o autor.

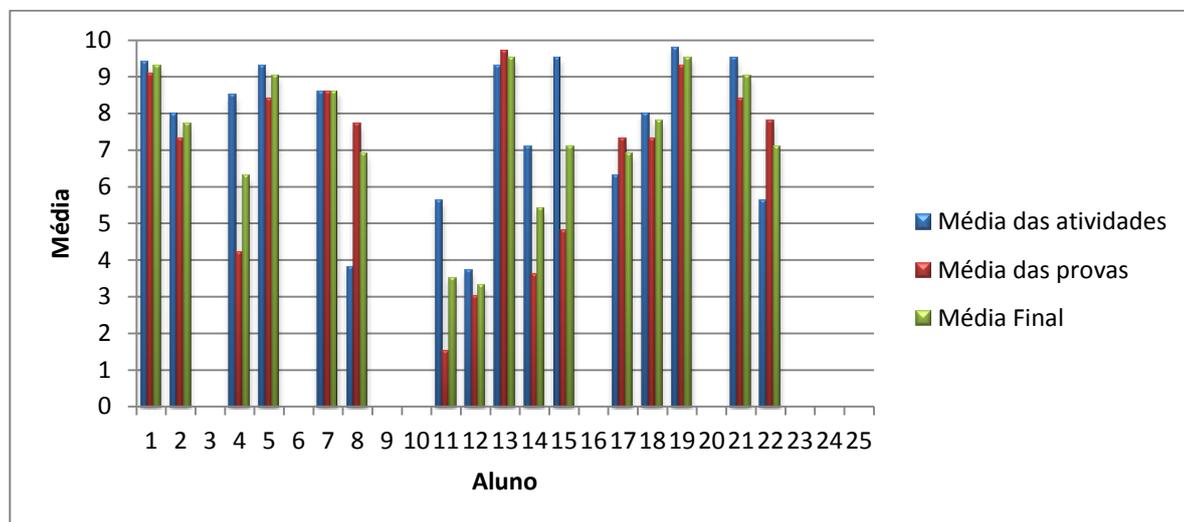
Tabela 2 - médias e desvios-padrão das notas dos alunos nas provas em todas as áreas.

	Área 1	Área 2	Área 3
Média	7,13	6,43	7,16
Desvio	2,00	2,49	2,07

Fonte: o autor.

Para comparar as médias finais obtidas pelos alunos em função de suas participações nas atividades a distância e de suas médias das provas presenciais é apresentada a figura 15.

Figura 15 - média das atividades a distância, média das provas e média final na disciplina em 2011/2.



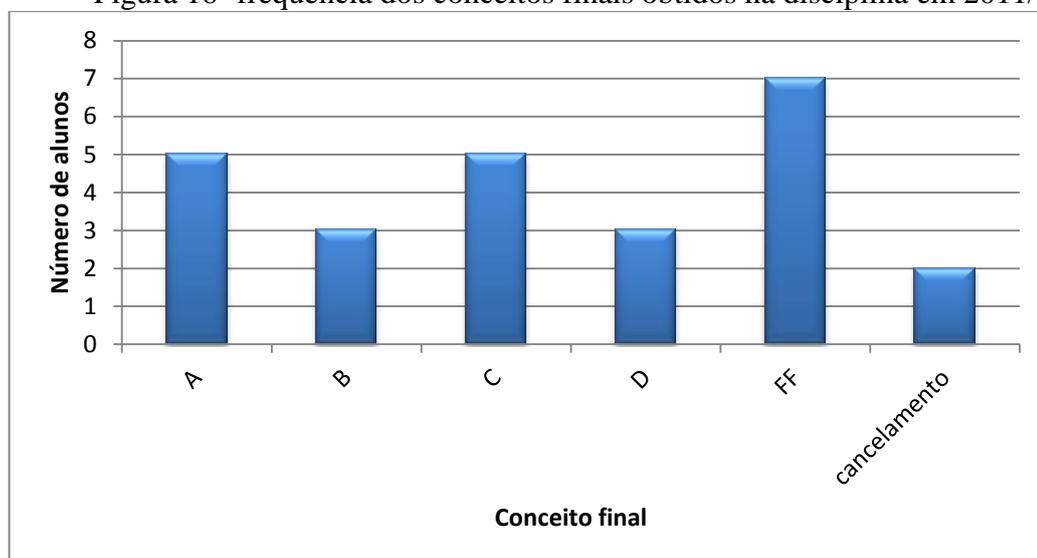
Fonte: o autor.

Observa-se que a maioria dos alunos apresentou, como era de se esperar, resultado superior nas atividades a distância. Os alunos 4 e 15, apesar de suas notas inferiores à média nas provas presenciais, obtiveram aprovação pelo seus desempenhos nas atividades a distância. O aluno 8, pelo contrário, apesar de seu baixo aproveitamento nas atividades a distância, alcançou aprovação pelas suas notas nas provas presenciais.

A distribuição de conceitos finais é mostrado na Figura 16 onde “A” corresponde a notas finais acima de 9,0; “B” corresponde a notas entre 7,5 e 8,9; “C” corresponde a notas entre 6,0 e 7,4 e “D” corresponde a notas abaixo de 6,0.

Dos vinte e cinco alunos matriculados, dezesseis permaneceram até o final da disciplina. Destes, treze foram aprovados; sete alunos abandonaram a disciplina, e dois cancelaram a matrícula em tempo hábil.

Figura 16 -frequência dos conceitos finais obtidos na disciplina em 2011/2.



Fonte: o autor.

A nota final em cada área foi obtida a partir da média ponderada da nota da prova presencial (peso de 50%) com a nota média das avaliações publicadas semanalmente no *Moodle* e respondidas no próprio ambiente virtual pelos alunos (peso de 40%) e a participação no AVA (peso de 10%). A nota, assim constituída, dá preponderância à avaliação presencial em relação às avaliações feitas a distância, o que é um dos tópicos relevantes dos Referenciais de Qualidade do Ensino Superior a Distância (BRASIL, 2007).

Para todos os alunos participantes, foi oferecida a oportunidade de melhorar o conceito obtido, podendo passar de D para C, ou de C para B, ou de B para A, por meio de uma prova de recuperação, também feita presencialmente, ao final do semestre.

No próximo capítulo é feita uma discussão mais detalhada dos resultados obtidos pelos alunos.

6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

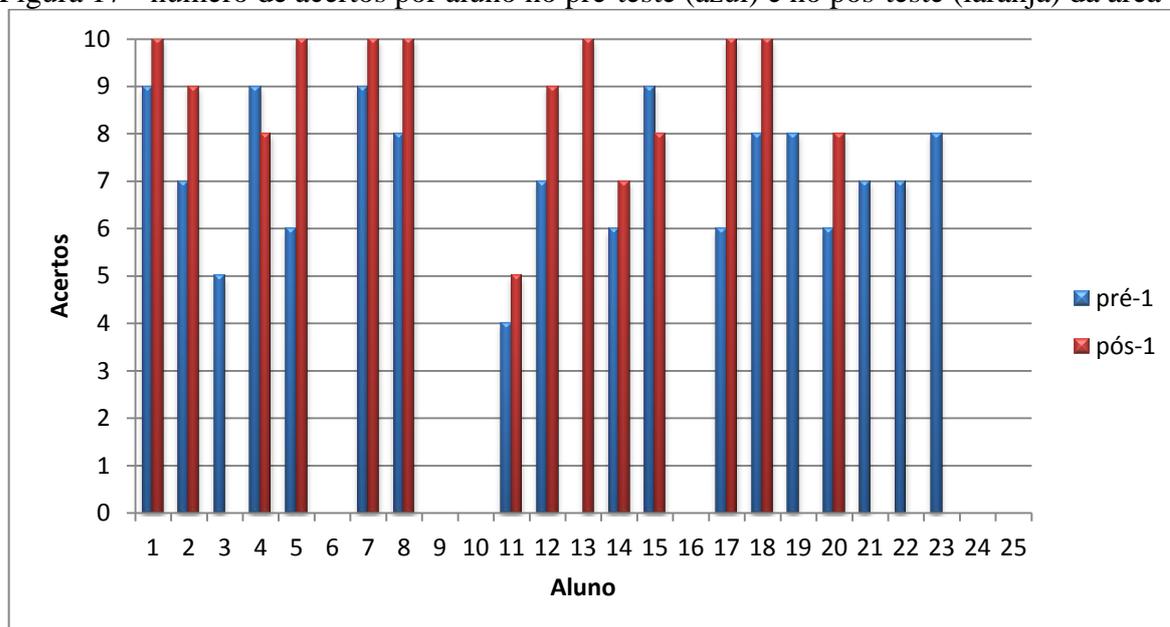
Neste capítulo é feita uma avaliação da disciplina, baseando-se nos resultados comparativos entre pré-testes e pós-testes e na comparação do desempenho global da turma em relação às turmas presenciais.

6.1 PRÉ-TESTE E PÓS-TESTES

No início de cada uma das três áreas, foi disponibilizado, por intermédio do ambiente virtual, um pré-teste sobre os conteúdos a serem abordados na área; dez questões de cada pré-teste foram reaplicadas, na íntegra ou com pequenas variações nos pós-testes correspondentes, conforme apêndices C, D e E, realizados como parte da prova presencial da área.

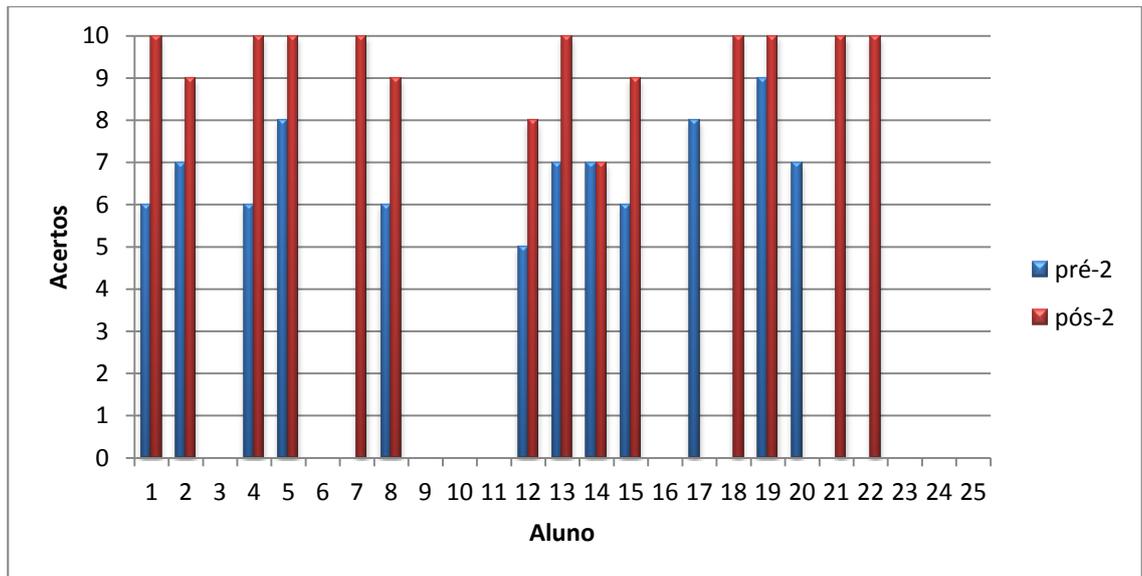
As figuras de número 17 até 19 indicam o número de acertos por aluno nas dez questões que fizeram parte do pré-teste e seu correspondente pós-teste. Nas três áreas observou-se um aumento médio nos escores de no mínimo 15%.

Figura 17 - número de acertos por aluno no pré-teste (azul) e no pós-teste (laranja) da área 1.



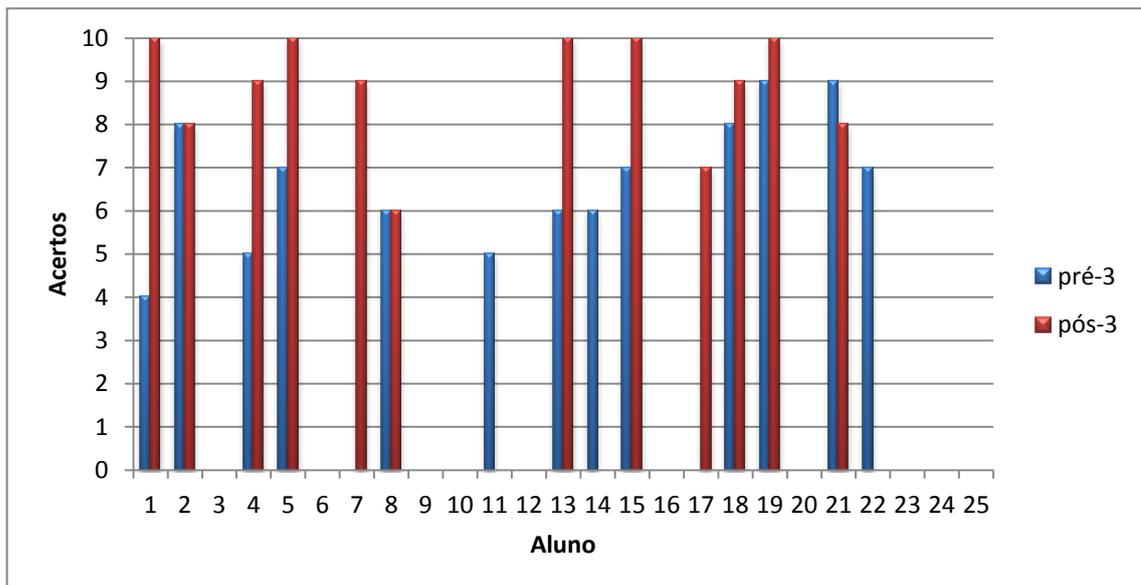
Fonte: o autor.

Figura 18 - número de acertos por aluno no pré-teste (azul) e no pós-teste (laranja) da área 2.



Fonte: o autor.

Figura 19 – número de acertos por aluno no pré-teste (azul) e no pós-teste (laranja) da área 3.



Fonte: o autor.

6.1.1 Análise da consistência interna dos testes

Para verificar a confiabilidade dos resultados obtidos nos pré-testes e nos pós-testes, foi feita uma análise de sua consistência interna por meio do cálculo do coeficiente de fidedignidade – um parâmetro estatístico baseado na autocorrelação das medidas (SILVEIRA, 1993).

Segundo Moreira e Rosa (2008), a fidedignidade das medidas está relacionada à sua confiabilidade, no sentido de precisão, estabilidade e possibilidade de repetição. A fidedignidade não garante que o instrumento seja válido, (i.e., não garante que ele esteja medindo realmente o que se propõe a medir), mas é uma condição mínima necessária para que o seja. Um instrumento pode ser fidedigno e não ser válido, mas nenhum instrumento pode ser válido sem ser fidedigno.

Segundo Silveira (1993), foi adotado como coeficiente de fidedignidade o índice alfa de Cronbach definido como:

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left(1 - \frac{\sum V_i}{V_T} \right),$$

onde k é o número de itens do instrumento, V_i é a variância dos escores em cada item e V_T é a variância do escore total.

Por sua definição, o valor de alfa aumenta quando aumenta a correlação de cada item com o escore total e quando aumenta o número de itens do instrumento; quanto mais próximo de 1, melhor é a consistência interna. Valores de alfa próximos a zero indicam que o instrumento não é fidedigno.

Segundo Silveira (2012), o valor mínimo aceitável para o coeficiente alfa depende do uso que se fará dos resultados da medida; para discriminar entre indivíduos, valores de alfa da ordem de 0,9 são necessários, mas quando se deseja comparar médias de grupos de indivíduos, valores de alfa em torno de 0,7 são aceitáveis. Já Maroco e Garcia-Marques (2006) avaliam que, em alguns casos, podem ser aceitáveis até valores de alfa ainda mais baixos, em torno de 0,6, desde que haja prudência na interpretação dos resultados.

Ao calcular os coeficientes de fidedignidade (coeficientes alfa de Cronbach) para os escores totais nos testes de cada área, foram considerados apenas os respondentes que realizaram tanto o pré quanto o pós-teste da área em questão. No Apêndice F, é apresentado, como exemplo, o cálculo do coeficiente alfa do pós-teste da primeira área. Para a aplicação do teste, usou-se o programa Cronbach 200 (PEDROSO, 2012).

Os resultados obtidos são mostrados na Tabela 03, em que N representa o número de respondentes, e k , o número de itens do teste. A baixa fidedignidade encontrada no pré-teste já era esperada, visto que, nessa etapa, o teste não é capaz de discriminar entre os

respondentes, pois, majoritariamente, eles têm pouco conhecimento sobre o assunto. No pós-teste, os coeficientes ainda são baixos, mas podem ser considerados aceitáveis.

Tabela 3 - coeficientes alfa nos pré-testes e nos pós-testes de cada área.

	N	k	alfa pré	alfa pós
Área 1	14	10	0,27	0,63
Área 2	10	10	0,00	0,62
Área 3	12	10	0,22	0,57

Fonte: o autor.

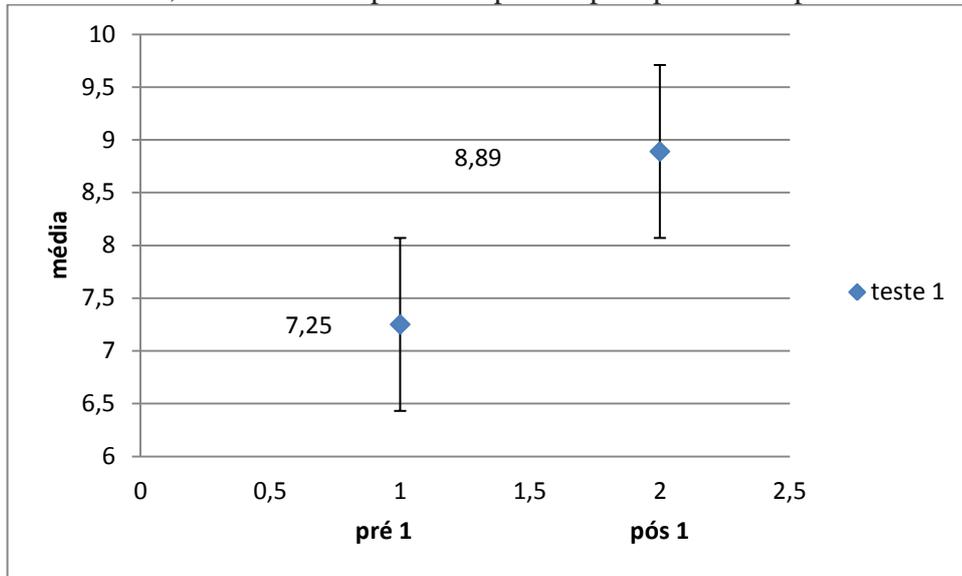
Pode-se depurar um instrumento fazendo a identificação dos itens inadequados. Essa identificação é obtida a partir do cálculo dos coeficientes de correlação de cada item com o escore total, conforme Silveira (1993). Fazendo o referido cálculo, os itens que tiverem coeficientes de correlação muito baixos ou negativos devem ser alterados ou excluídos numa futura análise de consistência interna.

O Apêndice G mostra um exemplo de cálculo de correlação item total para o primeiro pós-teste o qual mostrou que as questões 1, 7 e 8 tinham baixo coeficiente de correlação com o escore total. Excluindo essas questões o coeficiente de fidedignidade teve uma melhora de 0,63 para 0,69. Nos demais testes, embora quatro questões (1, 2 5 e 7) do pós-teste 2 e seis questões (2, 3, 4, 6, 7 e 10) do pós-teste 3 tivessem baixa correlação com o escore total a sua eliminação não melhorou o coeficiente de fidedignidade porque diminuiu em muito o número de itens.

6.1.2 Análise da significância estatística das diferenças entre pós-testes e pré-testes

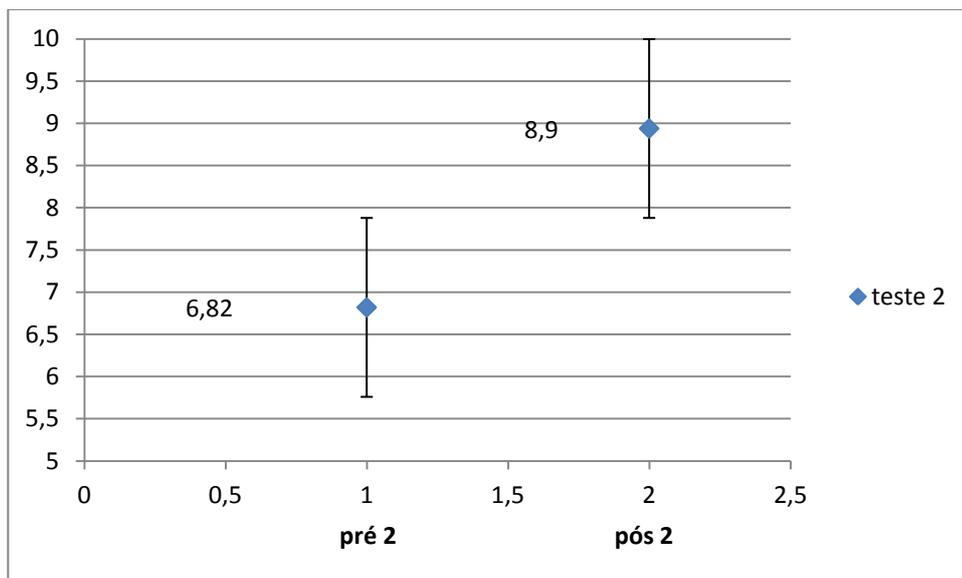
Foi calculada as médias aritméticas e os erros-padrão em cada teste, os resultados estão indicados nas figuras 20, 21 e 22.

Figura 20 - média, com intervalo pelo erro padrão para pré-teste e pós-teste da área 1.



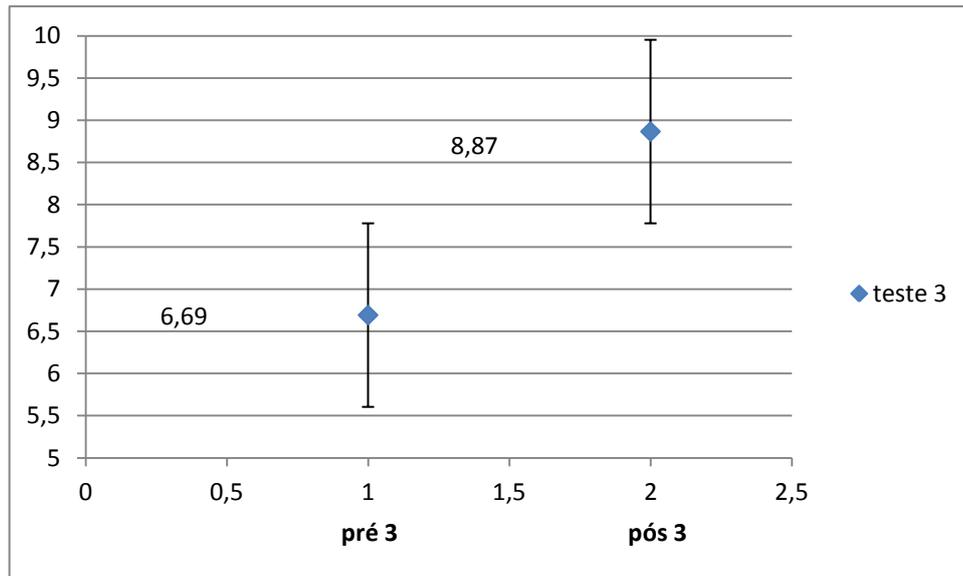
Fonte: o autor.

Figura 21 - média com o erro padrão para o pré-teste e o pós-teste da área 2.



Fonte: o autor.

Figura 22: média com o erro padrão para o pré-teste e o pós-teste da área



Fonte: o autor.

Para verificar se as diferenças entre os escores totais obtidos pelo grupo no pré-teste e no pós-teste são significativas, fizemos dois tipos de testes estatísticos: o *teste t de Student* e o *teste de Wilcoxon*⁵.

O *teste t de Student* é um teste paramétrico, isto é, ele pressupõe que a amostra apresenta uma distribuição normal. Já o *teste de Wilcoxon* (WIKIPEDIA, 2012; LOWRY, 2012) é não paramétrico, sendo usado em substituição ao *teste t* quando não se pode assumir que a amostra siga uma distribuição normal.

O *teste t de Student* foi realizado seguindo Silveira (2012) que define o parâmetro t como a razão entre o ganho médio \bar{G} entre os dois testes e o erro padrão desse ganho, $S_{\bar{G}}$:

$$t = \frac{\bar{G}}{S_{\bar{G}}}$$

O ganho médio é a média aritmética da soma das diferenças entre os escores no pré e no pós-teste, e o erro padrão é definido como:

⁵ Ao longo do trabalho, a palavra *teste* em itálico está sendo usada para se referir aos testes estatísticos, ao passo que a palavra teste não itálico se refere aos instrumentos de medida (pré e pós- testes).

$$S_{\bar{G}} = \sqrt{\frac{\frac{SG2}{n} - (\bar{G})^2}{n-1}},$$

onde SG2 é a soma dos quadrados do ganhos de cada respondente, $(\bar{G})^2$ é o quadrado do ganho médio, e, n o número de participantes.

Após efetuado o cálculo, o valor encontrado para t é analisado com o auxílio de uma tabela (Anexo 1, do Apêndice H) para determinar o nível de significância estatística do ganho médio.

O *teste de Wilcoxon* calcula as diferenças entre os valores das duas amostras e as coloca em ordem crescente de valor absoluto; atribui a cada diferença um número de ordem (posição no *ranking*), iniciando em 1 (diferenças iguais recebem uma única posição no *rank*, com valor igual à média das posições que elas cobrem); “sinaliza” cada posição com o sinal “+” ou “-“ de acordo com o valor real da diferença; finalmente, calcula o somatório desses números. Quanto maiores forem as diferenças reais entre os escores par a par, maior será o somatório do *ranking*.

O *teste de Wilcoxon* foi realizado utilizando o programa Vassarstats (LOWRY, 2012); os parâmetros determinados são W , que é o somatório do *ranking*, e a razão z , definida como:

$$z = \frac{W - 0,5}{\sqrt{Nr(Nr + 1)(2Nr + 1)/6}}$$

em que 0,5 é um parâmetro de continuidade, e Nr é o número de posições no *ranking* G . O valor de z é, então, comparado com valores tabelados para diferentes níveis de significância estatístico.

No Apêndice H, é apresentado, como exemplo, o cálculo da significância estatística do pré-teste e do pós-teste da primeira área com o *teste t* de *Student*.

A Tabela 04 apresenta os escores médios os pré e pós-testes das três áreas e os resultados da análise da significância para eles. As diferenças entre os escores médios são estatisticamente significativas em nível inferior a 5% tanto no *teste t* (paramétrico) quanto no "*teste de Wilcoxon*" (não-paramétrico) para os três conjuntos de testes, mostrando que os ganhos obtidos não são devidos ao acaso.

Tabela 4 - escores médios nos testes e resultados dos testes *t* e de *Wilcoxon*.

	N ¹	Escore médio		<i>t de Student</i>			<i>Wilcoxon</i>		
		pré	pós	t	g.l.	n.s.	W	z	n.s.
Área 1	14	7,4	8,8	3,6799	13	0,01	87	2,43	0,02
Área 2	12	6,8	9,0	3,6754	11	0,005	78	3,04	0,01
Área 3	10	6,8	8,9	3,2972	9	0,01	50	2,52	0,02

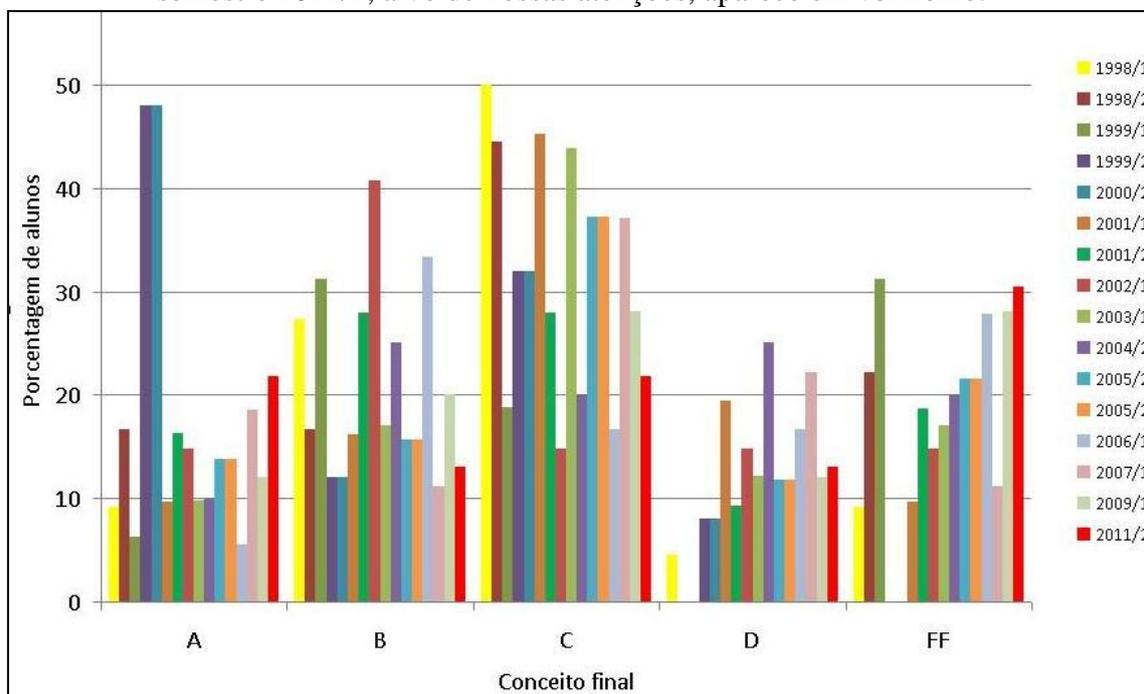
Fonte: o autor.

N¹ é o número total de respondentes; não necessariamente é igual ao número de posições no ranking (Nr).

6.2 COMPARAÇÃO COM A DISCIPLINA PRESENCIAL

O histograma da Figura 23 apresenta, para semestres entre 1998/1 e 2011/2, a porcentagem de alunos em função do conceito obtido na disciplina de FIS02010 ministrada pela mesma professora. A amostra compreende vinte e cinco turmas de alunos, organizadas por semestre letivo, sendo que em alguns semestres estão reunidos alunos de duas turmas, em outros semestres os dados se referem a alunos de uma única turma; apenas em um semestre (2005/2) estão agrupados alunos de três turmas diferentes, sendo duas diurnas e uma noturna. O número de alunos por turma varia entre oito e vinte e seis.

Figura 23 - histograma da porcentagem de alunos em função do conceito obtido na disciplina de FIS02010 ao longo de 14 anos. Cada cor de barra se refere a um semestre diferente, conforme a legenda, em que é especificado o ano/semestre letivo. O semestre 2011/2, alvo de nossas atenções, aparece em vermelho.

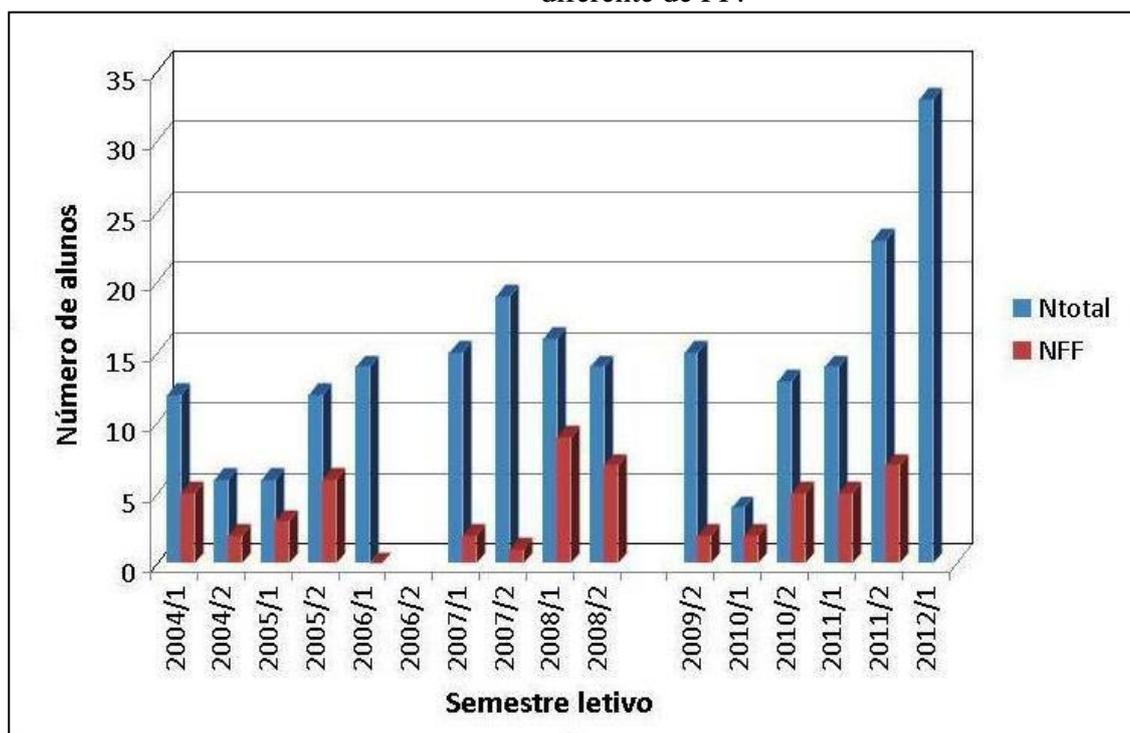


Fonte: o autor.

Comparando-se as barras referentes ao semestre (2011/2), em que a disciplina foi oferecida na modalidade EAD, com as barras referentes aos 15 semestres anteriores (entre 1998/2 e 2009/1), em que a disciplina foi ministrada presencialmente, não se verifica variação notável na distribuição de conceitos. O único aspecto aparentemente negativo do semestre 2011/2 em relação aos anteriores é a maior porcentagem de conceitos FF, o que parece indicar que a disciplina EAD teve maior abandono do que é usual na modalidade presencial.

No entanto, o índice de abandono nas turmas noturnas é sempre maior do que nas diurnas. Como a comparação inclui turmas dos variados turnos, o índice de abandono aparece com um valor superior na disciplina em EAD do que nos semestres anteriores. Para comprovar isso, foi feito o levantamento dos relatórios de conceitos referentes às turmas noturnas de semestres anteriores, sempre na modalidade presencial, que estiveram sob a responsabilidade de diferentes professores, indicado na Figura 24. O gráfico deixa evidente o crescimento de alunos matriculados nos dois últimos semestres.

Figura 24 - histograma dos conceitos FF obtidos nas turmas noturnas de FIS02010 em 16 semestres. Os números no eixo das ordenadas representam números absolutos ou percentuais; os números que seguem o ano, no eixo das abscissas, se referem ao semestre letivo. A primeira barra de cada semestre (barra azul) se refere ao número total de alunos matriculados; a segunda barra (vermelha) se refere ao número total dos que obtiveram conceito diferente de FF.



Fonte: o autor

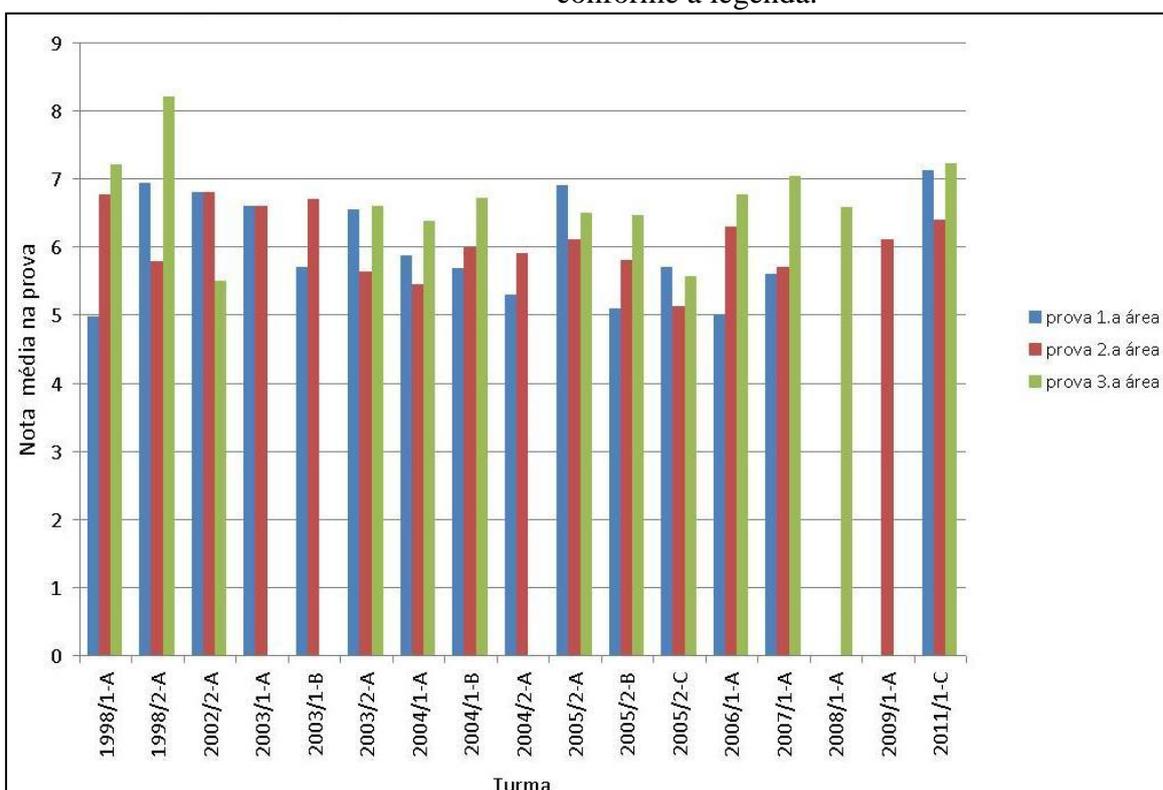
Na Figura 24, vê-se que, embora o índice de reprovação por desistência tenha sido alto na turma EAD (2011/2), comparado com a média de 14 semestres anteriores ficou igual (33,4%, comparado com 30,4 % em 2011/2). Portanto, embora não se tenha notado melhora na evasão, também não se notou piora.

Um aspecto muito positivo que a Figura 24 aponta é o aumento da procura pela turma noturna: o número de alunos matriculados nessa turma em 2011/2 foi maior do que em qualquer ano anterior e, em 2012/1 (colocado junto no gráfico, para comparação), foi ainda maior.

Os conceitos finais, mostrados na Figura 23, referem-se às notas incluindo as provas e outras atividades, que variam tanto em quantidade quanto em nível de dificuldade e peso atribuído a essas atividades nos diferentes semestres. Para fazer uma análise mais rigorosa da aprendizagem no semestre de 2011/2 em comparação com os semestres anteriores, o desempenho dos alunos ao longo dos semestres foi considerado levando-se em conta apenas as notas obtidas nas três provas. Como as provas de cada área da disciplina mantêm um nível de dificuldade razoavelmente estável ao longo dos anos, considerou-se que a comparação

assim feita é realista. A amostra desses dados (mostrada na Figura 25) não é tão grande quanto a representada no gráfico da Figura 23, porque, para algumas das turmas representadas naquele gráfico, estavam disponíveis os conceitos finais e/ou as notas finais, e não as notas referentes às diferentes atividades de avaliação no semestre. O gráfico indica que houve uma leve melhora do desempenho no semestre 2011/2 em relação aos semestres anteriores. Isso mostra que aqueles alunos que conseguiram acompanhar as aulas no ambiente virtual atingiram um bom desempenho usando o material oferecido.

Figura 25 - notas obtidas nas três provas (sempre presenciais) realizadas por semestre na disciplina de FIS02010. No eixo das ordenadas, os números que seguem o ano representam o semestre letivo e a letra a seguir é a designação da turma; as notas estão no eixo das abscissas, com as cores das colunas indicando as referidas áreas conforme a legenda.



Fonte: o autor.

No próximo capítulo é apresentado o resultado e considerações de uma pesquisa de satisfação aplicada à alguns dos alunos que participaram das aulas no segundo semestre de 2011, na modalidade EAD.

7 PESQUISA DE SATISFAÇÃO DOS ALUNOS

Nesse capítulo, apresentam-se os resultados de uma pesquisa de satisfação aplicada para os alunos que se matricularam na disciplina no segundo semestre de 2011.

Para avaliar a satisfação do grupo de alunos em relação às atividades propostas ao longo das aulas, inicialmente foram convidados quatro alunos para ser entrevistados de forma individual. A escolha dos alunos foi estabelecida pelos seus conceitos no final do semestre: um aluno com conceito A, outro com B e assim sucessivamente. Dois dos alunos foram entrevistados um com conceito A e outro com conceito C, não havendo retorno dos demais. Essa entrevista (que está resumida no Apêndice J) serviu de base para a formulação do questionário que foi encaminhado, no final do referido semestre, para todo o grupo de alunos, o qual se encontra no Apêndice K.

Oito estudantes (um dos quais reprovado e os demais aprovados) responderam ao questionário de avaliação das aulas na modalidade a distância, enviado ao término do semestre. As respostas foram muito favoráveis; alguns alunos declararam ter aprendido muito mais com as aulas nessa modalidade do que costumam aprender nas aulas expositivas tradicionais, o que foi muito gratificante. Foram feitas observações: para aprimoramento do material produzido, observar a extensão de algumas aulas, bem como a imprecisão de alguns conceitos; solicitações de algumas aulas presenciais para fixar os conteúdos. Um aluno sugeriu que fosse feito um seminário presencial de um tema trabalhado nas aulas.

7.1 RESULTADOS DA PESQUISA DE SATISFAÇÃO DOS ALUNOS

O questionário foi dividido em três quesitos (vide Apêndice K):

1- material didático, buscando averiguar se, segundo a ótica dos alunos, as propostas ausubelianas estariam sendo atingidas;

2- a participação do aluno nas atividades, para averiguar se os princípios vygotskyanos estariam sendo atingidos e, por fim,

3- as atividades de avaliação.

Cada aluno foi convidado a estabelecer um conceito dos 5: i) ótimo; ii) muito bom; iii) bom; iv) satisfatório; v) insatisfatório, para cada item.

No final foi feita a seguinte pergunta:

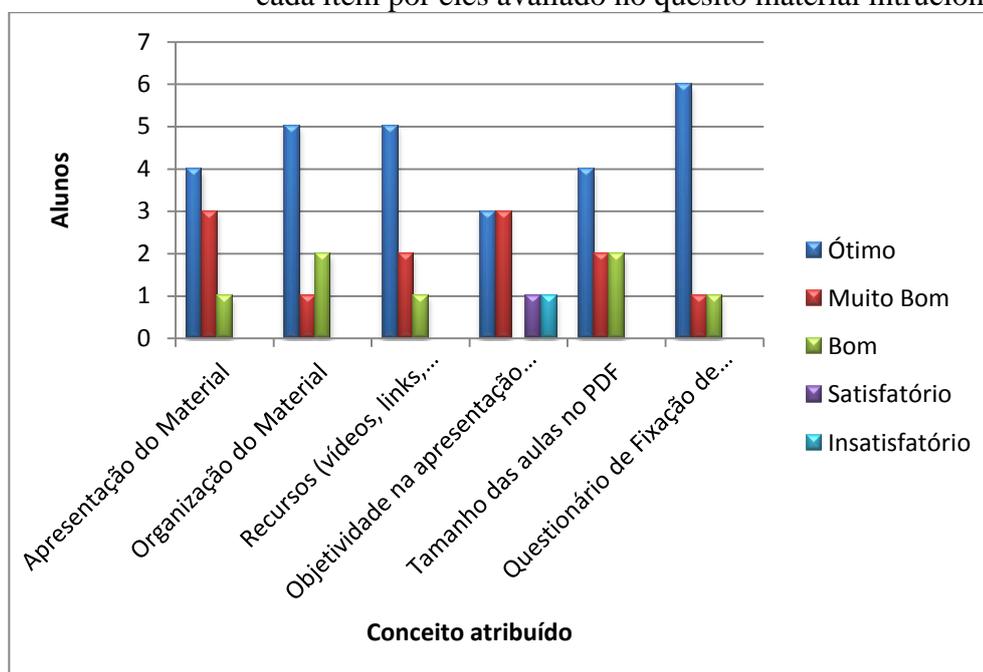
- você recomendaria essa modalidade de estudo (a distância) nessa disciplina para seus colegas?

Também ficou disponível para os pesquisados a indicação de sugestões.

Quanto ao material didático, o questionário, neste quesito tinha cinco itens: i) apresentação do material instrucional; ii) organização do material, recursos utilizados nas atividades como links para vídeos, simuladores, vídeos, etc; iii) objetividade na apresentação dos novos conceitos a serem trabalhados nas aulas; iv) tamanho das aulas nos pdf e, v) questionários de fixação de conteúdos.

Os resultados obtidos estão indicados na Figura 26.

Figura 26 - histograma comparando o número de alunos com o conceito atribuído a cada item por eles avaliado no quesito material intrucional.



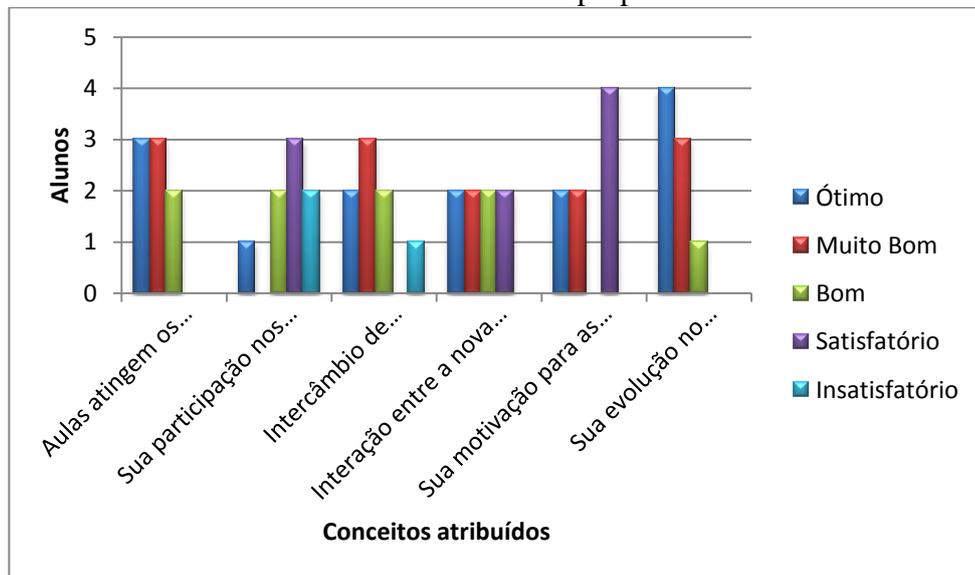
Fonte: o autor.

Quanto ao envolvimento nas aulas por parte de cada aluno, os itens apresentados foram

- i) de que forma as aulas atingiram os objetivos propostos pelo professor
- ii) em que nível estava a sua participação nos fóruns de discussão?
- iii) como você percebeu a sua participação no intercâmbio de seus conhecimentos com seus colegas proposto nos fóruns de discussão?
- iv) a interação entre a nova informação e o seu conhecimento prévio ocorreu de forma
- v) sua motivação para as aulas estava num nível ...
- vi) sua evolução no conhecimento básico dos conteúdos apresentados foi num nível ...

Os resultados obtidos estão indicados na Figura 27.

Figura 27 - histograma comparativo do número de alunos e o conceito por eles atribuídos a cada item no quesito envolvimento do aluno com as atividades propostas nas aulas.



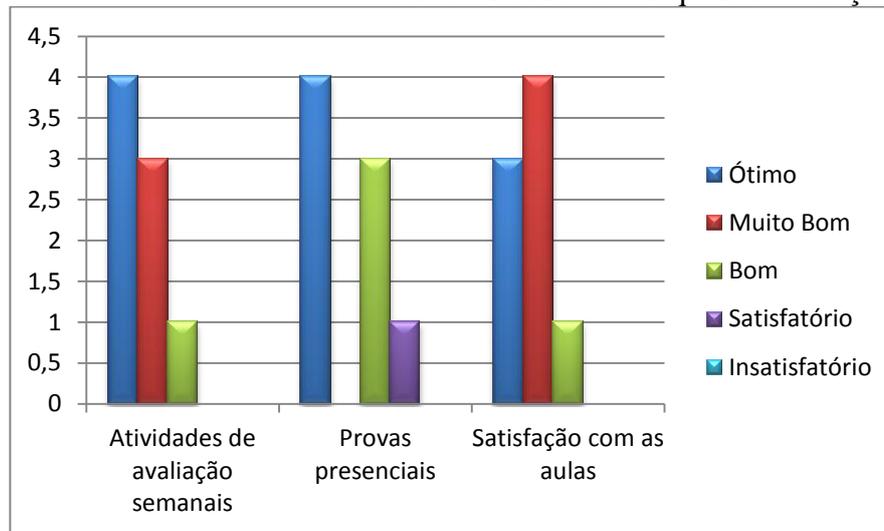
Fonte: o autor.

Quanto às formas de avaliação do aluno,

- i) na sua percepção, as atividades de avaliação estavam em que nível, se comparadas com o conteúdo trabalhado nas aulas?
- ii) na sua percepção, as provas presenciais estavam em de que nível, se comparadas com o conteúdo trabalhado nas aulas?
- iii) em que nível as aulas estiveram atendendo às suas expectativas?

Respostas na Figura 28.

Figura 28 - histograma comparativo entre o número de alunos e os conceitos por eles atribuídos nos itens do quesito avaliações.



Fonte: o autor.

Todos os oito alunos que responderam ao questionário disseram que recomendariam essa modalidade de curso, a distância, para seus colegas. Um dos entrevistados disse que, antes, ressaltaria a necessidade da participação e do envolvimento do aluno nas atividades.

No próximo capítulo são apresentadas considerações finais em relação à aplicação do trabalho.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesse capítulo, apresentam-se considerações finais sobre a aplicação do material produzido para a disciplina de Fundamentos de Astronomia e Astrofísica no segundo semestre de 2011, bem como a viabilidade da implementação dessa modalidade de ensino de forma efetiva na instituição.

Embora poucos estudantes tenham respondido ao questionário de avaliação enviado (oito do total de vinte e três, uma vez que dois alunos cancelaram a matrícula na disciplina) ao término do semestre, os que responderam foram muito favoráveis; alguns alunos declararam ter aprendido muito mais com as aulas nessa modalidade do que costumam aprender nas aulas expositivas tradicionais, o que foi muito gratificante.

Nem todos os alunos que fizeram a disciplina conheciam o processo de ensino na modalidade EAD. Isso ficou claro quando alguns deles solicitaram, nas sugestões do questionário e mesmo em aulas de dúvidas, aulas presenciais como complementação das atividades a distância.

Um fator que dificultou o acompanhamento de alguns alunos, citado ao longo das entrevistas e por alguns dos alunos que responderam ao questionário, é a necessidade que eles encontraram no estudo ao final do semestre. Os alunos relatam que tinham de optar pelo aprofundamento nos estudos das disciplinas que seriam pré-requisitos, como Geometria Analítica, em detrimento de Fundamentos de AeA, visto que esta não é pré-requisito de nenhuma outra disciplina.

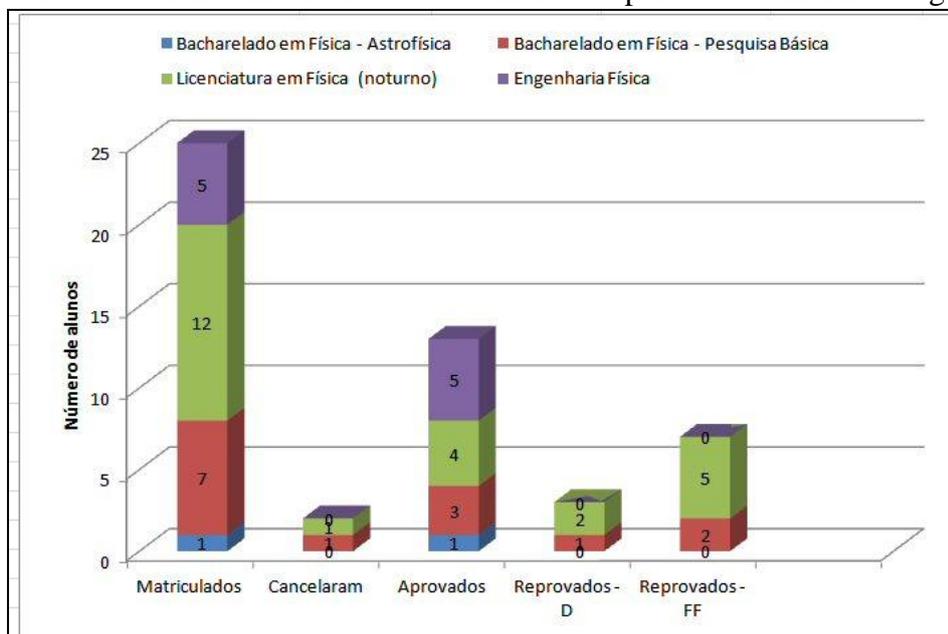
De modo geral, os resultados alcançados foram bastante satisfatórios. As notas obtidas pelos estudantes nas provas presenciais apresentaram uma leve melhora em relação à média dessas notas em nove semestres anteriores, indicando que a modalidade EAD não piorou a qualidade da disciplina e que o material desenvolvido é adequado.

Certamente, não é todo tipo de aluno que se adapta a essa forma de ensino/aprendizagem, mas o aumento da procura por matrícula na turma noturna é uma evidência de que a modalidade EAD tem boa aceitação pela maioria dos estudantes.

Nota-se que a disciplina EAD tem, como ponto positivo, o fato de ter atraído alunos de outros cursos, que poderiam fazer a disciplina na modalidade presencial; por outro lado, não foi mais eficiente do que a modalidade presencial no sentido de melhorar as condições de aprendizagem para os alunos da licenciatura noturna, pois, como a Figura 28 mostra, os alunos de Licenciatura Noturno são aqueles que representam o maior índice de evasão e de

reprovação em relação ao total dos alunos matriculados, reproduzindo o que ocorreu no ensino presencial.

Figura 29 - número de alunos matriculados de cada curso, com seus respectivos resultados, os cursos dos alunos matriculados estão indicados por cores conforme a legenda.

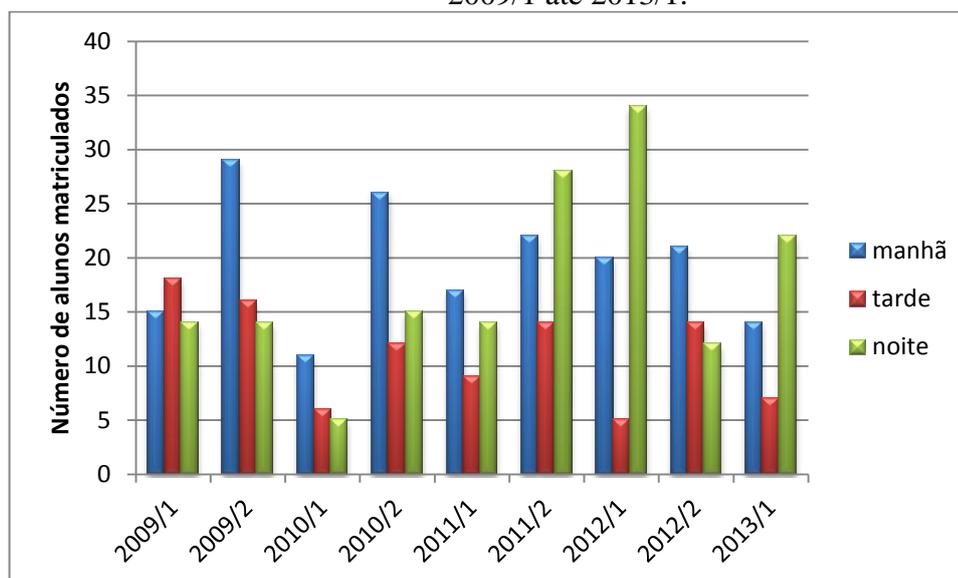


Fonte: o autor.

Atualmente (junho/2013) a disciplina Fundamentos de Astronomia e Astrofísica na modalidade EAD está acontecendo pelo quarto semestre consecutivo, e já é possível fazer uma análise mais realista de sua contribuição para a melhoria das condições de aprendizagem dos estudantes. Para isso foi feito um levantamento dos alunos matriculados nas diferentes turmas da disciplina FAeA ao longo dos últimos 9 semestres. A Figura 30 apresenta um histograma do número de matriculados em cada turma em cada semestre letivo, mostrando que o aumento na procura pela turma noturna em 2011/2, quando essa turma passou a ser oferecida na modalidade EAD se manteve nos semestre seguintes⁶. Tal fato é um indicativo da aceitação, por parte dos alunos, pelo ensino dessa disciplina na modalidade EAD.

⁶ A queda observada no semestre 2012/2 provavelmente foi devida a problemas na matrícula devido a uma greve dos funcionários da Universidade.

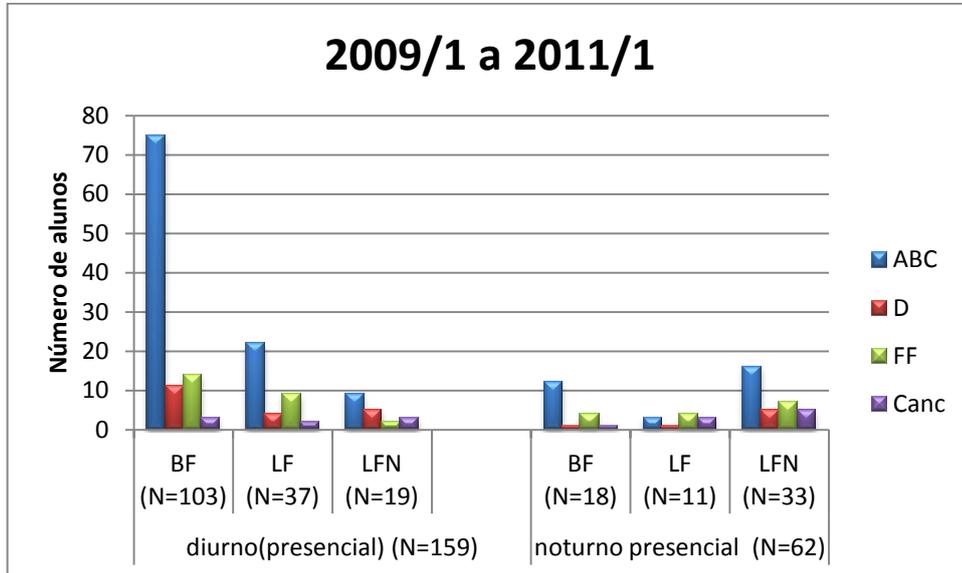
Figura 30 - número de alunos matriculados em cada turma na disciplina de FAeA desde 2009/1 até 2013/1.



Fonte: o autor.

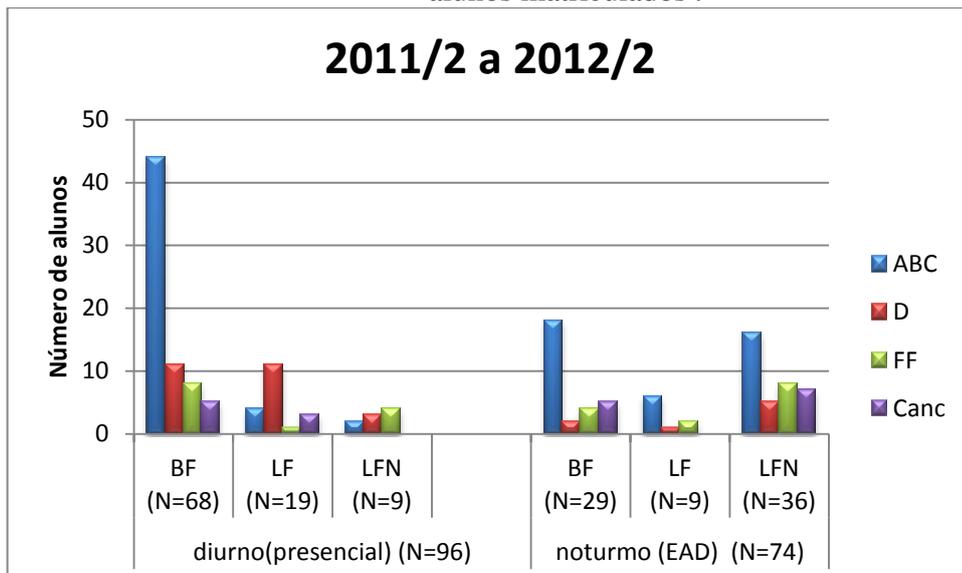
As figuras 31 e 32 apresentam a distribuição de alunos matriculados em FAeA nos últimos 9 semestres, agrupando os alunos em três níveis: 1.º) de acordo com sua situação: se aprovados com conceito A, B ou C (ABC), se reprovados por falta de aproveitamento (D), se reprovados por falta de frequência (FF) ou se cancelados (Canc); 2.º) de acordo com o curso a que pertencem: Bacharelado em Física (BF), Licenciatura em Física diurna (LF) ou Licenciatura em Física noturna (LFN); 3.º) se estão matriculados no turno diurno – manhã ou tarde-, ou noturno. Na figura 30 estão reunidos os dados referentes aos semestres 2009/1 a 2011/1, quando a disciplina era presencial tanto para o diurno quanto para o noturno, e na figura 31 estão os dados referentes aos semestres 2011/2 em diante, quando a turma noturna passou a ser oferecida a distância.

Figura 31 - distribuição do número de alunos matriculados em FAeA de 2009/1 a 2011/1 segundo sua situação: aprovados (ABC), reprovados por falta de aproveitamento (D), reprovados por falta de frequência (FF) e cancelados (Canc). Os alunos estão agrupados por curso (BF, bacharelado em Física; LF, licenciatura em Física diurno; LFN, licenciatura em Física noturno) e por turno. N indica o número de alunos matriculados



Fonte: o autor

Figura 32 - distribuição do número de alunos matriculados em FAeA de 2011/2 a 2012/2 segundo sua situação: aprovados (ABC), reprovados por falta de aproveitamento (D), reprovados por falta de frequência (FF) e cancelados (Canc). Os alunos estão agrupados por curso (BF, bacharelado em Física; LF, licenciatura em Física diurno; LFN, licenciatura em Física noturno) e por turno. N indica o número de alunos matriculados .

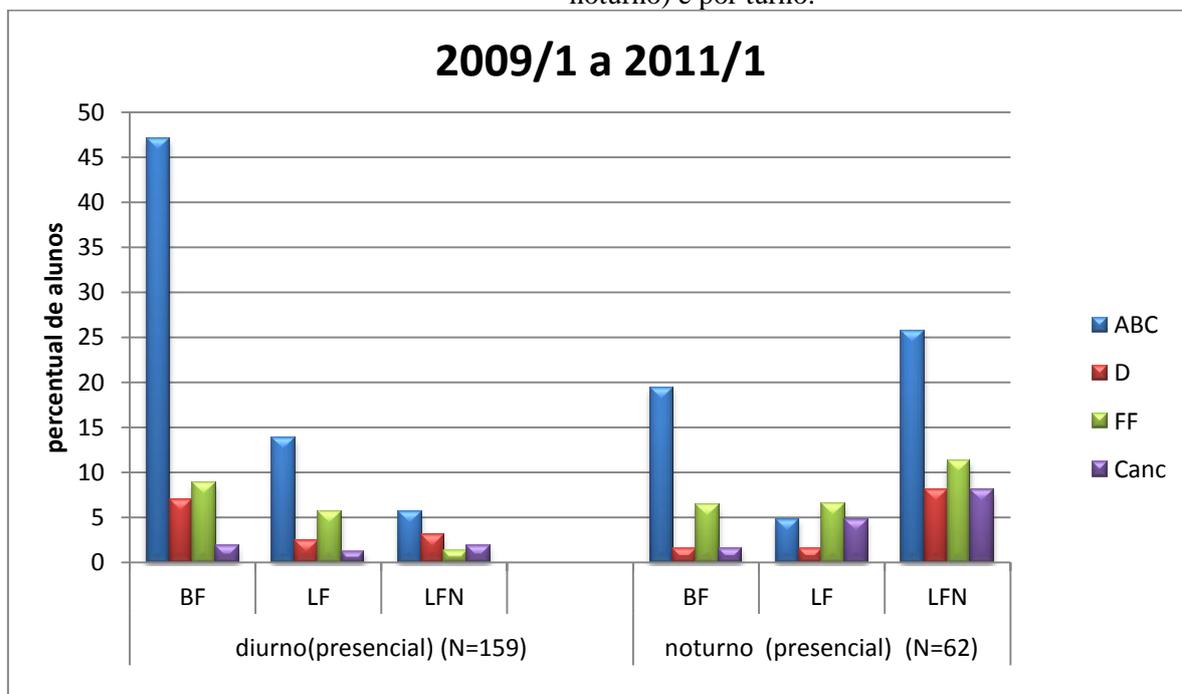


Fonte: o autor.

Comparando as figuras 31 e 32, nota-se a migração de um número considerável de alunos para o noturno a partir de 2011/2: enquanto de 2009/1 a 2011/1 a turma noturna reunia menos de 30% dos alunos matriculados em FAeA, de 2011/2 a 2012/2 mais de 40% dos alunos se matricularam na turma noturna. Afora isso, não é perceptível nenhuma mudança drástica nos resultados obtidos pelos alunos do noturno nos períodos em que a disciplina foi trabalhada na versão presencial em comparação com sua versão a distância

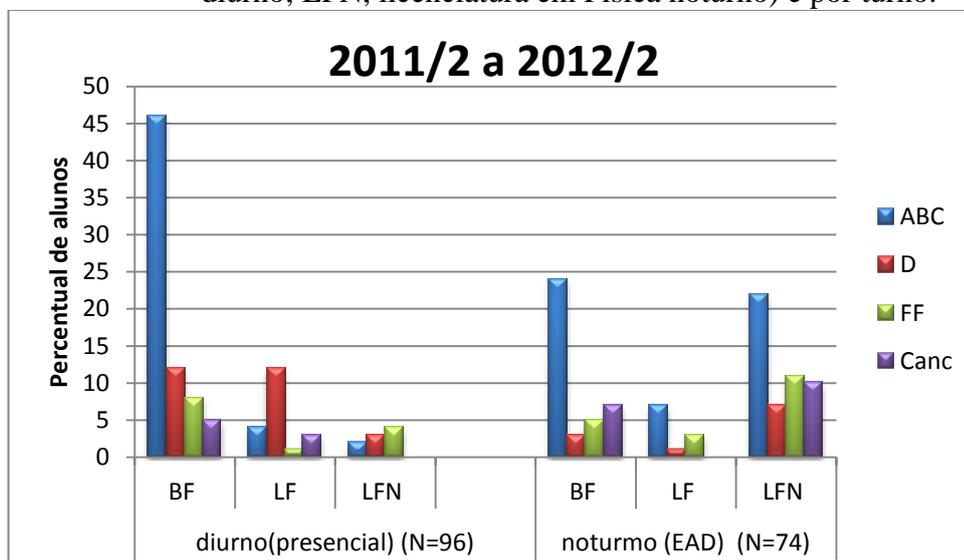
Para fazer uma observação mais precisa, as distribuições das figuras 31 e 32 são rerepresentadas na forma percentual nas figuras 33 e 34.

Figura 33 – distribuição percentual de alunos matriculados em FaeA de 2009/1 a 2011/1 segundo sua situação: aprovados (ABC), reprovados por falta de aproveitamento (D), reprovados por falta de frequência (FF) e cancelados (Canc). Os alunos estão agrupados por curso (BF, bacharelado em Física; LF, licenciatura em Física diurno; LFN, licenciatura em Física noturno) e por turno.



Fonte: o autor.

Figura 34 - distribuição percentual de alunos matriculados em FAeA de 2011/2 a 2012/2 segundo sua situação: aprovados (ABC), reprovados por falta de aproveitamento (D), reprovados por falta de frequência (FF) e cancelados (Canc). Os alunos estão agrupados por curso (BF, bacharelado em Física; LF, licenciatura em Física diurno; LFN, licenciatura em Física noturno) e por turno.



Fonte: o autor.

Fazendo a comparação com os resultados obtidos pelos alunos matriculados nos dois períodos, de 2009/1 até 2001/1 e 2011/2 até 2012/2, não se observa uma mudança significativa nos resultados obtidos pelos alunos. Este pode ser um indicativo de que as aulas realizadas na modalidade EAD mantiveram a qualidade das aulas presenciais, o que era um dos objetivos a ser alcançado nesse trabalho. Também não é perceptível uma alteração nos índices de reprovação, bem como de cancelamentos, o que indica que se não houve melhora nos resultados com esses alunos tampouco houve piora. Considerando que um dos “estigmas” dos cursos EAD é o alto índice de evasão, o fato de a evasão não ter aumentado pode ser considerado bom.

A se observar os resultados obtidos até essa data, pode-se afirmar que as aulas da disciplina de Fundamentos de Astronomia e de Astrofísica, na modalidade a distância, são plenamente realizáveis e que o produto desse trabalho pode servir de orientação para que professores possam organizar suas atividades ao ministrarem suas aulas, inclusive possibilitando a realização de curso semi-presencial.

Em novas edições seria interessante a produção de pequenos vídeos com apresentação do conteúdo por parte do professor, que poderiam substituir parte dos textos de forma a diversificar a sistemática do material.

REFERÊNCIAS

AUSUBEL, D. P., NOVAK, J.D. e HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

BRASIL. Ministério da Educação. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). **Censo da educação superior 2010**. Brasília, 2011. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=9332&Itemid>. Acesso em: 29 mai. 2012.

_____. Ministério da Educação. Secretaria de Educação a Distância. **Referenciais de qualidade para educação superior a distância**. 2007 Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seed/arquivos/pdf/referenciaisead.pdf>>. Acesso em 20 mai. 2012.

BRUNER, J. Prefácio. In: VIGOTSKI, L. S. **Pensamento e linguagem**. 4. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1987.

CAETANO, Thiago C; DIAS, Wilton S. **Introdução à Astronomia e Astrofísica: relatos de um curso a distância. XVIII**. Simpósio Nacional de Ensino de Física - SNEF 2009. Vitória, 2009. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xviii/sys/resumos/T0632-2.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2010.

CAPES. Universidade Aberta do Brasil (UAB). **Histórico**. 2012. Disponível em: <http://www.uab.capes.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=9&Itemid=21>. Acesso em: 17 jun.2012.

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENSINO DE FÍSICA (CREF), 2012. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/cref/?area=led_intro>. Acesso em: 10 mar. 2012.

CONTEMPORARY LABORATORY EXPERIENCES IN ASTRONOMY (CLEA), 2013. Disponível em: <<http://www3.gettysburg.edu/~marschal/clea/CLEAhome.html>>. Acesso em: 17 mai.2013.

CORRÊA, Juliane (org.). **Educação a Distância – Orientações Metodológicas**. Editora Artmed, 2007.

CUNHA, Silvio L. S. **Reflexões sobre EAD no Ensino de Física**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 28, n. 2, p. 151-153, 2006. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/silvio.pdf>>. Acesso em 26 jan. 2011.

CRUZ, S. M. S. C. S. **Comunicação Privada**. 16 jan. 2012.

FIGUEREDO, Elysandra. **Uso da tecnologia no ensino de Astronomia: presencial e a distância**. Disponível em: <<http://www.slideshare.net/lysfigueredo/eadaastroinct>>. Acesso em: 14 nov. 2010.

GONÇALVES, D.F. **Comunicação Privada**. 17 set. 2012.

INOVAÇÃO TECNOLÓGICA. **Observatório Nacional lança curso a distância sobre Sistema Solar.** 2009. Disponível em: <<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=observatorio-nacional-lanca-curso-distancia-sobre-sistema-solar&id=010175090602>>. Acesso em: 20 jan. 2011.

LOWRY, R. 2012. **Teste Wilcoxon Signed-Rank.** Disponível em: <<http://www.vassarstats.net/wilcoxon.html>>. Acesso em 5 jan. 2013.

MAROCO, J. P; GARCIA-MARQUES, T... "**Qual a fiabilidade do alfa de Cronbach? Questões antigas e soluções modernas?**". *Laboratório de Psicologia* 4, 1: 65 - 90. 2006. Disponível em: <[http://repositorio.ispa.pt/bitstream/10400.12/133/1/LP%204\(1\)%20-%2065-90.pdf](http://repositorio.ispa.pt/bitstream/10400.12/133/1/LP%204(1)%20-%2065-90.pdf)>. Acesso em: 5 jan. 2013.

MOODLE. **Ambiente virtual de aprendizagem.** Disponível em: <<http://www.moodle.org.br/>>. Acesso em: 20 jan. 2011.

MORAN, José M. Para onde caminha a educação. In: **A educação que desejamos: Novos desafios e como chegar lá.** 4. ed, Papirus, 2009, p. 145-146. Disponível em: <<http://www.eca.usp.br/prof/moran/tendencias1.htm>>. Acesso em: 20 out. 2010.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa crítica.** São Leopoldo: Impressos Portão Ltda, 2004.

_____. **Uma abordagem cognitivista ao ensino da física: a teoria de David Ausubel como sistema de referência para a organização do ensino de ciências.** Porto Alegre: Ed. da Universidade, UFRGS, 1983.

MOREIRA, M. A.; ROSA, P. R. S. 2008 **Uma Introdução à Pesquisa Quantitativa em Ensino.** Disponível em: <<http://www.dfi.ccet.ufms.br/prrosa/PesquisaQuantitativa.pdf>>. Acesso em 5 jan. 2013.

MULLER, A. M; SARAIVA, M^a F O.; OLIVEIRA F^o, K. S. **Fundamentos de Astronomia e Astrofísica para o Ensino Superior na Modalidade a Distância.** Disponível em: <http://lief.if.ufrgs.br/pub/cref/n29_Muller/>. Acesso em: 07 jul. 2013.

OLIVEIRA F^o, K. S.; SARAIVA, M^a F. **Astronomia e Astrofísica.** 2004. Disponível em: <<http://astro.if.ufrgs.br>>. Acesso em: 26 jan. 2011.

_____. **Astronomia & Astrofísica.** 2. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2004.

PEDROSO, B. **Cálculo do Coeficiente Alfa de Cronbach Através do Microsoft Excell.** 2012. Disponível em: <<http://www.brunopedroso.com.br/cronbach.html>>. Acesso em: 5 jan 2013.

PETERS, Otto. **Didática do ensino a distância.** Unisinos, 2010.

POSSARI, LHV; NEDER MLC. **Material Didático para EAD: Processo de Produção.** Cuiabá: Ed UFMT, Cuiabá 2009. Disponível em: <http://www.uab.ufmt.br/uab/images/livros_download/material_didatico_para_ead_processo_de_producao.pdf>. Acesso em: 5 abr. 2012.

SARAIVA, SANTIAGO, KEPLER e SALVIANO. **Astrofísica-Curso de Licenciatura em Física na Modalidade à distância**, 2010.

SILVEIRA, F. L. **Validação de Instrumentos de Medida Aplicados à Pesquisa em Ensino de Física**. 1993. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/~lang/Textos/Validacao_de_testes.pdf>. Acesso em 5 jan. 2013.

_____. **Determinando a Significância Estatística para as Diferenças Entre Médias**. 2012. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/~lang/Textos/Comparacoes_em_media.pdf>. Acesso em: 5 jan. 2013.

TELEDUC. Educação a Distância. Disponível em: <<http://www.teleduc.org.br/>> Acesso em: 22 mar.2012.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. **Cursos de Física e Matemática. Licenciatura a Distância**. 2005. Disponível em: <<http://www.prolicen.ufsc.br/portal/index.php?section=32>>. Acesso em: 5 dez. 2012.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL. Educação A Distância. **Moodle Institucional**. Disponível em: <<https://moodleinstitucional.ufrgs.br/>>. Acesso em: 12 dez. 2012.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL. **Secretaria de Educação a Distância (SEAD)**, 2012. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/sead>>. Acesso em: 12 jan.2012a.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**. 2. ed. brasileira. São Paulo: Martins Fontes, 1988.

WIKIPEDIA. **Wilcoxon Signed Rank**. 2013 Disponível em: <http://en.wikipedia.org/wiki/Wilcoxon_signed-rank_test>. Acesso em: 5 jan. 2013.

APÊNDICE A – PLANO DE ESTUDO

Fundamentos de Astronomia e Astrofísica: plano de ensino.

Alexei Machado Müller, Maria de Fátima Oliveira Saraiva



Importante

Fique atento aos prazos de entrega das atividades de avaliação de cada aula.

Participe ativamente dos fóruns de discussão.

Quando tiver dúvidas, encaminhe-as ao tutor.

Objetivos gerais

São objetivos do módulo de estudo de Fundamentos de Astronomia e Astrofísica:

- introduzir aos alunos de graduação em Física o conhecimento, os métodos de observação e os temas atuais na área de Astronomia, e
- estimular a aplicação de conhecimentos de Física à interpretação das observações astronômicas.

Metodologia de trabalho

A disciplina será oferecida na modalidade EAD, usando o ambiente Moodle da UFRGS.

A cada aula serão apresentados os conteúdos a serem trabalhados, bem como os objetivos específicos a serem atingidos pelos alunos. As aulas serão apresentadas com um texto introdutório, textos para leitura, apresentando indicações de *links* para textos relativos aos assuntos trabalhados, e no final um breve resumo dos conteúdos trabalhados.

Serão utilizados aplicativos (applets) de uso livre na rede, softwares de observatórios virtuais e questionários. Os alunos que não tiverem computador e/ou internet em casa poderão acessar o Moodle em sala de aula, nos horários reservados para a disciplina, com a presença da professora e/ou do tutor.

Programas computacionais de simulação serão utilizados para melhorar a compreensão de alguns conceitos, como Esfera Celeste, Leis de Kepler, Fotometria, Espectroscopia e Lei de Hubble. Esses exercícios serão presenciais, realizados no CREF, em horário normal ou extraclasse.

Instrumentos de avaliação

A avaliação será baseada em três provas de conhecimentos (uma para cada área, feitas presencialmente), no desempenho nas tarefas propostas e na participação em aula, demonstrada pelo acesso ao ambiente de aprendizagem e pela participação nos fóruns de debate.



Lembre que:

- ao final de cada área de estudo você fará uma avaliação presencial com peso de 50 % de sua nota.
- as tarefas de avaliação de cada aula que você deverá responder no ambiente virtual correspondem a 40 % de sua nota.
- a sua participação nas fóruns de debates e demais atividades de integração correspondem a 10 % de sua nota.

Atenção

O aluno que ao final das avaliações obtiver conceito D poderá fazer prova de recuperação, desde que tenha média não inferior a 3,0 ou que não tenha faltado a mais de uma das provas presenciais de cada área.

Critérios de atribuição de conceitos

A cada prova de avaliação e a cada trabalho será atribuído um valor numérico (nota) de 0 a 10, de acordo com a capacidade demonstrada pelo aluno (a) de compreender, discutir, criticar e resolver as questões propostas. A nota de cada área será a média ponderada das notas da prova presencial (50%), das tarefas propostas (40%) e da participação (10%). A nota final (N) será a média simples das notas das três áreas.

Conceitos literais (A, B, C, D, FF) serão dados no final do curso e seguirão as normas estabelecidas pelo Departamento de Controle e Registro Discente da Universidade (DECORDI), explicitadas no verso dos boletins escolares.

A conversão de valores numéricos (N) em conceitos (A, B, C ou D) será feita utilizando a média aritmética das notas das três áreas, da seguinte forma:

$$N < 6,0 \rightarrow D$$

$$6,0 \leq N \leq 7,4 \rightarrow C$$

$$7,5 \leq N \leq 8,9 \rightarrow B$$

$$9,0 \leq N \leq 10 \rightarrow A$$

RECUPERAÇÃO

Os alunos que ficarem com conceito D poderão fazer uma prova de recuperação, para tentar atingir o conceito C.

A recuperação envolverá conteúdos a serem estipulados pelo professor ou pela professora.

Para alunos que tiverem média nas três áreas inferior a 3,0, ou que tiverem faltado a mais de uma prova, não será permitida a recuperação.

Será permitida a recuperação para melhora de conceito (C \rightarrow B; B \rightarrow A) sempre envolvendo os conteúdos da prova em que o aluno teve nota mais baixa.

Cronograma

O conteúdo programático será desenvolvido em três áreas contendo:

- 11 aulas na Primeira Área
- 11 aulas na Segunda Área
- 9 aulas na Terceira Área.

Haverá três provas de avaliação presenciais, sobre o conteúdo de cada área, imediatamente após o término da área.

Prova de recuperação: será realizada uma semana após a terceira prova presencial.



Bibliografia básica

- Fundamentos de Astronomia e Astrofísica para EAD, Muller, A. M.; Saraiva, M. F. S.; Oliveira Filho, K. S., a ser disponibilizado a cada aula.

- Astronomia e Astrofísica, Oliveira Filho, K. S., e Saraiva, M. F. O., disponível em:

<http://astro.if.ufrgs.br/index.html>.

- Astronomia e Astrofísica, Oliveira Filho, K. S., e Saraiva, M. F. O., 2.a ed., São Paulo, Editora Livraria da Física, 2004. (ISBN: 85-88325-23-3)

Bibliografia complementar

- Descobrimo o Universo. Comins, N. F., Kaufmann III, W. J., Editora Bookman, (ISBN: 978-85-7780-740-6)

- Astronomia e Astrofísica: curso de extensão universitária. Maciel, W. (ed.) Departamento de Astronomia - IAG/USP. São Paulo: USP, 1991.

- Fundamental Astronomy. Karttunen, H. et al., Berlin: Springer, 1996.

- Conceitos de Astronomia. Boczko, Roberto. São Paulo: Edgar Bucher, c1984. (F95, B665c)

- Exploration of the Universe. Abell, George O. Philadelphia: Saunders College Publishing, 1987.

- Realm of the Universe. Abell, George O. Philadelphia: Saunders College, 1984.

- The Physical Universe: an introduction to Astronomy. Shu, Frank, Mill Valley: University Science Books, c1982.

- Descobrimo o Universo. Viegas, S. M. M. e Oliveira, F. (org), São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo.

- Hipertextos do OEI. Santiago, B., Dottori, H., Dutra, C., Gusso, A., disponível em:

<http://www.if.ufrgs.br/oei/hipora.htm>

- Buracos Negros, Bergmann, T. S., Barbosa, F. K. B., e Nemmen, R. S., disponível em:

<http://www.if.ufrgs.br/~thoisa/br/index.htm>.

- Astronomy Notes, Strobel, N., disponível em:

<http://www.astronomynotes.com/>.



Cronograma: 1ª Área – Terra e Céu

Aula	Conteúdos	Avaliação
1ª aula	Nosso Lugar no Universo	Participação e Atividades
2ª aula	Astronomia antiga - Esfera Celeste e Movimento Diurno dos Astros	Participação e Atividades
3ª aula	Movimento Anual do Sol e Estações do Ano	Participação e Atividades
4ª aula	Fases da Lua e Eclipses	Participação e Atividades
5ª aula	Movimento dos Planetas - o Modelo Heliocêntrico de Copérnico	Participação e Atividades
6ª aula	Movimento dos Planetas – As Leis de Kepler	Participação e Atividades
7ª aula	Newton e a Generalização das Leis de Kepler – Gravitação	Participação e Atividades
8ª aula	Forças Gravitacionais Diferenciais – Marés e Precessão	Participação e Atividades
9ª aula	Sistema Solar - Os Planetas	Participação e Atividades
10ª aula	Sistema Solar – Corpos Menores	Participação e Atividades
11ª aula	REVISÃO	ORF
12ª aula	Prova da 1ª Área	Prova



Cronograma: 2ª Área – Estrelas

Aula	Conteúdos	Avaliação
1ª aula	Distâncias Astronômicas	Participação e Atividades
2ª aula	Estrelas binárias	Participação e Atividades
3ª aula	Nossa Estrela o Sol	Participação e Atividades
4ª aula	Vida Fora da Terra	Participação e Atividades
5ª aula	Fotometria	Participação e Atividades
6ª aula	Teoria da Radiação	Participação e Atividades
7ª aula	Espectrometria	Participação e Atividades
8ª aula	Classificação Espectral de Estrelas e Diagrama HR	Participação e Atividades
9ª aula	Fonte de Energia e Tempo de Vida das Estrelas	Participação e Atividades
10ª aula	Formação e Evolução Estelar	Participação e Atividades
11ª aula	Revisão	DPRE
12ª aula	Prova da 2ª Área	Prova



Cronograma: 3ª Área – Galáxias e Cosmologia

Aula	Conteúdos	Avaliação
1ª aula	A Nossa Galáxia	Participação e Atividades
2ª aula	O Meio Interestelar	Participação e Atividades
3ª aula	As Outras Galáxias	Participação e Atividades
4ª aula	Aglomerados de Galáxias	Participação e Atividades
5ª aula	Quasares e Outras Galáxias Ativas	Participação e Atividades
6ª aula	A Expansão do Universo	Participação e Atividades
7ª aula	Cosmologia – Origem do Universo	Participação e Atividades
8ª aula	Cosmologia – Evolução do Universo	Participação e Atividades
9ª aula	revisão	Livre
10ª aula	Prova da 3ª Área	Prova

- Prova de Recuperação.

APÊNDICE B – EXEMPLO DE UMA AULA

Aula 3 – O Sol: a nossa estrela.

Área 2, Aula 3.

Alexei Machado Müller, Maria de Fátima Oliveira Saraiva & Kepler de Souza Oliveira Filho

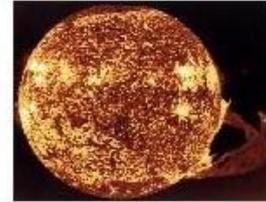


Foto do Sol obtida pela estação espacial Skylab da Nasa em 19 de dezembro de 1973, mostrando uma das mais espetaculares proeminências solares já filmadas, atingindo mais de 588.000 km.

Introdução

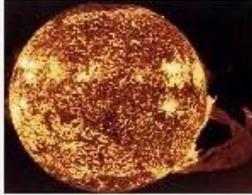
Prezado aluno, em nossa terceira aula, da segunda área, vamos tratar do Sol, a nossa estrela. O Sol, nossa fonte de luz e de vida, é a estrela mais próxima de nós e a que melhor conhecemos. Basicamente, é uma enorme esfera de gás incandescente, em cujo núcleo acontece a geração de energia através de **reações termo-nucleares**. O estudo do Sol serve de base para o conhecimento das outras estrelas, que de tão distantes aparecem para nós como meros pontos de luz.

Apesar de parecer tão grande e brilhante (seu brilho aparente é 200 bilhões de vezes o brilho de Sírius, a estrela mais brilhante do céu noturno), na verdade o Sol é uma estrela bastante comum.



Figura 02.03.01: Pôr do Sol em Porto Alegre.

Bom estudo!



Objetivos

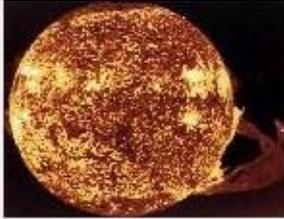
Nesta aula trataremos do Sol e de suas características. Esperamos que ao final você esteja apto a:

- identificar e caracterizar as manchas solares e granulações e em que zona do Sol elas se localizam;
- reconhecer e explicar a estrutura interna do Sol;
- identificar e caracterizar os flares e o vento solar;
- explicar a formação das auroras;
- definir a constante solar, aplicando-a na determinação da luminosidade do Sol;
- identificar e explicar a fonte de energia do Sol.

Sol, que maravilha é essa que possibilita energia e luz necessárias para manutenção da vida?

O Sol é o objeto mais proeminente em nosso sistema solar. É o maior objeto e contendo aproximadamente 99,8% da massa total do sistema. Seu diâmetro é 109 vezes o diâmetro da Terra, de forma que em seu interior caberiam 1,3 milhões de Terras. A camada externa visível do Sol é chamada fotosfera, está a uma temperatura de aproximadamente 6.000 °C. Esta camada tem uma aparência turbulenta devida às erupções energéticas que lá ocorrem.

A energia solar é gerada no núcleo do Sol. Lá, a temperatura (15.000.000 °C) e a pressão (340 bilhões de vezes a pressão atmosférica da Terra ao nível do mar) são tão intensas que ocorrem reações nucleares. Estas reações transformam quatro prótons, que são núcleos de átomos de hidrogênio, em uma partícula alfa, que é o núcleo de um átomo de hélio. A partícula alfa é aproximadamente 0,7% menos massiva do que quatro prótons. A diferença em massa é expelida como energia e carregada até a superfície do Sol, sendo liberada em forma de luz e calor. A energia gerada no interior do Sol leva um milhão de anos para chegar à superfície. A cada segundo 600 milhões de toneladas de hidrogênio são convertidos em hélio e 5 milhões de toneladas de energia pura são liberadas; portanto, com o passar do tempo, o Sol está se tornando mais leve.



Dados Gerais do Sol

- Maior objeto do sistema solar.
- Diâmetro: 1.391.980 km.
- Temperatura da superfície visível: aproximadamente 6.000 °C.
- Distância média à Terra: $\cong 1,5 \times 10^8$ km.
- Composição: Gás (H e He) incandescente.
- Geração de energia: Reações termonucleares.

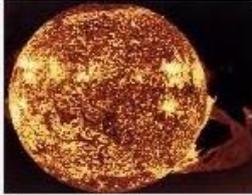
Características do Sol

Tabela 02.03.01: Características do Sol.

Massa	$M = 1,989 \times 10^{30}$ kg
<u>Raio</u>	$R = 695.500$ km = $109 \times R_{\text{Júpiter}}$
Densidade média	$\rho = 1.409$ kg/m ³
Densidade central	$\rho_c = 160.000$ kg/m ³
Distância	$1 \text{ UA} = 149.600.000$ km
Luminosidade	$L = 3,9 \times 10^{26}$ W = $3,9 \times 10^{33}$ ergs/s
Temperatura efetiva	$T_{\text{ef}} = 5.785$ K
Temperatura central	$T_c = 15.000.000$ K
Magnitude absoluta <u>bolométrica</u>	$M_{\text{bol}} = 4,72$
Magnitude absoluta visual	$M_V = 4,79$
Tipo espectral e classe de luminosidade	G2 V
<u>Índices de cor</u>	B-V=0,62
	U-B=0,10
Composição química principal (Nº de partículas)	<u>Hidrogênio</u> = 91,2%
	<u>Hélio</u> = 8,7%
	<u>Oxigênio</u> = 0,07%
	<u>Carbono</u> = 0,03%
<u>Período rotacional no equador</u>	25,67 d
<u>Período rotacional na latitude 75°</u>	33,40 d

Algumas das características listadas na tabela 1 são obtidas mais ou menos diretamente. Por exemplo, a **distância** do Sol, chamada Unidade Astronômica, é medida por ondas de radar direcionadas a um planeta em uma posição favorável de sua órbita (por exemplo, Vênus, quando Terra e Vênus estão do mesmo lado do Sol e alinhados com ele). O **tamanho** do Sol é obtido a partir de seu tamanho angular e da sua distância. A **massa** do Sol pode ser medida a partir do movimento orbital da Terra (ou de qualquer outro planeta) usando a Terceira Lei de Kepler. Sabendo então sua **massa** e seu raio temos a **densidade média do Sol**.

Outras características são determinadas a partir de modelos. Por exemplo, a equação de equilíbrio hidrostático, permite determinar a **pressão** e a **temperatura** no centro do Sol, supondo que elas têm que ser extremamente altas para suportar o peso das camadas mais externas.



Estrutura do Sol

A figura 02.03.02 ilustra um modelo que representa as principais regiões do Sol.

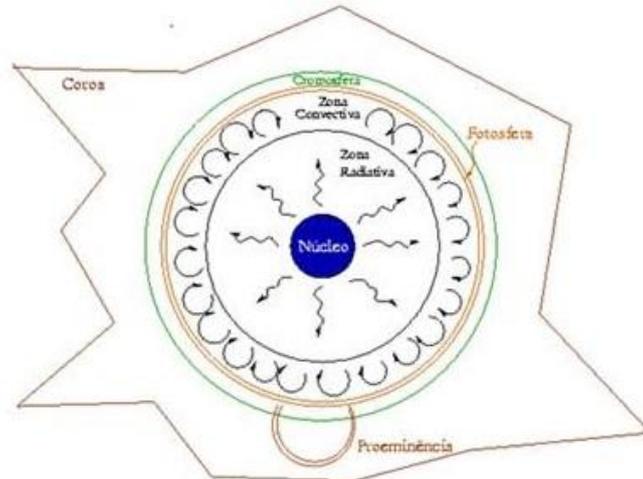


Figura 02.03.02: Estrutura do Sol.

Estrutura do Sol

Núcleo,
zona radiativa,
zona convectiva,
fotosfera,
cromosfera e
coroa.

A **fotosfera** é a superfície visível do Sol. As camadas externas à fotosfera constituem a atmosfera do Sol, composta pela estreita **cromosfera**, e pela extensa e rarefeita **coroa**. As camadas internas à fotosfera constituem o interior do Sol, composto pelo **núcleo**, pela **camada convectiva** e pela **camada radiativa**.

Interior do Sol

O **núcleo** é a região mais central, onde a energia é produzida, tendo temperatura na ordem de 15 milhões de kelvins. Em torno do núcleo está a **zona radiativa**, onde a energia se propaga por radiação, isto é, não há movimento das moléculas de gás; são os fótons que transportam a energia gerada no núcleo. Envolvendo a camada radiativa existe **zona convectiva**, com aproximadamente 15% do raio solar; nessa região a energia se propaga por convecção, ou seja, pelo movimento de moléculas do gás. (Na convecção há transporte mecânico que ocorre pela diferença de temperatura. O gás mais quente, sendo menos denso, se afasta do centro gravitacional).

A fotosfera solar

É a região que emite a luz solar que se propaga no espaço, ou seja, é a superfície visível do sol. A luz que vemos quando olhamos para o Sol se origina na fotosfera. Com aparência de um líquido em ebulição, apresenta-se coberta de bolhas ou grânulos. Este fenômeno é denominado **granulação fotosférica**.

Fotosfera

- Espessura: 500 km.
- Camada visível do Sol, coberta por granulações fotosféricas.
- Região em que se localizam as manchas solares.



Granulações

Bolhas de gás que assomam à superfície do Sol no topo da camada convectiva: gás quente sobe, gás frio desce.
 Diâmetro das bolhas \cong 5.000 km.
 Duração \cong 15 min.

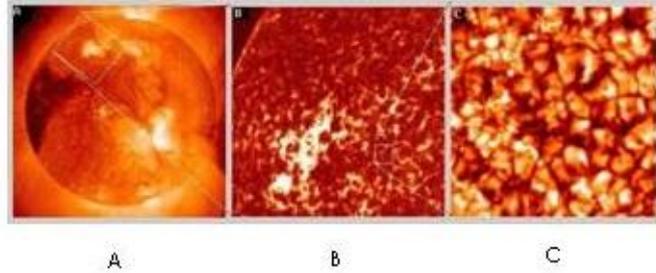


Figura 02.03.03: As células de convecção aparecem em detalhe na foto C desta sequência, que é uma ampliação da região quadrada marcada na foto do centro, que por sua vez é uma ampliação da região marcada na foto A.

A duração dos grânulos é de aproximadamente 10 min e o diâmetro chega a 5.000 km. Eles indicam os topos das colunas convectivas do gás que se originam na zona convectiva, logo abaixo da fotosfera. Entre os grânulos há regiões escuras onde o gás mais frio, e por isso, mais denso, escorre para baixo. É na fotosfera que se percebe um fenômeno notável: as **manchas solares**.

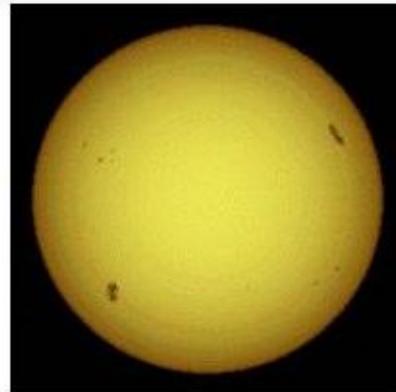


Figura 02.03.04: Foto do Sol em luz branca, mostrando algumas manchas solares.

Cuidado

Olhar o Sol de forma direta é extremamente perigoso, a não ser que ele esteja na linha do horizonte.

Manchas solares são regiões irregulares que aparecem mais escuras que a fotosfera circundante e que muitas vezes podem ser observadas a olho nu. Elas são constituídas de duas partes; a umbra, parte central mais escura com temperatura de 3.800 K, e a penumbra, formando uma estrutura radial ao redor da umbra, um pouco mais clara que a mesma. As manchas solares estão associadas a intensos campos magnéticos existentes no Sol, e tendem a se formar em grupos, tendo uma duração aproximada de uma semana.

O número de manchas solares varia entre máximos e mínimos em um ciclo de 11 anos (ciclo de atividade solar), ciclo esse que foi descoberto apenas em 1843, pelo astrônomo alemão Samuel Heinrich Schwabe, e é ilustrado na figura 02.03.05.



Manchas Solares

Regiões mais escuras da fotosfera, com temperaturas de aproximadamente 4.000 K. Duram em torno de uma semana. Tendem a se formar em grupos. Associadas a intensos campos magnéticos. Têm um ciclo de 11 anos.

[Vídeo de Manchas Solares.](#)

Cromosfera

É uma camada estreita e rarefeita que envolve a fotosfera. Espessura: 10.000 km. Temperatura: de 4.300 K até 40.000 K.

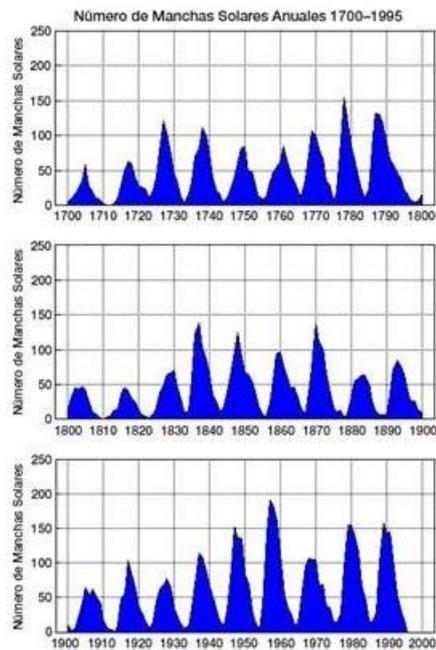


Figura 02.03.05: Variação do número médio mensal de manchas solares entre os anos 1700 e 2000.

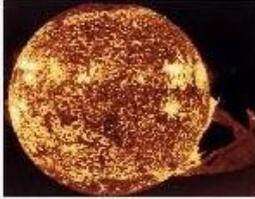
A cromosfera

É uma camada rarefeita e estreita, de cor avermelhada, que envolve a fotosfera. Por ter uma radiação bem mais fraca do que a fotosfera, normalmente a cromosfera não é visível, a não ser em eclipses, quando a Lua encobre o disco da fotosfera, veja a figura 02.02.06. A cromosfera tem uma espessura de 10.000 km e sua temperatura que varia de 4.300 K na base até mais de 40.000 K no topo a 2.500 km de altura. O aquecimento da cromosfera possivelmente não é originado por fótons provenientes do interior do Sol, pois se a energia fosse gerada por fótons a cromosfera deveria ser mais fria do que a fotosfera, e não mais quente como realmente é. Na atualidade se pressupõe que a fonte de energia são campos magnéticos variáveis formados na fotosfera e conduzidos para a coroa por correntes elétricas, dissipando parte de sua energia na cromosfera.

Imagens com filtro na linha alfa do hidrogênio (H-alfa) mostram jatos de gás se elevando da cromosfera para a coroa. Essas estruturas são chamadas espículas. Alcançam alturas de 10.000 km e duram entre 5 e 10 minutos.



Figura 02.03.06: Foto do Sol, tirada por Kepler Oliveira, durante o eclipse total de 4 de novembro de 1994, em Santa Catarina. A foto mostra a cromosfera e, principalmente, a coroa solar.



Coroa

Camada mais externa da atmosfera solar.
Extensão: de 2 a 10 raios solares.
Temperatura: até 10^6 K.
Perda de massa ocorre pelos ventos solares e pelos flares.

Vento Solar

Partículas emanadas das regiões ativas do Sol.
Velocidade de 300 a 800 km/s.
Causa perda de massa do Sol em torno de 10^{-13} massas solares por ano.
Causa as auroras na Terra.

Auroras

Fenômeno luminoso provocado pela interação do vento solar com a atmosfera superior da Terra.
Ocorrem em grandes variedades de cores, as mais comuns são verdes. Isso ocorre devido a que gases emitem luz em diferentes cores. O oxigênio emite luzes no vermelho e no verde, o nitrogênio emite luz vermelha.

Proeminências

Grandes jatos de gás que se elevam acima da fotosfera.

A coroa

Gradualmente a cromosfera se funde na coroa, que é a camada mais externa e mais rarefeita da atmosfera do Sol. Embora tenha um brilho similar ao da Lua Cheia, ela fica completamente obscurecida enquanto a fotosfera é visível, por isso só é observada em luz visível em eclipses totais, ou com instrumentos especiais. O espectro da coroa mostra linhas muito brilhantes que são produzidas por átomos de ferro, níquel, neônio e cálcio altamente ionizados; esses processos de ionização demandam muita energia, o que indica que a temperatura da coroa deve ser muito alta, em torno de 1 milhão de kelvins.

A elevação da temperatura da coroa deve ter a mesma origem do processo físico responsável pelo aquecimento da cromosfera, ou seja, o transporte de energia originado por correntes elétricas induzidas nos campos magnéticos variáveis.

É da coroa que emana o **vento solar**, um contínuo fluxo de partículas, principalmente prótons e elétrons, que é emitido da coroa, provocando uma perda de massa do Sol de cerca de $10^{-13} M_{\odot}$ ao ano. O vento solar tem densidade média de 2 prótons por centímetros cúbicos e velocidade de aproximadamente 400 km/s.

Ao entrar na magnetosfera da Terra ele é capturado, formando o chamado Cinturão de Van Allen. Tal cinturão foi descoberto pelo físico americano **James Alfred Van Allen** (1914 - 2006) em 1958. O cinturão de partículas só entra em contato com atmosfera da Terra nos polos onde causa os fenômenos conhecidos como **auroras**. Veja a figura 02.03.07.

Auroras são fenômenos luminosos provocados pela excitação e desexcitação dos átomos de oxigênio ao colidirem com as partículas carregadas do vento solar. As auroras acontecem tanto nas altas latitudes do hemisfério norte - as auroras boreais -, quanto nas altas latitudes do hemisfério sul- as auroras austrais.

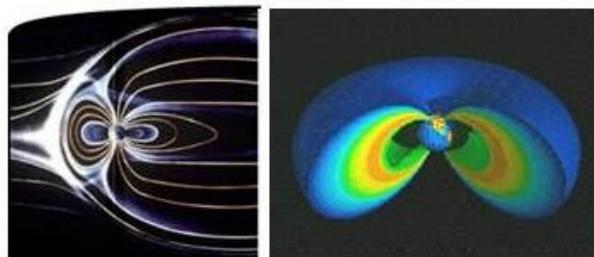


Figura 02.03.07: Esquema mostrando as partículas carregadas desviadas pelo campo magnético da Terra para o Cinturão de Van Allen (à esquerda) e o cinturão de Van Allen (à direita), formado pelas partículas do vento solar capturadas pelo campo magnético da Terra.

Em períodos em que o Sol está mais ativo, podem ser vistas no limbo solar grandes arcos brilhantes, constituídos de plasmas mais frios suspensos na coroa pelo campo magnético. Esses arcos são chamados **proeminências**. Quando vistos contra o disco brilhante (em vez de na borda) aparecem como filamentos escuros, e são chamados **filamentos**. Mas filamentos e proeminências são estruturas idênticas. Essas estruturas podem durar horas ou até meses. As figura 02.03.08 e 02.03.09 mostram proeminências.



Flares

Grandes explosões na superfície do Sol. Gerado pelo armazenamento de energia em campos magnéticos; é liberada quando o campo fica muito denso. Energia liberada \cong 100 milhões de bombas nucleares.

Grandes explosões na superfície do Sol são chamadas de flares ou fulgurações. São ocasionadas pelo armazenamento de energia em campos magnéticos do Sol, que é liberada quando o campo fica muito intenso. Grandes flares podem gerar grandes proeminências que vencem o campo magnético e se desprendem da coroa, liberando gás ionizado junto com energia. Esses fenômenos são chamados de ejeção de massa coronal, e um exemplo pode ser visto na figura 02.03.09. A energia liberada pode atingir o valor equivalente a 100 milhões de bombas nucleares.



Figura 02.03.08: Foto do Sol obtida pela estação espacial SkyLab da Nasa, em 19 de dezembro de 1973, mostrando uma das mais espetaculares proeminências solares já filmadas, atingindo mais de 588.000 km.



Figura 02.03.09: Fotos Ejeção Coronal de Massa em 14 de setembro de 1999, fotografada pelo SOHO em 3.040 Å.

As grandes ejeções de massa coronal associadas às proeminências viajam a aproximadamente 1 milhão km/h e levam de um a quatro dias para alcançar a Terra. Quando atingem a Terra, têm milhões de quilômetros de extensão e podem causar:

- danos a satélites, também causados pelo aumento da fricção provocada pela expansão da atmosfera;
- erro no posicionamento de navios e aviões de vários quilômetros, tanto pelo sistema GPS (Global Positioning System- GPS) quanto pelos sistemas Loran e Omega (8 transmissores distribuídos pela Terra), pelas instabilidades no plasma da ionosfera terrestre geradas pelas ejeções de massa coronal, causando cintilação na amplitude e fase do sinal e reduzindo o número de satélites disponíveis de 8 a 10 para até 4. Em geral essas instabilidades duram menos de 10 minutos, mas já ocorreram casos em que o sistema ficou fora do ar por até 13 horas;
- danos às redes de energia elétrica, induzindo voltagens de milhares de volts e queimando transformadores;
- danos nas tubulações metálicas de gaseodutos, já que as correntes induzidas aumentam drasticamente a corrosão;
- umenta também a incidência de radiação ionizante nas pessoas, principalmente em vôos de alta altitude, como vôos supersônicos e astronáuticos.



Constante Solar

Quantidade de energia solar que chega, por unidade de tempo e por unidade de área, a uma superfície perpendicular aos raios solares, à distância média Terra-Sol. Valor: $1,367 \text{ W/m}^2$. Seu valor varia dependendo do ciclo de 11 anos.

Luminosidade do Sol

É a quantidade de energia que um corpo irradia por unidade de área. Obtida pelo produto da constante solar pela área da esfera compreendida pela órbita da Terra ao redor do Sol. Valor: $3,9 \times 10^{26} \text{ W}$.

O penúltimo máximo do ciclo de 11 anos ocorreu em 1989 e logo após uma grande proeminência solar, a rede elétrica na província de Quebec, no Canadá, sofreu uma grande sobrecarga elétrica que causou vários danos aos equipamentos. Algumas regiões da província ficaram até duas semanas sem luz elétrica. Em 1994, o satélite de comunicações E2 teve alguns circuitos queimados por uma sobrecarga estática, também associada com a ejeção de uma nuvem de plasma solar. O máximo do último ciclo solar ocorreu em 15 de fevereiro de 2001, quando o campo magnético solar reverteu de polaridade.

O pico de máxima atividade do atual ciclo solar deve ocorrer em 2012.

A Energia do Sol

Logo após ser determinada a distância do Sol, em 1673, foi possível determinar a sua luminosidade, que é a potência por ele produzida.

Constante Solar (Irradiação Solar)

Corresponde a energia solar que atinge a Terra, por unidade de área normal aos raios solares (utilizando a distância média Terra - Sol) e por unidade de tempo. Seu valor é $1,367 \text{ W/m}^2$, mensurado por satélites logo acima da superfície da Terra. Porém, seu valor varia, dependendo da época no ciclo de 11 anos, de $1,364,55 \text{ W/m}^2$ a $1,667,86 \text{ W/m}^2$.

As medidas feitas por satélites logo acima da Terra indicam que cada metro quadrado da Terra recebe do Sol cerca de 1.400 joules de energia por segundo (1.400 watts), o que equivale à potência de 14 lâmpadas de 100 W. **O valor mais preciso da constante solar é de $1,367,5 \text{ W/m}^2$, e tem uma variação de 0,3% durante o ciclo solar de 11 anos.**

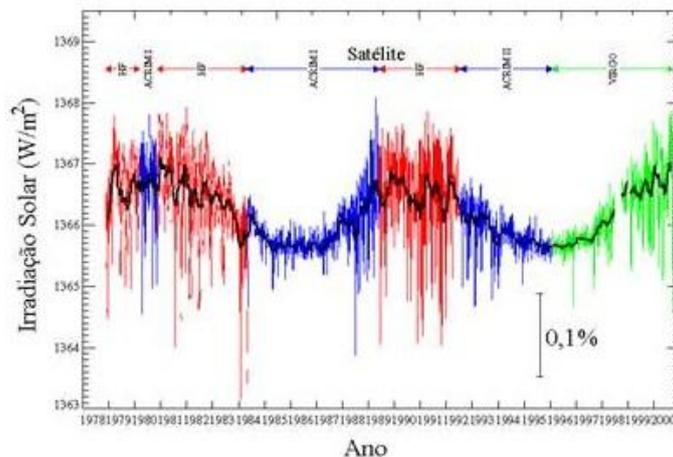
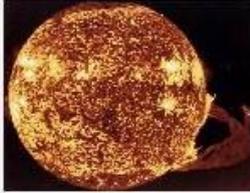


Figura 02.03.10: Irradiação solar x ano. As diferentes cores indicam medidas feitas por diferentes satélites. O gráfico mostra que a constante solar varia periodicamente entre $1,364,55 \text{ W/m}^2$ a $1,667,86 \text{ W/m}^2$.

Luminosidade do Sol

A luminosidade do Sol é obtida pelo produto da constante solar pela área da esfera compreendida pela órbita da Terra em torno do Sol, seu valor é de:

$$3,9 \times 10^{26} \text{ W} = 3,9 \times 10^{33} \text{ ergs/s,}$$



Fonte de Energia do Sol

Reações termonucleares, obtidas pela fusão de 4 núcleos de hidrogênio (4 prótons) em 1 núcleo de hélio (α).

Para se ter uma ideia comparativa, tal quantidade de energia é equivalente à queima de aproximadamente $7,5 \times 10^{20}$ litros de gasolina por minuto, ou aproximadamente 10 milhões de vezes a produção de petróleo anual do nosso planeta.

Fonte de energia do Sol

No século XIX os astrônomos já sabiam que a energia produzida pelo Sol não poderia ser gerada por combustão, pois dessa forma o Sol só brilharia por 10 mil anos.

Em 1854 o físico alemão **Hermann Ludwig Ferdinand Von Helmholtz** (1821 - 1894) propôs que a energia do Sol fosse devida ao colapso gravitacional, mas também não foi adequado, pois dessa forma a energia só poderia manter a luminosidade do Sol por cerca de 20 milhões de anos, enquanto evidências geológicas indicam que o Sol tem uma idade de 4,5 bilhões de anos.

Em 1937, **Hans Albrecht Bethe** (1906 - 2005) propôs que a energia seria gerada pelas reações termonucleares, proposta essa aceita até os dias atuais.

Nessas reações quatro prótons são fundidos em um núcleo de hélio, com liberação de energia. O Sol tem hidrogênio, fonte primária desse processo, suficiente para manter essas reações por bilhões de anos. À medida que diminui, gradualmente, a quantidade de hidrogênio, aumenta a quantidade de hélio no núcleo.

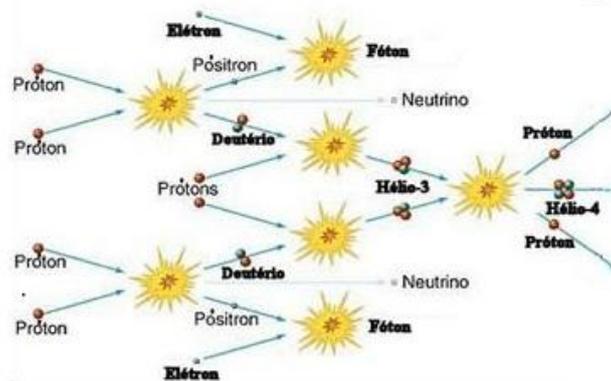
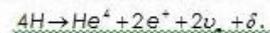


Figura 02.03.11: Processo de fusão do hidrogênio.



Segundo os modelos de evolução estelar, daqui a cerca de 1,1 bilhões de anos, o brilho do Sol será 10% maior, o que ocasionará a elevação da temperatura da Terra, aumentando o vapor de água na atmosfera, vapor esse que é uma causa do efeito estufa. Daqui a cerca de 3,5 bilhões de anos, o Sol terá seu volume acrescida de aproximadamente 40% do volume atual, o calor será tão forte que os oceanos secarão completamente, ampliando ainda mais o efeito estufa.

Daqui a uns 6 bilhões de anos o Sol terá consumido o hidrogênio do núcleo e vai se transformar em uma gigante vermelha, com um volume preenchendo aproximadamente até a órbita da Terra. Durante cerca de 1 bilhão de anos ele viverá às custas da queima do hélio no núcleo, até esse hélio também se esgotar. Sem novas fontes de energia nuclear o Sol começará a morrer.



Resumo

Sol é o maior objeto do sistema solar, com distância média à Terra de 149.597.892 km (1 UA). Em sua estrutura apresenta o núcleo, a zona radiativa, a zona convectiva, a fotosfera, a cromosfera e a coroa.

O Sol é composto de hidrogênio e hélio incandescente. No núcleo a energia é produzida por reações de fusões termonucleares de 4 núcleos de hidrogênio em um núcleo de hélio, partícula α .

Na fotosfera estão as manchas solares, regiões mais escuras que duram cerca de uma semana. As manchas solares aumentam e diminuem de número num ciclo de 11 anos (ciclo de atividade solar) e estão associadas a intensos campos magnéticos. Também na fotosfera estão as granulações, pequenas regiões brilhantes circundadas por regiões escuras que são bolhas de gás que assomam à superfície no topo da camada convectiva, com duração de aproximadamente 15 minutos.

A cromosfera é uma camada estreita e rarefeita que só é perceptível quando a fotosfera é coberta, como em eclipses. Lá estão as espículas, colunas de gás frio. As proeminências são grandes jatos de gás que se elevam acima da fotosfera.

Na coroa ocorrem os ventos solares e os flares. Os ventos solares são partículas emanadas das regiões ativas do Sol, provocam, na Terra, as auroras. Já os flares são grandes explosões na superfície do Sol, gerados pelo armazenamento de energia em campos magnéticos que é liberada quando o campo se torna muito denso.

As auroras são fenômenos luminosos provocados pela interação do vento solar com a atmosfera.

A constante solar é a quantidade de energia solar que chega, por unidade de tempo e por unidade de área, a uma superfície perpendicular aos raios solares, à distância média Terra-Sol, com valor 1.367 W/m^2 . A luminosidade é obtida multiplicando-se a constante solar pela área da esfera compreendida pela órbita da Terra em torno do Sol, com valor de $3,9 \times 10^{26} \text{ W}$.

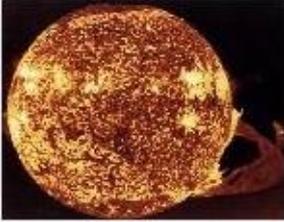
Questões de Fixação

Agora que vimos o assunto previsto para a aula de hoje resolva as questões de fixação e compreensão do conteúdo a seguir, utilizando o fórum, comente e compare suas respostas com os demais colegas.

Bom trabalho!

1. Comparado com a Terra, quantas vezes o Sol é maior em:

- a) raio?
- b) área?
- c) volume?



2.
 - a) Quais são os principais elementos que compõem o Sol?
 - b) Qual a abundância desses elementos em massa?
 - c) Qual a abundância desses elementos em números de partículas?
3. Como se chama a superfície visível do Sol e qual é a sua temperatura?
4.
 - a) O que são manchas solares?
 - b) Qual é o seu ciclo?
5. Que outros fenômenos se observam no Sol, associados a sua atividade?
6. Como varia a temperatura e a pressão do Sol desde o centro até a coroa?
7. Como ocorre o transporte de energia do Sol desde o centro até a superfície?
8. O que é vento solar?
9. Qual é a relação entre o vento solar e as auroras na Terra?
10. Calcule a massa do Sol, em quilogramas, através do movimento da Terra em torno dele.
11. Calcule o raio do Sol, em quilômetros, a partir de seu raio angular de $0,25^\circ$, e de sua distância à Terra de 150 milhões de quilômetros.
12. Calcule a densidade média do Sol em kg/m^3 .
13.
 - a) O que é constante solar?
 - b) Quanto vale a constante solar?
14. A partir do valor da constante solar, calcule a luminosidade do Sol. Dado a distância média Terra-Sol de 150 milhões de quilômetros (1 UA).
15. Se fossemos medir a constante solar em Saturno, que está 10 vezes mais distante do Sol que a Terra, que valor seria obtido?

Até a próxima aula!

APÊNDICE C - QUESTÕES APLICADAS NO PRÉ-TESTE E NO PÓS-TESTE DA 1ª
ÁREA

1. Em Porto Alegre nós nunca vemos a estrela Polar. Isso acontece por que

- (a) A estrela Polar fica sempre abaixo do horizonte para nós.
- (b) A estrela Polar é muito fraca para ser vista do hemisfério sul
- (c) A estrela Polar só é vista do polo norte
- (d) Só quem acredita em lendas vê a estrela Polar.

2. Observando o céu em uma noite estrelada vemos que, com o passar das horas, as estrelas mudam de posição, ficando cada vez mais elevadas no lado leste e cada vez mais baixas no lado oeste. Esse movimento tem como causa:

- (a) O movimento das estrelas em torno da Terra
- (b) O movimento das estrelas em torno do centro da Galáxia
- (c) O movimento de rotação da Terra em torno de seu próprio eixo
- (d) O movimento de translação da Terra em torno do Sol

3. Em Porto Alegre quando o Sol fica exatamente acima de tua cabeça, de forma que não tens sombra nenhuma?

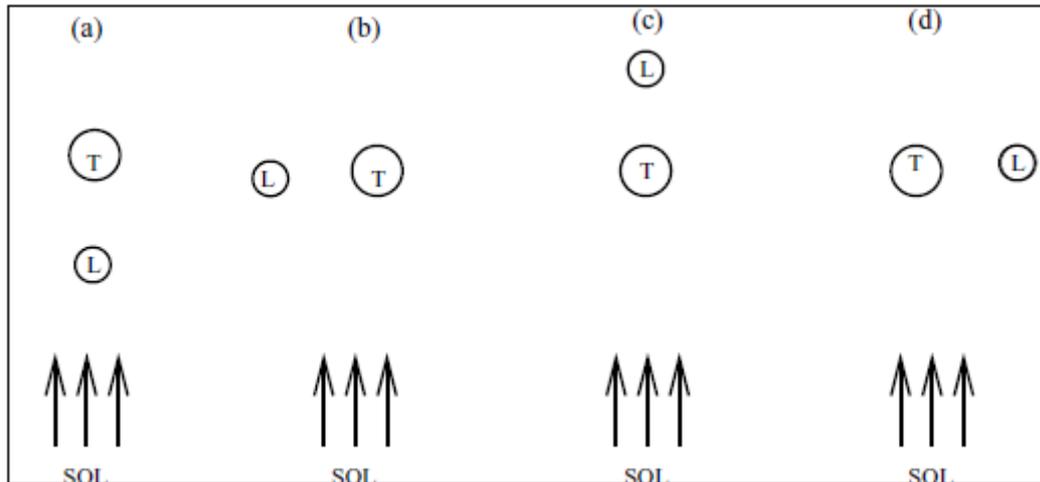
- (a) Nunca.
- (b) Somente no primeiro dia da primavera e no primeiro dia do outono.
- (c) Somente no meio do verão.
- (d) Somente no primeiro dia do verão.
- (e) Todos os dias, ao meio-dia.

4. A causa das estações do ano é

- (a) a inclinação do equador da Terra em relação ao plano orbital
- (b) o fato da órbita da Terra não ser exatamente circular, e sim elíptica
- (c) o movimento de precessão da Terra, que faz o eixo da Terra mudar de direção fato de ter mais água no hemisfério sul da Terra do que no hemisfério norte

(d) o ciclo de atividade solar, que interfere na energia que chega à Terra

5. Qual das seguintes posições relativas entre Sol, Terra e Lua corresponde à Lua Cheia?



6. A distância média de Marte ao Sol é maior do que a distância média da Terra ao Sol.

Portanto, o período e a velocidade orbital de Marte, comparados com o período e a velocidade orbital da Terra, são, respectivamente

- (a) maior - menor
- (b) menor - maior
- (c) igual - menor
- (d) maior - maior
- (e) menor – menor

7. A ordem dos planetas de acordo com sua distância ao Sol é:

- (a) Vênus, Terra, Marte, Mercúrio, Júpiter, Saturno, Urano, Netuno
- (b) Vênus, Terra, Mercúrio, Marte, Júpiter, Saturno, Urano, Netuno
- (c) Mercúrio, Vênus, Terra, Marte, Saturno, Júpiter, Urano, Netuno
- (d) Mercúrio, Vênus, Terra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano, Netuno

8. Os eclipses solares acontecem durante

- (a) a lua nova
- (b) a lua cheia
- (c) a lua crescente ou minguante
- (d) qualquer fase da Lua

9. Uma diferença a básica entre satélites e planetas é que

- (a) os planetas orbitam o Sol, os satélites orbitam os planetas.
- (b) os planetas são esféricos, os satélites não são.
- (c) os satélites são rochosos, os planetas são gasosos.
- (d) os satélites são pequenos, os planetas são grandes.

10. Visto da Terra, o Sol tem um diâmetro angular de 0,5 graus. Se fosse visto de Saturno, que está 10 vezes mais distante do Sol do que a Terra, o diâmetro angular do Sol, em graus, seria :

- (a) 0,5.
- (b) 0,25.
- (c) 5 .
- (d) 0,05.

APÊNDICE D - QUESTÕES APLICADAS NO PRÉ-TESTE E NO PÓS-TESTE DA 2ª
ÁREA

1) O principal processo de geração de energia no Sol é

- (A) fusão termonuclear.
- (B) combustão química.
- (C) movimento do gás dentro do Sol.
- (D) contração gravitacional.

2) Os elementos mais abundantes nas estrelas são:

- (A) hidrogênio e oxigênio.
- (B) hélio e carbono.
- (C) oxigênio e nitrogênio.
- (D) hidrogênio e hélio.

3) Em analogia com a definição de ano-luz, um minuto-luz pode ser definido como:

- (A) a distância entre a Terra e o Sol.
- (B) a distância percorrida pela luz em um minuto.
- (C) o tempo que dura um minuto quando estamos à velocidade da luz.
- (D) o tempo que a luz leva para percorrer a distância entre a Terra e o Sol.

4) Comparando duas estrelas, uma azulada e outra avermelhada, pode-se afirmar que:

- (A) a vermelha é mais distante.
- (B) a azul é mais fria.
- (C) a azul é mais quente.
- (D) a vermelha é mais brilhante.

5) O Sol é uma estrela que está na metade de sua vida. Sua idade é em torno de:

- (A) 5 milhões de anos.
- (B) 1 milhão de anos.
- (C) 1 trilhão de anos.
- (D) 5 bilhões de anos.

6) Quando o Sol "morrer", ele vai se transformar em:

- (A) uma anã branca.
- (B) um buraco negro.
- (C) uma estrela de nêutrons.
- (D) uma supernova.

7) Sejam duas estrelas, A e B, de mesma luminosidade. Se a estrela A está duas vezes mais distante do que a estrela B, então o brilho aparente da estrela B será:

- (A) quatro vezes menor.
- (B) duas vezes menor.
- (C) duas vezes maior.
- (D) quatro vezes maior.

8) Duas estrelas, chamadas A e B, têm a mesma temperatura, mas a estrela A é 10 vezes mais luminosa. Podemos afirmar que:

- (A) A estrela A têm uma área superficial 10 vezes maior.
- (B) A estrela A deve ser 10 vezes mais fria.
- (C) A estrela A deve ser 10 vezes mais quente.
- (D) A estrela A deve ter um raio 10 vezes menor.

9) Quando uma estrela se forma, quanto maior sua massa,

- (A) maior a sua luminosidade e maior a sua temperatura.
- (B) menor a sua luminosidade e maior a sua temperatura.
- (C) menor a sua luminosidade e menor a sua temperatura.
- (D) maior a sua luminosidade e menor a sua temperatura.

10) O diagrama H-R para o estudo das estrelas é um gráfico de:

- (A) a luminosidade versus a magnitude absoluta.
- (B) cor versus a temperatura.
- (C) H versus R.
- (D) cor versus tipo espectral.

APÊNDICE E - QUESTÕES APLICADAS NO PRÉ-TESTE E NO PÓS-TESTE DA 3ª
ÁREA

1. O fato de enxergamos a Via Láctea como uma faixa no céu NÃO está relacionado com o fato de:

- (a) A Via Láctea ser uma galáxia achatada
- (b) Vermos a Via Láctea de perfil
- (c) Estarmos dentro da Via Láctea
- (d) Ter muita poeira no disco da Via Láctea

2. O primeiro elemento criado no universo e o mais abundante nele é:

- (a) hidrogênio
- (b) oxigênio
- (c) nitrogênio
- (d) carbono

3. A conclusão de que quasares são objetos muito distantes é baseada no fato de que:

- (a) seu espectro apresenta um grande desvio para o vermelho
- (b) têm aparência estelar
- (c) são objetos muito jovens
- (d) são muito luminosos

4. De acordo com sua morfologia, as galáxias são classificadas em três tipos básicos:

- (a) bojos, discos e halos.
- (b) elípticas, espirais e irregulares.
- (c) difusas, compactas e ativas.
- (d) quasares, radio-galáxias e seyferts

5. A evidência observacional de que existe matéria escura nas galáxias é:

- (a) as grandes bandas escuras visíveis nas fotos das galáxias
- (b) o fato de que as velocidades das estrelas e do gás localizados nas partes externas das galáxias são maiores do que seria esperado com base na matéria luminosa contida na galáxia
- (c) a presença de buracos negros supermassivos nos centros das galáxias têm um buraco negro no centro
- (d) a escuridão do céu noturno

6. A descoberta de qual relação levou os astrônomos a concluir que o Universo está em expansão?

- (a) A relação entre o período de variabilidade e a luminosidade das estrelas cefeidas.
- (b) A relação entre a velocidade de afastamento das galáxias e as suas distâncias.
- (c) A relação entre a massa e a luminosidade das galáxias.
- (d) A relação entre a cor e a temperatura das estrelas.

7. Qual das seguintes listas está organizada de forma a representar o "endereço cósmico" da Terra?

- (a) Terra, Sistema Solar, galáxia de Andrômeda, Grupo Local de galáxias, Superaglomerado de Virgem, Universo.
- (b) Terra, Sistema Solar, galáxia de Sagitário, Aglomerado de Virgem, Superaglomerado de Virgem, Universo.
- (c) Terra, Sistema Solar, Via Láctea, Grupo Local de galáxias, Superaglomerado de Coma, Universo.
- (d) Terra, Sistema Solar, Via Láctea, Grupo Local de galáxias, Superaglomerado Local, Universo.

8. Entre as afirmações:

I- galáxias espirais são mais jovens do que as elípticas.

II- galáxias espirais são mais achatadas do que as elípticas.

III- galáxias espirais têm mais formação estelar do que as elípticas.

(a) As três frases estão corretas.

(b) Apenas I e II estão corretas.

(c) Apenas II e III estão corretas.

(d) Nenhuma está correta.

9. Um tipo de fenômeno que NÃO oferece evidência observacional para a teoria do *Big Bang* é

(a) a radiação cósmica de fundo do universo

(b) o *redshift* das galáxias

(c) a escuridão do céu noturno

(d) a absorção da luz das estrelas pelo gás intergaláctico

10. "Atualmente os cosmólogos acreditam que a maior componente do universo é a, a qual é responsável pela do universo."

A alternativa que contém as frases que completam corretamente essa afirmação é:

(a) matéria escura - expansão retardada

(b) energia escura - expansão retardada

(c) energia escura - expansão acelerada

(d) matéria escura - expansão acelerada

APÊNDICE F - COEFICIENTE ALFA DE CRONBACH PARA O PÓS-TESTE DA PRIMEIRA ÁREA

Este Apêndice apresenta o procedimento e os resultados obtidos no cálculo do coeficiente alfa de Cronbach para 14 alunos da disciplina de Fundamentos de Astronomia e Astrofísica em 2011/2, pelos escores do pós teste.

Primeira etapa: Foi transformada a resposta de cada aluno em cada item em um escore, zero (0) para errado e um (1) para correto.

Segunda etapa: Foi calculado o escore total de cada indivíduo.

Terceira etapa: Ordenou-se os alunos, em ordem decrescente, pelo escore total

Quarta etapa: Construiu-se a matriz a conforme a tabela a seguir.

Tabela 1: Matriz dos resultados

aluno	pós_a_1	pós_a_2	pós_a_3	pós_a_4	pós_a_5	pós_a_6	pós_a_7	pós_a_8	pós_a_9	pós_a_10	total
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
21	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
2	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	9
12	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	9
4	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	8
15	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	8
14	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	7
20	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	7
11	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	5

Quinta etapa: determinou-se a frequência de cada escore de cada aluno $F(0)$ e $F(1)$, respectivamente para frequência de escores zero e um.

Tabela 2: Matriz das frequências dos escores.

	Pós-a-1	Pós-a-2	Pós-a-3	Pós-a-4	Pós-a-5	Pós-a-6	Pós-a-7	Pós-a-8	Pós-a-9	Pós-a-10
F(0)	0	1	3	4	1	3	0	1	2	2
F(1)	14	13	11	10	13	11	14	13	12	12

Sexta etapa: foi calculada a média e a variância do escore total da seguinte forma

i) somou-se os escores totais de todos os alunos, obtendo-se:

$$\Sigma T = 10 + 10 + 10 + 10 + 10 + 10 + 10 + 9 + 9 + 8 + 8 + 7 + 7 + 5 = 123;$$

ii) somou-se os quadrados de cada escore total dos alunos

$$\Sigma T^2 = 10^2 + 10^2 + 10^2 + 10^2 + 10^2 + 10^2 + 10^2 + 9^2 + 9^2 + 8^2 + 8^2 + 7^2 + 7^2 + 5^2 = 1113;$$

iii) foi calculada a média

$$\bar{T} = \frac{\Sigma T}{N} = \frac{123}{14} = 8,785714286;$$

iv) calculou-se a variância

$$V_T = \frac{\Sigma T^2}{N} - \left(\bar{T}\right)^2 = 2,311224485.$$

Sétima etapa: foi calculada a média e a variância de cada item, como exemplificado para o primeiro item;

i) $\Sigma I = (0 \times F(0)) + (1 \times F(1)) = (0 \times 0) + (1 \times 14) = 14;$

ii) $\Sigma I^2 = (0^2 \times F(0)) + (1^2 \times F(1)) = (0 \times 0) + (1 \times 14) = 14;$

iii) Média: $\bar{I} = \Sigma I / N = 14 / 14 = 1;$

iv) Variância: $V_I = \frac{\Sigma I^2}{N} - \bar{I}^2 = \frac{14}{14} - 1^2 = 1 - 1 = 0.$

Os resultados de todos os itens foram dispostos na seguinte tabela:

Tabela: Média e variância por item

Item	Pós_a_1	Pós_a_2	Pós_a_3	Pós_a_4	Pós_a_5	Pós_a_6	Pós_a_7	Pós_a_8	Pós_a_9	Pós_a_10
Média	1	0,928571	0,785714	0,714286	0,928571	0,785714	1	0,928571	0,857143	0,857143
Variância	0	0,066327	0,168367	0,204082	0,066327	0,168367	0	0,066327	0,122449	0,122449

Oitava etapa: calculou-se o somatório das variâncias nos itens

$$\sum V_i = 0 + 0,066327 + 0,168367 + \dots + 0,122449 = 0,984694$$

Nona etapa: calculou-se o coeficiente alfa de Cronbach

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left(1 - \frac{\sum_i}{V_T} \right) = \frac{10}{10-1} \left(1 - \frac{0,984694}{2,311224485} \right) = \frac{10}{9} (0,573951381) = 0,63772356.$$

APÊNDICE G - CÁLCULO DO COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO ITEM-TOTAL DE ACERTOS

Esse apêndice apresenta o procedimento e os resultados obtidos no cálculo do coeficiente de correlação item- total de acertos no primeiro pós-teste respondido por 18 alunos da disciplina de Fundamentos de Astronomia e Astrofísica de 2011/2.

Para fazermos os cálculos seguimos a sequência de etapas indicada a seguir:

Primeira etapa – Foram selecionados os escores de cada aluno em cada questão do 1º pós teste , atribuiu-se 1 para o acerto e 0 para o erro no item, (chamando-se as questões de itens e representadas por x acompanhado de um numeral, por exemplo x_1 , para o escore do 1º item ; x_2 , para o escore do 2º item, e assim sucessivamente). Também foi selecionado o total de acertos de cada aluno no pós-teste, representados por y. e esses dados, juntamente com seus somatórios Σ , foram dispostos na tabela na tabela a seguir

Tabela 1: Escores de cada aluno em cada item do primeiro pós-teste da primeira área, total de acertos e na última linha o somatório de cada coluna.

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_10	y
aluno	pos- a_1	pos_ a_2	pos_ a_3	pos_ a_4	pos_ a_5	pos_ a_6	pos_ a_7	pos_ a_8	pos_a_ 9	pos_a_ 10	total
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
2	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	9
4	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	8
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
11	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	5
12	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	9
13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
14	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	7
15	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	8
17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
20	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	7
21	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
22	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	7
26	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	7
Σ	17	17	14	13	17	13	18	17	15	16	157

Segunda etapa- multiplicamos o escore de cada aluno pelo seu respectivo total: $x_{1.y}$; $x_{2.y}$; e assim sucessivamente, e obtivemos os resultados indicados na tabela 2, juntamente com seus somatórios Σ .

Tabela 2: Produto do escore do item pelo seu respectivo total

aluno	$x_{1.y}$	$x_{2.y}$	$x_{3.y}$	$x_{4.y}$	$x_{5.y}$	$x_{6.y}$	$x_{7.y}$	$x_{8.y}$	$x_{9.y}$	$x_{10.y}$
1	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
2	9	9	9	0	9	9	9	9	9	9
4	8	8	8	8	8	0	8	8	8	0
5	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
7	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
8	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
11	5	0	0	0	0	5	5	5	5	0
12	9	9	9	0	9	9	9	9	9	9
13	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
14	7	7	0	7	7	0	7	7	0	7
15	8	8	8	0	8	8	8	0	8	8
17	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
18	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
19	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
20	7	7	0	7	7	0	7	7	0	7
21	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
22	7	7	7	0	7	0	7	7	0	7
26	0	7	0	7	7	0	7	7	7	7
Σ	150	152	131	119	152	121	157	149	136	144

Terceira etapa- foi elevado o escore de cada item de cada aluno ao quadrado: x_1^2 ; x_2^2 ; e assim sucessivamente . Os resultados juntamente com seus somatórios estão indicados na tabela 3.

Tabela 3: Quadrado de cada escore

aluno	x_1^2	x_2^2	x_3^2	x_4^2	x_5^2	x_6^2	x_7^2	x_8^2	x_9^2	x_{10}^2
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
11	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0
12	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
14	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1
15	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1
17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
20	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1
21	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
22	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1
26	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1
Σ	17	17	14	13	17	13	18	17	15	16

Quarta etapa – O escore de cada aluno foi elevado ao quadrado: y^2 , os resultados estão indicados com os somatórios na tabela 4.

Tabela 4: Quadrado do escore total de cada aluno

aluno	y^2
1	100
2	81
4	64
5	100
7	100
8	100
11	25
12	81
13	100
14	49
15	64
17	100
18	100
19	100
20	49
21	100
22	49
26	49
Σ	1411

Quinta etapa – calculou-se os somatórios dos escores de cada item de cada aluno: Σx_1 ; Σx_2 ; e assim sucessivamente.

Sexta etapa – calculou-se o somatório do total de cada aluno: Σy .

Sétima etapa– calculou-se os somatórios dos produtos dos escores de cada item dos alunos pelo total de cada aluno (somatório da segunda etapa): $\Sigma x_1.y$; $\Sigma x_2.y$; e assim sucessivamente.

Oitava etapa – calculou-se o somatório do quadrado do escore de cada item (terceira etapa):

Σx_1^2 ; Σx_2^2 ; e assim sucessivamente.

Nona etapa – calculou-se o somatório do quadrado do total de cada aluno (quarta etapa):

Σy^2 .

Décima etapa– calculou-se o produto dos somatórios dos escores de cada item (quinta etapa) pelo somatório do total (sexta etapa) dividido pelo total de alunos que fizeram o pós-teste (n):

$(\Sigma x_1.\Sigma y)/n$; $(\Sigma x_2.\Sigma y)/n$; e assim sucessivamente. Os resultados estão dispostos na tabela 5.

Tabela 5: Produto do somatório dos escores de cada item pelo somatório do total.

Item	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	148,2778	148,2778	122,1111	113,3889	148,2778	113,3889	157	148,2778	130,8333	139,5556

Décima primeira etapa – foi calculado o somatório do quadrado do resultado de cada item (oitava etapa) dividido pelo número de alunos (n) :

$(\Sigma x_1^2)/n$; $(\Sigma x_2^2)/n$; e assim sucessivamente. Os resultados obtidos estão indicados na tabela 6, a seguir

Tabela 6: Média do somatório do resultado de cada item

itens	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	16,05556	16,05556	10,88889	9,388889	16,05556	9,388889	18	16,05556	12,5	14,22222

Décima segunda etapa– foi calculado o somatório do quadrado do total de cada aluno (9º passo) dividido pelo total de alunos pela fórmula $\Sigma (y^2)/n$

$$\Sigma(y^2) / n = 157^2 / 18 = 1369,389$$

Décima terceira etapa – calculamos o coeficiente de correlação de Pearson para cada item (r_{xy}) com a seguinte fórmula:

$$r_{xy} = \frac{\Sigma xy - \Sigma x \cdot \Sigma y / n}{((\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2 / n) \cdot (\Sigma y^2 - (\Sigma y)^2 / n))^{0,5}}$$

Os resultados obtidos para cada item estão indicados na tabela 7

Tabela 7: Coeficiente de correlação de Pearson para cada item do pós teste.

Item	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
coef.	0,274724	0,593758	0,781241	0,457745	0,593758	0,620902	#DIV/0!	0,115207	0,506566	0,516742

Foram considerados satisfatórios os resultados obtidos nos itens 2, 3, 4, 5, 6, 9 e 10.

Os itens 1, 7 e 8 ficaram deficientes. Como o cálculo do coeficiente de correlação permite medir o quanto é a relação entre as duas variáveis, no caso o escore de cada item o total, dessa forma é possível mensurar o quanto cada variável se relaciona com a outra, o que dá condição de averiguar a intensidade da relação entre os pares de variáveis.

Após os resultados obtidos foi recalculado o coeficiente de fidedignidade alfa (coeficiente de Cronbach) para o pós - teste da primeira área, que havia apresentado um resultado igual a 0,59 com os 10 itens, retirados os itens 1, 7 e 8 o novo coeficiente passou para 0,69.

APÊNDICE H - COMPARAÇÃO ENTRE PRÉ E PÓS-TESTE EM UM ÚNICO GRUPO

Esse Apêndice apresenta o procedimento e os resultados obtidos na comparação entre pré e pós-teste em um único grupo, que foram aplicados na primeira área nos alunos da disciplina Fundamentos de Astronomia e Astrofísica em 2011/2.

Para estabelecer a comparação entre os resultados obtidos em duas aplicações do mesmo teste (pré e pós-testes) em um único grupo, inicialmente selecionou-se os alunos que responderam às duas atividades. Foi definido por X o resultado obtido antes (pré) e por Y o resultado obtido depois (pós). Partindo desses resultados calculou-se o ganho (G) pela diferença entre o Y e o X. Posteriormente calculou-se o quadrado dos ganhos G^2 e os seus somatórios ΣG e ΣG^2 . Os valores encontrados foram indicados conforme a tabela a seguir.

Tabela: comparação entre pré e pós-teste

Aluno	X	Y	G=Y-X	G ²
1	9	10	1	1
2	7	9	2	4
4	9	8	-1	1
5	6	10	4	16
7	9	10	1	1
8	8	10	2	4
11	4	5	1	1
12	7	9	2	4
14	6	7	1	1
15	9	8	-1	1
17	6	10	4	16
18	8	10	2	4
20	6	7	1	1
21	9	10	1	1
			$\Sigma G=20$	$\Sigma G^2=56$

Na sequência é apresentado as etapas de como foi realizada a comparação pelo *teste t de Student para as variáveis relacionadas*.

Primeira etapa:

Com a fórmula

$\bar{G} = \frac{\Sigma G}{n}$, em que n é o número de alunos, foi feito o cálculo do ganho médio.

O resultado obtido foi

$$\bar{G} = \frac{20}{14} = 1,428.$$

Segunda etapa:

Com a fórmula

$$S_{\bar{G}} = \sqrt{\frac{\sum G^2}{n} - \frac{\bar{G}^2}{n-1}}, \text{ foi calculado o desvio padrão (erro padrão) do ganho médio.}$$

O resultado obtido foi

$$S_{\bar{G}} = \sqrt{\frac{56}{14} - \frac{1,428^2}{14-1}} = \sqrt{\frac{4 - 2,039}{13}} = \sqrt{\frac{1,961}{13}} = \sqrt{0,1508} = 0,388$$

.

Terceira etapa

Com a fórmula

$$t = \frac{\bar{G}}{S_{\bar{G}}}, \text{ calculou-se a razão } t \text{ de Student.}$$

O resultado obtido foi

$$t = \frac{1,428}{0,388} = 3,6799.$$

Para se avaliar a significância estatística do ganho médio recorre-se à tabela do Anexo. O número de graus de liberdade (g.l) para a *razão t de Student* é o número de alunos menos um, no caso g.l.= 13. Analisando a tabela em anexo observa-se que o nível de significância estatística associado a $t = 3,6799$ é inferior a 0,01, uma vez que nesse nível (0,01) a tabela indica para g.l.=13, $t = 3,01$. Sendo assim, conclui-se que a probabilidade que a diferença média entre o pós e o pré-teste tenha sido casual (nível de significância estatística) é muito pequena (inferior a 1%). Portanto, acredita-se que houve uma evolução do grupo de alunos nos seus números de acertos sobre os conteúdos avaliados no teste da 1ª área da disciplina.

ANEXO – Valores críticos da razão t de Student

g.l.	ns = 0,10	ns = 0,05	ns = 0,01
1	6,31	12,71	63,66
2	2,92	4,30	9,92
3	2,35	3,18	5,84
4	2,13	2,78	4,60
5	2,02	2,57	4,03
6	1,94	2,45	3,71
7	1,89	2,36	3,50
8	1,86	2,31	3,36
9	1,83	2,26	3,25
10	1,81	2,23	3,17
11	1,80	2,2	3,11
12	1,78	2,18	3,05
13	1,77	2,16	3,01
14	1,76	2,14	2,98
15	1,75	2,13	2,95
16	1,75	2,12	2,92
17	1,74	2,11	2,90
18	1,73	2,10	2,88
19	1,73	2,09	2,86
20	1,72	2,09	2,85
21	1,72	2,08	2,83
22	1,72	2,07	2,82
23	1,71	2,07	2,81
24	1,71	2,06	2,80
25	1,71	2,06	2,79
26	1,71	2,06	2,78
27	1,70	2,05	2,77
28	1,70	2,05	2,76
29	1,70	2,05	2,76
30	1,70	2,04	2,75
35	1,69	2,03	2,72
40	1,68	2,02	2,70
50	1,68	2,01	2,68
60	1,67	2,00	2,66
70	1,67	1,99	2,65
100	1,66	1,98	2,63
∞	1,65	1,96	2,58

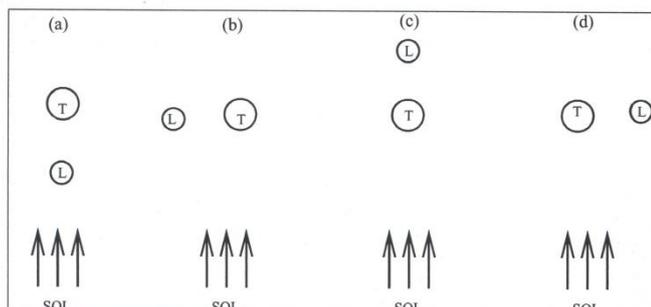
APÊNDICE I – PROVAS DE ASTRONOMIA

Departamento de Astronomia - Instituto de Física
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

FIS02010 - FUNDAMENTOS DE ASTRONOMIA E ASTROFÍSICA
1a. PROVA 2011/2 - TURMA C - Profa. Maria de Fátima Saraiva

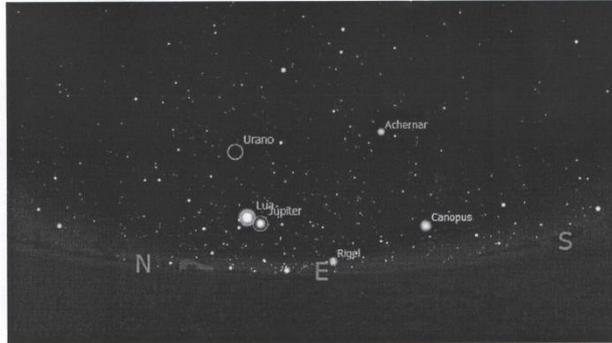
NOME: _____

1. Em Porto Alegre nós nunca vemos a estrela Polar. Isso acontece por que
 - (a) A estrela Polar fica sempre abaixo do horizonte para nós.
 - (b) A estrela Polar é muito fraca para ser vista do hemisfério sul
 - (c) A estrela Polar só é vista do polo norte
 - (d) Só quem acredita em lendas ve a estrela Polar.
2. Observando o céu em uma noite estrelada vemos que, com o passar das horas, as estrelas mudam de posição, ficando cada vez mais elevadas no lado leste e cada vez mais baixas no lado oeste. Esse movimento tem como causa:
 - (a) O movimento das estrelas em torno da Terra
 - (b) O movimento das estrelas em torno do centro da Galáxia
 - (c) O movimento de rotação da Terra em torno de seu próprio eixo
 - (d) O movimento de translação da Terra em torno do Sol
3. Em Porto Alegre quando o Sol fica exatamente acima de tua cabeça, de forma que não tens sombra nenhuma?
 - (a) Nunca.
 - (b) Somente no primeiro dia da primavera e no primeiro dia do outono.
 - (c) Somente no meio do verão.
 - (d) Somente no primeiro dia do verão.
 - (e) Todos os dias, ao meio-dia.
4. A causa das estações do ano é
 - (a) a inclinação do equador da Terra em relação ao plano orbital
 - (b) o fato da órbita da Terra não ser exatamente circular, e sim elíptica
 - (c) o movimento de precessão da Terra, que faz o eixo da Terra mudar de direção fato de ter mais água no hemisfério sul da Terra do que no hemisfério norte
 - (d) o ciclo de atividade solar, que interfere na energia que chega à Terra
5. Qual das seguintes posições relativas entre Sol, Terra e Lua corresponde à Lua Cheia?
 - (a)
 - (b)
 - (c)
 - (d)

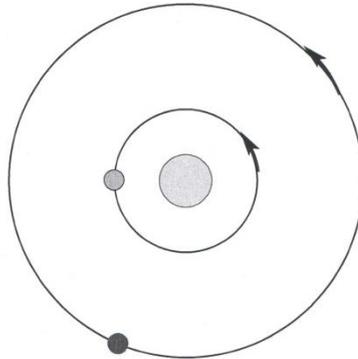


6. A distância média de Marte ao Sol é maior do que a distância média da Terra ao Sol. Portanto, o período e a velocidade orbital de Marte, comparados com o período e a velocidade orbital da Terra, são, respectivamente
- (a) maior - menor
 - (b) menor - maior
 - (c) igual - menor
 - (d) maior - maior
 - (e) menor - menor
7. A ordem dos planetas de acordo com sua distância ao Sol é:
- (a) Vênus, Terra, Marte, Mercúrio, Júpiter, Saturno, Urano, Netuno
 - (b) Vênus, Terra, Mercúrio, Marte, Júpiter, Saturno, Urano, Netuno
 - (c) Mercúrio, Vênus, Terra, Marte, Saturno, Júpiter, Urano, Netuno
 - (d) Mercúrio, Vênus, Terra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano, Netuno
8. Os eclipses solares acontecem durante
- (a) a lua nova
 - (b) a lua cheia
 - (c) a lua crescente ou minguante
 - (d) qualquer fase da Lua
9. Uma diferença básica entre satélites e planetas é que
- (a) os os planetas orbitam o Sol, os satélites orbitam os planetas.
 - (b) os planetas são esféricos, os satélites não são.
 - (c) os satélites são rochosos, os planetas são gasosos.
 - (d) os satélites são pequenos, os planetas são grandes.
10. Visto da Terra, o Sol tem um diâmetro angular de 0,5 graus. Se fosse visto de Saturno, que está 10 vezes mais distante do Sol do que a Terra, o diâmetro angular do Sol, em graus, seria :
- (a) 0,5.
 - (b) 0,25.
 - (c) 5 .
 - (d) 0,05.
11. No próximo dia 23 de setembro acontece o equinócio de primavera no hemisfério sul.
- (a) O que caracteriza essa data, do ponto de vista astronômico? (pense no movimento anual do Sol)
 - (b) Em que ponto do horizonte o Sol nasce nesse dia? Em que ponto se põe?
 - (c) Quantas horas o Sol ficará acima do horizonte em Porto Alegre (latitude= 30 graus S), nesse dia? E em Austin, Tx (latitude 30 graus N)?
 - (d) Alta, na Noruega, tem latitude de 70 graus N e é uma cidade cuja maior atração turística é o Sol da meia-noite. Explique o que é esse fenômeno e se ele vai acontecer em Alta nos próximos meses.
 - (e) Lembrando que a insolação é proporcional ao seno da altura do sol ($I/\text{sen } h$), compare qualitativamente a insolação, no dia do equinócio, em Porto Alegre, em Austin, e em Alta. Justifique.
12. No dia 11 de julho ocorreu um eclipse total da Lua, visível em Porto Alegre, e duas semanas depois aconteceu um eclipse parcial do Sol, não visível em Porto Alegre.
- (a) Qual era a fase da Lua no dia 15 de julho?
 - (b) Duas semanas depois desse dia aconteceu um outro eclipse. Esse outro eclipse foi do Sol ou da Lua?
 - (c) Poderemos ter mais eclipses ainda este ano? Explique.

13. Quem olhar na direção da Lua depois das 22 h de hoje ou de amanhã (15 de setembro de 2011), verá que próximo a ela se encontra uma estrela bem brilhante, que, na verdade é o planeta Júpiter.



- (a) A distância de Júpiter à Terra, hoje, é de 632 milhões de km, e seu diâmetro angular aparente é de $47''$ ($=0,013^\circ$). Calcule o diâmetro real de Júpiter, em km.
- (b) Júpiter esteve em quadratura oeste há um mês, quando nasceu à meia-noite. No desenho abaixo, estão representadas as órbitas da Terra e de Júpiter em torno do Sol e os três astros nessa configuração. Indique, na figura, o ângulo que representa a elongação de Júpiter e escreva o valor desse ângulo.



- (c) Sabendo que Júpiter repete essa mesma configuração a cada 400 dias (aproximadamente), qual o período orbital de Júpiter? Use a relação abaixo.

$$\frac{1}{S} = \left(\frac{1}{P_i} - \frac{1}{P_e} \right)$$

- (d) Sabendo que a excentricidade da órbita de Júpiter é 0,05, e sua distância no periélio é 4,92 UA. Qual a sua distância ao Sol no afélio, em UA?
- (e) Calcule a velocidade orbital de Júpiter quando está no periélio. Use a equação da velocidade abaixo.

$$v^2 = G(M + m) \left[\frac{2}{r} - \frac{1}{a} \right]$$

14. Júpiter tem atualmente cerca de 65 luas conhecidas. As quatro maiores delas foram observadas por Galileu, em 1610. As distâncias médias a Júpiter (a) e os períodos orbitais (P) de 3 luas galileanas de Júpiter são: Io: a = 421.800 km, P = 1,8 dias Europa: a = 670.000 km, P = 3,5 dias Ganimede: a = 1.000.000 km, P = 7 dias

- (a) Calcule a razão média P^2/a^3 (em dias²/km³) para o sistema de Júpiter e suas luas. Calcule a massa de Júpiter, em massas terrestres, sabendo que, para o sistema Terra-Lua, a razão $P^2/a^3 = 1,3 \times 10^{-14}$ dias²/km³.
- (b) Calisto, a 4.a lua galileana, está a uma distância média de Júpiter de 1.800.000 km. Qual o seu período orbital, em dias?

15. Sobre forças de maré:

- (a) Faça um desenho representando a deformação da parte líquida da Terra durante a Lua Cheia, levando em conta as marés provocadas pela Lua e pelo Sol.
- (b) Io tem aproximadamente o mesmo tamanho e a mesma massa da Lua, e está aproximadamente à mesma distância de Júpiter que a Terra está da Lua. A massa de Júpiter é aproximadamente 300 vezes a massa da Terra, e o raio de Júpiter é aproximadamente 10 vezes o raio da Terra. Lembrando que a força de maré por unidade de massa é dada por:

$$\frac{\Delta F}{m} \simeq 2GMR/r^3$$

calcule razão entre a força de maré de Júpiter em Io e a força de maré da Terra na Lua.

16. Coloque V (verdadeiro) ou F (falso) nas seguintes afirmações

- () Existem atualmente 8 objetos classificados como planetas no sistema solar.
- () As órbitas dos planetas são elipses muito alongadas.
- () As órbitas dos planetas estão todas aproximadamente no mesmo plano.
- () A massa de todos os planetas juntos é aproximadamente igual à metade da massa do Sol.
- () Os planetas terrestres são pequenos e densos, os planetas jovianos são grandes e pouco densos.
- () Entre os planetas terrestres, Vênus é o mais quente, e Marte é o mais frio.
- () Uma diferença entre satélites e asteróides é que os primeiros orbitam os planetas, e os segundos orbitam o sol.
- () Estrela cadente é o nome popular dado aos cometas.
- () Todos os asteróides do sistema solar localizam-se entre as órbitas de Marte e Júpiter.
- () A cauda de um cometa sempre aponta na direção oposta à de seu movimento.

Constantes Físicas:

- Velocidade da luz $c = 3 \times 10^8$ m/s
- Constante gravitacional $G = 6,67 \times 10^{-11}$ m³/(s² kg) = $4\pi^2 \text{UA}^3 / (\text{ano}^2 M_\odot) = 4\pi^2 (\text{distancia Terra - Lua})^3 / (\text{messideral}^2 M_{\text{Terra}})$
- Constante de Boltzmann $k = 1,381 \times 10^{-23}$ J/K
- Massa do átomo de hidrogênio $m_H = 1,663 \times 10^{-27}$ kg

Constantes Astronômicas:

- Distância Terra-Sol UA = $1,49 \times 10^{11}$ m
- Massa do Sol $M_\odot = 1,99 \times 10^{30}$ kg
- Raio do Sol $R_\odot = 6,95 \times 10^8$ m
- Massa da Terra $M_\oplus = 5,977 \times 10^{24}$ kg
- Raio da Terra $R_\oplus = 6,37 \times 10^6$ m

Fórmulas úteis

•

$$(M + m) = \frac{4\pi^2}{G} \frac{a^3}{P^2}$$

Departamento de Astronomia- Instituto de Física
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
FIS2001-FUNDAMENTOS DE ASTRONOMIA E ASTROFÍSICA
2ª PROVA- OUTUBRO DE 2011- Turma C

Nome:

1. Marque com um X a alternativa correta em cada item:

I) O principal processo de geração de energia no Sol é

- (A) fusão termonuclear.
- (B) combustão química.
- (C) movimento do gás dentro do Sol.
- (D) contração gravitacional.

II) Os elementos mais abundantes nas estrelas são:

- (A) hidrogênio e oxigênio.
- (B) hélio e carbono.
- (C) oxigênio e nitrogênio.
- (D) hidrogênio e hélio.

III) Em analogia com a definição de ano-luz, um minuto-luz pode ser definido como:

- (A) a distância entre a Terra e o Sol.
- (B) a distância percorrida pela luz em um minuto.
- (C) o tempo que dura um minuto quando estamos à velocidade da luz.
- (D) o tempo que a luz leva para percorrer a distância entre a Terra e o Sol.

IV) Comparando duas estrelas, uma azulada e outra avermelhada, pode-se afirmar que:

- (A) a vermelha é mais distante.
- (B) a azul é mais fria.
- (C) a azul é mais quente.
- (D) a vermelha é mais brilhante.

V) O Sol é uma estrela que está na metade de sua vida. Sua idade é em torno de:

- (A) 5 milhões de anos.
- (B) 1 milhão de anos.
- (C) 1 trilhão de anos.
- (D) 5 bilhões de anos.

VI) Quando o Sol "morrer", ele vai se transformar em:

- (A) uma anã branca.
- (B) um buraco negro.
- (C) uma estrela de nêutrons.
- (D) uma supernova.

VII) Sejam duas estrelas, A e B, de mesma luminosidade. Se a estrela A está duas vezes mais distante do que a estrela B, então o brilho aparente da estrela B será:

- (A) quatro vezes menor.
- (B) duas vezes menor.
- (C) duas vezes maior.
- (D) quatro vezes maior.

VIII) Duas estrelas, chamadas A e B, têm a mesma temperatura, mas a estrela A é 10 vezes mais luminosa. Podemos afirmar que:

- (A) A estrela A tem uma área superficial 10 vezes maior.
- (B) A estrela A deve ser 10 vezes mais fria.
- (C) A estrela A deve ser 10 vezes mais quente.
- (D) A estrela A deve ter um raio 10 vezes menor.

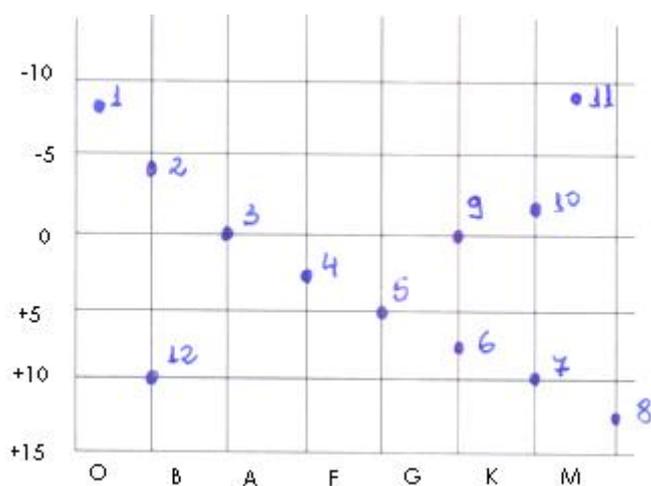
IX) Quando uma estrela se forma, quanto maior sua massa,

- (A) maior a sua luminosidade e maior a sua temperatura.
- (B) menor a sua luminosidade e maior a sua temperatura.
- (C) menor a sua luminosidade e menor a sua temperatura.
- (D) maior a sua luminosidade e menor a sua temperatura.

X) O diagrama H-R para o estudo das estrelas é um gráfico de:

- (A) a luminosidade versus a magnitude absoluta.
- (B) cor versus a temperatura.
- (C) H versus R.
- (D) cor versus tipo espectral.

2. A figura mostra o diagrama HR de algumas estrelas.



- (a) Que propriedade física está associada ao que está plotado nos eixos X e Y?
- (b) Qual é a estrela mais quente e qual é a estrela mais fria?
- (c) Qual é a mais luminosa e qual é a menos luminosa?
- (d) Qual é a maior e qual é a menor?
- (e) Entre as que estão na SP, qual é a mais massiva e qual é a menos massiva?

3. A estrela Alfa Centauri é um sistema triplo composto pelas estrelas A, B e C. A estrela A tem magnitude aparente $m_A = -0,01$, a estrela B tem magnitude aparente $m_B = +1,3$, e a estrela C tem magnitude aparente $m_C = +10,7$. A paralaxe do sistema é $0,77''$.

- (a) Qual é a distância desse sistema, em parsecs?
- (b) Qual é a magnitude aparente total do sistema?
- (c) Qual é a magnitude absoluta total do sistema?
- (d) Qual é a estrela mais brilhante do sistema, e quantas vezes ela é mais brilhante do que a mais fraca?
- (e) A separação angular entre as estrelas A e B é 2 UA. Qual é a separação angular entre elas?
- (f) Sabendo que o período orbital do sistema é 2 anos, e desprezando a estrela C, calcule a massa do sistema (A+B), em massas solares.

4. Sírius é uma estrela A1V, com temperatura efetiva de 9 000 K.

- (a) O que significa a classificação A1V?
- (b) Em que comprimento de onda Sírius emite o máximo de sua radiação?
- (c) Quanto mais energia por segundo Sírius emite, comparada com uma estrela de mesma temperatura, mas cujo raio é a metade do seu raio?
- (d) Se observarmos Sírius com um espectroscópio, que tipo de espectro vamos observar? (De acordo com os tipos de espectros observados por Kirchoff.)
- (e) Quais as linhas espectrais mais importantes que aparecem nesse espectro?
- (f) Como se formam essas linhas?

5. Considere a tabela abaixo:

Nome	Magnitude visual aparente (V)	Magnitude visual absoluta (M_V)	Classe espectral	(B-V) ₀
Sol	-26,7	+4,8	G2V	0,6
Spica	+0,91	-3,6	B1V	-0,30

- (a) Comparada com o Sol, Spica é mais azul ou mais vermelha?
- (b) Qual é a magnitude absoluta de Spica no azul?
- (c) Suponha que a magnitude azul aparente de Spica é 0,71. Qual é o seu excesso de cor E (B-V)?
- (d) Qual é a luminosidade de Spica em luminosidades solares?
- (e) Usando a relação $L \propto M^3$, determine a massa de Spica em massas solares?
- (f) Sabendo que o Sol ficará 10 bilhões de anos na SP, quanto tempo ficará Spica nesse estágio de evolução?

6. A constante solar, isto é, o fluxo (luminosidade/ área) de radiação solar chega à Terra é 1 390 W/m².

- (a) Sabendo que a distância do Sol à Terra é de $1,50 \times 10^8$ m, encontre a luminosidade do Sol (em watts).
- (b) Qual é a fonte de energia, em que parte do Sol ela é produzida e como ela é transportada até a superfície?
- (c) Como se dá o equilíbrio mecânico do Sol?
- (d) Sabendo que a massa de um núcleo de hidrogênio é de 1,007 u.m.a., e a massa de um núcleo de hélio é de 4,002 u.m.a., calcule quanto da massa é transformada em energia na fusão do hidrogênio em hélio.
- (e) Considerando que apenas 10% da massa de uma estrela pode ser usada como combustível durante a sua vida na sequência principal, mostre que o tempo de vida do Sol na SP é de 10^{10} anos.
- (f) Segundo os modelos de evolução estelar, o que acontecerá com o Sol ao fim desse tempo? Explique as fases pelas quais ele passará e qual será o seu destino final.
- (g) Quando o Sol atingir o seu estágio final, qual será, aproximadamente, a sua massa e o seu raio? Qual será então a sua densidade?

Pontuação: A 1ª questão vale 1,0 ponto. Todos os demais itens das demais questões valem 0,3 ponto cada, totalizando 10 pontos dessa prova.

Fórmulas:

- $\lambda_{\text{max}} T = 0,0029 \text{ mK}$
- $L = 4 \pi R^2 \sigma T^4$
- $m_1 - m_2 = -2,5 \log \left(\frac{F_1}{F_2} \right)$
- $m - M = -5 + 5 \log d(\text{pc})$

Constantes:

- Constante gravitacional $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ (Nm}^2\text{)/ kg}^2$
- Massa da Terra $M_{\oplus} = 5,97 \times 10^{24} \text{ kg}$
- Raio da Terra $R_{\oplus} = 6\,370 \text{ km}$
- Massa do Sol $M_{\odot} = 1,98 \times 10^{30} \text{ kg}$
- Raio do Sol $R_{\odot} = 696\,000 \text{ km}$
- Distância Terra-Sol = unidade astronômica (UA) = $1,496 \times 10^8 \text{ km}$
- Velocidade da luz = $c = 2,9979 \times 10^8 \text{ m/s}$
- Constante de Steffan – Boltzmann $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ J/(s m}^2 \text{ K}^4)$

Departamento de Astronomia - Instituto de Física
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

FIS2001 - FUNDAMENTOS DE ASTRONOMIA E ASTROFÍSICA
3.a PROVA 2011/2

NOME: _____ TURMA: C

I. Nas questões abaixo, escolha a alternativa mais correta. (Cada questão vale 0,2 pontos.)

1. O fato de enxergarmos a Via Láctea como uma faixa no céu NÃO está relacionado com o fato de:
 - (a) A Via Láctea ser uma galáxia achatada
 - (b) Vermos a Via Láctea de perfil
 - (c) Estarmos dentro da Via Láctea
 - (d) Ter muita poeira no disco da Via Láctea
2. O primeiro elemento criado no universo e o mais abundante nele é:
 - (a) hidrogênio
 - (b) oxigênio
 - (c) nitrogênio
 - (d) carbono
3. A conclusão de que quasares são objetos muito distantes é baseada no fato de que:
 - (a) seu espectro apresenta um grande desvio para o vermelho
 - (b) têm aparência estelar
 - (c) são objetos muito jovens
 - (d) são muito luminosos
4. De acordo com sua morfologia, as galáxias são classificadas em três tipos básicos:
 - (a) bojos, discos e halos.
 - (b) elípticas, espirais e irregulares.
 - (c) difusas, compactas e ativas.
 - (d) quasares, radio-galáxias e seyferts
5. A evidência observacional de que existe matéria escura nas galáxias é:
 - (a) as grandes bandas escuras visíveis nas fotos das galáxias
 - (b) o fato de que as velocidades das estrelas e do gás localizados nas partes externas das galáxias são maiores do que seria esperado com base na matéria luminosa contida na galáxia
 - (c) a presença de buracos negros supermassivos nos centros das galáxias têm um buraco negro no centro
 - (d) a escuridão do céu noturno
6. A descoberta de qual relação levou os astrônomos a concluir que o Universo está em expansão?
 - (a) A relação entre o período de variabilidade e a luminosidade das estrelas cefeidas.
 - (b) A relação entre a velocidade de afastamento das galáxias e as suas distâncias.
 - (c) A relação entre a massa e a luminosidade das galáxias.
 - (d) A relação entre a cor e a temperatura das estrelas.

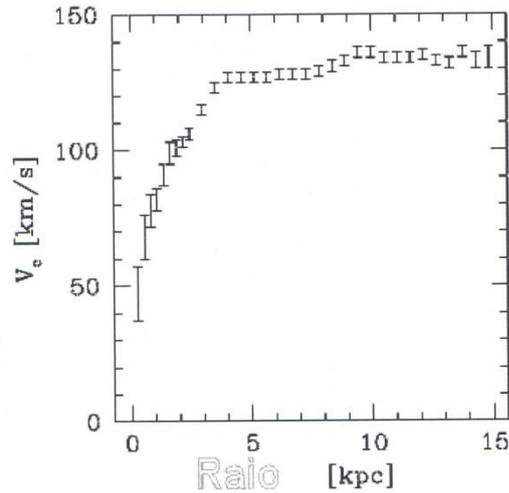
7. Qual das seguintes listas está organizada de forma a representar o "endereço cósmico" da Terra?
- Terra, Sistema Solar, galáxia de Andrômeda, Grupo Local de galáxias, Superaglomerado de Virgem, Universo.
 - Terra, Sistema Solar, galáxia de Sagitário, Aglomerado de Virgem, Superaglomerado de Virgem, Universo.
 - Terra, Sistema Solar, Via Láctea, Grupo Local de galáxias, Superaglomerado de Coma, Universo.
 - Terra, Sistema Solar, Via Láctea, Grupo Local de galáxias, Superaglomerado Local, Universo.
8. Entre as afirmações:
- galáxias espirais são mais jovens do que as elípticas.
 - galáxias espirais são mais achatadas do que as elípticas.
 - galáxias espirais têm mais formação estelar do que as elípticas.
- As três frases estão corretas.
 - Apenas I e II estão corretas.
 - Apenas II e III estão corretas.
 - Nenhuma está correta.
9. Um tipo de fenômeno que NÃO oferece evidência observacional para a teoria do Big Bang é
- a radiação cósmica de fundo do universo
 - o redshift das galáxias
 - a escuridão do céu noturno
 - a absorção da luz das estrelas pelo gás intergaláctico
10. "Atualmente os cosmólogos acreditam que a maior componente do universo é a, a qual é responsável pela do universo."
- A alternativa que contém as frases que completam corretamente essa afirmação é:
- matéria escura - expansão retardada
 - energia escura - expansão retardada
 - energia escura - expansão acelerada
 - matéria escura - expansão acelerada

II. Questões e Problemas. (Em cada questão escolher quatro subitens para responder. Cada subitem vale 0,4 pontos.)

1. Sobre a Via Láctea:

- Qual a forma e diâmetro aproximado da Via Láctea? Que posição o Sol ocupa nela? Faça um desenho ilustrativo.
- Considerando que o Sol está a uma distância de 8,5 kpc do centro da Galáxia, tem órbita aproximadamente circular com velocidade de 220 km/s, e uma idade de 5 bilhões de anos, calcule a duração do "ano galáctico" e quantas voltas o Sol já deu em volta do centro galáctico.
- Por que a rotação diferencial foi descartada como origem da estrutura espiral? Qual é a idéia moderna para explicar a estrutura espiral da Via Láctea e das outras galáxias espirais?
- Quais dos seguintes tipos de objetos são sempre encontrados nos braços espirais? (Assinale as alternativas corretas)
 - estrelas jovens azuis e luminosas
 - estrelas frias e de baixa luminosidade
 - nuvens de gás ionizado, onde ocorre formação estelar, como regiões HII
 - aglomerados globulares
- Qual é a diferença de população I e população II em termos de idade, composição química, localização na Galáxia, e características orbitais?

2. A figura abaixo é a curva de rotação da galáxia NGC 2403.



- (a) Mostre que, para uma galáxia discoidal, cujas estrelas do disco se movem em órbitas aproximadamente circulares, a massa interna a um raio R pode ser calculada através da relação:

$$M_G(R) = \frac{V(R)^2 R}{G}$$

- (b) Use essa relação para calcular a massa da galáxia NGC 2403 interna a 10 kpc. Dê seu resultado em massas solares.
- (c) Mostre que, se a partir de um raio R a massa não aumentar mais, a partir desse raio se mantém a relação entre velocidade orbital e raio: $v^2 R = \text{constante}$. Daí use essa relação para calcular qual seria a velocidade de uma estrela a um raio de 15 kpc, supondo que a massa de NGC 2403 não aumentasse mais a partir de 10 kpc. Desenhe na figura como ficaria a curva a partir de 10 kpc.
- (d) Supondo que a matéria luminosa dessa galáxia localizada em $R > 10$ kpc seja desprezável comparada com a massa até 10 kpc, o que se pode concluir do fato de que a curva de rotação permanecer constante a partir desse raio? (quanta massa é necessária ter além de 10 kpc para justificar a curva de rotação observada? Que tipo de massa é essa?)

3. Considere 4 galáxias classificadas como Sa, SBb, Sc, E3.

- (a) Qual tem o bojo menor com relação ao disco? Faça um desenho esquemático dela, representando o tamanho entre bojo e disco e também o grau de enrolamento dos braços espirais.
- (b) Qual tem os braços espirais mais finos e enrolados? Faça um desenho esquemático dela, com os mesmos critérios pedidos no item anterior.
- (c) Qual é barrada? Faça o desenho.
- (d) Qual só tem a componente esferoidal? Represente sua forma por um desenho.
- (e) Existem diferenças significativas de idades (época em que se formaram) entre os 4 tipos de galáxias? E entre as estrelas que as compõem? Explique.

4. Uma certa galáxia apresenta em seu espectro a linha $H\alpha$, cujo comprimento de onda de repouso é em $\lambda = 6563\text{\AA}$, deslocada para $\lambda = 7000\text{\AA}$, determine:
- (a) Qual o redshift dessa galáxia?
 - (b) Supondo que o redshift seja $Z = 0,07$, qual a sua velocidade de recessão?
 - (c) Supondo que a velocidade de recessão seja $v = 20000\text{ km/s}$, use a lei de Hubble para calcular a distância dessa galáxia. Use $H = 71\text{ km/(s Mpc)}$
 - (d) Se a magnitude aparente dessa galáxia é $m = 15$, e supondo que sua magnitude absoluta seja -22 , qual a sua distância determinada pelo módulo de distância?
 - (e) Se usarmos a lei de Hubble, para encontrar a distância da galáxia, que valor encontraremos? (use $H_0 = 71\text{ km/s/Mpc}$)
 - (f) Considerando que a distância da galáxia seja 300 Mpc (300 milhões de parsecs), e que o seu diâmetro angular seja $1'$, qual o seu diâmetro linear, em kpc?

5. Cosmologia:

- (a) Descreva a lei de Hubble em palavras. A partir dela, o que inferimos a respeito do universo a partir dela. (Pense no modelo do bolo de passas, ou do balão).
- (b) De acordo com a teoria do Big Bang original (sem constante cosmológica), quais os possíveis futuros do universo, e do que isso depende? (pense no parâmetro de densidade $\frac{\rho}{\rho_{\text{crit}}}$)
- (c) A partir da equação da velocidade de escape e da lei de Hubble, mostre que a densidade crítica é dada por:

$$\rho_{\text{crit}} = \frac{3 H_0^2}{8 \pi G}$$

- (d) Calcule o valor da densidade crítica para $H_0 = 71 \text{ (km/s)/Mpc}$
- (e) A idade do universo (tempo de Hubble) correspondente a valor de H_0 é 14 bilhões de anos; qual a idade do universo correspondente a um valor de $H_0 = 100 \text{ (km/s)/Mpc}$?
- (f) O que é a radiação cósmica de fundo? (De que regiões do universo provém? Em que região do espectro é detectada? Qual a sua temperatura? Em que época do universo foi gerada, segundo o modelo do Big Bang?)

Dados e fórmulas:

- Velocidade da luz $c \simeq 300\,000$ km/s
- $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{N m}^2/\text{kg}^2 = 4\pi^2 \text{UA}^3/(\text{M}_\odot \text{ano}^2)$
- 1 parsec $\simeq 3,0 \times 10^{13}$ km $= \simeq 2 \times 10^5$ UA;
- 1 Megaparsec (Mpc) $= \simeq 3,0 \times 10^{19}$ km =
- 1 ano-luz $\simeq 10^{13}$ km
- 1 ano $\simeq 3 \times 10^7$ s;
- 1 UA/ano $\simeq 5$ km/s
- Massa do Sol $M_\odot \simeq 2 \times 10^{30}$ kg
- $(M + m)(M_\odot) = \frac{[a(\text{UA})]^3}{[P(\text{anos})]^2}$
- $m - M = -5 + 5 \log d(\text{pc})$
- $\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{v}{c}$
- $v_{esc} = \frac{2GM}{r}^{1/2}$
- $\rho = \frac{3M}{4\pi r^3}$
-

$$Z = \sqrt{\frac{(1+v/c)}{(1-v/c)}} - 1 \Rightarrow \frac{v}{c} = \frac{(1+Z)^2 - 1}{(1+Z)^2 + 1}$$

APÊNDICE J - ENTREVISTAS

Entrevista com o aluno aprovado com conceito C: dia 30/12/2011, em seu local de trabalho.

1) Prezado aluno XXXXXXX qual é o curso que tu faz? Em que semestre tu te encontras no referido curso?

Resposta: Licenciatura em Física e estou concluindo o 1º semestre.

2) Ao te matricular sabias que a disciplina seria na modalidade a distância? Te matriculastes na disciplina por ser apresentado nessa modalidade ou por outro motivo (que motivo)?

Resposta: Sabia, fui informado e não tinha outras opções de fazer mais cadeiras.

3) Foi a primeira vez que fizeste um curso na modalidade a distância? Como foi essa experiência? Ficou dentro de tuas expectativas? Já havias trabalhado com a plataforma Moodle?

Resposta: Sim a 1ª vez que trabalhei com EAD, não tinha a real noção da profundidade dos conteúdos trabalhados, minha expectativa foi superada, tanto em conhecimento adquirido como nas dificuldades encontradas (em Matemática). Já havia trabalhado com o MOODLE na FACED e em Física 1 (postando trabalhos que valiam nota, mas sem a interação do EAD).

4) Fale sobre a dinâmica das aulas, salientando aspectos que consideras positivo e negativos?

Resposta: Positivos: obriga o aluno a construir o conhecimento por si mesmo, fixou bem os conteúdos, algo novo.

Negativos: falta interação com os colegas, nos fóruns só havia interação com a professora e o tutor. Senti falta do presencial em alguns momentos.

Sugestão: fazer uma aula presencial facultativa por semana onde seriam abordados os pontos principais.

Às vezes eu não tinha dúvidas para tirar nos plantões, pois não havia entendido o conteúdo, faltava conhecimento de matemática para mim.

5) Faça considerações sobre o material base para as aulas

- clareza, organização, diagramação, tamanho das aulas.

Resposta: Material interessante, fácil de fazer buscas na internet, *links* e simulações muito bons. Faltou exemplos mais detalhados e mais exemplos das questões com cálculos assim como o gabarito para as atividades de fixação.

6) Quanto tempo aproximadamente tu usaste , em média, para a compreensão de cada aula?

Resposta: De 2 a 3 horas no total, mais tempo nas aulas da 2ª área.

7) Fale sobre a dinâmica nas atividades de avaliação das aulas

Resposta: Quando tinha uma avaliação por aula estava muito “pesado” depois, quando passamos a ter duas avaliações por semana ficou melhor.

8) Quanto tempo aproximadamente tu gastaste nas atividades de fixação de cada aula? E nas atividades de avaliação?

Resposta: 2 a 3 horas nos testes de fixação; 1 hora ou um pouco mais nas de avaliação.

9) Os fóruns abertos te pareceram produtivos?

Resposta: Não se desenvolviam, pois os alunos pouco participavam, participaram mais talvez apenas no 1º por causa da novidade.

10) Como foram as atividades presenciais?

Resposta:

- Aulas de dúvidas

Eram muito boas, sempre fui muito bem atendido, a professora incentivava, percebia que não estava abandonado, eram muito esclarecedores. Só não fui a duas aulas.

-Provas

Desenvolvi bem as questões teóricas as questões com cálculos deixei a desejar, me faltava “bagagem “

11) Como foi a relação com a Professora e com o tutor da disciplina?

Resposta: Muito boa nunca fiquei sem respostas e elas sempre foram imediatas. Fiquei impressionado com o tratamento dado por eles.

12) Farias mais disciplinas nessa modalidade? Recomendaria para teus colegas? Com que tipo de ressalvas?

Resposta: Sim faria, mas com as ressalvas que indiquei. Recomendaria mas diria que há muita exigência.

13) Algo a acrescentar?

Resposta: Agradecer o tratamento recebido pela professora.

Entrevista com o aluno aprovado com conceito A: dia 28/12/2011, na casa do aluno.

1) Prezado aluno XXXXX qual é o curso que tu faz?

Resposta: Licenciatura em Física

2) Em que semestre tu te encontras no referido curso?

Resposta: 2º semestre.

3) Ao te matricular sabias que a disciplina seria na modalidade a distância?

Resposta: Sim, fui informado nas opções de horários.

4) Te matriculaste na disciplina por ser apresentado nessa modalidade ou por outro motivo (que motivo)?

Resposta: Sim e foi o fator predominante para a minha matrícula na disciplina, pois só assim eu poderia ajustar melhor os demais horários para estudar.

5) Foi a primeira vez que fizeste um curso na modalidade a distância? Como foi essa experiência? Ficou dentro de tuas expectativas?

Resposta: 1ª vez, surpreendeu positivamente, superando as expectativas.

6) Já havias trabalhado com a plataforma Moodle ?

Resposta: Sim, na própria cadeira de Fundamentos de Astronomia e Astrofísica, na versão presencial usamos para receber materiais.

7) Fale sobre a dinâmica das aulas

Resposta: Como aspecto positivo os docentes estavam muito interessados em ajudar aos alunos, o que dava segurança. Os plantões presenciais, que poderiam ser em maior número, ajudavam a tirar dúvidas.

8) Faça considerações sobre o material base para as aulas

Resposta: clareza, organização, diagramação, tamanho das aulas.

Textos claros, diagramação adequada, cor nas imagens (o que é ótimo), *links* e simuladores. Poderia ter um número limitado de páginas em cada aula, sugestão, no máximo 20 páginas, achei necessário mais exemplos e com maior detalhamento nas suas resoluções.

9) Quanto tempo aproximadamente tu usaste , em média, para a compreensão de cada aula?

Resposta: Em média 3h para entender a matéria e 1h para resolução das atividades de avaliação.

Nunca fiz os testes de fixação de cada unidade. (Seria bom que o material apresentasse as respostas das atividades de fixação após cada aula).

10) Os fóruns abertos te pareceram produtivos?

Resposta: Creio que os fóruns de debates são fundamentais, mas pouco participei, pois achei que as minhas considerações tinham que ser feitas diretamente junto ao professor.

11) Como foram as atividades presenciais?

Resposta:

- Aulas de dúvidas:

Poderiam ser em maior número, me pareceu que o aluno não sabia que poderia solicitar encontros com o professor ou com o tutor.

Sugestão para as aulas presenciais: trazer um roteiro pronto com os pontos fundamentais a serem trabalhados junto aos alunos e no final abrir para as dúvidas.

-Provas:

Só foi cobrado o que foi apresentado, 2ª área muito difícil, prova muito extensa.

12) Como foi a relação com a Professora e com o tutor da disciplina?

Resposta: Muito bom o relacionamento com a professora e com o tutor;
A professora se mostrou muito flexível às dificuldades individuais dos alunos.

13) Farias mais disciplinas nessa modalidade? Recomendaria para teus colegas? Com que tipo de ressalvas?

Resposta: Faria, antes tinha um preconceito em relação ao EAD.
Recomendaria aos colegas com a ressalva que é necessário estudar para conseguir a aprovação.

APÊNDICE K – QUESTIONÁRIOS

Prezados alunos, estamos encaminhando, em anexo, uma breve **pesquisa** sobre as **aulas** em EAD que vocês participam junto com a professora Maria de Fátima Oliveira Saraiva.

A **pesquisa** é breve, só marcar "xis" no conceito que você estabelece para cada item. Nossa intenção com a **pesquisa** é averiguar como você está percebendo as **aulas**.

Contamos com a tua colaboração para melhorar as próximas **aulas** e as próximas edições do curso.

Pesquisa de Satisfação dos Alunos de Fundamentos de Astronomia e Astrofísica na Modalidade a Distância

1. Quanto ao Material Didático

	Ótimo	Muito Bom	Bom	Satisfatório	Insatisfatório
Apresentação do Material					
Organização do Material					
Recursos (vídeos, links, simuladores, etc.)					
Objetividade na apresentação dos novos conceitos					
Tamanho das aulas no PDF					
Questionário de Fixação de Conteúdos					

2. Quanto às Aulas

	Ótimo	Muito Bom	Bom	Satisfatório	Insatisfatório
Aulas atingem os objetivos propostos					
Sua participação nos fóruns de discussão					
Intercâmbio de conhecimento seu com colegas e professora					
Interação entre a nova informação e o conhecimento prévio					
Tua motivação para as aulas					
Tua evolução no conhecimento básico dos conteúdos da disciplina					

3. Quanto às avaliações

	Ótimo	Muito Bom	Bom	Satisfatório	Insatisfatório
Atividades de avaliação semanais					
Provas presenciais					
Em que nível as aulas estão atendendo as tuas expectativas					

4. Recomendaria essa modalidade de curso (a distância), nessa disciplina, para outros colegas? _____

5. Sugestões:
