



Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia

**Revista Latinoamericana de Educación en Astronomía
Latin-American Journal of Astronomy Education**

n. 20, 2015

ISSN 1806-7573

REVISTA LATINO-AMERICANA DE EDUCAÇÃO EM ASTRONOMIA

Editores

Paulo Sergio Bretones (DME/UFSCar)
Luiz Carlos Jafelice (DFTE/UFRN)
Jorge Horvath (IAG/USP)

Comitê Editorial

Cristina Leite (IF/USP)
Sergio M. Bisch (Planetário de Vitória/UFES)
Néstor Camino (FHCS/UNPSJB)

Editores Associados

Marcos D. Longhini (FE/UFU)
Paulo H. A. Sobreira (Planetário/UFG)

Assistente de Editoração

Walison Aparecido de Oliveira (UFSCar)

Auxiliar de Editoração

Lucas da Silva dos Santos (UFSCar)

Direitos

© by autores

Todos os direitos desta edição reservados

Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia

É permitida a reprodução para fins educacionais mencionando as fontes

Esta revista também é disponível no endereço: www.relea.ufscar.br

Bibliotecária: Rosemeire Zambini CRB 5018

R4546 Revista Latino Americana de Educação em Astronomia - RELEA /
Universidade Federal de São Carlos. -
n. 20, (2015). - São Carlos (SP): UFSCar, 2015.

Semestral.

Endereço eletrônico <http://www.relea.ufscar.br/>

ISSN: 1806-7573

1. Astronomia. 2. Educação – Periódicos. 3. Ensino de Ciências.
I. Universidade Federal de São Carlos. II. RELEA.

CDD: 520
CDU: 52+37(051)(8)

Editorial

Chegamos ao número 20 da RELEA com perspectivas interessantes na Educação que gostaríamos de compartilhar com os leitores.

Em agosto passado, um de nós (PSB) participou da XXIX Assembleia Geral da União Astronômica Internacional (IAU), ocorrida entre os dias 03 e 14 em Honolulu, Havaí, Estados Unidos. Na ocasião, foi apresentada a comunicação oral “Ten years of RELEA: achievements and challenges for astronomy education development” (Dez anos da RELEA: conquistas e desafios para o desenvolvimento da educação em astronomia) como parte do *Focus Meeting 20*, cujo tema foi “Astronomy for Development” (Astronomia para o Desenvolvimento). O resumo pode ser lido em: <<https://guidebook.com/guide/39106/event/11378707/>>.

Além disso, PSB também representou a RELEA nessa Assembléia participando de uma mesa redonda com o tema “Publishing Your Astronomy Education and Outreach Research and Evaluation Results” (Publicando seus resultados de pesquisa em educação em astronomia e divulgação). Também participaram do debate Timothy F. Slater, pelo *Journal of Astronomy & Earth Sciences Education* (JAESE) e Pedro Russo, pelo *Communicating Astronomy with the Public Journal* (CAP).

Informamos também que as Atas do III Simpósio Nacional de Educação em Astronomia (III SNEA) estão disponíveis no site: <www.sab-astro.org.br/sneaIII/atas>, com os resumos de trabalhos aprovados em comunicações orais e em painéis, os trabalhos completos enviados, bem como os relatórios produzidos pelos encontros de pesquisa. Também as Atas dos SNEAs anteriores foram migradas e estão hospedadas nos servidores da SAB.

Aproveitamos para divulgar o Simpósio 326 da IAU (“Research in astronomy education: far reaching impacts and future directions”), presidido por PSB e Timothy F. Slater, a ser realizado em Heidelberg, Alemanha, de 4 a 7 de outubro de 2016. Em breve as inscrições estarão abertas e maiores informações podem ser obtidas no endereço: <www.iau-symposium2016.heidelberg.unitt.de>.

Neste número contamos com seis artigos:

Divulgação científica: as representações sociais de pesquisadores brasileiros que atuam no campo da astronomia, de Dalira Lúcia Cunha Maradei Carneiro e Marcos Daniel Longhini. O artigo aborda o papel da divulgação científica na interação entre ciência e sociedade e a relevância da astronomia na divulgação científica. À luz da teoria das representações sociais estudam-se as representações sociais sobre divulgação científica de pesquisadores brasileiros que participaram de entrevistas. Os resultados apontam duas representações: uma para a sociedade em geral e outra para os seus pares e revelam que, apesar dos avanços, a divulgação científica e a educação em astronomia encontram-se num contexto de fragilidade social.

Instituições de educação não-formal de astronomia no Brasil e sua distribuição no território nacional, de Joana Brás Varanda Marques e Denise de Freitas. Neste artigo são apresentados os resultados de um levantamento das instituições brasileiras de educação não-formal e divulgação de astronomia com a localização dos planetários, observatórios, museus e associações. Mesmo com uma rede de instituições, são poucas as pesquisas sobre essa temática e as informações sobre as instituições não estão integradas nem atualizadas. É feita uma compilação e atualização das listagens já existentes mostrando que o Brasil conta com quase 500 instituições distribuídas de maneira pouco uniforme.

A teoria do Big Bang e a natureza da ciência, de Luiz H. M. Arthur e Luiz O. Q. Peduzzi. Este texto apresenta a teoria do Big Bang como um excelente campo de conhecimento para se discutir questões a respeito da atividade científica. São discutidos os principais elementos dessa teoria com um olhar epistemológico, resultando em um texto útil para ser trabalhado em atividades didáticas com objetivos correlatos.

Aprendizagem mediada por uma hipermídia educacional, de Adriano Luiz Fagundes, Tatiana da Silva e Marta Feijó Barroso. Este artigo apresenta as fases da Lua como um objeto de aprendizagem adotando-se a teoria da carga cognitiva. A investigação envolveu 77 estudantes de graduação em física e usou pré-testes e avaliação de aprendizagem numa avaliação quali-quantitativa. Os resultados obtidos mostram um ganho de 33% na aprendizagem. Destacam-se características do material que podem ter contribuído para a sua qualidade enquanto mediador da aprendizagem.

Confiança demonstrada por estudantes de pedagogia sobre o ensino de astronomia para as séries iniciais do ensino fundamental, de Welington Cerqueira Júnior, Robenil dos Santos Almeida, Regiane dos Santos da Conceição e Glênon Dutra. Este trabalho busca identificar o nível de confiança de estudantes do Curso de Licenciatura em Pedagogia, de uma Universidade pública do interior da Bahia, para o ensino de conteúdos de Astronomia nas séries iniciais do Ensino Fundamental. Os dados foram coletados a partir de um questionário respondido por 16 estudantes. Os resultados foram analisados levando em conta a estrutura curricular do curso de Pedagogia, o perfil de leitura dos estudantes e a sua experiência em relação à docência. Os resultados mostram uma grande insegurança dos alunos em relação ao ensino de tais conteúdos, resultados estes compatíveis com aqueles obtidos por outros pesquisadores da área.

The new curriculum standards for astronomy in the United States (Novos parâmetros curriculares para astronomia nos Estados Unidos da América), de Sharon P. Schleigh, Stephanie J. Slater, Timothy F. Slater e Debra J. Stork. Este artigo discute a ideia de que, embora não exista um currículo obrigatório nos Estados Unidos, uma análise dos esforços recentes para criar uma sequência apropriada de conceitos a serem ensinados nas escolas revela uma falta de consenso. Uma comparação dos esquemas de aprendizagem da astronomia nos Estados Unidos e uma discussão sobre as críticas levantadas podem proporcionar aos educadores internacionais dados de comparação para a formulação de recomendações em suas próprias regiões.

Mais informações sobre a Revista e instruções para autores constam do endereço: <www.relea.ufscar.br>. Os artigos poderão ser redigidos em português, castelhano ou inglês.

Agradecemos aos Srs. Walison Aparecido de Oliveira e Lucas da Silva dos Santos pela editoração dos artigos, aos editores associados, aos autores, aos árbitros e a todos aqueles que, direta ou indiretamente, nos auxiliaram na continuidade desta iniciativa e, em particular, na elaboração da presente edição.

Editores

Paulo S. Bretones

Luiz C. Jafelice

Jorge E. Horvath

Editorial

We arrived at the 20th number of the RELEA with interesting perspectives in Education which we would like to share with our readers.

Last August, one of us (PSB) participated in the XXIX International Astronomical Union General Assembly (IAU), held between 03-14 in Honolulu, Hawaii, United States. At the time, it was presented the oral communication "Ten years of RELEA: achievements and challenges for the development of astronomy in education" as part of Focus Meeting 20, whose theme was "Astronomy for Development". The summary can be read at: <<https://guidebook.com/guide/39106/event/11378707/>>.

In addition, PSB also represented the RELEA participating in a round table with the theme "Publishing Your Astronomy Education and Outreach Research and Evaluation Results". Also participated in the debate Timothy F. Slater, representing *the Journal of Astronomy & Earth Sciences Education* (JAESE) and Pedro Russo, representing the *Communicating Astronomy with the Public Journal* (CAP).

We also announce that the *Proceedings of the Third National Education Symposium on Astronomy* (III SNEA) are now available at: <www.sab-astro.org.br/sneaIII/atas>, with abstracts of papers approved in oral presentations and panels, the complete works submitted and the reports produced by the research groups. Also the Proceedings of the previous SNEAs have been migrated and are hosted in the SAB servers.

We would like to announce the IAU Symposium 326 ("Research in astronomy education: far reaching impacts and future directions") chaired by PSB and Timothy F. Slater, to be held in Heidelberg, Germany, 4-7 October 2016. The Registration will be open soon and more information can be obtained at: <www.iau-symposium2016.heidelberg.unitt.de>.

In this issue we feature six articles:

Divulgação científica: as representações sociais de pesquisadores brasileiros que atuam no campo da astronomia (Science divulgation: the social representations of Brazilian researchers working in the field of astronomy), by Dalira Lucia Cunha Maradei Carneiro and Marcos Daniel Longhini. The article discusses the role of science communication in the interaction between science and society and the relevance of astronomy within science communication. In the context of the theory of social representations, the social representations of scientific dissemination of Brazilian researchers who participated in interviews are studied. The results show two representations: one for society at large and another for their peers and show that, despite advances, science communication and astronomy education are in a context of social fragility.

Instituições de educação não-formal de astronomia no Brasil e sua distribuição no território nacional (Institutions of non-formal education of astronomy in Brazil and their distribution on the national territory), by Joana Brás Varanda Marques and Denise de Freitas. This paper presents the results of a survey of Brazilian institutions of non-formal education and dissemination of astronomy with the location of planetariums, observatories, museums and associations. Even with this network of institutions, there is little research on this topics and the information about the institutions are not integrated or updated. A compilation and updating of the already existing listings is made, showing that Brazil has nearly 500 institutions distributed rather unevenly.

A teoria do Big Bang e a natureza da ciência (The Big Bang theory and the nature of science), by Luiz H. M. Arthur and Luiz O. Q. Peduzzi. This paper presents the Big Bang theory, as an excellent field of knowledge to discuss issues regarding the scientific activity. The main elements of this theory are discussed with an epistemological look, resulting in a useful text for working on educational activities with related goals.

Aprendizagem mediada por uma hipermídia educacional (Learning mediated by an educational hypermedia), by Luiz Adriano Fagundes, Tatiana da Silva and Marta Feijó Barroso. This article presents the phases of the moon as a learning object by adopting the theory of cognitive load. The research involved 77 undergraduate students in physics and used pre-testing and evaluation of learning for a qualitative and quantitative assessment. The results show a net 33% gain in learning. The authors point out characteristics of the material that may have contributed to its capability as a facilitator of learning.

Confiança demonstrada por estudantes de pedagogia sobre o ensino de astronomia para as séries iniciais do ensino fundamental (Confidence demonstrated by students of pedagogy on the teaching of astronomy in the initial years of the elementary school), by Wellington Cerqueira Junior, Robenildo dos Santos Almeida, Regiane dos Santos da Conceição and Glênon Dutra. This paper seeks to identify the confidence level of the Major of Education students of a public University in the interior of the Bahia state, for teaching astronomy contents in the early grades of elementary school. Data was collected from a questionnaire answered by 16 students. The results were analyzed taking into account the curriculum of the Faculty of Education, the reading profile of the students and their experience in relation to teaching. The results show a great insecurity of the students in relation to teaching such content, a finding which is compatible with those obtained by other researchers in this field.

The new curriculum standards for astronomy in the United States, by Sharon P. Schleigh, Stephanie J. Slater, Timothy F. Slater and Debra J. Stork. This article discusses the idea that although there is no compulsory curriculum in the United States, an analysis of recent efforts to create an appropriate sequence of concepts to be taught in schools reveals a lack of consensus. A comparison of astronomy apprenticeship schemes in the United States and a discussion of the criticisms raised can provide international educators comparison data for formulating recommendations for their own regions.

More information about the Journal and instructions for authors are listed in the address: <www.relea.ufscar.br>. Articles may be written in Portuguese, Spanish or English.

Special thanks to Mr. Walison Aparecido de Oliveira and Mr. Lucas da Silva dos Santos for their work editing the articles. We also thank the associate editors, authors, referees and all those who directly or indirectly helped us in continuing this initiative and, in particular, in the preparation of this edition.

Editors

Paulo S. Bretones

Luiz C. Jafelice

Jorge E. Horvath

Editorial

Llegamos al número 20 de RELEA con interesantes perspectivas en Educación que nos gustaría compartir con los lectores.

En agosto pasado, uno de nosotros (PSB) participó en la Asamblea General de la Unión Astronómica Internacional XXIX (IAU), que se celebró entre los días 03-14 en Honolulu, Hawaii, Estados Unidos. En ese momento, se presentó la comunicación oral “Ten years of RELEA: achievements and challenges for astronomy education development” (Diez años de Relea: logros y desafíos para el desarrollo de la educación en astronomía) como parte de *Focus Meeting 20*, cuyo tema fue “Astronomy for Development” (Astronomía para el Desarrollo). El resumen se puede leer en: <https://guidebook.com/guide/39106/event/11378707/>.

Además, PSB también representó a la RELEA participando en una mesa redonda con el tema "Publishing Your Astronomy Education and Outreach Research and Evaluation Results" (Publicando sus resultados de investigación em educación en astronomía y divulgación). También participaron en el debate Timothy F. Slater, por el *Journal of Astronomy & Earth Sciences Education* (JAESE) y Pedro Russo, por *Communicating Astronomy with the Public Journal* (CAP).

Además, informamos que el Acta del III Simposio Nacional de Educación en Astronomía (III SNEA) está disponible en: <www.sab-astro.org.br/sneaIII/atas>, con resúmenes de los documentos aprobados en presentaciones orales y paneles, los trabajos completos enviados y los informes elaborados en las reuniones de trabajo. También las actas de los SNEAs anteriores han migrado a los servidores de SAB.

Aprovechamos para dar a conocer el IAU *Symposium 326* (“Research in astronomy education: far reaching impacts and future directions”) presidido por PSB y Timothy F. Slater, que tendrá lugar en Heidelberg, Alemania, del 04 al 07 de octubre de 2016. La inscripción estará abierta a la brevedad y más información se puede obtener en: <www.iau-symposium2016.heidelberg.unitt.de>.

En este número contamos con seis artículos:

Divulgação científica: as representações sociais de pesquisadores brasileiros que atuam no campo da astronomia (Divulgación científica: las representaciones sociales de investigadores brasileños que actúan en el campo de la astronomía), de Dalira Lucia Cunha Maradei Carneiro y Marcos Daniel Longhini. El artículo analiza el papel de la comunicación de la ciencia en la interacción entre la ciencia y la sociedad y la importancia de la astronomía en la comunicación científica. A la luz de la teoría de las representaciones sociales se estudiaron las representaciones sociales de la difusión científica de los investigadores brasileños que participaron en las entrevistas. Los resultados muestran dos representaciones: una para la sociedad en general y otra para sus compañeros y muestran que, a pesar de los avances la divulgación de la ciencia y la educación en astronomía se encuentran en un contexto de fragilidad social.

Instituições de educação não-formal de astronomia no Brasil e sua distribuição no território nacional (Instituciones de educación no formal de la astronomía en Brasil y su distribución en el territorio nacional), de Joana Marques Brás Balcón y Denise de Freitas. Este trabajo presenta los resultados de una encuesta de las instituciones brasileñas de la educación

y la difusión de la astronomía con la ubicación de los planetarios, observatorios, museos y asociaciones no formales. Aún con una red de instituciones, hay poca investigación sobre este tema y la información sobre las instituciones no está integrada o actualizada. Confeccionamos una compilación y actualización de las listas ya existentes, mostrando que Brasil cuenta con cerca de 500 instituciones distribuidas de manera no uniforme.

A teoria do Big Bang e a natureza da ciência (La teoría del Big Bang y la naturaleza de la ciencia), de Luiz H. M. Arthur y Luiz O. P. Peduzzi. Este trabajo presenta la teoría del Big Bang como un excelente campo de conocimiento para discutir cuestiones relativas a la actividad científica. Se discuten los principales elementos de esta teoría desde una mirada epistemológica, lo que resulta en un texto útil para trabajar en actividades educativas con objetivos afines.

Aprendizagem mediada por uma hipermídia educacional (Aprendizaje mediado por hipermedia educativa), de Adriano Luiz Fagundes, Tatiana da Silva y Marta Feijó Barroso. Este artículo presenta las fases de la luna como objeto de aprendizaje mediante la adopción de la teoría de la carga cognitiva. En la investigación participaron 77 estudiantes de licenciatura en física y se utilizaron pre-tests y evaluación del aprendizaje en una evaluación cualitativa y cuantitativa. Los resultados mostraron un aumento de 33 % en el aprendizaje. Se destacan las características del material que pueden haber contribuido en su calidad de facilitador del aprendizaje.

Confiança demonstrada por estudantes de pedagogia sobre o ensino de astronomia para as séries iniciais do ensino fundamental (La confianza demostrada por los alumnos de pedagogía en la enseñanza de astronomía en los primeros grados de la escuela primaria), de Welington de Cerqueira Junior, Robenil dos Santos Almeida, Regiane dos Santos da Conceição y Glênon Dutra. En este trabajo se pretende identificar el nivel de confianza de los estudiantes de la Licenciatura en Educación, de una Universidad pública del interior del estado de Bahia, para la enseñanza de contenidos de astronomía en los primeros grados de la escuela primaria. Los datos fueron obtenidos a partir de un cuestionario respondido por 16 alumnos. Se analizaron los resultados teniendo en cuenta el plan de estudios de la Facultad de Educación, el perfil de la lectura de los estudiantes y su experiencia en relación con la enseñanza. Los resultados muestran una gran inseguridad de los estudiantes en relación a la enseñanza de estos contenidos, resultados estos compatibles con aquellos obtenidos por otros investigadores en ese campo.

The new curriculum standards for astronomy in the United States (Nuevos parámetros curriculares para astronomía en los Estados Unidos de América), de Sharon P. Schleigh, Stephanie J. Slater, Timothy F. Slater y Debra J. Stork. En este artículo se discute la idea de que aunque no hay un plan de estudios obligatorio en los Estados Unidos, un análisis de los esfuerzos más recientes para crear una secuencia adecuada de los conceptos que se enseñan en las escuelas revela una falta de consenso. Una comparación de los programas de aprendizaje de astronomía en los Estados Unidos y una discusión de las críticas planteadas pueden proporcionar a los educadores internacionales datos de comparación para la formulación de recomendaciones pedagógicas para sus propias regiones.

Más informaciones sobre la Revista e instrucciones para los autores se encuentran en el site: <www.relea.ufscar.br>. Los artículos podrán ser redactados en portugués, castellano o inglés.

Agradecemos a los Sres. Walison Aparecido de Oliveira y Lucas da Silva dos Santos por la editoración de los artículos, a los editores asociados, a los autores, los árbitros y a todos aquellos quienes, directa o indirectamente, nos ayudaron en la continuidad de esta iniciativa y en particular, en la elaboración de la presente edición.

Editores

Paulo S. Bretones

Luiz C. Jafelice

Jorge E. Horvath

SUMÁRIO

- 1. DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA: AS REPRESENTAÇÕES SOCIAIS DE PESQUISADORES BRASILEIROS QUE ATUAM NO CAMPO DA ASTRONOMIA**
Dalira Lúcia Cunha Maradei Carneiro / Marcos Daniel Longhini _____ 7
- 2. INSTITUIÇÕES DE EDUCAÇÃO NÃO-FORMAL DE ASTRONOMIA NO BRASIL E SUA DISTRIBUIÇÃO NO TERRITÓRIO NACIONAL**
Joana Brás Varanda Marques / Denise de Freitas _____ 37
- 3. A TEORIA DO BIG BANG E A NATUREZA DA CIÊNCIA**
Luiz Henrique Martins Arthury / Luiz O. Q. Peduzzi _____ 59
- 4. APRENDIZAGEM MEDIADA POR UMA HIPERMÍDIA EDUCACIONAL**
Adriano Luiz Fagundes / Tatiana da Silva / Marta Feijó Barroso _____ 91
- 5. CONFIANÇA DEMONSTRADA POR ESTUDANTES DE PEDAGOGIA SOBRE O ENSINO DE ASTRONOMIA PARA AS SÉRIES INICIAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL**
*Welington Cerqueira Jr. / Robenil dos Santos Almeida /
Regiane dos Santos da Conceição / Glênon Dutra* _____ 115
- 6. THE NEW CURRICULUM STANDARDS FOR ASTRONOMY IN THE UNITED STATES**
NOVOS PARÂMETROS CURRICULARES PARA ASTRONOMIA NOS ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA
*Sharon P. Schleigh / Stephanie J. Slater /
Timothy F. Slater / Debra J. Stork* _____ 131

CONTENTS

- 1. DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA: AS REPRESENTAÇÕES SOCIAIS DE PESQUISADORES BRASILEIROS QUE ATUAM NO CAMPO DA ASTRONOMIA**
SCIENCE DIVULGATION: THE SOCIAL REPRESENTATIONS OF BRAZILIAN RESEARCHERS WORKING IN THE FIELD OF ASTRONOMY
Dalira Lúcia Cunha Maradei Carneiro / Marcos Daniel Longhini _____ 7
- 2. INSTITUIÇÕES DE EDUCAÇÃO NÃO-FORMAL DE ASTRONOMIA NO BRASIL E SUA DISTRIBUIÇÃO NO TERRITÓRIO NACIONAL**
INSTITUTIONS OF NON-FORMAL EDUCATION OF ASTRONOMY IN BRAZIL AND THEIR DISTRIBUTION ON THE NATIONAL TERRITORY
Joana Brás Varanda Marques / Denise de Freitas _____ 37
- 3. A TEORIA DO BIG BANG E A NATUREZA DA CIÊNCIA**
THE BIG BANG THEORY AND THE NATURE OF SCIENCE
Luiz Henrique Martins Arthury / Luiz O. Q. Peduzzi _____ 59
- 4. APRENDIZAGEM MEDIADA POR UMA HIPERMÍDIA EDUCACIONAL**
LEARNING MEDIATED BY AN EDUCATIONAL HYPERMEDIA
Adriano Luiz Fagundes / Tatiana da Silva / Marta Feijó Barroso _____ 91
- 5. CONFIANÇA DEMONSTRADA POR ESTUDANTES DE PEDAGOGIA SOBRE O ENSINO DE ASTRONOMIA PARA AS SÉRIES INICIAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL**
CONFIDENCE DEMONSTRATED BY STUDENTS OF PEDAGOGY ON THE TEACHING OF ASTRONOMY IN THE INITIAL YEARS OF THE ELEMENTARY SCHOOL
*Welington Cerqueira Jr. / Robenil dos Santos Almeida /
Regiane dos Santos da Conceição / Glênon Dutra* _____ 115
- 6. THE NEW CURRICULUM STANDARDS FOR ASTRONOMY IN THE UNITED STATES**
*Sharon P. Schleigh / Stephanie J. Slater /
Timothy F. Slater / Debra J. Stork* _____ 131

SUMARIO

- 1. DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA: AS REPRESENTAÇÕES SOCIAIS DE PESQUISADORES BRASILEIROS QUE ATUAM NO CAMPO DA ASTRONOMIA**
DIVULGACIÓN CIENTÍFICA: LAS REPRESENTACIONES SOCIALES DE INVESTIGADORES BRASILEÑOS QUE ACTÚAN EN EL CAMPO DE LA ASTRONOMÍA
Dalira Lúcia Cunha Maradei Carneiro / Marcos Daniel Longhini _____ 7
- 2. INSTITUIÇÕES DE EDUCAÇÃO NÃO-FORMAL DE ASTRONOMIA NO BRASIL E SUA DISTRIBUIÇÃO NO TERRITÓRIO NACIONAL**
INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN NO FORMAL DE LA ASTRONOMÍA EN BRASIL Y SU DISTRIBUCIÓN EN EL TERRITORIO NACIONAL
Joana Brás Varanda Marques / Denise de Freitas _____ 37
- 3. A TEORIA DO BIG BANG E A NATUREZA DA CIÊNCIA**
LA TEORÍA DEL BIG BANG Y LA NATURALEZA DE LA CIENCIA
Luiz Henrique Martins Arthury / Luiz O. Q. Peduzzi _____ 59
- 4. APRENDIZAGEM MEDIADA POR UMA HIPERMÍDIA EDUCACIONAL**
APRENDIZAJE MEDIADO POR HIPERMEDIA EDUCATIVA
Adriano Luiz Fagundes / Tatiana da Silva / Marta Feijó Barroso _____ 91
- 5. CONFIANÇA DEMONSTRADA POR ESTUDANTES DE PEDAGOGIA SOBRE O ENSINO DE ASTRONOMIA PARA AS SÉRIES INICIAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL**
LA CONFIANZA DEMOSTRADA POR LOS ALUMNOS DE PEDAGOGÍA EN LA ENSEÑANZA DE ASTRONOMÍA EN LOS PRIMEROS GRADOS DE LA ESCUELA PRIMARIA
*Welington Cerqueira Jr. / Robenil dos Santos Almeida /
Regiane dos Santos da Conceição / Glênon Dutra* _____ 115

6. THE NEW CURRICULUM STANDARDS FOR ASTRONOMY IN THE UNITED STATES

NUEVOS PARÁMETROS CURRICULARES PARA ASTRONOMIA EN LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

Sharon P. Schleigh / Stephanie J. Slater /

Timothy F. Slater / Debra J. Stork

DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA: AS REPRESENTAÇÕES SOCIAIS DE PESQUISADORES BRASILEIROS QUE ATUAM NO CAMPO DA ASTRONOMIA

*Dalira Lúcia Cunha Maradei Carneiro*¹
*Marcos Daniel Longhini*²

Resumo: O artigo aborda o papel da divulgação científica na interação entre ciência e sociedade. Argumenta a relevância da Astronomia como desencadeadora do processo de divulgação científica. À luz da Teoria das Representações Sociais fundamentada por Moscovici, estudam-se as representações sociais sobre divulgação científica de pesquisadores brasileiros que atuam no campo da Astronomia. Sujeitos de diferentes trajetórias formativas participaram de entrevistas semiestruturadas analisadas conforme sugerido por Spink. Os resultados apontam duas representações: uma para a sociedade em geral, movida pela paixão, ancorada em valores e crenças, na satisfação de ver os resultados que suas ações trazem à vida das pessoas; e outra para os seus pares. Na primeira, emergem lacunas que obstaculizam a prática da divulgação científica, como a falta de formação e a dificuldade de utilizar linguagem acessível; a burocracia exigida na execução de projetos e a representação negativa sobre a mídia somam-se à lista dos obstáculos. Outras considerações são que a Astronomia não faz parte de forma sistemática do ensino, tampouco da mídia em geral, e, não raro, apresenta-se com erros conceituais. Essas representações encontram eco no referencial teórico, revelando que, apesar dos avanços, a divulgação científica e a Educação em Astronomia encontram-se num contexto de fragilidade social.

Palavras-chave: Divulgação científica; Representações sociais; Pesquisador; Educação em astronomia.

DIVULGACIÓN CIENTÍFICA: LAS REPRESENTACIONES SOCIALES DE INVESTIGADORES BRASILEÑOS QUE ACTÚAN EN EL CAMPO DE LA ASTRONOMÍA

Resumen: Este artículo trata del papel de la divulgación científica en la interacción entre ciencia y sociedad, abordando la importancia de la Astronomía como desencadenante de la divulgación científica. A la luz de la Teoría de las Representaciones Sociales, de Moscovici, se estudian las representaciones sociales sobre la divulgación científica de investigadores brasileños que actúan en el campo de la Astronomía. Sujetos de diferentes trayectos formativos participaron en entrevistas semiestructuradas, analizadas según Spink. Los resultados señalaron dos representaciones: una para la sociedad en general, movida por la pasión, basada en valores y creencias, en la satisfacción de ver los resultados de sus acciones en la vida de las personas; y otra para sus iguales. En la primera emergen lagunas que son obstáculos para la divulgación científica: falta de formación, dificultad de usar un lenguaje accesible, burocracia exigida en la ejecución de proyectos y representación negativa de los medios de comunicación. Otras inferencias son que la Astronomía no hace parte de forma sistemática de la enseñanza y de los medios de comunicación y frecuentemente se presenta con errores conceptuales. Esas representaciones encuentran respaldo en el marco teórico, revelando que a pesar de los avances, la divulgación científica y la Educación en Astronomía se encuentran en un contexto de fragilidad social.

Palabras clave: Divulgación científica; Representaciones sociales; Investigador; Educación en astronomía.

¹ Universidade Federal de Uberlândia (UFU). E-mail: <daliralucia@yahoo.com.br>.

² Universidade Federal de Uberlândia (UFU). E-mail: <mdlonghini@faced.ufu.br>.

SCIENCE DIVULGATION: THE SOCIAL REPRESENTATIONS OF BRAZILIAN RESEARCHERS WORKING IN THE FIELD OF ASTRONOMY

Abstract: This article addresses the role of scientific divulgation in the interaction between science and society, debating the importance of Astronomy as a prime starter of the scientific divulgation. In the light of Moscovici's Social Representations Theory, the social representations on scientific divulgation of Brazilian researchers that work in the field of Astronomy are studied. Individuals from different educational trajectories answered semi-structured interviews, which were analyzed according to Spink. The results indicate two representations: one for the society at large, moved by passion, based on values and beliefs, and on the satisfaction of seeing the results of their actions on people's life; and another for their peers. In the first representation, gaps that obstruct the science divulgation emerge, such as the lack of training and the difficulty to use a plain language, the bureaucracy required for the projects' execution and its negative representation in the media. Other inferences are that Astronomy is neither part of a systematic teaching nor a part of the media at large, and it often presents conceptual mistakes. Those representations find an echo in the theoretical framework, showing that, despite their advances, scientific divulgation and Astronomy Education are in a context of social fragility.

Keywords: Science dissemination; Social representations; Researcher; Astronomy education.

1 Introdução

A divulgação científica tem papel incontestado na intermediação entre ciência e sociedade e é um campo fértil de investigação na educação, considerando que a construção do conhecimento flui em diferentes espaços e, conseqüentemente, produzem e disseminam representações. Além disso, a divulgação científica se apresenta como um terreno motivador à reflexão e como uma ferramenta necessária para impedir que o conhecimento não seja sinônimo de dominação e poder ou se concentre nas mãos de uma minoria.

Todavia, quase sempre, as ações de divulgação dos pesquisadores são efetivadas somente no âmbito acadêmico e em espaços específicos voltados ao público que compõe a cúpula de um determinado conhecimento. Tradicionalmente, os cientistas e os pesquisadores sempre estiveram em diálogo com a comunidade científica, muitos exclusivamente com os seus pares, por meio da transmissão de seus experimentos, em forma de *papers* publicados em revistas especializadas, apresentações e palestras em eventos específicos, respeitando a nomenclatura comumente utilizada em suas áreas, em seus discursos orais e escritos. Para se ter uma ideia, na Alemanha, um dos países que lideram a produção de ciência no mundo, a maioria dos pesquisadores ainda dialoga somente com os seus pares, e são poucos os que divulgam os resultados de suas pesquisas para a população em geral. Em entrevista à Agência Fapesp, durante a exposição científica "Túnel da Ciência Max Planck", realizada em janeiro de 2014, em São Paulo-SP, o gerente de exposições da Sociedade Max Planck e então pesquisador na Universidade de Tübingen e no Museu Alemão em Munique, Peter Steiner, afirmou de forma categórica que:

Na Alemanha, 80% dos pesquisadores publicam rotineiramente os resultados de seus trabalhos em revistas científicas ou os apresentam em congressos de suas respectivas áreas para os seus pares, mas pouquíssimos realizam atividades de divulgação científica para

comunicar as descobertas de suas pesquisas ao grande público. (STEINER, 2014, sem paginação).

Esse processo de comunicação entre especialistas “diz respeito à transferência de informações científicas, tecnológicas ou associadas a inovações e que se destinam aos especialistas em determinadas áreas do conhecimento” (BUENO, 2010, p. 2). Dessa forma, eles apresentam suas invenções, avanços teóricos, confirmam ou indeferem um determinado estudo.

Já a divulgação científica voltada para a população em geral, denominada público leigo (BUENO, 2010), se estabelece de forma totalmente diferente e, muitas vezes, esbarra num campo minado de resistências; não raras, adivindas dos próprios atores envolvidos nesse processo de difusão. Na avaliação de Bueno (2008), ainda existe um preconceito da comunidade acadêmica e científica com a divulgação científica em geral. De acordo com o autor:

Muitos pesquisadores, diretores de Institutos e mesmo autoridades que avaliam os nossos programas de Pós-Graduação (inclusive os da área de Comunicação Social), julgam que a tarefa de prestar contas à sociedade não é necessária (sic) ou relevante e que, portanto, o trabalho de divulgar deve ser relegado a um segundo plano ou descartado, porque não conseguem enxergar além dos limites do cientificismo e da chamada produtividade científica. Em geral, avaliam muito positivamente o pesquisador que publica em uma revista Qualis A internacional, mas torcem o nariz quando se defrontam com um colega que contribui regularmente com um veículo de imprensa. (BUENO, 2008, sem paginação).

Somada à falta de valorização das ações de divulgação científica em seus currículos, quadro que, atualmente, sinaliza para mudanças, devido ao fato de o CNPq ter incluído, desde 2012, dois novos critérios de avaliação para os pesquisadores na Plataforma Lattes, que são a inovação dos projetos de pesquisa e a divulgação e educação científica, existe a preocupação com relação ao conteúdo noticiado, dificultando o diálogo entre pesquisadores, mídia e sociedade. Sobre essa abordagem, Bueno (2008) avalia que os pesquisadores:

[...] não estão dispostos a dialogar com a sociedade e veem a mídia como adversária, embora, em muitos casos, ela efetivamente tem dado (e continua dando razão) a eles em virtude de um trabalho não competente de divulgação, marcado pela imprecisão no trato dos conceitos e por um sensacionalismo indevido. (BUENO, 2008, sem paginação).

Muitas vezes, a questão recai também na falta de formação desses profissionais para atuar na área. Para esse quesito, a Associação Brasileira de Jornalismo Científico (ABJC) sugere investir na formação dos profissionais das diversas áreas do

conhecimento, assim como “a inserção de disciplinas eletivas/optativas em divulgação científica em todas as áreas do conhecimento em instituições públicas ou privadas” (DOCUMENTO, 2010, sem paginação).

Além disso, a relação entre o pesquisador e o jornalista também sempre foi vista sob o viés do conflito e da tensão (CALDAS, 2010). Alguns dos motivos que geram esse embate, para a autora, mesmo reconhecendo que a relação entre ambos tem melhorado ao longo dos anos, são as diferenças de saberes, de culturas e do tempo de produção e de reflexão. Portanto, as divergências, via de regra, são relacionadas à peculiaridade de cada um desses profissionais. Nesse cenário, Caldas (2010) chama a atenção para o fato de que jornalistas e cientistas não devem deixar que as diferenças de cultura interfiram no processo de divulgação científica, sendo, portanto, imprescindível uma relação de parceria entre ambos, que têm, segundo ela, em última instância e por definição, os mesmos objetivos que são popularizar o conhecimento científico.

E quais são os efeitos nesse tipo de divulgação direcionada ao público leigo? A democratização do conhecimento. Fourez (1995) refere que, em uma sociedade fortemente baseada na ciência e na tecnologia, a vulgarização científica tem implicações sociopolíticas importantes. “Se o conjunto da população não compreende nada de ciência, ou se permanece muda de admiração diante das maravilhas que podem realizar os cientistas, ela será pouco capaz de participar dos debates relativos às decisões que lhes dizem respeito” (FOUREZ, 1995, p. 221-222). É preciso considerar que existem incertezas sobre a aplicabilidade e o acesso aos avanços da ciência e tecnologia, e que esses avanços, muitas vezes, podem trazer riscos potenciais merecedores de tanta atenção quanto a seus efeitos benéficos. Se por um lado, recentes descobertas nas áreas de ciência e tecnologia são promissoras para a melhoria da humanidade, por outro, as suas aplicações podem vir a causar danos ao meio ambiente (MATSUURA, 2003). Além disso, a divulgação científica dessa natureza contribui para a validação social da ciência, considerando que grande parte dos recursos investidos em pesquisas, no país, é oriunda dos cofres públicos.

Ao longo dos anos, o Brasil vem trabalhando em prol da consolidação de uma política para o campo da Ciência, Tecnologia e Inovação. Entre as prioridades estratégicas do Estado estão a popularização da ciência e a busca pela melhoria do ensino de ciências, que visam propiciar o acesso da população brasileira à educação científica e ao conhecimento em seus diversos níveis e modalidades, com equidade e qualidade (NAVAS, 2008). Para tanto, a popularização da ciência não pode ser vista de forma tecnicista, mas, sim, contribuir com a formação de cidadãos críticos capazes de fazer uma leitura de mundo, com visão reflexiva e interpretativa. Vale lembrar uma das observações do físico americano, Prêmio Nobel de Física, Richard Feynman, quando veio ao Brasil, na década de 1950, para ministrar um curso de ciências, de que os estudantes brasileiros estavam aprendendo a decorar conceitos e fórmulas, sem entendê-los (FEYNMAN, 2006). Décadas depois, é possível verificar que o quadro desenhado por Feynman ainda persiste. Na observação de Kantor (2012), no ensino atual continua o predomínio da transmissão de um conhecimento já elaborado e descontextualizado, persistindo a memorização de fórmulas e símbolos.

De acordo com Lopes (1999), os professores trabalham com livros didáticos que, muitas vezes, são mal traduzidos, contendo graves erros de conteúdo. Além dos erros detectados em tais obras (TIEDEMANN, 1998; LANGHI; NARDI, 2007;

VILANOVA; MARTINS, 2008; GONZAGA; VOELZKE, 2011), seguidos da falta de preparação do professor para detectar essas falhas que contribuem para a formação e o reforço de erros conceituais (LANGHI; NARDI, 2007), observa-se que não são poucos os docentes que enxergam o livro-texto como única fonte verdadeira de informações (ROGADO, 2000). A falta de formação e a precariedade das condições de trabalho fomentam o uso massivo e acrítico do livro didático em sala de aula (SILVA, 2012). Frequentemente, a ciência trabalhada na escola é feita por meio de uma didática ultrapassada e sem atrativos, sendo percebida pelos estudantes de forma desmotivadora. O conhecimento ensinado continua sendo conceitual, revelando dificuldades na sua aplicação (POZO; GÓMEZ CRESPO, 2009).

Do mesmo modo, apesar dos avanços, o interesse da mídia brasileira pelo saber científico, em geral, é motivado por temas polêmicos que causam sensação. A mídia reforça o apelo às questões místicas e irracionais (LOPES, 1999). Uma pesquisa realizada em 2010, pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), com a participação de 500 pesquisadores, mostra que as críticas relacionadas à qualidade da divulgação científica na mídia ainda perseveram (CALDAS, 2010). O que sai na mídia sobre ciência acaba se distorcendo para o lado da pseudociência e do sensacionalismo (GLEISER, 2011). A ciência e a tecnologia não são temas abordados com competência e perspectiva analítica pelos veículos de comunicação, que, muitas vezes, divulgam resultados sem a contextualização necessária (CALDAS, 1998). Essa divulgação ocorre ainda de forma fragmentada, valendo-se de uma única fonte, e, frequentemente, a ciência é apresentada como um feito individual, valorizando mais as suas promessas (MASSARANI, 2010).

Cabe ao jornalista divulgar o conhecimento num contexto histórico. Não deve, portanto, ser mero reprodutor, mas ter uma postura crítica da ciência, rompendo com a cultura de “papagaios de cientistas” (OLIVEIRA, 2002). Isso significa discutir as políticas públicas da área, a alocação de recursos, os interesses no processo científico e os benefícios e riscos. Enfim, como assevera Bueno (2008), verificar o que está por trás de possíveis *lobbies* que favorecem empresas e governos em detrimento da sociedade.

Nessa óptica, a divulgação científica subsidia a busca por respostas para uma infinidade de questões que permeiam o imaginário da humanidade e lança uma luz sobre o Universo, despertando interesse, ampliando a compreensão de fenômenos e novas descobertas. Daí, a importância da divulgação científica da Astronomia, para desmistificar possíveis equívocos sobre os diferentes acontecimentos celestes e terrestres.

A Astronomia vem, desde os tempos mais remotos, despertando a curiosidade do ser humano. Seus registros datam de, aproximadamente, 3000 a.c. (OLIVEIRA FILHO; SARAIVA, 2004). Não são raras as bibliografias que expressam a sua importância no cotidiano da humanidade (KANTOR, 2012; BRETONES, 2006; SOBREIRA, 2006). A exemplo de outras ciências, a Astronomia está sempre em estado de evolução e presente no dia a dia do cidadão. Ela exerce uma influência direta na vida, “como, por exemplo: estações do ano, fases da Lua, dia e noite, contagem do tempo, construção de calendários, influências nas marés, orientações para navegações, satélites, GPS” (MARTINS; LANGHI, 2012, p. 28). “[...] tudo é regulado por eventos relacionados ao céu e seus movimentos: tudo isso e muito mais é objeto da Astronomia” (CANIATO, 2005, p. 81).

Mediante uma abordagem de seu tema de forma contextualizada, a Astronomia possibilita entender as outras ciências, dando suporte para discussões científicas, além de desempenhar papel relevante por motivar o público a se aproximar da ciência em geral (LANGHI; NARDI, 2009). Além disso, considerando que a educação científica da sociedade se estabelece por meio do ensino formal e não formal, e que os pesquisadores envolvidos com o campo da Astronomia exercem papel essencial na disseminação de seu conhecimento, a Astronomia ocupa espaço privilegiado no imaginário social, sem distinção de classe sociocultural e de nível escolar das pessoas (PLANO NACIONAL DE ASTRONOMIA, 2010).

No entanto, estudos realizados no âmbito nacional demonstram que o ensino de seu conteúdo se apresenta num quadro frágil e deficiente nos espaços formais e não formais de educação (LANGHI; NARDI, 2005, 2007, 2008; HENRIQUE; ANDRADE; L'ASTORINA, 2010; LANGHI, 2011; AMARAL; OLIVEIRA, 2011). Apesar de iniciativas de algumas instituições na educação em Astronomia, objetivando a profissionalização da área e a capacitação das pessoas (LANGHI; NARDI, 2009), a leitura que se tem é que os avanços na área estão por vir. Mesmo constando a indicação de conteúdos da Astronomia nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs), segundo esses autores, os estudantes chegam ao final do Ensino Médio sem se apropriarem de questões da área. No ensino de ciências, verifica-se pouca ênfase dada a ela (LONGHINI; FERNANDES, 2011). No ensino básico, os conceitos de Astronomia “são abordados de maneira muito superficial, principalmente no primeiro segmento, através das aulas de ciências que, geralmente, são ministradas por professores de Biologia, cuja formação na área é, na sua grande maioria, inexistente” (ESPÍRITO SANTO; ESTEVES, 2012, p. 191) e, especialmente, no Ensino Fundamental, no qual são ensinados os conteúdos astronômicos e onde são observados problemas conceituais e ausências de recursos didáticos (BRETONES; MEGID NETO; CANALLE, 2006, p. 6). A “astronomia é raramente abordada em sala de aula, por várias razões – entre elas, a falta de preparo dos professores para lidar com os vários saberes específicos a ela relacionados” (HENRIQUE; ANDRADE; L'ASTORINA, 2010, p. 22).

O quadro exposto pelos autores reflete-se na graduação, momento em que são apontados os déficits de conhecimentos específicos da área. A formação de estudantes de graduação em conhecimentos específicos de Astronomia, sobretudo de Física, tem sido objeto de estudo de pesquisadores do país e de outras partes do mundo. As fragilidades apontadas vêm sendo pesquisadas em grupos de professores em formação inicial e em serviço em vários níveis de ensino (LONGHINI; MORA, 2010). Essa problemática não é peculiar ao Brasil. Uma pesquisa feita por um grupo de professores e astrônomos da Nova Zelândia aponta os entraves que limitam o processo de ensino na área, como a falta de atividades práticas, de conhecimentos adequados, de equipamentos e de experiência (JACKSON, 2009).

São poucos os estudos que referenciam a educação em Astronomia com foco nesses espaços e em atividades de popularização (LANGHI; NARDI, 2009) e são poucos os trabalhos que relatam a relação dos cientistas com a divulgação científica (NASCIMENTO, 2008), e com o ensino de ciências (NASCIMENTO; REZENDE JR., 2010), recaindo na questão de que a divulgação científica envolve uma série de mitos no que se refere à sua conceituação ou realidade prática (DESTÁCIO, 2010). É preciso discutir de que maneira a divulgação científica acontece além do âmbito escolar e

estudar como, para que fim e o que compõe o universo das ações de divulgação científica, visando à qualidade de suas práticas (MARANDINO et al., 2003).

A literatura sobre a Astronomia é limitada a publicações especializadas, com linguagem hermética e de pouco alcance (ASSIS; GERMANO, 2007). Por outro lado, é perceptível um sensível acréscimo de esforços isolados de algumas instituições com o intuito de aumentar o espaço para o ensino e a divulgação da Astronomia (LANGHI; NARDI, 2009). Os trabalhos apresentados reconhecem a fragilidade dos conceitos astronômicos, evidenciando um diagnóstico de que o ensino de Astronomia é uma área ainda em construção (MARRONE JR., 2007).

É nesse emaranhado de significados que a Teoria das Representações Sociais (TRS) ganha terreno, pois busca compreender as dinâmicas sociais, levando em conta aspectos individuais e sociais de um fenômeno. A representação adquire a expressão social, porque “é uma modalidade de conhecimento particular que tem por função a elaboração de comportamentos e a comunicação entre indivíduos” (MOSCOVICI, 1978, p. 26). Foi a partir dessas concepções que a Teoria das Representações Sociais (TRS) foi instaurada, em Paris, em 1961, com o estudo do psicólogo social Serge Moscovici, intitulado *A psicanálise: sua imagem e seu público*. Neste estudo, Moscovici (1978) relata como a Psicanálise, ao ser disseminada em uma cultura, transfigura-se ao mesmo tempo em que muda o social; ou seja, a percepção que o ser humano tem de si e do mundo em que vive. Para Moscovici, as relações sociais que se estabelecem no dia a dia são resultados de representações que são facilmente apreendidas. Por conseguinte, para ele, as representações sociais têm dupla dimensão (sujeito e sociedade), constituindo-se de conceitos sociológicos e psicológicos. “Eu quero falar do enfoque que vê os fenômenos psicológicos do ponto de vista da vida social e cultural” (MOSCOVICI, 2012, p. 7). Nesse sentido, na visão desse autor, não há separação entre o universo interno e externo do indivíduo, como explica Alves-Mazzotti (1994), ao fundamentar a ideia de representação social apresentada por ele.

[...] no caso das representações sociais, parte-se da premissa de que não existe separação entre o universo externo e o universo interno do sujeito: em sua atividade representativa, ele não reproduz passivamente um objeto dado, mas, de certa forma, o reconstrói e, ao fazê-lo, se constitui como sujeito, pois ao apreendê-lo de uma dada maneira, ele próprio se situa no universo social e material. (ALVES-MAZZOTTI, 1994, p. 62).

As representações sociais são um processo ativo, que vai além das opiniões ou imagens, compreendendo um conjunto de conceitos, afirmações e explicações que se originam no cotidiano (MOSCOVICI, 2009). Jodelet (1986), principal colaboradora de Moscovici (ALVES-MAZZOTTI, 1994), define Representações Sociais como:

[...] uma forma de conhecimento específico, o saber do senso comum, cujos conteúdos manifestam a operação de processos generativos e funções socialmente caracterizados. Em sentido mais amplo, designa uma forma de pensamento social.

As representações sociais constituem modalidades de pensamento prático orientados para a comunicação, a compreensão e o domínio do entorno social, material e de ideias. De tal modo que as R.S. apresentam características específicas quanto aos níveis de organização dos conteúdos, as operações mentais e a lógica. (JODELET, 1986, p. 474).

Nesse caso, as representações sociais retratam as teorias coletivas sobre o real, são caracterizadas pela particularidade da lógica e da linguagem e “determinam o campo das comunicações possíveis, dos valores ou das ideias compartilhadas pelos grupos e regem, subseqüentemente, as condutas desejáveis ou admitidas” (MOSCOVICI, 1978, p. 51). Moscovici (2009) argumenta que, para entender o comportamento das pessoas e o modo de agrupamento dos atores sociais, é necessário considerar aspectos como afetos, condutas, organização e sistematização, e a forma como compartilham suas experiências sociais, atitudes, valores e crenças.

[...] o conflito entre o individual e o coletivo não é somente do domínio da experiência de cada um, mas é igualmente realidade fundamental da vida social. Além do mais, todas as culturas que conhecemos possuem instituições e normas formais que conduzem, de uma parte, à individualização, e de outra, à socialização. As representações que elas elaboram carregam a marca desta tensão, conferindo-lhe um sentido e procurando mantê-la nos limites do suportável. Não existe sujeito sem sistema nem sistema sem sujeito (MOSCOVICI, 2012, p. 11).

Ao analisar a natureza social das representações sociais, Moscovici (1978) observa que elas se caracterizam num conjunto de proposições, reações ou avaliações a determinado objeto, que se organizam de forma diferente nas diversas classes sociais, culturas e grupos, constituindo diferentes universos de opinião. Segundo o autor, cada universo é formado por três dimensões, sendo a atitude, a informação e o campo de representação ou imagem, fornecendo seu conteúdo e seu sentido.

A informação relaciona-se com a organização dos conhecimentos que um grupo possui a respeito do objeto social. [...] o “campo de representação” remete-nos à ideia de imagem, de modelo social, ao conteúdo concreto e limitado das proposições atinentes a um aspecto preciso do objeto da representação [...] onde houver uma unidade hierarquizada de elementos. [...] A atitude logra destacar a orientação global em relação ao objeto da representação social (MOSCOVICI, 1978, p. 67, 69-70).

No que diz respeito à abordagem, Jodelet (2001) entende as representações sociais como fenômenos cognitivos, envolvendo a pertença social das pessoas “com as implicações afetivas e normativas, com as interiorizações de experiências, práticas, modelos de condutas e pensamento, socialmente inculcados ou transmitidos pela

comunicação social, que a ela estão ligadas” (JODELET, 2001, p. 22). Nessa direção, as representações sociais referenciam a forma como as pessoas compreendem os fatos cotidianos, ajudando-as a entender e explicar as particularidades do meio ambiente, as ideias e as pessoas que as circundam (JODELET, 1986).

Na óptica da autora, portanto, a representação social é uma forma de conhecimento social que se difunde como senso comum, produzindo um saber geral e funcional para os sujeitos. Assim, é o conhecimento prático que dá sentido à realidade cotidiana. Isto pode ser granjeado nos processos de formação das representações sociais, a ancoragem e a objetivação, que são os meios utilizados pela representação social para exercer sua função de familiarizar o desconhecido (MOSCOVICI, 1978). Criamos representações sociais para tornar o não-familiar em familiar (MOSCOVICI, 2009). E “a estrutura de cada representação apresenta-nos desdobrada, tem duas faces tão pouco dissociáveis quanto a página da frente e o verso de uma folha de papel: a face figurativa e a face simbólica” (MOSCOVICI, 1978, p. 65). Dessa estrutura, podem ser extraídos os mecanismos de um processo de pensamento: Um que tem como objetivo ancorar ideias estranhas, reduzi-las a categorias e a imagens comuns, contextualizando-as de forma familiar, e outro que tem o sentido de objetivá-las, ou seja, tornar o abstrato em algo concreto, materializando o que está na mente em algo que faz parte do mundo físico (MOSCOVICI, 2009). A ancoragem é, portanto, “um processo que transforma algo estranho e perturbador, que nos intriga, em nosso sistema particular de categorias e o compara com um paradigma de uma categoria que nós pensamos ser apropriada” (MOSCOVICI, 2009, p. 61) e a objetivação “une a ideia de não-familiaridade com a de realidade, torna-se a verdadeira essência da realidade” (MOSCOVICI, 2009, p. 71).

Assim, são a ancoragem e a objetivação que possibilitam verificar como o social transforma um conhecimento em representação e como esta representação transforma o social. Estes dois processos “referem-se à elaboração e ao funcionamento de uma representação social, pois mostram a interdependência entre a atividade psicológica e suas condições sociais de exercício” (JODELET, 1986, p. 480). Segundo essa autora, no processo de objetivação, a intervenção do social se traduz no agenciamento e na forma do conhecimento referente ao objeto representado, de maneira articulada ao pensamento social, materializando a palavra. Desse modo, “a objetivação pode ser definida como uma operação formadora de imagem e estruturação” (JODELET, 1986, p. 481). Ainda, de acordo com a concepção dessa autora, esse processo apresenta três fases: seleção e descontextualização, formação de um núcleo figurativo e a naturalização. Na primeira, as informações relacionadas a um determinado objeto são selecionadas e utilizadas de acordo com critérios culturais e normativos. Na segunda, uma estrutura imaginante reproduz uma estrutura conceitual, de forma visível. Na terceira fase (naturalização), as figuras, elementos do pensamento, tornam-se elementos da realidade, referindo-se ao conceito, etapa em que se atribui qualidade aos elementos do núcleo figurativo.

Portanto, é no processo de objetivação que se compreende como se organiza o conhecimento do objeto, materializando as ideias e conceitos. Quanto à ancoragem, Jodelet (1986) explica referir-se ao enraizamento social da representação e de seu objeto. Nesse processo, “a intervenção do social se traduz no significado e utilidade que lhes são conferidos” (JODELET, 1986, p. 486). Para essa autora, a ancoragem permite entender três questões importantes do fenômeno da representação social: Como confere significado ao objeto representado; como a representação é empregada como sistema de

interpretação do mundo social; e como se opera a integração do objeto dentro de um sistema de recepção. É nesse processo que o objeto representado encontra sentido e serventia. “É na ancoragem, portanto, que a representação assume seu caráter eminentemente social” (XAVIER, 2002, p. 10).

As representações sociais estão presentes no contexto imaginário e simbólico de atores sociais (JODELET, 2001). Segundo Alves-Mazzotti, a “teoria das representações sociais oferece um instrumental teórico metodológico de grande utilidade para o estudo da atuação do imaginário social sobre o pensamento e as condutas de pessoas e grupos” (ALVES-MAZZOTTI, 1994, p. 75). Em vista disso, investigar as representações sociais de um grupo específico significa averiguar quais os referenciais sociais desse grupo em relação a aspectos destacados da prática da sociedade (SANTOS, 2008).

Alves-Mazzotti (1994) salienta que nos estudos das representações sociais é encontrada uma variedade de abordagens, destacando a inexistência de uma metodologia “canônica”. Mas chama a atenção para o fato de que o pesquisador deve se atentar para responder à dupla inquietação da base teórica das representações sociais referenciadas por Jodelet (1990 apud ALVES-MAZZOTTI, 1994), que é “como o social interfere na elaboração psicológica que constitui a representação e como esta elaboração psicológica interfere no social” (ALVES-MAZZOTTI, 1994, p. 70).

Isto quer dizer que estamos interessados em uma modalidade de pensamento social, quer sob seu aspecto constituído, isto é, como produto, quer sob o aspecto constituinte, o que supõe a análise dos processos que lhe deram origem: a objetivação e a ancoragem. Ao estudá-las como produto, procuramos apreender seu conteúdo e sentido através de seus elementos constitutivos: informações, crenças, imagens, valores, expressos pelos sujeitos e obtidos por meio de questionários, entrevistas, observações, análise de documentos, etc. Entretanto, para que constituam uma representação, esses elementos devem se apresentar como campo estruturado, o que pressupõe organização e hierarquização dos elementos que configuram seu conteúdo. (ALVES-MAZZOTTI, 1994, p. 70-71).

Apoiando-se em Jodelet (1989b), Spink (2012) enfatiza a forma como as representações sociais devem ser estudadas, ou seja, articulando elementos afetivos, mentais, sociais, integrando a cognição, a linguagem e a comunicação às relações sociais que afetam as representações sociais e à realidade material, social e ideativa sobre a qual elas intervêm.

Em outras palavras, é preciso levar em conta as condições de produção dessas representações, pois, como assegura Spink, “é consenso entre os pesquisadores da área que as representações sociais, enquanto produtos sociais, têm sempre que ser remetidas às condições sociais que as engendraram, ou seja, o contexto de produção”(SPINK, 2012, p. 98). Desse modo, a estrutura é concebida como a base na construção da identidade de um grupo. Para Wagner (2012),

mesmo que indivíduos pertencentes ao mesmo grupo social possam ser bastante diferentes em termos de suas personalidades, eles se aproximam uns dos outros no que diz respeito à estrutura básica de sua experiência social comum, de seu pensamento e de sua ação. Eles são similares com respeito ao habitus que incorporam, bem como com respeito aos padrões de linguagem e racionalização que compartilham, isto é com respeito às suas representações sociais. (WAGNER, 2012, p. 139).

Aprende-se, portanto, que os estudos das representações sociais possibilitam identificar como os sujeitos constroem seus conhecimentos, exprimindo sua realidade num contexto individual ou coletivo. Reconhecendo que os conhecimentos, científico ou não, estão inseridos num contexto histórico, social e cultural, e que são uma atividade humana mergulhada a um processo permeado de questões ideológicas, políticas, sociais e econômicas, a divulgação científica desempenha importante papel na formação das representações sociais.

Mas qual a relação entre a divulgação científica e as representações sociais? A disseminação do conhecimento científico e as representações sociais têm uma conexão entre si. Haja vista que a difusão da ciência para o público em geral compõe o cerne da teoria das representações sociais, pois o tema fez parte do estudo pioneiro de Moscovici, que teve como meta compreender como o conhecimento circula e como a ciência é apoderada pela sociedade. A teoria das representações sociais procura entender como o conhecimento científico se propaga e é apreendido por diferentes grupos sociais, pertencendo a uma tradição que pesquisa a popularização da ciência desde os anos de 1960 (BAUER, 2012). Para Farr (2012), a ciência é que promove a distinção entre o mundo moderno e o mundo medieval. “Ela é, como afirma Moscovici, uma fonte fecunda de novas representações” (FARR, 2012, p. 39). A ciência e a tecnologia “inventam e propõem a maior parte dos objetos, conceitos, analogias e formas lógicas a que recorreremos para fazer face às nossas tarefas econômicas, políticas ou intelectuais” (MOSCOVICI, 1978, p. 20-21).

Nesse aspecto, a TRS ocupa posição de destaque na interação ciência e sociedade, pois a natureza do seu campo de pesquisa refere-se à relação entre representação, ciência e sociedade (JODELET, 2001). Nessa tríade, a divulgação científica exerce papel relevante, pois, no entendimento de Moscovici, (1978), a representação imediata de nossos sentidos é um produto re-elaborado das pesquisas científicas. O autor, portanto, imputa a preponderância da divulgação científica na formação das representações sociais. Jodelet faz uma observação semelhante:

Geralmente, reconhece-se que as representações sociais - enquanto sistemas de interpretação, que regem nossa relação com o mundo e com os outros - orientam e organizam as condutas e as comunicações sociais. Da mesma forma, elas intervêm em processos variados, tais como a difusão e a assimilação dos conhecimentos, o desenvolvimento individual e coletivo, a definição das identidades pessoais e sociais, a expressão dos grupos e as transformações sociais. (JODELET, 2001, p. 22).

Assim sendo, as representações sociais exprimem como um grupo se apodera e interpreta os fatos cotidianos, propiciando examinar a transformação de um tema científico de domínio de cientistas ou pesquisadores para a sociedade em geral e como esse público o assimila. Em vista disso, os estudos na área de representações sociais possibilitam contribuir com os programas de difusão da ciência (NASCIMENTO-SCHULZE et al., 2003).

O universo é constituído pela diversidade de pensamentos e de atitudes, enfim, de uma multiplicidade de representações. A sociedade atual, de acordo com Moscovici (2009), se estabelece numa complexidade de coletivos criativos e na divisão de diferentes universos de pensamento. A esses universos, ele os nomeia como sendo o reificado e o consensual. No primeiro, o reificado, é onde, por exemplo, que circula a ciência, com as suas diferentes especialidades. Este universo é caracterizado pela hierarquização por estar submerso a denominações e normas particulares, com acesso restrito aos indivíduos detentores das regras de linguagem e da especialização. Já o universo consensual é caracterizado pela igualdade entre os indivíduos, permitindo compartilhar o conhecimento, por meio de diálogos espontâneos diários, enxergando a sociedade como:

Um grupo de indivíduos que são iguais e livres, cada um capaz de falar em nome do grupo e sob sua égide. Assim, pressupõe-se que nenhum membro possui uma competência exclusiva, mas cada um pode adquirir qualquer competência que possa ser requerida pelas circunstâncias. Nesse sentido, todos agem como um ‘amador’ responsável ou um ‘observador curioso’ (...). Na maioria dos lugares de encontro públicos, esses políticos, doutores, educadores, sociólogos, astrônomos etc amadores podem ser encontrados expressando suas opiniões, tornando públicas suas visões e colocando-as como leis. Tal situação requer uma certa complexidade, isto é, convenções linguísticas, perguntas que não devem ser feitas, tópicos que podem ser ou não ignorados. Esses mundos são institucionalizados nos clubes, associações e cafés de hoje em dia como eram nos ‘salões’ e academias do passado. (MOSCOVICI, 2000, p. 21).

Em suma, o universo reificado está ligado às ciências, contrapondo-se ao universo consensual, que corresponde ao senso comum e que produz as interações sociais, ou seja, as representações sociais.

Assim, as representações sociais sobre a divulgação científica exercem um papel crucial na sociedade contemporânea, tendo implicações diretas no dia a dia da humanidade, pois é a partir dessas representações que as pessoas elaboram as suas representações e, conseqüentemente, dão sentido e rumo às suas vidas. Como bem lembra Jodelet, “elas circulam nos discursos, são trazidas pelas palavras e veiculadas em mensagens e imagens midiáticas, cristalizadas em condutas e em organizações materiais e espaciais” (JODELET, 2001, p. 17). Nesse sentido, a comunicação se apresenta como um importante vetor das representações, pois “a comunicação social, sob seus aspectos interindividuais, institucionais e midiáticos, aparece como condição de possibilidade e de determinação das representações e do pensamento sociais” (JODELET, 2001, p. 30).

Na visão de Moscovici, a relação entre comunicação e representações sociais já é estabelecida. “Uma condiciona a outra, porque nós não podemos comunicar sem que partilhemos determinadas representações e uma representação é compartilhada e entra na nossa herança social quando ela se torna um objeto de interesse e de comunicação” (MOSCOVICI, 2009, p. 71).

Ainda segundo esse autor, o avanço da ciência e da tecnologia influencia as representações sociais e torna-se um objeto de preocupação pública, à medida que provoca mudanças no mundo das pessoas, gerando controvérsias e embates ligados a crenças e valores. Em sua opinião, a bomba atômica, por exemplo, foi “uma formidável escola de Física para a maioria das pessoas” e que impactos similares advêm de outras descobertas.

O surgimento de uma ciência ou de uma técnica desconhecida tem sempre um impacto semelhante. A relação com o real, a hierarquia de valores, o peso relativo dos comportamentos, tudo isso é perturbado. As normas são simultaneamente mudadas: o que era permitido revela-se agora proibido, o que era irrevogável parece revogável e vice-versa. (MOSCOVICI, 1978, p. 22).

Trazendo essa discussão, particularmente, para a Astronomia, observamos o quanto essa área promove o desenvolvimento da humanidade, transformando o modo de pensar e agir das pessoas, desde os seus primórdios, mudando paradigmas e crenças. Grande parte da evolução do planeta tem sua explicação nas descobertas astronômicas. Com a invenção do telescópio, o mundo pode saber que a Terra não está parada e nem é o centro do Universo. Além de propiciar conhecer vários fenômenos astronômicos e fazer prognósticos, as observações do céu contribuem para se ter uma leitura de acontecimentos terrestres.

Todos os movimentos da Terra e suas possíveis irregularidades são detectados e medidos pelos estudos e movimentos do céu. [...] Hoje, todos estamos envolvidos a toda hora com alguma coisa que tem a ver com a conquista do espaço e com os avanços tecnológicos a ela relacionados. [...] Hoje, sabemos dos riscos que podem vir do céu. Da verdadeira multidão de asteroides e cometas que gravitam ao redor do sol, muitos têm órbitas que podem passar próximo a órbita da Terra. Embora nos pareça remoto esse perigo, ele existe e nada nos protege disso. (CANIATO, 2005, p. 82).

Partindo desse olhar, a TRS mostra-se relevante na observação das interações sociais e na percepção de grupos sociais, a partir de suas identidades sociais e culturais, possibilitando entender os processos que geram a formação das realidades sociais. É sob esse viés que se pretende identificar as representações sociais sobre a divulgação científica de pesquisadores do campo da Astronomia, atores atuantes tanto no universo reificado, quanto no universo consensual, e que, por seu turno, assumem papel fundamental de mediadores entre o mundo da ciência e o do senso comum.

Longhini, Gomide e Fernandes (2013) mapearam a comunidade acadêmica brasileira envolvida com a Astronomia, por meio de uma pesquisa na base de dados do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), especificamente, nos Currículos Lattes. Os autores identificaram os currículos de pesquisadores que possuíam algum tipo de vínculo ou atividade relacionada a esse campo de conhecimento. Após uma triagem nos 1072 currículos encontrados, eles selecionaram um total de 187 currículos de pesquisadores que desenvolviam algum tipo de trabalho no campo da Educação em Astronomia. Foram distinguidos dois grupos de profissionais com diferentes trajetórias formativas. Um com pós-graduação em Educação e áreas afins e outro com pós-graduação em Física ou Astronomia, sendo que ambos os grupos fazem divulgação científica tanto para os pares quanto para a população em geral.

Considerando a importância da divulgação científica no contexto social, que se apresenta como um dos motores de aceleração da reflexão; a função estratégica dos pesquisadores por produzir e disseminar representações da Astronomia; e o papel relevante da Astronomia no processo de divulgação científica, em virtude de essa ciência estar relacionada aos demais conhecimentos científicos, buscamos responder à seguinte questão:

Quais as representações sociais sobre divulgação científica de pesquisadores brasileiros que atuam no campo da Astronomia?

Tendo em vista a identificação de dois grupos de pesquisadores com perfis diferentes de formação na pós-graduação, temos como subquestão:

Os pesquisadores brasileiros desses grupos têm concepções diferenciadas sobre as práticas da divulgação científica?

Dessas interrogações, derivam as perguntas: Que concepções esses pesquisadores brasileiros têm sobre a divulgação científica? As atividades que eles exercem na área se estabelecem num processo de interdependência entre fatores internos e externos, ou seja, dependem de questões ligadas aos aspectos sociais, políticos, econômicos e culturais, que se ajustam com os valores, atitudes, motivações e crenças construídos ao longo de suas experiências pessoais e profissionais? Que tipo de ações os pesquisadores brasileiros desenvolvem na área de divulgação científica em Astronomia? Qual é o objetivo dessas ações? Ao desenvolverem tais ações, os pesquisadores levam em conta o público-alvo? Quais são as dificuldades encontradas na prática da divulgação científica? Eles têm conhecimento sobre as políticas públicas brasileiras para a Astronomia? Como analisam o apoio das agências de fomento à divulgação científica voltada para o público leigo? Eles participam de editais públicos específicos para a divulgação científica? Contam com o apoio da instituição em que trabalham para desenvolver projetos de divulgação científica? Quais são os desafios e os entraves que esses pesquisadores enfrentam para a implantação dos projetos de divulgação científica? Como eles veem as relações entre divulgação científica e educação científica, e entre jornalistas e pesquisadores? Como avaliam a divulgação da Astronomia no Brasil? E na mídia?

O objetivo deste trabalho é identificar as representações sociais sobre a divulgação científica de pesquisadores brasileiros que atuam no campo da Astronomia, analisando os reflexos e influências dessas representações em suas atividades. Além disso, instigar discussões sobre o papel e a importância da divulgação científica em contextos gerais.

Todas as reflexões giram em torno da noção de divulgação científica voltada para o público leigo, sob a óptica fundamentada na Teoria das Representações Sociais (TRS), preconizada por Moscovici (1978). Na concepção desse autor, os indivíduos exercem papel incontestável na formação das representações sociais e que estes, reunidos em grupos sociais, elaboram um conjunto de informações consensuais sobre a realidade com a qual se relacionam. Conhecer a representação social sobre divulgação científica dos pesquisadores possibilitará estimular discussões e entender o imaginário social em torno da representação da divulgação científica na área de Astronomia.

2 Metodologia e análise dos dados

Foram selecionados seis sujeitos para compor a amostra desta pesquisa. A escolha dos sujeitos foi aleatória e levou-se em consideração fatores como a predisposição para ser entrevistado. São três que atuam na Educação e Ensino de Ciências, com pós-graduação em Educação ou áreas afins, referenciados nesta pesquisa como S1, S2, e S3; e três que se dedicam ao que chamamos de área específica de Astronomia, que atuam em subáreas como Astrofísica, Cosmologia e outras, com pós-graduação em Física ou Astronomia, denominados de S4, S5 e S6. Na perspectiva da TRS, as conotações sociais do pensamento não se devem à distribuição entre muitos sujeitos, devido ao fato de que o pensamento de cada um deles marca o fato de que outros pensam da mesma forma (ALVES-MAZZOTTI, 1994). Como exemplifica Spink, trata-se de “sujeitos genéricos” que adequadamente contextualizados representam o grupo no indivíduo (SPINK, 2012). Além disso, essa autora enfatiza ser esse um processo moroso, justificando a utilização nesses estudos de poucos sujeitos.

A coleta de dados teve como apoio entrevistas semiestruturadas. Com base nas entrevistas, foi possível perceber atitudes, valores e indagações dos entrevistados e a compreender que, conforme explica Moscovici (2009), uma representação agrega uma diversidade de raciocínios, imagens e informações de origens diversas, formando um conjunto mais ou menos coerente. Na visão de Spink (2012), a entrevista semiestruturada contribui para entender o tempo da interação, o *habitus* e o imaginário social dos envolvidos no processo. Além disso, exigem-se extensas entrevistas semiestruturadas, juntando levantamentos paralelos sobre o contexto social e conteúdos históricos que informam os indivíduos enquanto sujeitos sociais (SPINK, 2012). Nessa perspectiva, a pesquisa de Longhini, Gomide e Fernandes (2013) auxiliou no levantamento das informações sobre os sujeitos. Esse instrumento de apuração de informações possibilitou dialogar com os objetivos propostos na pesquisa e, ainda, mapear significados socialmente construídos, pois a atitude do sujeito ocupa espaço basilar nesse processo. Conforme conclui Moscovici (1978), uma pessoa se representa alguma coisa somente depois de tomar uma posição.

As entrevistas foram realizadas por meio do programa Skype e gravadas em vídeo. Elas tiveram como base um roteiro, que serviu como guia, englobando os temas norteadores do objeto deste estudo e as questões básicas da TRS, conforme proposto por Jodelet (2001) “Quem sabe e de onde sabe?”, “O que e como se sabe?” e “Sobre o que se sabe e com que efeitos?” Assim, foi possível identificar os três planos sugeridos pela autora, que são: as condições de produção e circulação das representações sociais, dando acesso ao sentido que os sujeitos imputam ao objeto representado; os processos e estados das representações sociais, com a compreensão das dimensões da representação, por meio das ideias, valores, imagens e expressões perceptíveis em seus discursos; e o estatuto epistemológico das representações sociais, possibilitando apreender como e por que são acrescentados ou subtraídos componentes do objeto representado.

Os passos metodológicos propiciaram um diagnóstico sobre a dinâmica do processo da divulgação científica ligada ao contexto social em que os pesquisadores estão inseridos, possibilitando o acesso ao universo subjetivo de cada um deles. Em virtude de as representações sociais serem expressas no comportamento e na comunicação, tendo como referencial a linguagem falada, a presente pesquisa centrou-se na totalidade dos discursos, conforme exposto por Spink (2012). Para a interpretação dos dados, foram traçados os passos da metodologia de análise dos discursos sugerida pela autora, sendo: – Transcrição da entrevista; – leitura flutuante do material, intercalando a escuta do material gravado com a leitura do material transcrito, observando versões contraditórias e os detalhes sutis como os silêncios, hesitações, lapsos e a retórica: organização do discurso de modo a argumentar contra ou a favor de uma versão dos fatos; – retorno aos objetivos da pesquisa, definindo claramente o objeto da representação; – e o mapeamento dos discursos a partir dos temas emergentes definidos por meio da leitura flutuante e guiados pelos escopos da pesquisa (SPINK, 2012).

Foram apresentadas as características gerais e a gênese das representações sobre ciência dos sujeitos pesquisados e mapeados os discursos com a criação de categorias, abarcando as questões da pesquisa, delineadas da seguinte forma: Concepção de divulgação científica e a função atribuída à área; do início e da motivação às práticas da divulgação científica; atividades que exercem e para qual o público são direcionadas; aspectos que consideram relevantes na realização das atividades; *feedback* das ações; apoio das instituições e das agências de fomento; políticas públicas para a Astronomia; relação divulgação científica/educação científica; divulgação da Astronomia no Brasil; presença da Astronomia na mídia; e relação entre o jornalista e o pesquisador.

3 Representações obtidas

As representações da ciência estão presentes na vida da maioria dos sujeitos desde quando eram crianças. Na verdade, a criança está inserida em um mundo estruturado pelas representações sociais e a influência destas no desenvolvimento das pessoas se dá desde muito cedo na infância (MOSCOVICI, 2009). Depreende-se que se trata de um público em formação e que as representações que possui podem influenciar suas realizações futuras.

As motivações dos sujeitos pela ciência demonstram que os valores e as crenças dos indivíduos são uma construção social e, por vez, proporcionam uma determinada visão de mundo, conduzindo-os a agir de uma maneira ou de outra. Como explica Moscovici (2001), as representações são socialmente construídas, porém não são externas e nem impostas aos sujeitos.

3.1 A concepção e o papel da divulgação científica

Para S1, S2, S3, S4, S5 e S6, divulgação científica significa levar a ciência à população externa significados como: despertar o interesse em aprender ciência; orientar vocação; formar uma cultura científica; prestar contas, justificando os gastos da sociedade com a pesquisa; e mostrar os aspectos sociais, políticos e econômicos que envolvem a pesquisa, despertando o senso crítico das pessoas para que elas tenham condições de influenciar em decisões sobre a ciência e a tecnologia.

3.2 Do início e da motivação às práticas da divulgação científica

Para S1 e S2, o início de tal prática se deu na graduação; enquanto que para S4, isso ocorreu no curso de formação para professores. Para S5, isso se deu na pós-graduação e para S3 e S6, nas práticas docentes.

A motivação a essas práticas veio de fontes diferenciadas. S1: acesso à Astronomia e visitação em ambientes formais e não formais; (S2): sanando dúvidas de uma criança; durante o mestrado e práticas docentes; S3, S4 e S5: da necessidade de compartilhar conhecimento; S6: despertar o interesse do jovem para a ciência.

3.3 As atividades práticas e o público-alvo da divulgação científica

S1, S2 e S3 desenvolvem ações sistemáticas e esporádicas direcionadas à comunidade escolar e ao público em geral. As atividades são desenvolvidas de maneira planejada, periodicamente, e há uma preocupação em trabalhar temas de interesse público.

As atividades desenvolvidas por S4 e S5 se configuram em ações sistemáticas voltadas aos estudantes e ao público em geral; porém não se estabelecem num processo contínuo. S4 deixa claro, em sua fala, que o laboratório onde atua não iria ter atendimento ao público naquele ano e que o local seria dirigido somente às atividades laboratoriais e ao curso de pós-graduação. Embora esteja atualmente envolvido com o projeto de itinerância do CNPq e tenha mantido por um bom período um projeto na área, o discurso de S5, de forma implícita, traz uma tônica de ações findáveis ao expressar “suspensos este ano”, “no momento”, “não está em funcionamento agora”, soando como projetos do passado, a exemplo da fala de S6, que diz já ter concluído atividades direcionadas a comunidade escolar e o público em geral, e está envolvido mais com o ensino de Astronomia e que utiliza a divulgação científica como ferramenta de motivação em sala de aula.

Com exceção de S3, os sujeitos têm publicações em revistas especializadas e não divulgam na imprensa em geral.

3.4 Aspectos relevantes na realização das atividades

Para S1, S4 e S6, a linguagem é uma das principais variáveis a serem consideradas no processo de divulgação científica. Para S2; S3 e S5, o fator relevante é conhecer o público.

Ainda, de acordo com os sujeitos, falta de formação teórica (S1); falta a profissionalização e o envolvimento de pesquisadores na área (S2); falta reconhecimento no currículo Lattes/fato que visualiza mudança (S4); S5: faltam pessoas para trabalhar na área (S5); ausência de estratégias para a área (S6); há preconceito da área no âmbito acadêmico (S3 e S4).

Na avaliação da maioria deles, o profissional ideal para atuar na área ainda está por se formar (S1, S3, S4 e S6). Para S2, depende do envolvimento das pessoas; e na concepção de S5, a pesquisa científica é parte essencial para uma boa divulgação.

3.5 O *feedback* das ações de divulgação científica

As atividades de divulgação científica promovem mudanças na vida pessoal dos sujeitos e do seu público, e são realizadas numa perspectiva panorâmica inspirada pela paixão: “aprendemos a melhorar cada vez mais” “o público que deve nos guiar” (S1); “senhores de 50, 60 anos ficam com os olhos brilhando, marejados, tentando entender e compreendendo a beleza daquilo que está sendo mostrado” “esta é a melhor das recompensas” (S2) “elas não vão para o nosso currículo, mas vão pra dentro da gente, para nossas sensações, para o nosso coração” “ver uma pessoa de idade chorando quando ela está olhando num telescópio e entende as coisas”; “esse prazer que a gente tem vai se espalhando para outras pessoas” (S3); “interage com a sociedade em horário fora do normal, fora do horário comercial”; a gente percebe retorno; “a gente conseguiu vencer todas as resistências” (S4); “a gente deixa de ficar com a família... para ficar longe com o telescópio, atendendo o público; “a gente toca a vida das pessoas” “algumas pessoas seguiram a carreira” (S5); “ dou uma sobrevoada” “você cativa essas pessoas”; “ela é minha aluna hoje, porque assistiu a uma palestra minha” (S6).

3.6 O apoio das instituições

S1 e S4 recebem apoio financeiro e motivação na realização de atividades de divulgação científica nas instituições onde trabalham. Já S2, S3, S5 e S6 recebem somente motivação.

Os sujeitos apontam alguns entraves na execução de ações dessa natureza. Para S1, o corte orçamentário e a morosidade. Conforme afirma S4, falta tradição de sua instituição em interagir com o público, uma barreira já vencida. Na avaliação de S2, S5 e S6, faltam recursos. Para S2, S3, S5 e S6, há burocracia, e ainda, segundo S3, falta vontade política dos gestores.

3.7 O apoio das agências de fomento

De acordo com S1, as agências desempenham seu papel, mas é preciso expandir recursos e espaços, e repensar a forma em que avaliam os projetos. Para S2, houve melhoria nos últimos 10 anos, porém os recursos são escassos e há burocracia na gestão dos projetos. Segundo S3, é preciso repensar a forma de avaliação dos currículos e o tipo de linguagem utilizada nos produtos de divulgação científica. Para S4 e S6, há investimentos na área, todavia é preciso rever a forma de avaliação dos projetos. Por fim, S5 reconhece avanços na área, mas questiona as demandas burocráticas.

3.8 As políticas públicas para a Astronomia

Para S1, S2, S3, S4, S5 e S6, não existe uma política específica para a Astronomia no Brasil.

S1, S2, S3, S4 e S6 não tiveram acesso ao Plano Nacional de Astronomia, uma proposta do governo federal, apresentada pela comissão especial de Astronomia, em 2010; já S5 teve acesso a tal Plano.

Quando questionados sobre quais seriam suas sugestões para a área, S1 propôs a inserção da disciplina Astronomia como componente obrigatório, pelo menos, para os cursos de Física e o investimento na formação continuada de professor, fazendo com que não fosse encarada como curso de curta duração, mas como um processo mais contínuo de formação de professores, um processo mais prolongado.

S5 sugeriu que manter a regularidade de editais para fomentar a divulgação.

Por fim, S6 propôs a divulgação de políticas para determinadas áreas.

3.9 A relação entre divulgação científica e a educação científica

Para S1, S2, S3 e S4, falta formação para atuar nas áreas de educação científica e divulgação científica; segundo S5, falta formação para o ensino de Astronomia; S6 avalia que a divulgação científica é uma ferramenta de motivação e estratégia didática de estímulo às ciências.

S1, S2, S3, S4, S5 e S6 defendem que o pesquisador deve se aproximar dos professores do ensino básico e da sociedade em geral.

3.10 A divulgação da Astronomia no Brasil

Todos os sujeitos entrevistados reconhecem as iniciativas e esforços individuais dos colegas, porém avaliam que a difusão da Astronomia é um processo deficitário. Para S1 e S4, é fraca e faltam espaços não formais; para S2, fazem pouco e é uma divulgação muito tímida; segundo, S3, não existe divulgação, existe voluntariedade de algumas pessoas; para S5, a divulgação é feita em eventos pontuais; e S6 a avalia como precária.

3.11 A presença da Astronomia na mídia

Na concepção de S1, a comunicação é falha, sensacionalista e privilegia pautas do exterior; não raro, a informação é distorcida; não existe programa específico da área na TV brasileira; a presença da Astronomia é somente em canais fechados. Para S2, há pouca inserção da Astronomia na mídia; ela cumpre sua função somente quando o material veiculado passa por um crivo profissional; segundo S3, há distorção da fala do pesquisador; as matérias são mal elaboradas; falta periodicidade de notícias da Astronomia; privilegia-se temas pontuais, mitológicos ou religiosos; há intervenção política nas matérias. Para S4, há erros conceituais; as pautas são orientadas por notícias do exterior. Para S5, há exceções em grandes jornais; há conceitos corretos e incorretos; nota repórteres famosos falando besteira; jornalista não está preparado para cobrir ciência. Por fim, para S6, as matérias são sensacionalista; tem que tomar muito cuidado com que fala; “um repórter queria que eu falasse que alguma coisa ia explodir, estava ameaçando a vida na Terra, e fiquei assustado, com medo”.

3.12 A relação entre o jornalista e o pesquisador

Conforme S1, a fonte tem que revisar o texto do jornalista e é preciso uma relação de parceria. Para S2 e S5, há um descompasso entre o trabalho de ambos; na opinião de S3, falta formação para ambos e uma relação de afinidade, pois um fala uma coisa e o outro entende uma outra coisa. S4 relata que “tem coisas que eles escrevem, que a gente ou não disse ou eles mudaram totalmente”. S1, S2, S3, S4, S5 e S6 apontam a necessidade de uma mediação na elaboração das matérias e de interação entre o trabalho do jornalista e do pesquisador.

4 Análises das representações

Percebemos que a divulgação científica faz parte da agenda de compromissos dos pesquisadores que compõem a amostra desta pesquisa, com uma representação positiva, associada à necessidade de aproximar-se da sociedade. As opiniões se convergem para o mesmo entendimento: a divulgação científica exerce papel importante na formação social, cultural e de cidadania.

A estrutura das representações dos sujeitos é fortemente marcada pela presença da dimensão atitude (favorável). Na observação de Moscovici (1978), ela é a mais frequente e primordial entre as três dimensões.

As motivações que os levaram ao gosto pela ciência e à prática da divulgação científica são de origens diferenciadas. Esse resultado encontra sustentação em Moscovici (2009), ao afirmar que a motivação é influenciada pelo ambiente, status social e opiniões pré-concebidas. Contudo, suas ações de divulgação científica são instituídas de forma equivalente. As atividades realizadas pela maior parte dos sujeitos são direcionadas ao público estudantil e à população em geral, porém, com exceção de S3, os demais sujeitos concentram-se mais em publicações voltadas para os seus pares. Infere-se, aqui, a existência de uma dicotomia estrutural na representação da divulgação científica dos pesquisadores, estabelecendo os universos reificado e consensual

(MOSCOVICI, 2009). Ou seja, reflexões teóricas voltadas para a comunidade acadêmica e eventos práticos direcionados à sociedade em geral.

Os resultados assinalam para duas representações sociais da divulgação científica: uma para o público leigo, numa perspectiva panorâmica, inspirada pela paixão e ancorada em valores e crenças, na satisfação pessoal de ver os resultados que suas ações trazem à vida das pessoas, seja na aprendizagem, no despertar de uma vocação ou no encantamento pela ciência, e outra para os pares, ancorada na prática tradicional que integra a vida acadêmica.

É nítida a representação de que a divulgação científica voltada para a sociedade em geral não traz resultados à vida profissional. A maioria dos sujeitos não recebe apoio financeiro das instituições onde trabalham para o desenvolvimento de atividades de divulgação científica; os dois que disseram receber apoio financeiro, apontaram como entraves o corte orçamentário e a dificuldade enfrentada, inicialmente, por falta de tradição de sua instituição em interagir com o público, uma barreira, segundo ele, já vencida. Os demais pesquisadores dos dois grupos, além do apoio financeiro, citaram como sendo os maiores empecilhos a burocracia e a vontade política dos gestores. Cabe aqui lembrar que grande parte das pesquisas no país é desenvolvida em universidades e institutos públicos, portanto, essas organizações assumem papel importante no debate ciência, tecnologia e sociedade. Nesse sentido, além dos pesquisadores, compreende-se que os dirigentes dessas instituições ocupam posição estratégica no processo de divulgação científica.

Há a representação da falta de interesse por parte dos colegas em atuar na divulgação dessa natureza. Contudo, na observação de um deles, atualmente, está mudando a mentalidade da academia em relação à divulgação científica. Tal mudança de comportamento é atribuída ao reconhecimento das atividades na área por parte do Currículo Lattes, em que, por sua vez, emerge uma representação que indica a concepção de mudança como indício da objetivação. Ou seja, associa-se a ideia de algo não familiar com a realidade, torna-se o abstrato em algo concreto (MOSCOVICI, 2009). Dessa forma, segundo esse autor, é a representação que vai unir as ideias e o comportamento de um coletivo.

Outra lacuna apontada é representada pela falta de profissionalização para atuar na área. Essa representação já faz parte da agenda de preocupações da Associação Brasileira de Jornalismo Científico (ABJC), que sugere a inserção da disciplina divulgação científica em todas as áreas do conhecimento (DOCUMENTO, 2010). A falta de formação, segundo os pesquisadores, recai na conseqüente dificuldade da mudança da linguagem hermética para a linguagem acessível ao público leigo. Na divulgação científica, esse processo de transformação da linguagem é relevante, pois a comunicação apresenta-se como um vetor das representações sociais e, como menciona Moscovici (2009), uma condiciona a outra, e, ainda, que representações sociais é a forma de apropriar-se do universo exterior, facilitando a percepção dos fenômenos por meio da mediação: analogias, descrições implícitas e explicações dos fenômenos, entre outros (MOSCOVICI, 2009).

Há a representação de que as agências de fomento têm cumprido com a sua função no que tange à divulgação científica. Todavia, é levantada a discussão sobre a necessidade da melhoria na liberação de recursos, de repensar a maneira de avaliar os projetos, bem como as práticas burocráticas exigidas na execução desses projetos.

A disseminação da Astronomia no Brasil é representada como um processo carente e deficitário. Em consequência disso, assinalam para a necessidade de expandir os espaços não formais de educação e da implantação de uma política específica para a Astronomia no Brasil.

Depreendeu-se que há uma fragilidade na comunicação e na divulgação entre os membros da própria área da Astronomia, considerando que, com exceção de um dos sujeitos, eles não tiveram conhecimento sobre o Plano Nacional de Astronomia.

Há o reconhecimento da importância e da influência da mídia na divulgação científica. No entanto, prevalece uma representação negativa sobre a mídia, com questionamentos da qualidade do conteúdo das informações. A inquietude com os “vieses” ou erros praticados pela mídia, demonstrada pelos sujeitos desta pesquisa, além de cristalizar certo temor para com a mídia, sugere uma representação de que a divulgação científica exercida pela mídia estabelece-se num processo assimétrico, na medida em que o jornalista, no seu compromisso social de mediador de assuntos de cunho público, não se preocupa com a qualidade do teor das informações que estão sendo levadas à sociedade. No caso, propõe-se que o jornalista deve se ater a um crivo veemente na abordagem de temas científicos, oferecendo informações acuradas num contexto político, econômico, social e cultural. Como bem acentua Caldas (2011), é fundamental reconhecer o papel estratégico da mídia na construção do imaginário popular e na formação da opinião pública. Sempre é bom lembrar que a mídia é difusora de valores e opiniões, e exerce papel importante na formação das representações sociais (MOSCOVICI, 1978).

Há a representação de um descompasso entre o trabalho do jornalista e do pesquisador e da necessidade de uma formação de ambos para atuar na área de divulgação científica. Além disso, eles acenam para uma mudança de atitude na produção da informação científica, que é o trabalho de parceria entre o pesquisador e o jornalista.

Outra representação explicitada é de que existe uma intersecção entre a educação científica e a divulgação científica. A representação da falta de formação para atuar nas áreas recai na fragilidade do ensino e divulgação da Astronomia.

Em respeito à subquestão, ou seja, se haveria concepções diferenciadas sobre as práticas de divulgação científica entre os pesquisadores com diferentes trajetórias formativas, a análise das representações sociais permite afirmar que existe uma similitude na abordagem da divulgação científica entre os pesquisadores com formação em Educação em Astronomia e em Física ou Astronomia. Independentemente do pesquisador, o exame das entrevistas mostra preocupações particulares, porém similares, no que concerne à divulgação científica, e da mesma maneira, alicerçam suas atitudes. Sob outro aspecto, inferimos que as ações de divulgação científica de S1, S2 e de S3 são realizadas de forma periódica e as de S4, S5 e de S6 caracterizam-se de maneira descontínua. Ainda compreende-se que S1, S2 e S3 têm uma concepção sobre a divulgação científica afinada às suas práticas cotidianas, ao passo que as posições valorativas, apresentadas nos discursos de S4, S5 e S6, acerca da divulgação científica, esbarram na ausência da primazia dessas ações no seu dia a dia.

Ainda em relação às suas práticas de divulgação científica, revela-se uma conjuntura impulsionada por fatores internos afinados a elementos externos aos sujeitos; ou seja, há uma correlação entre as realidades sociais, políticas, culturais e aos valores,

atitudes, crenças e motivações edificados ao longo da trajetória cotidiana pessoal e profissional de cada um deles. Conforme Moscovici (1978), não existe um corte entre “o universo exterior e o universo do indivíduo” e que “o sujeito e o objeto não são absolutamente heterogêneos em seu campo comum”. Outra inferência foi de que a divulgação científica é um paradigma em construção, considerando que, nas representações dos sujeitos, afloram concepções de uma área ainda não consolidada. Esse resultado abaliza a fragilidade das dimensões informação e campo ou imagem da representação na estrutura das representações dos sujeitos que ainda buscam respostas para a área em diversos aspectos e é intensificada por elementos que emergem de âmbitos gerais, como: a falta de formação teórica, a falta de apoio, a dificuldade na transposição da linguagem, a falta de valorização, a falta de profissionalização, o preconceito, a burocratização e o temor.

5 Considerações finais

O cenário apontado nesta pesquisa abre perspectiva para a representação de que é preciso pensar na divulgação científica como apoio e motivação à educação, pois ela exerce papel fundamental na educação e na apreensão da ciência pela sociedade. Dessa forma, é sua atribuição promover uma interação entre a ciência, a pesquisa, a educação formal e não formal, enfim, a população em geral. Argumentamos aqui, que não se trata de defender uma homogeneização à luz da emissão e recepção da ciência, longe de promover a alienação do indivíduo com relação à ciência. Mas no sentido de que a sociedade não seja tolhida de ter acesso ao conhecimento científico, permitindo um lugar de reflexão. É nessa leitura que a sociedade terá a oportunidade de amalgamar teoria e prática, ou ciência e senso comum, e, conseqüentemente, acrisolar o conhecimento adquirido. Assim, a informação é uma condição de reflexividade da população (MOSCOVICI, 1978). Nesse espírito, pode-se asseverar que a atividade da divulgação científica exerce papel importante na construção de representações sociais que podem ser usadas como “armas críticas” (MOSCOVICI; MARKOVÁ, 2009). Nesse contexto, pensamos que, tanto na educação formal quanto na não formal, indubitavelmente, a Astronomia apresenta-se como o grande filão desencadeador desse processo, com função incontestada, devido ao seu caráter interdisciplinar, que a relaciona às demais ciências, e à sua capacidade de impulsionar o desenvolvimento de tecnologias, de despertar habilidades como a observação e o senso crítico, e de sensibilizar o ser humano sobre questões do universo, possibilitando contextualizar sua existência desde os primórdios. Além disso, provoca inquietações como: Quem somos? De onde viemos? Para onde vamos?

Entretanto, de acordo com as discussões do referencial teórico e ainda com as representações dos sujeitos desta pesquisa, a Astronomia não faz parte de forma sistemática do currículo da Educação Básica e nem da mídia em geral e mais: muitas vezes, quando disseminada, essa ciência se apresenta, nos dois âmbitos, com erros e distorções conceituais. Mirando neste panorama atual, o Brasil tem que procurar uma resposta urgente para o seguinte: *Como instigar ou fomentar o interesse da sociedade pela Astronomia, considerando que essa ciência ainda se apresenta de forma escassa e deformada na sua realidade cultural?* O aparente paradoxo alerta para a necessidade da formação conceitual e das práticas de divulgação científica. Os sujeitos da mostra desta

pesquisa sugeriram algumas ações para a área como: contemplar a inserção da Astronomia como disciplina obrigatória no curso de Física e investir em cursos de formação continuada num processo mais longo (S1); manter editais de fomento à divulgação (S5); divulgar políticas para determinadas áreas (S6). No que tange à necessária qualificação profissional, poderia considerar a sugestão da ABJC, que é inserir disciplinas de divulgação científica em todas as áreas do conhecimento, além da indispensabilidade de um trabalho de parceria entre o pesquisador e o jornalista.

Referências

ALVES-MAZZOTTI, A. J. Representações sociais: aspectos teóricos e aplicações à educação. **Em Aberto**, ano 14, n. 61, p. 60-78, jan./mar. 1994.

AMARAL, P.; OLIVEIRA, C. E. Q. V. Astronomia nos livros didáticos de ciências: uma análise do PNL D 2008. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, n. 12, p. 31-55, 2011. Disponível em: <<http://www.relea.ufscar.br/index.php/relea/article/view/162>>. Acesso em: 06 ago. 2012.

ASSIS, J. N. M.; GERMANO, M. G. **Popularização da astronomia**: relato de experiência. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 17. 2007. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvii/sys/resumos/T0334-2.pdf>>. Acesso em: 21 jan. 2013.

BAUER, M. W. A popularização da ciência como imunização cultural: a função das representações sociais. In: GUARESCHI, P.; JOVCHELOVITCHI, S. (Org.). **Textos em representações sociais**. 13. ed. Petrópolis: Vozes, 2012.

BRETONES, P. S. **A Astronomia na formação continuada de professores e papel da racionalidade prática para o tema da observação do céu**. 2006. 281f. Tese (Doutorado em Ciências) – Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

BRETONES, P. S.; MEGID NETO, J.; CANALLE, J. B. G. A educação em Astronomia nos trabalhos das reuniões anuais da Sociedade Astronômica Brasileira. **Boletim da Sociedade Astronômica Brasileira**, v. 26, n. 2, 2006, p. 55-72.

BUENO, W. C. Jornalistas e pesquisadores: a parceria necessária. **Portal Imprensa**, 2008. Disponível em: <<http://portalimprensa.com.br/colunistas/colunas/2008/07/23/imprensa257.shtml>>. Acesso em: 23 maio 2013.

BUENO, W. C. Comunicação científica e Divulgação científica: aproximações e rupturas conceituais. **Revista Informação & Informação**, v.15, p.1-12, 2010. Número especial. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/informacao/article/view/6585>>. Acesso em: 30 jul.2013.

CALDAS, G. Política de C & T, mídia e sociedade. **Comunicação & Sociedade**, n. 30, p. 185-207, 1998.

CALDAS, G. Divulgação científica e relações de poder. **Revista Informação & Informação**, v. 15, p. 31-42, 2010. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/informacao/article/view/5583>>. Acesso em: 22 maio 2013.

CALDAS, G. O valor do conhecimento e da divulgação científica para a construção da cidadania. **Comunicação & Sociedade**, ano 33, n. 56, p. 7-28, jul./dez. 2011. Disponível em: <<https://www.metodista.br/revistas/revistas-ims/index.php/CSO/article/view/2853/2752>>. Acesso em: 29 jan. 2014.

CANIATO, R. Astronomia e educação. **Revista Universo Digital**, p. 80-91, 2005. Disponível em: <<http://www.liada.net/universo/articulos/Caniato/Astronomia%20e%20Educacao.pdf>>. Acesso em: 05 jul. 2012.

DESTÁCIO, M. C. Divulgação científica e comunicação: pode haver uma sem a outra? **Revista Leitura e Escritura**, n. 2, 1º sem. 2010. Disponível em: <http://www.leituraeescritura.com/revista/le_02b.htm>. Acesso em: 18 abr. 2013.

DOCUMENTO da ABJC para SBPC. Políticas Públicas de Comunicação em C, T& I. Inserção no Eixo IV – Ciência, Tecnologia e Inovação para o Desenvolvimento Social. In: CONFERÊNCIA NACIONAL DE CT&I, 4, Brasília, 2010. **Anais...** Brasília: CNCTI, 2010. Disponível em: <http://www.portalintercom.org.br/index.php?option=com_content&view=article&id=464:forum-divulgacao-cientifica-formacao-e-pesquisa-em-ctai&catid=113>. Acesso em: 30 jul. 2012.

ESPÍRITO SANTO, M. A.; ESTEVES, F. C. Comunicações – Projeto “Olhando para o céu no sul fluminense”: primeiras e futuras contribuições. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, n. 1, p. 183-192, abr. 2012. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2012v29n1p183/21617>>. Acesso em: 14 jul. 2012.

FARR, R. M. A popularização da ciência como imunização cultural: a função das representações sociais. GUARESCHI; JOVCHELOVITCH, S. (Orgs.). **Textos em representações sociais**. 13. ed. Petrópolis: Vozes, 2012.

FEYNMAN, R. **O senhor está brincando, Sr. Feynman!** Rio de Janeiro: Campus, 2006.

FOUREZ, G. **A construção das ciências**: introdução à filosofia e a ética das ciências. São Paulo: UNESP. 1995.

GLEISER, M. O conhecimento que nos define. Entrevista concedida a Maurício Guilherme Silva Jr. **Revista Minas Faz Ciência**, Belo Horizonte, n. 45, p. 30-31, 2011.

GONZAGA, E. P.; VOELZKE, M. R. Análise das concepções astronômicas apresentadas por professores de algumas escolas estaduais. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, n. 2, p. 2311-2; 2311-12, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v33n2/a12v33n2.pdf>>. Acesso em: 3 jun. 2013.

HENRIQUE, A. B.; ANDRADE, V. F. P.; L'ASTORINA, B. Discussões sobre a natureza da ciência em um curso sobre a história da astronomia. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, n. 9, p. 22, 2010. Disponível em: <<http://www.relea.ufscar.br/relea/index.php/relea/article/view/147/188>>. Acesso em: 2 ago. 2012.

JACKSON, E. Practical Astronomical Activities During Daytime. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, n. 8, p. 71-88, 2009. Disponível em: <<http://www.relea.ufscar.br/index.php/relea/article/viewFile/139/165>>. Acesso em: 1 ago. 2012.

JODELET, D. Representações sociais: um domínio em expansão. In: JODELET, D. (Org.). **As representações sociais**. Rio de Janeiro: UERJ, 2001.

JODELET, D. La representacion social: fenomenos, concepto y teoria. In: MOSCOVICI, S. (Org.). **Psicologia social II**. Barcelona: Ediciones Paidós, 1986.

KANTOR, C. **A Educação em Astronomia sob uma perspectiva humanístico-científica**: a compreensão do céu como espelho da evolução cultural. 2012. 141f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

LANGHI, R. Educação em Astronomia: Da revisão bibliográfica sobre concepções alternativas à necessidade de uma ação nacional. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n. 2: p. 373-399, ago. 2011. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/viewFile/2175-7941.2011v28n2p373/19323>>. Acesso em: 3 ago. 2012.

LANGHI, R.; NARDI, R. Ensino da astronomia no Brasil: educação formal, informal, não formal e divulgação científica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 31, n. 4, p. 4402-1 - 4402-11, 2009.

LANGHI, R. À procura de um programa de educação continuada em astronomia adequado para professores dos anos iniciais do Ensino Fundamental. ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, XI., Curitiba, 2008. Disponível em: <http://www.cienciamao.usp.br/dados/epf/_aprocuradeumprogramadeed.trabalho.pdf>. Acesso em: 7 ago. 2012.

LANGHI, R. Ensino de astronomia: erros conceituais mais comuns presentes em livros didáticos de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, São Paulo, v. 24, n. 1, p. 87-111, abr. 2007.

LANGHI, R. Dificuldades interpretadas nos discursos de professores dos anos iniciais do ensino fundamental em relação ao ensino da Astronomia. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, n. 2, p. 75-92, 2005. Disponível em: <http://www.cienciamao.usp.br/dados/rlea/_dificuldadesinterpretada.artigoCompleto.pdf>. Acesso em: 31 jul. 2012.

LONGHINI, M. D.; FERNANDES, T. C. D. Histórias problematizadoras e o ensino de Astronomia. In: LONGHINI, M. D. (Org.). **O uno e o diverso na educação**. Uberlândia: EDUFU, 2011.

LONGHINI, M. D; GOMIDE, H. A.; FERNANDES, T. C. D. Quem somos nós? Perfil da comunidade acadêmica brasileira na Educação em Astronomia. **Ciências em Educação**, v. 19, n. 3, p. 739-759, 2013.

LONGHINI, M. D; MORA, I. A. Uma investigação sobre o conhecimento de Astronomia de professores em serviço e em formação. In: LONGHINI, M. D. (Org.). **Educação em Astronomia: experiências e contribuições para a prática pedagógica**. Campinas: Átomo, 2010.

LOPES, A. R. C. **Conhecimento escolar: ciência e cotidiano**. Rio de Janeiro: EdUERJ, 1999.

MARANDINO, M. et al. A educação não formal e a divulgação científica: o que pensa quem faz? In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 4., 2003, Bauru. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2003. Disponível em: <<http://fep.if.usp.br/~profis/arquivos/ivenpec/Arquivos/Orais/ORAL009.pdf>>. Acesso em: 28 maio 2013.

MARRONE JR., J. **Um perfil da pesquisa em ensino da Astronomia no Brasil a partir da análise de periódicos de ensino de ciências**. 2007. 253f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Centro de Ciências Exatas da Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2007.

MARTINS, B. A.; LANGHI, R. Uma proposta de atividade para a aprendizagem significativa sobre as fases da lua. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, n. 14, p. 27-36, 2012. Disponível em: <<http://www.relea.ufscar.br/index.php/relea/article/viewFile/13/9>>. Acesso em: 3 fev. 2013.

MASSARANI, L. Jornalismo científico no Brasil: um panorama geral e desafios. **Salto para o futuro** – divulgação científica e educação, Boletim 1, ano XX, abr./2010, p. 22-27. Disponível em: <<http://cdnbi.tv escola.org.br/resources/VMSResources/contents/document/publicationsSeries/175210Divulgacaocientificaeducacao.pdf>>. Acesso em: 3 fev. 2014.

MATSUURA, K. Prefácio. In: **A ciência para o século XXI: uma nova visão e uma base de ação**. Brasília: Unesco, ABIPTI, 2003.

MOSCOVICI, S. **A representação social da psicanálise**. Tradução de Álvaro Cabral. Rio de Janeiro: Zahar, 1978.

MOSCOVICI, S. The phenomenon of social representations. In: MOSCOVICI, S.; G. DUVEEN, G. (Orgs.). **Social representations: Explorations in social psychology**. Cambridge: Polity, 2000.

MOSCOVICI, S. Das representações coletivas às representações sociais: elementos para uma história. In: JODELET, D. (Org.) **As representações sociais**. Rio de Janeiro: UERJ, 2001.

MOSCOVICI, S. **Representações sociais**: investigação em psicologia social. 6. ed. Petrópolis: Vozes, 2009.

MOSCOVICI, S. Prefácio. In: GUARESCHI, P.; JOVCHELOVITCH, S. (Orgs.). **Textos em representações sociais**. 13. ed. Petrópolis: Vozes, 2012.

MOSCOVICI, S; MARKOVÁ, I. Ideias e seu desenvolvimento – um diálogo entre Serge Moscovici e Ivana Marková. In: MOSCOVICI, S. **Representações sociais**: investigações em psicologia social. 6. ed. Petrópolis: Vozes, 2009.

NASCIMENTO, T. G. Definições de divulgação científica por jornalistas, cientistas e educadores em ciências. **Ciência em Tela**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 2, 2008. Disponível em: <<http://www.cienciaemtela.nutes.ufrj.br/artigos/0208nascimento.pdf>>. Acesso em: 12 set. 2012.

NASCIMENTO, T. G; REZENDE JUNIOR, M. F. A produção sobre divulgação científica na área de Educação em Ciências: referenciais teóricos e principais temáticas. **Revista Investigações em Ensino de Ciências**, v. 15, n. 1, p. 97-120, 2010.

NASCIMENTO-SCHULZE, C. M. et al. **Representações sociais de ciência e tecnologia e alfabetização científica**: um estudo com professores do ensino médio em Florianópolis. JORNADA INTERNACIONAL II., CONFERENCIA BRASILEIRA SOBRE REPRESENTAÇÕES SOCIAIS, I., 2003. Rio de Janeiro.

NAVAS, A. M. **Concepções de popularização da ciência e da tecnologia no discurso político**: impactos nos museus de Ciências. 2008. 240f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

OLIVEIRA, F. de. **Jornalismo científico**. São Paulo: Contexto, 2002.

OLIVEIRA FILHO, K. S. O.; SARAIVA, M. de F. O. **Astronomia & Astrofísica**. 2. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2004.

PLANO NACIONAL DE ASTRONOMIA. **Proposta da Comissão Especial de Astronomia**. Presidência da República; Ministério da Ciência e Tecnologia, 2010. Disponível em: <<http://www.lna.br/PNA-FINAL.pdf>>. Acesso em: 16 jan. 2013.

POZO, J. I.; GÓMEZ CRESPO, M. A. G. **A aprendizagem e o ensino de ciências**: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

ROGADO, J. **Quantidade de matéria e mol** – concepções de ensino e aprendizagem. 2000. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Ciências Humanas da Universidade Metodista de Piracicaba, Piracicaba, 2000.

SANTOS, S. P. **Um estudo das Representações Sociais sobre o trabalho docente dos licenciandos do curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Uberlândia**. 2008. 168 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade Federal de Uberlândia - UFU, Uberlândia, 2008.

SILVA, M. A. A fetichização do livro didático no Brasil. **Real**, Porto Alegre, v. 37, n. 3, p. 803-821, set./dez. 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/edreal/v37n3/06.pdf>>. Acesso em: 29 jan. 2014.

SOBREIRA, P. H. A. **Cosmografia geográfica: a astronomia no ensino de Geografia**. 2006. 239f. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

SPINK, M, J. Desvendando as teorias implícitas: uma metodologia de análise das representações sociais. In: GUARESCHI, P.; JOVCHELOVITCH, S. (Orgs.). **Textos em representações sociais**. 13. ed. Petrópolis:Vozes, 2012.

STEINER, P. Instituições de Pesquisa da Alemanha ampliam divulgação científica. 30 jan. 2014. **Agência Fapesp**. Entrevista concedida a Elton Alisson. Disponível em <<http://agencia.fapesp.br/18557>>. Acesso em: 04 fev. 2014.

TIEDEMANN, P. W. Conteúdos de Química em livros didáticos de Ciências. **Revista Ciência & Educação**, Bauru, v. 5, n. 2, p. 15-22, 1998. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v5n2/a02v5n2.pdf>>. Acesso em: 3 jun. 2013.

VILANOVA, R.; MARTINS, I. Educação em Ciências e Educação de Jovens e Adultos: pela necessidade do diálogo entre campos e práticas. **Revista Ciência & Educação**, v. 14, n. 2, p. 331-346, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v14n2/a11v14n2.pdf>>. Acesso em: 3 jun. 2013.

WAGNER, W. Descrição, explicação e método na pesquisa das Representações Sociais. In: GUARESCHI, P.; JOVCHELOVITCH, S. (Orgs.). **Textos em representações sociais**. 13. ed. Petrópolis: Vozes, 2012.

XAVIER, R. Representação social e ideologia: conceitos intercambiáveis? **Psicologia & Sociedade**; v.14, n. 2, p. 18-47; jul./dez. 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/psoc/v14n2/v14n2a03.pdf>>. Acesso em: 19 jul. 2012.

INSTITUIÇÕES DE EDUCAÇÃO NÃO-FORMAL DE ASTRONOMIA NO BRASIL E SUA DISTRIBUIÇÃO NO TERRITÓRIO NACIONAL

*Joana Brás Varanda Marques*¹
*Denise de Freitas*²

Resumo: Neste artigo apresentamos os resultados de um levantamento das instituições brasileiras de educação não-formal e divulgação de Astronomia. O setor não-formal da educação e da divulgação científica são áreas em expansão em todo o mundo e, também, no Brasil. A Astronomia é uma ciência privilegiada devido à rede de instituições existente, mas são poucas as pesquisas que se debruçam sobre essa temática e as informações sobre as instituições não estão integradas nem atualizadas. Neste contexto, buscamos trazer contribuições para o campo ao realizar um levantamento da localização dos planetários, observatórios, museus e associações dedicadas à Educação em Astronomia no Brasil por meio da compilação e atualização das listagens parciais destes já existentes. Pelo que apuramos o Brasil conta com quase 500 instituições dedicadas a essa temática, no entanto, elas estão distribuídas de maneira pouco uniforme.

Palavras-chave: Educação não-formal; Divulgação científica; Observatórios astronômicos; Planetários; Associações; Museus e centros de ciências.

INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN NO FORMAL DE LA ASTRONOMÍA EN BRASIL Y SU DISTRIBUCIÓN EN EL TERRITORIO NACIONAL

Resumen: En este artículo presentamos los resultados de un estudio de las instituciones brasileñas de educación no formal y de popularización de la astronomía. El sector no formal de educación y de popularización de la ciencia se están expandiendo alrededor del mundo y también en Brasil. La astronomía es una ciencia privilegiada debido a la red de las instituciones existentes, pero existe poca investigación que trata este tema y la información sobre las instituciones no están integradas o actualizadas. En este contexto, buscamos aportar contribuciones al campo llevando a cabo un estudio de la localización de los de los planetarios, observatorios, museos y asociaciones dedicadas a la educación en Astronomía en Brasil, a través de la recopilación y actualización de la lista parcial existente de estas instituciones. De este estudio hemos concluido que el Brasil tiene cerca de 500 instituciones dedicadas a este tema, y que sin embargo se distribuyen de manera poco uniforme.

Palabras clave: Educación no formal; Divulgación científica; Observatorios astronómicos; Planetarios; Asociaciones; Museos y centros científicos.

INSTITUTIONS OF NON-FORMAL EDUCATION OF ASTRONOMY IN BRAZIL AND THEIR DISTRIBUTION ON THE NATIONAL TERRITORY

Abstract: This article presents the results of a survey of Brazilian institutions of non-formal education and popularization of Astronomy. The non-formal sector of education and scientific dissemination are areas in expansion throughout the world and also in Brazil. Astronomy is a privileged science due to the network of existing institutions, but there is little research on this issue and the information about

¹ Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade Federal de São Carlos, PPGE-UFSCar, São Carlos, Brasil. E-mail: <joana.bvm@gmail.com>.

² Professora Associada do Departamento de Metodologia de Ensino da Universidade Federal de São Carlos, DME-UFSCar, São Carlos, Brasil. E-mail: <dfreitas@ufscar.br>.

institutions are neither integrated nor updated. In response, this paper presents the results of a systematic survey of planetariums, observatories, museums and associations dedicated to education in astronomy in Brazil. The survey was executed by compiling and updating of existing partial listings on equipment and institutions. It can be concluded that in Brazil there are nearly 500 institutions dedicated to this area but these institutions are distributed unevenly across the country.

Keywords: Non-formal education; Scientific dissemination; Astronomical observatories; Planetariums; Associations; Museums and science centers.

1 Introdução

No Brasil, apesar de timidamente, a educação não-formal (ENF) e divulgação científica (DC) cresceram nos últimos anos, assim como as pesquisas sobre essas temáticas (GADOTTI, 2005; MARANDINO et al, 2004; MARANDINO, 2001). São áreas que se têm afirmado como campos de conhecimento com um enorme potencial para a formação da cultura científica e a Educação em Ciências (QUEIROZ et al, 2002) e a tendência de crescimento, e o reconhecimento da importância desta área, é percebida tanto em nível internacional (BELL et al, 2009) como no Brasil (GADOTTI, 2005).

Neste artigo, definimos educação não-formal de maneira ampla, como

um tipo de educação organizada e sistemática, mas flexível em termos de duração e dos espaços em que pode ocorrer (museus, centros de ciência, zoológicos, ONGs, espaços públicos da cidade, associações, etc.). Pode ser guiada por um mediador ou educador, mas é preferencialmente centrada em quem aprende, uma vez que neste tipo de educação o aprendiz tem muito mais autonomia e liberdade para construir o seu “percurso” de aprendizagem conforme suas motivações. É por isso uma educação pessoal, voluntária e não-linear, mas também colaborativa e muito dependente do contexto específico em que ocorre. Não é, normalmente, avaliada nem leva a certificados de aprendizagem. Por suas características, os participantes neste tipo de atividades educativas têm idades variadas, habilidades e capitais culturais e socioeconômicos muito diversos (MARQUES e FREITAS, 2015, p. 3).

É importante notar que nem todas as atividades que ocorrem em espaços caracterizados como não-formais se enquadram na definição acima, assim como, ao contrário, é possível realizar atividades não-formais em ambientes tipicamente formais, como a escola. Ainda assim, existem instituições que, em geral, podem ser classificadas como não-formais. Para uma revisão detalhada das características da educação não-formal e das outras tipologias educativas ver, por exemplo, Marques (2014).

A Astronomia, neste cenário, é uma área privilegiada devido à rede de instituições existente, à singularidade da comunidade de astrônomos amadores e ao fascínio que o tema provoca no público. No entanto, apesar de ter ganhado importância e atenção da comunidade de pesquisadores e educadores (LANGHI e NARDI, 2009b), ainda é uma área pouco explorada e analisada e que tem crescido timidamente (AROCA, 2008).

Assim, em relação às instituições que promovem atividades e programas de educação não-formal e divulgação de astronomia, não existe um conhecimento integrado e atualizado sobre as mesmas. Constatamos a existência de diferentes fontes de informação, muitas delas referentes a apenas um tipo ou a um conjunto não completo das instituições, sendo que as listagens dessas diferentes fontes muitas vezes não coincidem em termos de números e nomes das instituições. Assim, buscando contribuir para um melhor conhecimento da área da educação não-formal e divulgação de Astronomia no Brasil, realizamos um levantamento das instituições de educação não-formal e divulgação científica no território brasileiro, por meio da compilação, cruzamento e atualização da informação dispersa que encontramos em diversas fontes.

Neste artigo mostramos e discutimos os resultados deste levantamento no território nacional.

2 Metodologia

Concordando com Langhi e Nardi (2009b), consideramos que os “museus de Astronomia, planetários, observatórios astronômicos e clubes de astrônomos amadores” (LANGHI e NARDI, 2009b, p. 3) são as principais instituições que promovem a educação não-formal e divulgação de Astronomia.

De modo a conhecer estas instituições nacionais, cruzamos as diferentes listagens de instituições encontradas na internet, nomeadamente listagens referentes a iniciativas do Ano Internacional da Astronomia (AIA 2009) e listagens resultantes de pesquisas já realizadas na área da Educação em Astronomia, entre outras.

As fontes utilizadas foram as seguintes³:

Site Uranometria nova

- lista de planetários:
<<http://www.uranometrianova.pro.br/planetarios/planbrasil.htm>>
- lista observatórios:
<<http://www.uranometrianova.pro.br/observatorios/obsbrasil.htm>>

Segundo o site Uranometria Nova o Brasil conta com 35 planetários fixos e em breve seriam 40 (última atualização do site foi em 22 de abril de 2012). E em relação aos observatórios, que estão separados entre universitários, públicos, privados e escolares, informa que o Brasil possui 82.

Site do Professor Rodolfo Langhi

- lista de planetários:
<<https://sites.google.com/site/proflanghi/planetarios>>
- lista de observatórios:
<<https://sites.google.com/site/proflanghi/observatorios>>
- lista de clubes e associações:
<<https://sites.google.com/site/proflanghi/clubes>>

³ O último acesso às páginas da internet foi feito no dia 3 de janeiro de 2014.

Segundo o autor, que realizou este levantamento no âmbito da sua tese de doutorado (LANGHI, 2009), os dados estão atualizados até 2008.

Dissertação de Linhares (2011)

Nessa listagem Linhares (2011) encontra 124 observatórios no país e divide-os em 5 categorias (particulares, públicos, didáticos universitários, profissionais e didáticos de escolas e colégios). Para tal usa as fontes:

- <http://www.uranometrianova.pro.br/observatorios/obsbrasil.htm>
- <http://www.astronomia2009.org.br/index.php>
- <http://sites.google.com/site/proflanghi/observatorios>
- <http://www.oba.org.br/site/>

Essa listagem foi particularmente útil por nos dar acesso, ainda que indireto, aos dados do site do Ano Internacional da Astronomia 2009, ao qual não temos mais acesso por estar desativado.

Artigo de Linhares e Nascimento (2009)

Este artigo fornece uma lista, ainda que parcial, de observatórios, planetários e outros espaços de divulgação de Astronomia e respectivos endereços na web. Os autores analisaram as páginas web de 99 observatórios, 35 planetários fixos e 17 outros espaços (Laboratórios, Centros e Museus de Astronomia).

Site da Associação Brasileira de Planetários (ABP)

Fornecer uma lista de 36 planetários fixos e várias informações sobre os mesmos: instituição, endereço, telefone, e-mail, website, tamanho da cúpula, marca do projetor, data de inauguração e capacidade⁴.

Documento “Centros e museus de ciência do Brasil, 2009”

Este relatório, publicado pela Associação Brasileira de Centros e Museus de Ciência em 2009, elenca os museus e centros de ciências no Brasil e contém algumas informações de contato de cada um deles, assim como uma descrição das suas exposições e atividades. Através dessas descrições e de pesquisas nos sites das instituições selecionamos as que se referiam a atividades astronômicas. É provável que outros estabelecimentos deste tipo também realizem atividades de Astronomia e que a listagem feita através desta triagem não seja completa, no entanto, consideramos que os estabelecimentos que se referem mais explicitamente às atividades de Astronomia o fazem de maneira mais regular ou, até mesmo, que apresentam exposições permanentes sobre o tema sendo, portanto, essa triagem o núcleo mais ativo.

Site da Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (OBA)

O site da OBA permite pesquisar as instituições inscritas por estado e por categoria⁵. Recolhemos a listagem de todas as instituições inscritas por estado à exceção das escolas.

⁴ <http://planetarios.org.br/planetarios>

⁵ <http://www.oba.org.br/site/index.php?p=conteudo&idcat=28&pag=conteudo&m=s>

Relatórios da LIADA (Liga Iberoamericana de Astronomia)

A LIADA tem uma Seção de Ensino e Divulgação⁶ que no Brasil está dividida em 4 Coordenações Locais. A Coordenação da região Norte e Nordeste produz relatórios de atividades que nos permitem ter noção de quais são as instituições mais ativas na região. O último relatório consultado, e disponível, foi o de 2013⁷. Infelizmente, para as restantes regiões do Brasil os relatórios não existem ou não estão publicados no site.

Site da Rede Brasileira de Astronomia (RBA)

No Ano Internacional da Astronomia (AIA 2009) foi criada a Rede Brasileira de Astronomia⁸ (RBA). Era uma rede de contatos em todo o Brasil com o objetivo de coordenar, divulgar, organizar e centralizar as informações sobre as atividades do AIA 2009. Em cada Estado havia um conjunto de pessoas responsáveis, normalmente vinculadas a alguma instituição de educação, divulgação ou pesquisa. Essas pessoas eram os chamados nós locais. A lista de nós locais por Estado estava acessível no site da RBA⁹ e foi muito útil, uma vez que eram disponibilizados o nome do nó local e a instituição e respectivo site a qual estava vinculado.

Feitos os cruzamentos de todas as informações, obteve-se uma lista completa de todas as instituições referidas nas diferentes fontes consultadas. Essa lista foi verificada, a fim de corrigir erros e eliminar os duplicados, uma vez que se constatou que, por vezes, em listas diferentes a mesma instituição tinha nomes distintos.

3 Resultados

Antes de apresentar os resultados, convém esclarecer que se fez a opção de contabilizar como diferentes os observatórios, planetários ou museus de uma mesma instituição uma vez que os mesmos são de natureza diferente e, portanto, têm potencial de multiplicar e diversificar as atividades. Assim, neste trabalho, o número expresso por Estado é ligeiramente mais elevado do que o número de instituições dedicadas à temática de Astronomia.

Salvaguarda-se que algumas páginas de internet de instituições e associações analisadas estão desatualizadas, muitas delas desde 2009. Da mesma forma, considera-se, também, que há potencialmente novas instituições que não estão ainda contempladas nesta lista e que podem estar ativas no momento. Encontramos algumas dessas, principalmente nas novas mídias - grupos no *facebook*, canais no *youtube* etc.

⁶ <https://sites.google.com/site/eduliada/>

⁷ <https://sites.google.com/site/eduliada/seda-brasil>

⁸ <http://www.rba.astronomos.com.br/index.php>

⁹ http://www.rba.astronomos.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=59&Itemid=57

3.1 Valores totais

No total, como resultado final desta pesquisa, conseguimos identificar 126 observatórios (OBS), 48 planetários (PLA), entre fixos e móveis, 32 museus ou centros de ciências (MUS) com atividades ou exposições na área da Astronomia e 266 associações, clubes, grupos, e outros (ASS) distribuídos pelos diferentes Estados ou Unidades Federativas brasileiras, como representado na Tabela 1. Estes valores estão corrigidos em relação aos apresentados em Marques e Freitas (2015). Todas as instituições identificadas estão listadas nos apêndices ao final deste artigo.

UF	OBS	PLA	MUS	ASS	TOTAL
AC	0	0	0	1	1
AM	0	0	1	1	2
AP	0	1	1	0	2
PA	1	1	1	1	4
RO	0	0	0	1	1
RR	0	0	0	2	2
TO	0	0	0	1	1
AL	3	0	1	2	6
BA	3	2	2	9	16
CE	9	1	1	15	26
MA	2	0	0	5	7
PB	1	1	0	2	4
PE	8	1	1	18	28
PI	0	0	0	3	3
RN	0	2	0	7	9
SE	0	1	0	2	3
DF	2	1	0	5	8
GO	0	1	0	0	1
MS	1	0	0	5	6
MT	0	0	0	2	2
ES	4	1	1	6	12
MG	20	3	6	20	49
RJ	10	7	5	29	51
SP	39	12	7	85	143
PR	10	9	3	15	37
RS	10	3	2	20	35
SC	3	1	0	9	13

Tabela 1 - Distribuição das diferentes instituições de ENF e DC de Astronomia no Brasil em cada Unidade Federal (UF) brasileira.

3.2 Distribuição geográfica

Fazendo uma análise por região e observando os totais de cada tipo de instituição, representados no Gráfico 1, podemos verificar a existência de enormes discrepâncias quanto a distribuição dessas instituições no território brasileiro.



Gráfico 1 - Distribuição das instituições de ENF e DC de Astronomia por região brasileira.

Em termos percentuais (Gráfico 2) constata-se que mais de 50% do total de todas as instituições existentes no país se encontram na região Sudeste, com o Norte e o Centro-Oeste pouco servidos das mesmas.

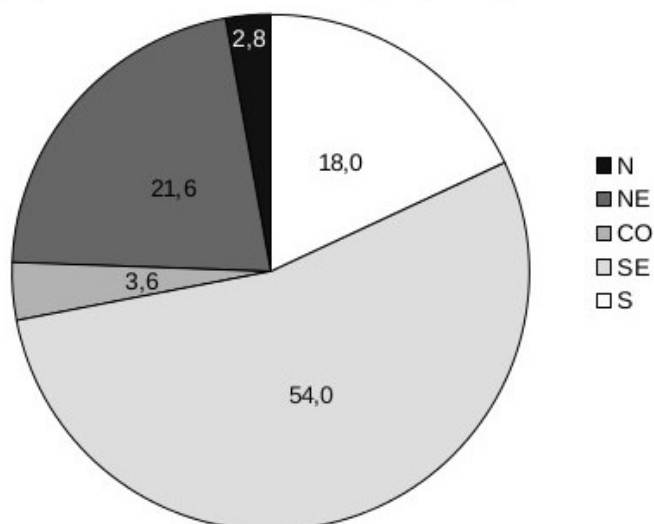


Gráfico 2 - Distribuição percentual do total das instituições de ENF e DC de Astronomia por região brasileira.

As diferenças são ainda mais visíveis, como já mostramos em Marques e Freitas (2015), se contabilizarmos o total de instituições em cada região por número de habitantes¹⁰. Analisando esses dados (Gráfico 3) percebemos que a disponibilidade varia ainda mais de região para região. Por exemplo, nas regiões Sul e Sudeste existem quatro vezes mais instituições de educação não-formal e divulgação de Astronomia por habitante do que na região Norte do país. “Se acrescentarmos a estes dados o isolamento das populações, na região Norte esta diferença tende a ser, na prática, bem maior” (MARQUES e FREITAS, 2015, p. 12).

¹⁰ Dados do Censo 2010 do IBGE: <http://www.censo2010.ibge.gov.br/apps/mapa/>

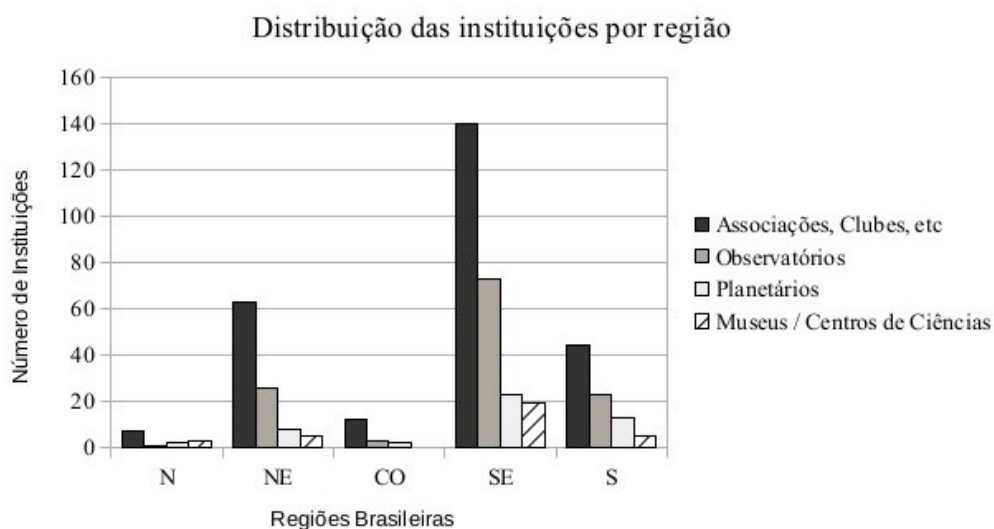


Gráfico 3 - Disponibilidade de instituições por milhão de habitantes em cada região brasileira.

Em termos gerais, com um total de 472 instituições no país e uma população de 190,7 milhões de habitantes (dados do IBGE, 2010), a disponibilidade nacional é de 2,5 instituições por milhão de habitantes.

3.3 Distribuição por tipo

As associações representam mais da metade do total das instituições encontradas, como pode ser visto no Gráfico 4.

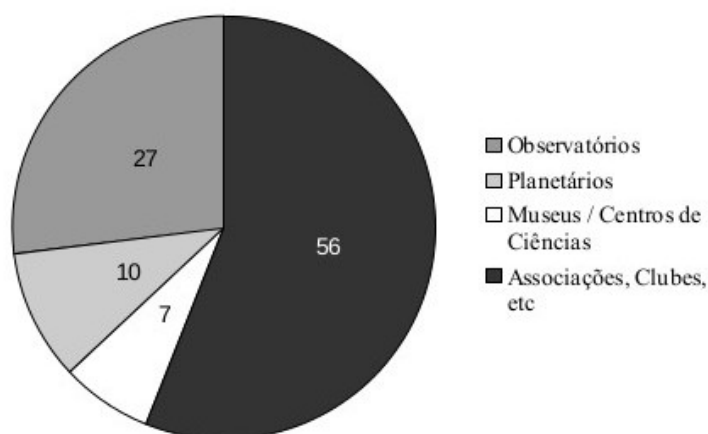


Gráfico 4 - Distribuição percentual do total das instituições por tipo.

Uma porcentagem considerável dessas associações está vinculada a planetários, observatórios ou museus, mas o seu elevado número em relação ao número das outras instituições e a sua distribuição pelos diferentes Estados (Gráfico 5) mostra que tal não acontece para todas. Ou seja, parte das associações e clubes não tem vínculo com planetários, observatórios ou museus. Atuam autonomamente, muitas vezes em espaços e com instrumentos particulares (telescópios etc.), dinamizadas por astrônomos amadores, professores do ensino básico ou outros entusiastas do campo.

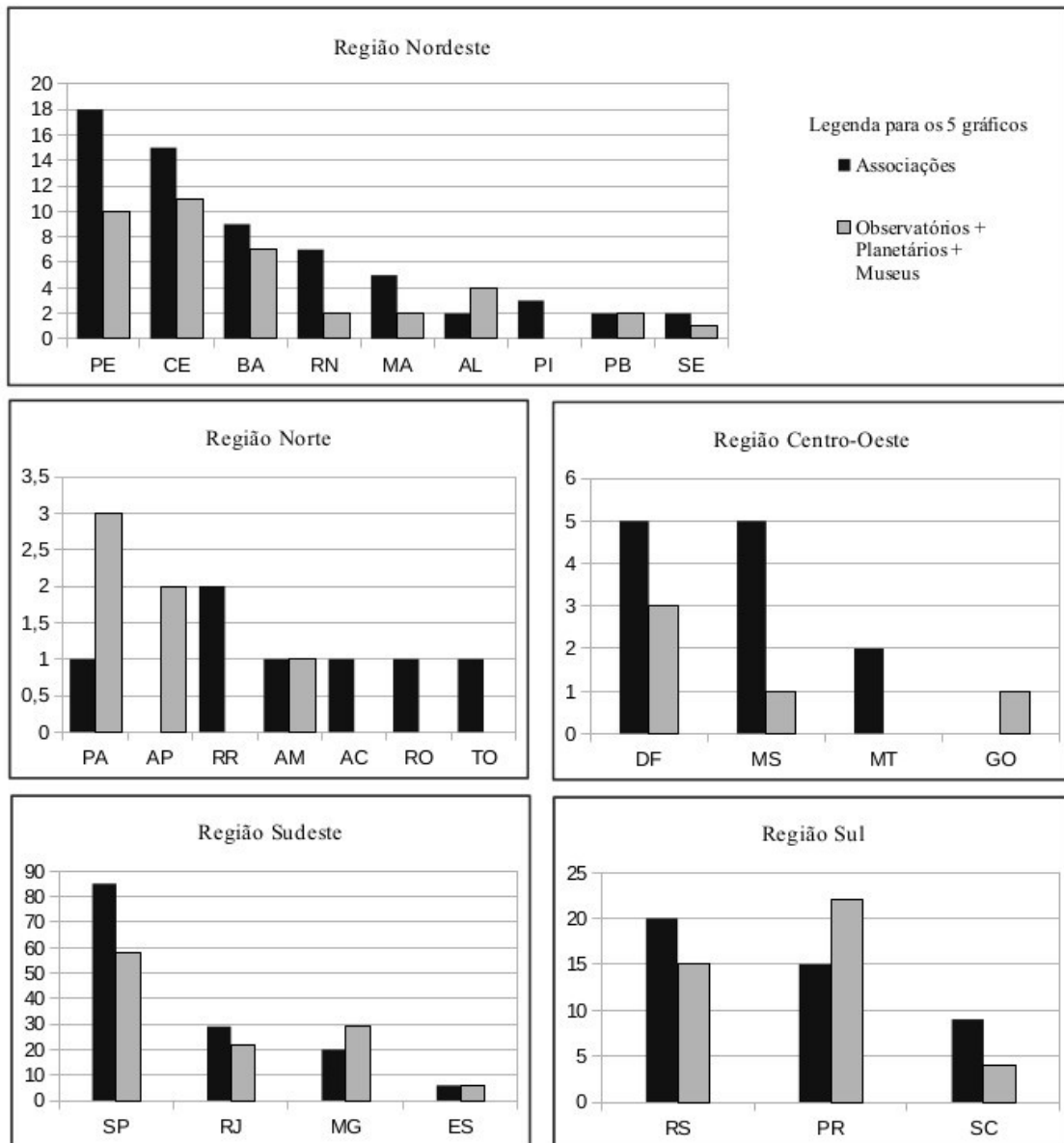


Gráfico 5 - Comparação entre o número de associações e o número das outras instituições em cada estado, agrupados por região brasileira.

Olhando agora apenas para os planetários, museus e observatórios, excluindo as associações, constatamos que a distribuição é desequilibrada. Como pode ser visto pelo Gráfico 6, predominam os observatórios (61%). Tal distribuição, a nosso ver, faz sentido, mostrando que a educação não-formal e divulgação de astronomia acontece em muitos locais que foram primariamente projetados para pesquisa, quer a nível profissional, quer a nível amador, sendo que a função educativa, pelo menos num primeiro momento, é secundária. Tal inferência explicaria a existência de muito mais observatórios do que outras instituições com funções educativas e de divulgação mais explícitas.

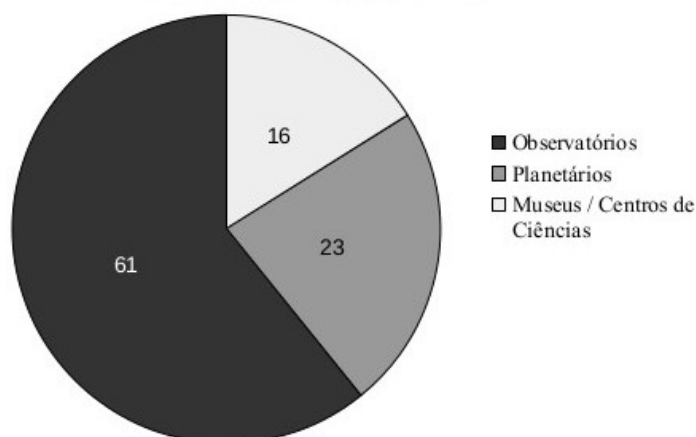


Gráfico 6 - Distribuição percentual total dos Observatórios, Planetários e Museus no Brasil.

Ainda excluindo as associações, deve ser sublinhado, por ser preocupante, a constatação de que em 16 dos 27 Estados (onde vive cerca de um quarto da população brasileira) existem 3 ou menos instituições disponíveis por Estado. Em 6 desses Estados (Acre, Rondônia, Roraima, Tocantins, Piauí e Mato Grosso) não existe, ou pelo menos não conseguimos identificar em nossa pesquisa, nenhum planetário, observatório ou museu com atividades sobre Astronomia.

Finalizando, o número total de instituições (472) parece-nos baixo, apesar de que não temos dados para comparar com outros países. Além disso, muitas vezes, mais do que o número de instituições, interessa o dinamismo, número de atividades realizadas e número de pessoas participantes nessas atividades, dados que não foram possíveis de se obter até o momento. No entanto, é esperado que com o aumento do número de instituições aumente também o número de atividades e de público atingido, logo os valores aqui apresentados podem servir para mostrar pelo menos algumas tendências.

Os dados aqui apresentados não se constituem como dados absolutos, uma vez que novas instituições podem estar sendo criadas e outras terem sido extintas. Este tem sido um dos maiores desafios desse trabalho: conseguir informações atualizadas sobre algumas das instituições que foram por nós contabilizadas, principalmente em relação às associações e outros grupos.

No seu website, Rodolfo Langhi, um dos autores que já realizou levantamentos das instituições brasileiras, mostra as mesmas dificuldades, admitindo que esse levantamento

[...] não é completo em si mesmo, pois constantes atualizações serão necessárias, em vista das previsões otimistas que se fazem a respeito do incremento de atividades na Educação e popularização deste tema, durante o Ano Internacional da Astronomia, em 2009. Além disso, revisões desta listagem, a partir do olhar crítico de outros autores, poderão se constituir em contribuições significativas para este levantamento, promovendo inclusões e exclusões de estabelecimentos que talvez tenham passado despercebidos neste primeiro momento¹¹ (LANGHI, sem data e paginação).

¹¹ <https://sites.google.com/site/proflanghi/estabelecimentos-1>

4 Conclusões

Trazer contribuições para o campo para melhor esclarecer o panorama nacional na área da educação não-formal e divulgação científica de Astronomia foi o objetivo principal dessa pesquisa. Por meio da compilação, verificação e atualização dos dados encontrados em diversas fontes, tentamos contabilizar e delinear a distribuição dos diferentes tipos de instituições brasileiras que se dedicam a ensinar e divulgar a Astronomia.

Como já referido, encontramos um conjunto diversificado de quase 500 instituições. No entanto, a sua distribuição no território nacional está longe de ser uniforme, havendo uma concentração de instituições nas regiões Sul e Sudeste e a ausência quase total das mesmas em outros locais, principalmente na região Norte do país.

Esperamos com este trabalho, chamar a atenção para a necessidade de repensar a distribuição dessas instituições no território nacional de modo que a população brasileira possa se beneficiar, de maneira mais igualitária, desse importante tema e recurso educativo. Defendemos que tal reflexão deve ser feita de maneira integrada, juntando as vozes do poder político, dos pesquisadores da área, das instituições de educação e pesquisa em Astronomia, entre outros.

O aumento de apoio científico, logístico e financeiro para construção de novas instituições e desenvolvimento de atividades, por exemplo, poderia se dar por meio de editais específicos que fomentem a construção e manutenção de instituições em regiões ainda não abrangidas e que deem suporte à formação e incentivo para fixação de pessoal especializado na área. Esses são alguns dos possíveis caminhos, que poderiam ser somadas àqueles que já começam a ser trilhados para inverter esta situação identificada (como apoios locais à construção de espaços e atividades, editais pontuais na área da divulgação em museus e centros de ciências, pesquisas que possibilitam um melhor conhecimento da área, entre outros). Mas sublinhamos que não basta construir. É necessário manter os espaços e instrumentos e desenvolver atividades e programas educativos com incentivos permanentes.

O fato de estar crescendo uma rede de universidades por todo o país pode ser um aliado para o desenvolvimento destas ações. Por outro lado, a comunidade de astrônomos amadores e entusiastas em locais onde ainda não existem planetários, observatórios ou museus, é outro aliado a se ter em conta.

Consideramos que este estudo pode contribuir na medida em que trouxe uma atualização e esclarecimentos sobre as instituições envolvidas com o ensino e a divulgação da Astronomia no Brasil, mas temos certeza que outros estudos como este deverão ter continuidade de forma alargada.

Agradecimentos

A primeira autora teve financiamento parcial da FAPESP durante o mestrado cujos resultados parciais aqui são apresentados (processo nº 2012/23088-8).

A segunda autora conta com apoio parcial do CNPq.

Referências

- AROCA, S. C. **Ensino de física solar em um espaço não formal de Educação**. 173 p. Tese (Doutorado em Ciências) – Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.
- BELL, P.; et al. **Learning Science in Informal Environments: People, Places, and Pursuits**. Washington, D.C.: The National Academies, 335 p., 2009.
- BRASIL. **Centros e museus de ciência do Brasil 2009**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Centros e Museus de Ciência: UFRJ. FCC. Casa da Ciência: Fiocruz. Museu da Vida, 2009.
- GADOTTI, M. **A questão da Educação formal/Não-Formal**. Institut international des droits de l'enfant. Droit à l'éducation: solution à tous les problèmes ou problème sans solution? Sion (Suisse), 18 au 22 octobre 2005.
- LANGHI, R.; NARDI, R. Ensino da astronomia no Brasil: Educação formal, informal, não formal e divulgação científica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 31, n. 4, p. 4402-4411, 2009a.
- LANGHI, R. Educação em Astronomia no Brasil: alguns recortes. In: Simpósio Nacional de Ensino de Física, XVIII, Vitória, **Atas...**, Sociedade Brasileira de Física, Vitória (ES), 2009b.
- LINHARES, F. R. C. **O objetivo das visitas escolares a um observatório astronômico na visão dos professores**. 239 p. Dissertação (Mestrado em Educação). Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2011.
- LINHARES, F. R. C.; NASCIMENTO, S. S. **Espaços de divulgação de Astronomia no Brasil – um mapeamento através da internet**. VII ENPEC, Florianópolis, 8 nov. 2009.
- MARANDINO, M.; et al. A Educação não formal e a divulgação científica: o que pensa quem faz? In: IV Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências - ENPEC, Bauru. **Atas...** 13p. 2004. Disponível em: <http://paje.fe.usp.br/estrutura/geenf/textos/oquepensa_trabcongresso5.pdf>. Acesso fev. de 2014.
- MARANDINO, M. Interfaces na relação museu-escola. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 18, n.1, p. 85-100, 2001.
- MARQUES, J. B. V. **Educação não-formal e divulgação de Astronomia no Brasil: o que pensam os especialistas e o que diz a literatura**. 317 p. Dissertação (Mestrado em Educação), Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2014.

MARQUES, J. B. V.; FREITAS, D. Educação não-formal e divulgação científica na área de Astronomia no Brasil – caracterizando uma comunidade de práticas. **Latin American Journal of Science Education**, v.2, n. 1, p. 1-15, 2015. No prelo.

QUEIROZ, G. et al. **Construindo saberes da mediação na Educação em museus de ciências**: o caso dos mediadores do museu de astronomia e ciências afins/Brasil. Anais do 1º Encontro Ibero-Americano sobre Investigação em Educação em Ciências, Burgos, Espanha, 2002.

Apêndice A – Lista de todos os Observatórios, Planetários e Museus identificados nesta pesquisa e estado brasileiro em que se situam.

NOME	TIPO	ESTADO
MUSA – Museu da Amazônia	MUS	AM
Planetário do Amapá	PLA	AP
Museu Sacaca	MUS	AP
Planetário do Pará - “Sebastião Sodré da Gama”	PLA	PA
Parque Ciências	MUS	PA
Observatório Magnético de Tatuoca	OBS	PA
Observatório Astronômico Fomalhaut	OBS	AL
Observatório Astronômico Genival Leite Lima	OBS	AL
M8 – Observatório da Lagoa	OBS	AL
Usina da Ciência	MUS	AL
Observatório Astronômico Betelgeuse	OBS	BA
Observatório Astronômico Antares	OBS	BA
Observatório Austral	OBS	BA
Planetário do Observatório Astronômico Antares	PLA	BA
Planetário do Museu Parque do Saber	PLA	BA
Museu Antares de Ciência e Tecnologia	MUS	BA
Museu Geológico da Bahia	MUS	BA
Museu do Eclipse	MUS	CE
Planetário Rubens de Azevedo	PLA	CE
Observatório Oto Alencar	OBS	CE
Observatório Canopus	OBS	CE
Observatório Astronômico do Colégio Christus	OBS	CE
Observatório Henrique Morize	OBS	CE
Radio-Observatório Espacial do Nordeste	OBS	CE
Observatório Astronômico Aldebaran	OBS	CE
Observatório Sirius	OBS	CE
Observatório Astronômico 7 de setembro	OBS	CE
Observatório Astronômico Herschel-Einstein	OBS	CE
Observatório Astronômico da UEMA	OBS	MA
Observatório Espacial de São Luis	OBS	MA
Observatório Astronômico César	OBS	PB
Planetário do Espaço Cultural da Paraíba	PLA	PB
Observatório Liaís	OBS	PE
Observatório MacGrave	OBS	PE
Observatório Astronômico do Colégio São Luis	OBS	PE
Observatório Astronômico Amateur	OBS	PE
Observatório Astronômico da Torre Malakoff	OBS	PE
Observatório Astronômico do Alto da Sé	OBS	PE
Observatório do Projeto Impacton	OBS	PE
Observatório Municipal de Itacuruba	OBS	PE
Planetário Espaço Ciência	PLA	PE
Espaço Ciência – Museu Interativo de Ciência	MUS	PE
Planetário de Parnamirim	PLA	RN
Planetário de São Gonçalo do Amarante	PLA	RN
Planetário de CCTECA/ Aracaju/ Galileu Galilei	PLA	SE
Observatório Astronômico da UNB	OBS	DF
Observatório Astronômico Paralelo 15	OBS	DF
Planetário de Brasília	PLA	DF
Planetário da Universidade Federal de Goiás	PLA	GO
Observatório Solar Indígena	OBS	MS
Observatório Astronômico Camille Flammarion	OBS	ES
Observatório Astronômico Carl Sagan	OBS	ES

NOME	TIPO	ESTADO
Observatório Astronômico da UFES	OBS	ES
Observatório Astronômico Aristarco de Samos	OBS	ES
Planetário de Vitória	PLA	ES
Praça da Ciência	MUS	ES
Observatório do Perau	OBS	MG
Observatório Astronômico Áries	OBS	MG
Observatório Astronômico Frei Rosário (Serra da Piedade)	OBS	MG
Observatório Phoenix	OBS	MG
Observatório Astronômico Monoceros	OBS	MG
Observatório Astronômico de Uberlândia	OBS	MG
Observatório do Centro de Astronomia Apex do Vale do Aço	OBS	MG
Observatório Astronômico do Colégio Santa Dorotéia	OBS	MG
Observatório Oswaldo Nery	OBS	MG
Observatório do Pico dos Dias	OBS	MG
Observatório Copérnico	OBS	MG
Observatório Astronômico da Escola de Minas – UFMG	OBS	MG
Observatório do Colégio Nossa Senhora de Nazaré	OBS	MG
Observatório das Alterosas	OBS	MG
Observatório Centauro	OBS	MG
Observatório Alfacentauro – PJML	OBS	MG
Observatório Astronômico do Museu	OBS	MG
Observatório Wykrota	OBS	MG
Observatório Astronômico Alpha	OBS	MG
Observatório Lunar Vaz Tolentino	OBS	MG
Espaço UFMG do Conhecimento	PLA	MG
Planetário Móvel Meteoro	PLA	MG
Planetário de Além Paraíba	PLA	MG
Centro de Ciências da Universidade Federal de Juiz de Fora	MUS	MG
Laboratório de Divulgação Científica – UFMG	MUS	MG
Museu da Ciência e da Técnica da Escola de Minas	MUS	MG
Parque da Ciência de Ipatinga	MUS	MG
Parque da Ciência de Viçosa	MUS	MG
Museu Prof. Fausto Alves de Brito	MUS	MG
Observatório Giordano Bruno	OBS	RJ
Observatório Magnético de Vassouras (ON/CNPq)	OBS	RJ
Observatório Nacional – MCT	OBS	RJ
Observatório do Valongo	OBS	RJ
Observatório Jiri Vleck – Instituto Federal Fluminense	OBS	RJ
Observatório Astronômico da Piedade	OBS	RJ
Observatório Astronômico Domingos Fernandes da Costa	OBS	RJ
Observatório Mury	OBS	RJ
Observatório Sagitário	OBS	RJ
Observatório de Paracamby	OBS	RJ
Planetário da Escola Naval	PLA	RJ
Fundação Planetário da Cidade do Rio de Janeiro	PLA	RJ
Planetário do Espaço Museu do Universo	PLA	RJ
Planetário de Santa Cruz (Cúpula D. Pedro II)	PLA	RJ
Planetário de Paracamby	PLA	RJ
Planetário de Três Rios	PLA	RJ
Planetário da Ciência Interativa	PLA	RJ
Espaço Ciência Viva	MUS	RJ
Espaço da Ciência “Maria de Lourdes Coelho Anunciação” de São João da Barra	MUS	RJ

NOME	TIPO	ESTADO
Espaço da Ciência de Três Rios	MUS	RJ
Museu Aeroespacial	MUS	RJ
Museu de Astronomia – MAST	MUS	RJ
Observatório Orion	OBS	SP
Observatório do ITA	OBS	SP
Observatório Astronômico do Colégio Progressão	OBS	SP
Observatório Abrahão de Moraes	OBS	SP
Observatório Astronômico do Colégio Integrado	OBS	SP
Observatório Astronômico Propus	OBS	SP
Observatório de São Carlos – USP/SC	OBS	SP
Observatório Astronômico do CTA– IAE	OBS	SP
Rádio Observatório do Itapetinga – ROI	OBS	SP
Observatório Astronômico Prof. Mário Schenberg	OBS	SP
Observatório Municipal de Campinas Jean Nicolini – OMCJN	OBS	SP
Observatório Municipal de Americana – OMA	OBS	SP
Observatório Astronômico de Piracicaba	OBS	SP
Observatório Municipal de Amparo	OBS	SP
Observatório Municipal de Diadema	OBS	SP
Observatório do Educandário Pestalozzi	OBS	SP
Observatório Municipal Anwar Dahma	OBS	SP
Observatório do Centro Integrado de Ciênciass – CICC	OBS	SP
Observatório do CIENTEC – USP	OBS	SP
Observatório Céu Austral	OBS	SP
Observatório da Fundação CÉU	OBS	SP
Observatório Solar de Monte Mor - “Solaris”	OBS	SP
Observatório Astronômico do Colégio Magno	OBS	SP
Observatório Astronômico Herschel – OAH	OBS	SP
Observatório Regulus	OBS	SP
Observatório Edmond Halley	OBS	SP
Observatório Solar Bernard Lyot	OBS	SP
Observatório do Liceu Albert Sabin	OBS	SP
Mini-Observatório do INPE	OBS	SP
Observatório do IAG	OBS	SP
Observatório Astronômico Albert Einstein – OAAE/CEU/GUE	OBS	SP
Observatório Didático Astronômico – UNESP/Bauru	OBS	SP
Observatório Kepler	OBS	SP
Observatório Sagitário	OBS	SP
Observatório do Morro Azul	OBS	SP
Observatório Astronômico da Escola Municipal de Astrofísica	OBS	SP
Observatório Astronômico Dr. Tomás Novelino	OBS	SP
Observatório Astronômico da Pedreira	OBS	SP
Observatório Astronômico Aquarius	OBS	SP
Planetário do Parque do Carmo	PLA	SP
Planetário da Escola Municipal de Astrofísica – Ibirapuera	PLA	SP
Planetário do Museu Dinâmico de Ciências de Campinas	PLA	SP
Planetário de Tatui	PLA	SP
Planetário de Brotas – fundação CEU	PLA	SP
Planetário Municipal de Itatiba	PLA	SP
Planetário Cosmos	PLA	SP
Planetário do Carmo	PLA	SP
Planetário da Universidade Cruzeiro do Sul	PLA	SP
Planetário de São José do Rio Preto	PLA	SP

Apêndice B – Lista das associações Lista de todas as associações, clubes e outros grupos ligados a instituições, principalmente amadoras, que identificados nesta pesquisa e estado brasileiro em que se situam.

NOME	EST.
Grupo de Astronomia Gama Hidra do Acre	AC
Grupo de Astronomia Coari – GAC	AM
Associação Paraense de Astronomia	PA
Grupo de Observações Astronômicas Estrela de Rondônia	RO
Clube de Astronomia de Roraima	RR
Grupo de Astrônomos Amadores de Roraima – GAARR	RR
Grupo de Divulgação e Popularização da Ciência Básica – UFT	TO
Centro de estudos Astronômicos de Alagoas – CeAAL	AL
Associação Estudantil de Pesquisas Astronômicas – AePA	AL
Sociedade Astronômica Andrômeda	BA
Grupo de Observações Astronômicas	BA
Associação de Astrônomos Amadores da Bahia	BA
Clube de Astronomia Vitória da Conquista	BA
Clube de Astronomia de Feira de Santana – CAFS	BA
Centro de Observações Astronômicas – Prof. João Carilho	BA
Clube de Astronomia de Jequié	BA
Promete – Programa Meteoritos	BA
Astronomia no Recôncavo da Bahia	BA
Instituto de Pesquisas e Informações Astronômicas	CE
Sociedade Brasileira dos Amigos da Astronomia – SBAA	CE
Clube de Astronomia de Fortaleza – CASF	CE
Seara da Ciência da Universidade Federal do Ceará	CE
Centro Astronômico de Fortaleza – CAF	CE
Clube de Astronomia de Baturité	CE
Clube Vale Jaguaribano de Astronomia	CE
Clube de Astronomia de Ubajara	CE
PJA – Projeto Jovem Astrônomo	CE
Projeto Astronomia Popular	CE
Projeto de Olho na Lua	CE
estação Astronômica Piegise	CE
Clube de Física e Astronomia Santos Dumont	CE
Grupo Estudantil Astronômico do Ceará	CE
Clube de Astronomia Pesquisa e Observação de Campos Sales	CE
Sociedade de Astronomia do Maranhão – SAMA	MA
Clube de Astronomia de Grajaú	MA
Grupo de Estudos Astronômicos da UEMA	MA
Sociedade Astronômica Maranhense	MA
Clube de Astronomia de Imperatriz	MA
Associação Paraibana de Astronomia	PB
Rede Paraibana de Astronomia	PB
Grupo Amador Para Pesquisa Científica	PE
Centro Astronômico de Pesquisa Aeroespacial	PE
Centro de Astronomia do Colégio São Bento	PE
Clube de Astronomia de Olinda	PE
Núcleo de Astronomia – Cecine (UFPE)	PE
Clube de Astronomia do Colégio São Luís	PE
Clube Estudantil de Astronomia	PE
Sociedade Astronômica do Recife (SAR)	PE
Associação Astronômica de Pernambuco – AAP	PE

NOME	EST.
Rede Marcgrave de Astronomia – RMA	PE
Sociedade Astronômica de Olinda	PE
Clube Estudantil de Astronomia – Itacuruba	PE
Astronomia no Espaço	PE
Astronomia Só Para Jovens	PE
Ensino de Física à Distância da UFRPE	PE
Noronha Nas estrelas	PE
Polo Garanhuns IYA 2009	PE
Projeto Céu de Pernambuco	PE
Associação Piauiense de Astronomia	PI
Grupo Astronômico do Piauí – G.A.P.	PI
Gapiauí	PI
Associação Norte-Riograndense de Astronomia – ANRA	RN
Clube dos Astrônomos	RN
Divulgando A Astronomia	RN
Proastro	RN
Astrofísica e Cosmologia	RN
Clube Vale Jaguaribano de Astronomia	RN
Prog. Potiguar Para Pop. e edu. em Astronomia e Astronáutica	RN
Sociedade de estudos Astronômicos de Sergipe (SEASE)	SE
Clube Dorense de Astronomia Orion	SE
Centro de Comunicação Social da Aeronáutica	DF
Clube de Astronomia de Brasília – CASB	DF
Caçadores de estrelas	DF
Grupo da Universidade Católica de Brasília	DF
Agência Espacial Brasileira - AEB	DF
Clube de Astronomia de Dourados – CAD	MS
Clube de Astronomia Carl Sagan	MS
Clube de Astronomia Alpha da Hydra	MS
Pop. da Astronomia UEMS – Dourados	MS
Proxima Centauri	MS
Soc. Para O Progresso da Astronomia, Cidadania e Educação – Space	MT
Astronomia No Pantanal	MT
EEEFM Monsenhor Guilherme Schmitz	ES
EEEM “Ewerton Montenegro Guimarães”	ES
Esc. do Campo e Est. de Ciências de Cariacica	ES
Space Generation - Brasil	ES
Associação Astronômica Galileu Galilei	ES
Gravitação e Cosmologia	ES
Associação de Amadores de Astronomia Araguari	MG
Centro de Estudos Astronômicos de Minas Gerais - CEAMIG	MG
Grupo de Pesquisa Escolar Astronômico de Belo Horizonte	MG
Rede LIADA de Astronomia	MG
CEA – Centro de estudos de Astronomia	MG
Clube de Astronomia Angelo Secchi	MG
Sociedade de Estudos Astronômicos de Ouro Preto – SEAOP	MG
Clube de Astronomia de Pará de Minas	MG
Associação Astronômica Aquarius	MG
Associação Astronômica de Poços de Caldas	MG
Grupo de Estudos Astronômicos de João Monlevade – GEAMON	MG

NOME	EST.
Alfenas Olhe Para O Céu	MG
Astrocultura	MG
Astronomia UFMG	MG
Frutal de Olho No Céu	MG
Gaia	MG
Clube Amador de Astron. de Brazópolis	MG
GEAA - Grupo de est. de Astr. e Astronáutica	MG
Grupo de Astron. Omega Centauro	MG
Laboratório Nacional de Astrofísica – LNA	MG
Clube de Astronomia de Macaé	RJ
Clube de Astronomia Louis Cruis	RJ
Laboratório de Astronomia UFF	RJ
Clube de Astronomia Mário Schenberg	RJ
Espaço Ciência Viva – NGC-51	RJ
Clube de Astronomia do Rio de Janeiro – CARJ	RJ
Instituto de Estudos da Terra	RJ
Associação Astronômica Theta Orionis	RJ
Clube de Astronomia Nova Friburgo – CANF	RJ
Clube de Astronomia de Itaocara – Marcos Pontes	RJ
Clube de Astronomia de Niterói – Mário Schenberg	RJ
Clube de Astronomia de São Gonçalo – Leonardo da Vinci	RJ
Astrônomos	RJ
Grupo de Astrônomos Amadores de Paracambi	RJ
Liga de Astronomia Amadora	RJ
SBA – Sociedade Brasileira de Arteterapia	RJ
Grupo na Universidade Estadual do Rio de Janeiro	RJ
Clube de Astronomia da Casa da Descoberta	RJ
Forum Maracajá	RJ
GAEA - Gpo de Apoio em eventos Astronômicos	RJ
Sintrams	RJ
Associação estudantil de Pesquisas Astronômicas	RJ
Grupo Astronômico Aster	RJ
Associação Astronômica da Região dos Lagos	RJ
Rede Rio Astronomia	RJ
Arcos	RJ
Planetologia	RJ
Evolução Química da Galáxia	RJ
Grupo de Estudos Avançados e Modelagem em Astrofísica e Cosmologia	RJ
Rede de Astronomia Observacional – REA / Brasil	SP
Instituto de Pesquisas Espaciais – INPE	SP
Instituto Astronômico e Geofísico	SP
Associação Americanense de Astronomia	SP
Associação de Ensino Tatuense (ASSETA)	SP
Sociedade Astronômica Brasileira – SAB	SP
União Francana de Astronomia	SP
Grupo de Astronomia Ilha Solteira	SP
Clube de Astronomia São Paulo – CASP	SP
Grupo Astronômico Mirassolândia	SP
Centro de estudos de Pesquisa Astronômica Nicolau Copérnico	SP
Centro Integrado de Ciências Prof. Dr. Aziz Nacib Ab'Saber	SP

NOME	EST.
Clube de Astronomia Monte Mor	SP
Clube de Astronomia Each	SP
Clube de Astronomia de Campinas	SP
Clube de Astronomia Internet – CAI	SP
Clube de Astronomia Quarup	SP
Associação Brasileira Observação de Estrelas Binárias	SP
Centro Aeroespacial – Laboratório de Estudos Avançados	SP
Centro Espacial César Lattes	SP
Sociedade de Astronomia Alpha Crucis	SP
Associação Brasileira de Rádio-Astronomia – ABRA	SP
Associação de Amadores de Astronomia de Piracicaba	SP
Associação Paulistana de Astronomia	SP
Associação Pitangueirense de Astronomia	SP
Sociedade Brasileira de ensino de Astronomia – SBEA	SP
Grupo de estudos Astronômicos Antares	SP
Observatório Sagitarius	SP
Clube de Astronomia do Sumaré	SP
Observatório Solar Bernard Lyot	SP
Clube de Astronomia de Vinhedo	SP
Grupo Amador de Ciências Dumont-Sagan	SP
Núcleo de Atividades Espaciais educativas – NAEE	SP
Astronomus Brasilis	SP
Astroclube Cunha	SP
Grupo de Divulgação da Astronomia – GDA	SP
Grupo de Observação Astronômica Albert Einstein	SP
Grupo de estudos Astronômicos de Rio Claro – GEARC	SP
Grupo Giordano Bruno	SP
Associação de Astronomia Unificada de Mariápolis - ASAUM	SP
Associação Jundiáense de Astrônomos Amadores – AJAA	SP
Grupo de Astrônomos Amadores de Araraquara – GAMA	SP
Grupo de Astronomia Sputnik	SP
Colégio Coc - Litteratus	SP
Colégio Oswald de Andrade	SP
Aglomerado Aberto	SP
Grupo de Edu. e Divul. da Astronomia Interdisciplinar – GEDAI	SP
Clube de Astronomia de Caçapava	SP
Academia de Ciências Dr. Mário Santalucia	SP
Andromeda	SP
Associação Astronômica e Astrofísica de Diadema	SP
Aster domus	SP
Astrofai	SP
Astronômica – Clube de Astronomia de Itanhaém	SP
CAAJ	SP
Centro de Astronomia da Unesp de Presidente Prudente	SP
Céu de Ubatuba	SP
Céu Estrelado	SP
Céu Austral – Núcleo Atibaia – Bom Jesus dos Perdões	SP
Céu Austral – Núcleo Ibiúna - Sorocaba	SP
Céu Austral – Núcleo São Paulo	SP
Céu Austral – Núcleo São Pedro – Piracicaba	SP

NOME	EST.
Clube Astronomico de Araçatuba – CAA	SP
Colégio Alma Mater	SP
Colégio Progresso Centro	SP
Cometografia	SP
Complexo Astronomico de Presidente Prudente	SP
Escola Epaminondas	SP
Estação Astronômica	SP
Fundação Centro de Estudos do Universo	SP
Grupo Astronômico de São Paulo	SP
Grupo de Astronomia / Astrofísica Profissional da Univap	SP
Grupo de Dinâmica Orbital & Planetologia – UNESP	SP
Laboratório de Astroquímica	SP
LAIFE	SP
M104 – Los Sombreros	SP
NAT-UNICSUL	SP
Revista Macrocosmo.Com	SP
SBEA	SP
Olhando Pro Céu	SP
Rede VHF-DX	SP
Skymobile	SP
Tne – Telescópios Na escola	SP
Uranometria Nova	SP
Climatempo	SP
Clube Astronômico Amador de Ponta Grossa	PR
Cautec - Clube de Astronomia da Uni. Tecnológica do Paraná	PR
Núcleo de Atividades Aeroespaciais – NATA	PR
Clube de Astronomia União da Vitória	PR
Grupo de estudo e Div. de Astronomia de Londrina – GEDAL	PR
Clube Astronomico de Umuarama	PR
Clube Astronomico do Colégio estadual do Paraná	PR
Conhecendo O Céu de Guarapuava	PR
Grupo Arte Com Ciência	PR
Luna	PR
Sociedade Astronomica Amadora de Curitiba	PR
Sociedade de Astronomos Amadores – UFPR	PR
Sociedade Princesina de Ciências Astronômicas – SPCA	PR
Grupo Centauro de Astronomia Amadora - GCAA	PR
Nevoeiro	PR
Associação de Astrônomos Amadores de Alegrete	RS
Grupo de estudos e Pesquisas Científicas	RS
Organização Para Estudos Científicos	RS
Sociedade Astronômica Rio-Grandense	RS
Roda Viva	RS
Laboratório de Astronomia da Faculdade de Física - PUCRS	RS
Laboratório de Astronomia e Energia (UFSM)	RS
Projeto Selene	RS
Clube de Astronomia da UNIPAMPA	RS
Clube de Astronomia do CMPA	RS
Clube de Astronomia Nós e Os Astros	RS
Contador de Estrelas	RS

NOME	EST.
Departamento de Astronomia da UFRGS	RS
Escola da Criopéia	RS
Grupo Amadores Poa	RS
Grupo de Astronomia – UFPEL	RS
Grupo Escoteiro Harmonia	RS
Grupo Na Unipampa/Bagé	RS
Grupo Na Unipampa/Uruguaiana	RS
Instituto de Permacultura e ecovilas da Pampa - IPEP	RS
Clube de Astronomia Brusque – CAB	SC
Grupo de estudos Astronômicos – GEA	SC
Espaço de Astronomia UDESC	SC
IMMA – inst. Multidisciplinar de Meio Ambiente e Arqueoastronomia	SC
Grupo de Astronomia Universo Físico	SC
Grupo de estudo em Astronomia da Unochapecó	SC
Serra Catarinense	SC
NEOA-JBS	SC
Grupo de Astrofísica - dep de Física - CFM - UFSC	SC

A TEORIA DO BIG BANG E A NATUREZA DA CIÊNCIA

*Luiz H. M. Arthur*¹

*Luiz O. Q. Peduzzi*²

Resumo: A cosmologia moderna se constituiu, ao longo do século XX até os dias atuais, como um campo bastante produtivo de pesquisa, resultando em grandes descobertas que atestam sua força explicativa. A Teoria do Big Bang, nome genérico e popular do modelo padrão da cosmologia, é provavelmente o programa de pesquisa mais ousado da física e da astronomia, ao tentar recriar a evolução de nosso universo observável. Mas diferentemente do que se poderia pensar, suas hipóteses são de um grau de refinamento e evidências corroborativas que a fazem ser nossa melhor explicação para a história de nosso cosmos. A Teoria do Big Bang se apresenta também como um excelente campo de conhecimento para se discutir questões a respeito da própria atividade científica. Nesse trabalho discutimos os principais elementos dessa teoria com um olhar epistemológico, resultando em um texto bastante útil para ser trabalhado em atividades didáticas com objetivos correlatos.

Palavras-chave: Cosmologia moderna; Teoria do Big Bang; Natureza da ciência; História e filosofia da ciência; Ensino de astronomia; Ensino de física.

LA TEORÍA DEL BIG BANG Y LA NATURALEZA DE LA CIENCIA

Resumen: La cosmología moderna se constituyó, a lo largo del siglo XX y hasta nuestros días, en un campo muy productivo de investigación, lo cual resultó en importantes descubrimientos que dan fe de su poder explicativo. La Teoría del Big Bang, nombre genérico y popular del modelo estándar de la cosmología, es probablemente el programa de investigación más atrevido de la física y de la astronomía, por tratar de recrear la evolución de nuestro universo observable. Pero a diferencia de lo que se podría pensar, sus hipótesis son de un grado de refinamiento y evidencias corroborantes que hacen que sea nuestra mejor explicación de la historia de nuestro cosmos. La Teoría del Big Bang se presenta también como un excelente campo del conocimiento para discutir temas relacionados a la propia actividad científica. En este trabajo se discuten los principales elementos de esta teoría con una visión epistemológica, lo que resulta en un texto muy útil para trabajar en actividades educativas con objetivos afines.

Palabras clave: Cosmología moderna; Teoría del Big Bang; Naturaleza de la ciencia; Historia y filosofía de la ciencia; Enseñanza de la astronomía; Enseñanza de la física.

THE BIG BANG THEORY AND THE NATURE OF SCIENCE

Abstract: Modern cosmology was constituted, throughout the twentieth century to the present days, as a very productive field of research, resulting in major discoveries that attest to its explanatory power. The Big Bang Theory, the generic and popular name of the standard model of cosmology, is probably the most daring research program of physics and astronomy, trying to recreate the evolution of our observable universe. But contrary to what you might think, its conjectures are of a degree of refinement and corroborative evidence that make it our best explanation for the history of our cosmos. The Big Bang Theory is also an excellent field to discuss issues regarding the scientific activity itself. In this paper we discuss the main elements of this theory with an epistemological look, resulting in a text quite useful to work on educational activities with related goals.

Keywords: Modern cosmology; Big Bang theory; Nature of science; History and philosophy of science; Astronomy education; Physics education.

¹ Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC) – *campus* Jaraguá do Sul, Jaraguá do Sul, Brasil.

E-mail: <luizarthur@gmail.com>.

² Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Departamento de Física, Florianópolis, Brasil.

E-mail: <luiz.peduzzi@ufsc.br>.

1 Introdução

O céu tem um papel especial na história do conhecimento humano. Em épocas remotas servia de palco para todos os deuses, que traziam o Sol, o trovão, a chuva que inundava as terras tão vitais para os povos antigos. Hoje precisamos de menos deuses para explicar as bases da natureza, mas a cosmologia tem sido um campo de disputas científicas e filosóficas. Derivada da palavra grega *kosmos* (universo), a cosmologia, entendida hoje como o estudo da origem, estrutura e evolução do universo, foi precursora de toda nossa filosofia, uma vez que foi olhando para o céu que o homem passou a indagar sobre sua própria existência. Muitos destes questionamentos levaram às religiões e também à nossa ciência.

Mas, ao mesmo tempo em que é fonte prolífica de pesquisas em nossos dias, a cosmologia ainda é pouco discutida, mesmo nos cursos regulares de graduação. Se os pré-requisitos específicos para sua efetiva compreensão são muitos, acreditamos que uma discussão fenomenológica, histórica e filosófica desse tema está ao alcance de todos os que buscam saber mais sobre como chegamos aonde chegamos. E, talvez ainda mais importante, como sabemos que o que sabemos está “correto” ou, melhor, validado pela comunidade de pesquisadores. Esses e outros questionamentos podem ser bastante esclarecedores do nível de incerteza a que estamos sujeitos, e ilustrativos de como a atividade científica, mesmo sem operar com certezas, pode produzir tantos resultados significativos. Para isso, temos que pensar um pouco melhor nas questões epistemológicas, nos processos de obtenção e validação do conhecimento científico.

Mais do que fornecer meras respostas e fatos, queremos contribuir para uma maior reflexão da atividade científica. Trazer elementos que façam concordarmos e também discordarmos sobre o que é ou o que pensamos ser a origem do cosmos.

A teoria do Big Bang faz suas apostas, ao propor um início “explosivo” para o universo a cerca de 13,8 bilhões de anos atrás, mas não é a única. Pelo menos atualmente, é a teoria cosmológica mais citada nos meios científicos, com fortes argumentos ao seu favor, embora frequentemente remeta o estudante a errôneas concepções sobre sua natureza, a começar pela difundida ideia de que se trata de uma explosão que se expande através do espaço.

Ainda, pela falta de elementos históricos sobre a questão, a teoria faz surgir questionamentos do tipo “e como é que você sabe? Você estava lá para ver?”. Isso é ilustrativo do quanto é surreal, para a maioria das pessoas, pretender saber algo como a “origem do universo”. Ainda mais quando dizemos que conhecemos como ele era, e as evidências que ele nos deixou disto. E evidências constatadas ou, como um entusiasta menos informado sobre a natureza da ciência gostaria de dizer, *provadas!* Para entendermos efetivamente como o Big Bang ultrapassa, em muito, a mera conjectura tantas vezes recebida com descrédito, precisamos entender o porquê de nossas concepções a seu respeito. Em suma, conhecer o que nos levou à sua proposição:

Ao nos aproximarmos do final do milênio, a cosmologia vive um maravilhoso período de criatividade, uma idade do ouro em que novas observações e novas teorias estão ampliando espantosamente nosso entendimento – e perplexidade – do universo. *Mas essa idade do ouro*

*atual só pode ser bem entendida à luz do que aconteceu antes*³
(SMOOT, 1995, p. 12).

Por isso é tão importante que abordemos a questão de uma maneira evolutiva⁴, no sentido de compreender como nosso olhar sobre o universo foi se alterando frente às novas teorizações que tinham como objetivo sua explicação. Mas, e isto é muito importante, precisamos compreender que uma teoria só se mostra eficaz quando admite mais consequências passíveis de verificação do que meras explicações de fatos já conhecidos. Daí a importância em acompanhar os fatos com uma lanterna epistemológica, para percebermos que nosso entendimento do Big Bang não é uma tentativa, entre muitas, de apenas interpretar o que observamos. É, muito antes disto, um programa de pesquisa grávido de previsões empiricamente constatadas, e com um grande grau de explicação e coerência interna, sendo uma consequência direta de duas das teorias de maior sucesso explicativo já produzidas pelo homem, diga-se, a Teoria Geral da Relatividade e a Mecânica Quântica. Mas outras possibilidades foram sugeridas para o universo, e ao pensar sobre as possíveis alternativas, acreditamos que o aluno estará mais próximo da rica atividade científica.

Ao discorrermos sobre a natureza da pesquisa científica e a saudável competição entre teorias ou conjunto de ideias rivais, usaremos a filosofia de Imre Lakatos (1922-1974) como aporte teórico. Nascido na Hungria, Lakatos estudou matemática e física, doutorando-se posteriormente em filosofia pela universidade de Cambridge. Debateu a natureza da pesquisa científica com os mais importantes filósofos da ciência de sua época, entre eles Thomas S. Kuhn (1922 - 1996) e Paul Feyerabend (1924 - 1994), ambos doutores em física.

A pesquisa científica ou, no jargão de Lakatos, o *programa de pesquisa científica*, oculta características sutis sobre o desenvolvimento das teorias que merecem uma discussão potencialmente esclarecedora de como opera a ciência. Se é difícil defini-la categoricamente, pelo menos podemos delimitar sua atuação e caracterizar seus intentos. E esta é uma das grandes características da filosofia da ciência que se pretende abordar aqui, diga-se, servir de aporte à construção racional da atividade do cientista, com o constante cuidado de não se perder de vista a historicidade (LAKATOS, 1979).

Além de ser destinado a qualquer pessoa interessada nessas questões, esse texto se apresenta como um interessante e compromissado apoio didático ao professor que pretende trabalhar com os elementos do fazer ciência em sala de aula, enfrentando, por exemplo, aspectos relacionados a uma visão inadequada da atividade científica (ver, por exemplo, Silveira e Ostermann, 2002, Fernández et al., 2002, Silveira e Peduzzi, 2006).

³ Grifo nosso.

⁴ Tratar toda a evolução da cosmologia seria um *tour de force* que foge às possibilidades de um artigo, do qual delimitamos nosso escopo: da transição entre as gravitações, newtoniana e einsteiniana, ao Big Bang.

2 A Metodologia dos Programas de Pesquisa e a Cosmologia

“[...] a construção – bem planejada – de compartimentos há de prosseguir muito mais depressa do que o registro de fatos que devem ser guardados neles”⁵

A epígrafe acima ilustra uma característica da teoria científica que, embora bem conhecida pelos filósofos da ciência, ainda se mostra tímida para o aluno e até mesmo para muitos cientistas. De modo provocativo, Lakatos já tinha sugerido que “a maioria dos cientistas tende a entender um pouco mais de ciência do que os peixes de hidrodinâmica” (1979, p. 182).

A teoria, ou série de teorias, como veremos, deve exceder em conteúdo o que sabemos empiricamente, de tal modo que a experimentação, em princípio, não é o que nos traz novo conhecimento, mas sim o que nos diz qual conhecimento conjectural *pré-existente* deve ser relevado em detrimento de outro. E ao realizar o experimento o cientista deve, ou deveria, tratar a questão com ceticismo. Sintetizando o pensamento de Popper, epistemólogo cujas ideias também serão discutidas adiante, Lakatos coloca: “A honestidade intelectual consiste antes em tentar especificar precisamente as condições em que uma pessoa está disposta a renunciar à sua posição” (LAKATOS, 1979, p. 111).

George Smoot, um dos cientistas diretamente envolvidos com pesquisas contemporâneas sobre a cosmologia, na Conferência Nobel de 2006 resumiu esta postura na pesquisa com o ruído cósmico de fundo, uma das principais evidências da Teoria do Big Bang, como veremos, ao sugerir que o cientista pesquisador deve ter duas atitudes frente à questão:

(1) ser cético e testar cuidadosamente para ver se ela não se trata da radiação relíquia do Big Bang e (2) assumir que é a radiação relíquia e tem as propriedades esperadas e procurar pelos pequenos desvios e a informação que pode revelar sobre o universo⁶ (SMOOT, NOBEL LECTURE, 2006, p. 4).

George Smoot obteve seu Ph.D. no MIT (Massachusetts Institute of Technology) em 1970, indo trabalhar em seguida como pesquisador em Berkeley ao lado de Luis Alvarez, Nobel de física de 1968. Lecionando nesta mesma instituição, Smoot, como é atualmente também um dos laureados com o Nobel, brinca que agora, talvez, os alunos prestem mais atenção às suas aulas. Mas os caminhos que levam um cientista ao reconhecimento são tortuosos, como bem lembra o conhecido comentário de Einstein de que sucesso só vem antes de suor no dicionário. E o sucesso de uma teoria não existiria sem seu contraponto, ou seja, sem uma dinâmica em que outras concepções científicas opositoras fossem relevadas em determinado momento. Para compreender isto é interessante perceber que mesmo o termo *teoria*, no singular, talvez não seja adequado sob um olhar mais atento da dinâmica da ciência.

⁵ Lakatos (1979, p. 234).

⁶ Tradução livre da referida leitura Nobel.

Embora geralmente possamos nos referir a uma teoria específica, na prática ela não se apresenta como uma ideia isolada e imutável desde sua proposta inicial. Há, justamente, uma superposição de conceitos que podem preexistir à teoria, encontrando-se então para formar seu corpo central. Mesmo após isto, o que temos é uma série de ajustes, subtrações e acréscimos que, se pode ser chamada no singular de “teoria”, o é em um sentido sintético. A ciência fica mais bem caracterizada por uma série de teorias em sucessão e concorrência, juntamente com hipóteses auxiliares que as complementam e as protegem, e não como teorias fechadas em si mesmas e sem relação umas com as outras.

É uma sucessão de teorias e não uma teoria determinada que se avalia como científica ou pseudocientífica. Mas os elementos dessa série de teorias costumam estar ligados por notável continuidade, que os solda em programas de pesquisa (LAKATOS, 1979, p. 161).

Quando uma nova teoria é proposta, o é baseada em um conjunto de preceitos que são, inicialmente, tomados como não atacáveis. É esta rigidez que propiciará à teoria uma chance de mostrar seu valor, antes que se comece a rever sua estrutura ponto a ponto. De fato, vemos que historicamente grande parte de nossas mais bem-sucedidas teorias não teria sobrevivido se as tivéssemos abandonado assim que surgiu uma anomalia, uma inadequação entre o previsto e o constatado.

As ideias de Galileu referentes ao sistema solar, por exemplo, foram refutadas com sucesso (para os refutadores da época) diante da impropriedade cometida ao se retirar a Terra do centro do sistema, uma vez que as observações diretas davam respaldo ao geocentrismo⁷ (ver, por exemplo, REDONDI, 1989). Não fosse Galileu (e Kepler, e Newton...) sustentar a ideia de uma Terra em movimento mesmo diante das evidências tão prontamente explicitadas pelo sistema geocêntrico, e teríamos certamente esperado mais algum tempo até o surgimento de um sistema heliocêntrico bem fundamentado.

Este conhecimento tomado como certo *a priori*, o que Lakatos chama de *núcleo firme* de um programa de pesquisa (1979), que não é questionado por decisão metodológica, é o que permite ao cientista uma relativa liberdade de pesquisa, sem que precise a todo instante rever as bases do conhecimento que está sendo construído. Aqui temos a característica da ciência mais prontamente associável ao dogma, uma vez que seu *modus operandi* se reveste de uma natureza inquestionável, mas não deveríamos levar esta característica dogmática longe demais. O cientista, embora possa proceder de uma forma dogmática, o faz temporariamente, apenas enquanto sabe não ser preciso uma maior preocupação com as estruturas de base da sua teoria. Mesmo Thomas Kuhn, um dos responsáveis em caracterizar a ciência como um sistema de adesões mais ou menos subjetivas pelo cientista, coloca que:

Embora a investigação susceptível de ter êxito requeira uma adesão profunda ao status quo, a inovação continua a ocupar uma posição central. Os cientistas são treinados para funcionar como

⁷ A referida impropriedade não foi apenas de origem científica. Seus críticos também eram fortemente influenciados por razões religiosas (REDONDI, 1989).

solucionadores de puzzles⁸ dentro de regras estabelecidas, mas são também ensinados a considerar-se eles próprios como exploradores e inventores que não conhecem outras regras além das ditadas pela natureza (KUHN, 1979, p. 78).

O papel do núcleo firme é fundamental no desenvolvimento de um programa de pesquisa, pois permite a investigação dos elementos periféricos e gerais do programa, permitindo um máximo de aproveitamento de suas potencialidades antes de promover um ataque mais sério aos seus fundamentos.

Esse “núcleo” é “irrefutável” por decisão metodológica de seus protagonistas: as anomalias só devem conduzir a mudanças no “cinturão protetor” da hipótese auxiliar, “observacional” e das “condições iniciais” (LAKATOS, 1979, p. 163).

Cinturão protetor, como será melhor explicado mais adiante, refere-se ao conjunto de estratégias que impedem um ataque direto ao núcleo firme. Esta forma de proceder permitiu progressos significativos em nossas teorias, como no caso da mecânica newtoniana aplicada ao sistema solar. Segundo esta teoria, as órbitas dos planetas podiam (e podem) ser determinadas com um excelente grau de precisão, o que foi ratificado pelas observações. Mas Urano apresentava diferenças entre a órbita observada e a prevista pela teoria newtoniana. Pois uma boa maneira de acabar com uma das maiores teorias já produzidas pelo intelecto humano seria justamente acreditar que estivesse terminantemente errada por não concordar com os “fatos”:

[...] quando foi observado pelos newtonianos que a órbita prevista para Urano era discordante com as observações astronômicas, eles não consideraram que a Mecânica Newtoniana estivesse refutada; Adams e Le Verrier, por volta de 1845, atribuíram tal discordância à existência de um planeta ainda não conhecido – o planeta Netuno – e, portanto, não levado em consideração na órbita de Urano. Essa hipótese permitiu também calcular a trajetória de Netuno, orientando os astrônomos para a realização de novas observações que, finalmente, confirmaram a existência do novo planeta (SILVEIRA, 1996, p. 221).

Pode parecer estranho em uma primeira leitura, mas seria inclusive leviano descartar de imediato a teoria por sua discordância com o fato observado. O mero dado empírico tem uma importância menor na escolha entre teorias, escolha esta que exige elementos de racionalidade que independam de um único evento, como uma observação. Um conjunto maior de fatores deve estar em questão, que melhor situem a observação, o dado empírico, em relação às teorias concorrentes.

No presente caso, a teoria newtoniana já tinha demonstrado seu valor antes, para o caso de outros planetas anteriores a Urano. Por isso as anomalias devem ser

⁸ “Quebra-cabeças”. O termo não foi traduzido na fonte citada.

estudadas com cautela, para não se abandonar precocemente um programa de pesquisa que pode (como foi o caso) se mostrar muito promissor. A procura dos motivos das anomalias é um processo importante no amadurecimento das teorias, processo este que permite que muitos resultados novos sejam engendrados.

Segundo Lakatos, uma teoria não teria tempo de mostrar seu poder explicativo se fosse descartada logo que surgisse uma anomalia. Esta precisa ser estudada sob o foco norteador do programa de pesquisa vigente, reforçando-o ou contribuindo para o surgimento de outra teoria mais bem estruturada e de maior conteúdo de verdade, preferencialmente ao mesmo tempo em que outras teorias seguem o mesmo caminho de forma concomitante.

O processo de “proteção” à teoria em um programa de pesquisa é o que Lakatos (1979) denominou de “cinturão protetor”, um conjunto de hipóteses e teorias auxiliares que permitem que a teoria sobreviva enquanto for possível, através da “heurística negativa”, que proíbe o ataque direto ao núcleo firme. O esforço para se alterar e refinar o cinturão protetor é associado à “heurística positiva”, que permite ainda identificar quais elementos estão sujeitos a refutações. Nas palavras de Lakatos:

A heurística negativa especifica o “núcleo” do programa, que é “irrefutável” por decisão metodológica dos seus protagonistas; a heurística positiva consiste num conjunto parcialmente articulado de sugestões ou palpites sobre como mudar e desenvolver as “variantes refutáveis” do programa de pesquisa, e sobre como modificar e sofisticar o cinto de proteção “refutável” (LAKATOS, 1979, p. 165).

Esta dinâmica pode se dar de modo “progressivo”, quando permite um maior conteúdo explicativo e preditivo, ou de modo “regressivo” à teoria em questão. A explicação para a órbita discordante de Urano por meio da sugestão da existência de outro planeta, Netuno, é um exemplo ilustrativo do alcance e da eficácia do cinturão protetor de um programa de pesquisa que, neste caso, acentuou o caráter progressivo do programa newtoniano.

Mas chega o momento onde o programa não consegue mais se manter progressivo. Por exemplo, ainda sobre a mecânica newtoniana, no final do século dezenove foram constatadas anomalias sutis na órbita do planeta Mercúrio, mas suficientes para colocar a teoria newtoniana novamente em cheque. Da mesma forma que anteriormente, chegou-se a especular a existência de um planeta em suas vizinhanças, mas, infelizmente para os defensores de Newton, este planeta nunca foi encontrado. A referida anomalia, uma pequena diferença entre o periélio previsto para Mercúrio e o periélio realmente observado, só foi resolvida por uma teoria de maior sucesso explicativo, no caso a Teoria Geral da Relatividade.

A progressão ou regressão do programa poderá caracterizar ainda a escolha entre teorias concorrentes e, embora alguns cientistas possam continuar defendendo sua teoria mesmo diante de questões mais bem formuladas e respondidas por outra teoria, a ciência continuará em seu curso inexoravelmente evolutivo. O apego particular do cientista a uma teoria é uma questão humana que certamente ocorrerá algumas vezes, mas:

[...] Lakatos deixa claro que a preferência de uma teoria sobre outra deve se dar em termos racionais. Assim, em uma situação de concorrência deve ficar evidente o caráter progressivo do ‘novo’ programa (através de sua capacidade explicativa e poder preditivo) e a fase regressiva ou degenerativa de seu rival (onde se acentuam as inconsistências e abundam as explicações *ad-hoc*) (PEDUZZI, 2005, p. 547).

Foi o que aconteceu com o caso de Mercúrio, onde explicações *ad-hoc*⁹ fizeram a teoria newtoniana “degenerar”, uma vez que não suportava os novos dados observados, enquanto a teoria einsteiniana da gravitação (Relatividade Geral) apresentou um programa de pesquisa progressivo. É importante lembrar que a teoria einsteiniana não surgiu das observações referentes à citada anomalia, mas sim *posteriormente* foi ratificado por ela, o que está de acordo com os critérios de Lakatos para que um programa de pesquisa supere outro, com a explicação de inconsistências da teoria suplantada.

3 O excedente de conteúdo da Relatividade Geral e o Big Bang

O novo programa proposto pela relatividade gerou uma consequência recusada mesmo por Einstein, seu proponente, que inclui em sua teoria uma das mais famosas hipóteses *ad-hoc* da ciência. Sua teoria, que havia superado a mecânica newtoniana, *exigia* que o universo não fosse estático, o que ia de encontro aos seus anseios. Uma vez que o universo, segundo a sua teoria, estava sob influência da curvatura do espaço (ver Figura 1), deveria então colapsar pela mútua atração gravitacional caso não houvesse uma espécie de força contrária à gravidade.

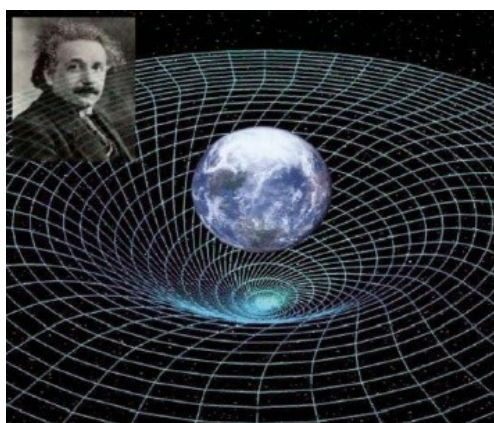


Figura 1 - O espaço curvo. Segundo a teoria einsteiniana da gravitação, a gravidade é o resultado da curvatura do espaço gerada pela presença de massa.

Fonte: <science.nasa.gov>.

⁹ Embora possa ser empregado com mais de um significado, o termo *ad-hoc* é utilizado, neste texto, em seu sentido mais comum que se refere à atitude recorrente, na ciência, de se acrescentar um argumento que reforça o que se quer mostrar, mas *a posteriori* e sem nenhum motivo maior que a simples adequação da teoria com o que se pretende.

Assim, uma vez que o universo existe (esperamos), claramente deveria haver um termo adicional nas equações da relatividade, que veio a ser conhecido como “constante cosmológica”. Esta constante consistia em uma espécie de “anti-gravidade” que contrabalançava o colapso previsto pela ação da curvatura do espaço, fazendo com que a estrutura do universo ficasse estática.

Aqui temos uma ilustração de como opera o cinturão protetor, que evita ataques diretos à teoria. A introdução desta constante satisfaz a heurística negativa do programa ao manter as coisas como se deseja, impedindo que a teoria seja descartada prontamente. De uma maneira ou de outra, ainda que tenha sido uma hipótese *ad-hoc* com o intuito de salvar uma ideologia, acabou sendo algo positivo à relatividade ao permitir a sobrevivência da teoria mesmo diante de elementos contraditórios.

A ideologia em questão, a necessidade de um universo estático e imutável, não era algo novo. Newton já manifestava o mesmo desejo ao propor um espaço absoluto e eterno. E agora uma criação sua, de Einstein, obtida de forma tão sofrida ao longo de uma década, tão bonita e promissora, dava indícios de um universo em expansão.

Na verdade, as equações também informavam que o Universo poderia estar encolhendo com uma contração uniforme do espaço, mas a única coisa que as equações não permitiam era a possibilidade de um Universo estático, imutável e eterno (GRIBBIN, 1995, p. 10).

Pobre Einstein ao perceber que sua teoria, tão bem fundamentada, levava necessariamente a um universo dinâmico¹⁰! Este era um excesso de conteúdo indesejável, mas fundamental para a teoria no seu futuro.

A ciência não tem problemas com hipóteses *ad-hoc* quando mantêm a teoria progressiva, desde que mais cedo ou mais tarde elas sejam justificadas e explicadas. Mas este não foi o caso aqui. Com o referido excesso de conteúdo (a previsão de um universo dinâmico) oculto na teoria de Einstein, não haveria como promover futuras pesquisas para manter sua progressão.

De fato, foi necessário que observações paralelas mostrassem que a referida hipótese *ad-hoc* era degenerativa à teoria, o que aconteceu em 1929, quando Edwin Hubble constatou que as galáxias se afastavam umas das outras por meio de seu *redshift* (desvio para o vermelho). Quando as galáxias se afastam do observador, sua luz é deslocada para o lado vermelho do espectro eletromagnético (Figura 2). Este desvio, conhecido apropriadamente como *redshift*, é dado pela razão:

$$z = \frac{\lambda_o - \lambda_e}{\lambda_e}$$

¹⁰ Assim como a possibilidade de um universo que se encolhe, outras possibilidades, resultado de diferentes soluções das equações de Einstein, foram propostas pelos cientistas. O modelo padrão da cosmologia, hegemônico na atual comunidade científica, é uma das soluções possíveis (a que metodologicamente tem se adotado como a mais progressiva). Outros exemplos de soluções são o modelo inhomogêneo de Lemaitre-Tolman-Bondi e os modelos anisotrópicos de Bianchi (ver, por exemplo, KRAGH, 1999).

onde λ_o é o comprimento de onda observado e λ_e é o comprimento de onda emitido (LONGAIR, 1984, p. 321).

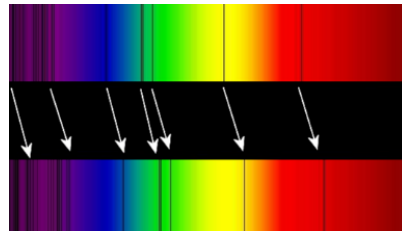


Figura 2 – Desvio para o vermelho - As linhas de emissão (ou absorção) do espectro das galáxias observadas tendem a ser desviadas para o vermelho, ou seja, têm um aumento em seu comprimento de onda.
Fonte: Las Cumbres Observatory, LCOGT.net.

Hubble propôs então uma relação entre as distâncias das galáxias (obtidas por meio da já conhecida relação entre o período e a luminosidade de estrelas especiais denominadas de variáveis cefeidas) e seus respectivos *redshifts*, o que ficou conhecido como Lei de Hubble.

Como, a partir do *redshift* pode-se inferir a velocidade da galáxia, posteriormente foi possível estabelecer uma relação matemática entre distância e velocidade das galáxias pesquisadas por Hubble (Figura 3). A constante de proporcionalidade entre a distância e a velocidade é chamada de constante de Hubble (H_0), dada pela função linear $v = H_0 \cdot r$.

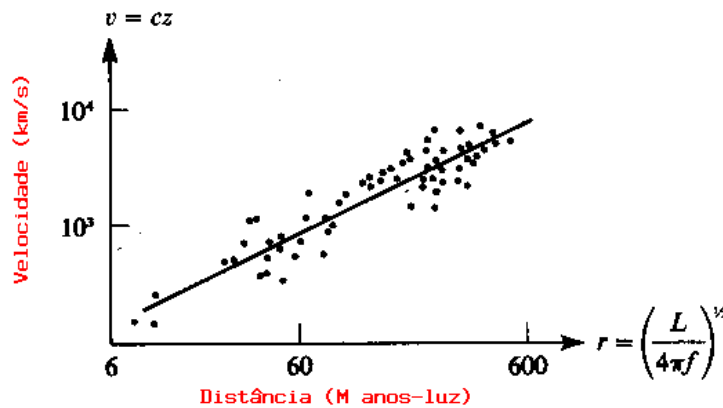


Figura 3 – A consequência da Lei de Hubble - Segundo suas observações, as galáxias se afastam mutuamente com uma velocidade proporcional à distância entre elas.
Fonte: Instituto de Física, UFRGS.

Como a grande maioria de galáxias observadas apresentava um desvio para o vermelho, Hubble deu à comunidade científica uma evidência de um universo em expansão, que fez Einstein voltar atrás em sua ideologia de um universo estático.

Einstein ficou muito desapontado consigo mesmo quando soube das evidências empíricas de um universo em expansão, por não permitir que isto fosse o resultado de uma previsão de sua teoria, e sim uma conclusão vinda de fora dela. Ele mesmo se referiu à sua constante cosmológica como a maior asneira de sua vida, mas, para sua

satisfação, como sua teoria da relatividade *sem* a referida constante estava perfeitamente de acordo com as observações de Hubble, acabou se mostrando um programa de pesquisa de sucesso. Era como se a teoria estivesse sempre correta, não fosse a infeliz intromissão de seu criador.

4 O Big Bang e seu principal rival

Assim que foi constatada a recessão das galáxias, naturalmente foi sugerido que elas estavam, então, mais próximas umas das outras no passado, mas os detalhes teóricos de um universo em expansão vieram antes disto. Em 1922, Alexander Friedmann estava na direção correta ao obter soluções das equações da relatividade geral para um universo dinâmico, que foram inclusive criticadas por Einstein que, como vimos, não gostava da ideia. No mesmo ano, Einstein chegou a publicar uma nota onde afirmava que o trabalho de Friedmann estava incorreto. “Contudo, um ano depois admitiu seu erro e reconheceu a existência de soluções variáveis no tempo, como defendido no trabalho de Friedmann” (WAGA, 2005, p. 159). Mas o trabalho de Friedmann era essencialmente matemático e com propriedades físicas pouco discutidas. “Friedmann descobriu a possibilidade de um universo em expansão, mas não a *expansão do universo*” (WAGA, 2005, p. 159).

Mas a ideia de um universo finito no tempo não demorou a surgir, e seu precursor foi o padre e astrônomo Georges Lemaître. Estudante de astronomia em Cambridge e em Harvard, Lemaître estava bem atualizado em relação às implicações da teoria da relatividade de Einstein, e em 1925 obteve, de modo independente¹¹, equações equivalentes às de Friedmann (WAGA, 2005). Mas, ao contrário deste, desenvolveu uma teoria física consistente denominada, por ele, de “átomo primordial”, nome provavelmente influenciado pelos recentes estudos da mecânica quântica, teoria que estava na ordem do dia (SMOOT, 1995). A partir da aceitação de um universo em expansão, a teoria do átomo primordial sustentava que todo o atual universo adveio de um único átomo em um instante no passado.

Mas foi George Gamow¹² quem levou a teoria do Big Bang ao status de um programa de pesquisa, como veremos na sequência, ao promover, ao lado de seu colaborador Ralph Alpher, um consistente quadro para a teoria, com minuciosos cálculos que mostravam as características de um suposto universo primevo surgido em um instante definido.

Gamow e Alpher publicaram¹³ seus resultados no final da década de 1940 e, em um artigo subsequente, Alpher e seu colaborador Robert Herman mostraram que a energia existente nos instantes iniciais do universo deixá-lo-ia com uma temperatura de muitos bilhões de graus, sendo gradualmente resfriado com a expansão do espaço.

¹¹ Só em 1927, em uma conversa com Einstein, Lemaître tomou conhecimento do trabalho de Friedmann (WAGA, 2005).

¹² Gamow planejara ter Friedmann como seu orientador, o que acabou não ocorrendo devido à inesperada morte de Friedmann em setembro de 1925 (WAGA, 2005).

¹³ Gamow, de grande senso de humor, acrescentou o físico Hans Bethe como coautor do artigo, conseguindo assim que o trabalho fosse conhecido como “Alpher, Bethe, Gamow”, alusão à alfa, beta e gama” (SMOOT, 1995).

A partir dos estudos de Friedmann com as equações de Einstein, que previam um universo que se expande *não* através de um espaço pré-existente, mas o “esticando” à medida em que se expande conforme a estrutura geométrica do espaço-tempo (ver figura 4), Alpher e Herman calcularam que a radiação oriunda do processo inicial da formação dos primeiros núcleos atômicos deveria permear todo o atual universo, com uma temperatura de 5K.

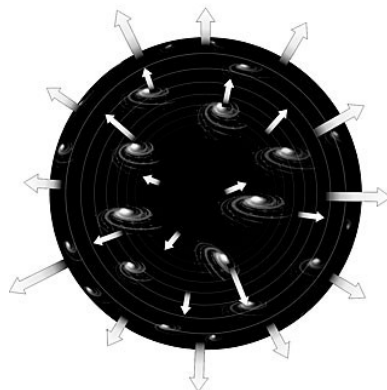


Figura 4 – Espaço em expansão. Segundo a relatividade geral, o universo não se expande em um espaço pré-existente, mas o “estica” na medida em que se expande.

Fonte: Astroex.org.

Ao preverem uma característica em princípio mensurável para o universo atual, Gamow, Alpher e Herman tinham produzido então um excesso de conteúdo que faria da teoria do Big Bang um importante programa de pesquisa para os próximos pesquisadores. Mas, como o esperado na ciência, a teoria¹⁴ do Big Bang não estava só.

Ainda por esta época de 1940, Fred Hoyle propôs sua Teoria do Universo Estacionário, que não admitia um universo finito no tempo, surgido de uma “grande explosão”¹⁵, mas sim um universo infinito no tempo que mantém globalmente sua estrutura. O interesse de Hoyle em cosmologia, segundo Smoot, provavelmente foi estimulado pelos escritos de divulgação científica de Arthur Eddington, que podem ter influenciado sua conjectura:

É bem possível que tenha prestado atenção no tolo e arrogante comentário de Eddington de que “a noção de um começo para a atual

¹⁴ Embora estejamos caracterizando a teoria do Big Bang como um *programa de pesquisa*, continuamos a usar o termo “*teoria*”, por sua popularidade. Tecnicamente o Big Bang é associado a um modelo para o universo, resultado da Teoria da Relatividade de Einstein. Mas Bunge, por exemplo (1973, p. 53 e 56) usa o termo *objeto modelo* para se referir à imagem do sistema real estudado, e *modelo teórico* para se referir à *teoria especial* ou *específica* que busca explicar o objeto modelo. “[...] um modelo teórico [é] uma teoria especial que cobre uma espécie limitada em vez de um gênero extenso de sistemas físicos” (BUNGE, 1973, p. 53). Deste modo, o modelo do Big Bang pode ser associado a uma teoria específica dentro da Teoria da Relatividade (e também da Mecânica Quântica, quando se trata dos instantes iniciais do universo), cuja dinâmica pode ser ilustrada por meio de um programa de pesquisa segundo os elementos da epistemologia de Lakatos.

¹⁵ A expressão Big Bang foi criada por Hoyle, inicialmente como uma forma irônica de se referir à teoria de um universo criado em um instante determinado, de Lemaître e Gamow.

ordem da natureza me é repugnante”¹⁶; talvez essas palavras tenham inspirado Hoyle, inconscientemente, a dedicar sua vida a combater a concepção de que o cosmos começou num certo ponto do tempo, com um big-bang. Ele preferia a visão de Aristóteles, mil anos antes: o universo sempre existiu e sempre existirá (SMOOT, 1995, p. 78).

Hoyle atribuía à teoria do Big Bang a ideia de um surgimento ao acaso para o universo, e definitivamente não gostava disto: “[...] tenho de dizer que quando olho para ele, não parece acaso para mim” (Fred Hoyle, em Meyers, 2004). O que também o motivou a se opor à teoria do Big Bang foi o fato de que a constante de Hubble, quando foi proposta inicialmente, tinha um alto valor que fazia com que a idade do universo fosse de apenas dois bilhões de anos (Longair, 1984, p. 327), o que contradizia a idade já então conhecida para a Terra, de cerca de quatro bilhões e meio de anos. Esta incoerência o levou, juntamente com dois pesquisadores, Bondi e Gold, a postular um certo *princípio cosmológico perfeito*, onde o universo se apresentaria com as mesmas características para todos os observadores em todas as épocas (LONGAIR, 1984, p. 327).

Ao longo dos questionamentos a respeito do cosmos, encontramos diferentes princípios metafísicos que nortearam a maneira pelo qual as teorias foram sendo propostas e defendidas.

O princípio copernicano, que sugere que não existem observadores privilegiados no universo (RIBEIRO, 2013, p. 6), que já tinha sido a base metafísica de um dos postulados da relatividade restrita de Einstein, passa a ser um dos princípios que possibilitam pensarmos em uma cosmologia, pois do contrário nossas perscrutações não seriam universalmente representativas ao limitar o universo segundo um viés privilegiado.

O princípio cosmológico, segundo o qual o universo é essencialmente homogêneo e, portanto, qualquer observador poderia ter acesso às mesmas estruturas do cosmos, soma-se ao copernicano como aporte à nossa cosmologia moderna.

Já o princípio cosmológico perfeito traz uma ênfase à constância temporal da homogeneidade do universo, sendo então a base metafísica para o universo estacionário de Hoyle e colaboradores¹⁷.

Para fazer concordar esta sua conjectura com as observações já então muito bem conhecidas de um universo em expansão, Hoyle sugeriu que, ao se expandir, novas galáxias eram criadas para ocupar o lugar deixado pela expansão, mantendo assim uma estrutura constante para o universo. Para isto, é claro, novos átomos de hidrogênio deveriam ser constantemente criados para formar as estrelas.

¹⁶ Ironicamente, Eddington foi um grande responsável pela aceitação da teoria do Big Bang, ajudando na divulgação dos escritos de Lemaître. Inicialmente não gostou do que lera, mas Eddington se retratou ao acompanhar a evolução da teoria, mandando o manuscrito de Lemaître para a tradução do francês para o inglês, publicando-o em seguida nos anais da Royal Astronomical Society (SMOOT, 1995).

¹⁷ Deste modo, percebemos que os princípios copernicano e cosmológico são também uma base metafísica para os proponentes do universo estacionário, mas o princípio cosmológico perfeito é antagonista à proposição de um universo dinâmico em expansão.

Em princípio isto poderia ser visto como algo muito subjetivo e conjectural e, portanto, sem valor para a ciência, mas seu valor heurístico não deveria ser subestimado uma vez que também trazia uma boa explicação do que era observado. O próprio Hoyle argumentou que a suave e constante criação de matéria era menos absurda que *toda* a matéria do universo criada em um determinado instante. Ainda, do seu lado havia o fato de que seu modelo era “matematicamente muito mais elegante que o modelo do big bang” (LONGAIR, 1984, p. 328).

Como as duas teorias, Big Bang e Universo Estacionário, explicavam o universo cada uma a sua maneira, a opção por uma delas não seria feita de forma rápida e definitiva.

Na década de 1950, a escolha de uma dessas teorias era uma questão que dependia do preconceito de cada um. Filosoficamente, é mais difícil aceitar que a matéria é criada continuamente em pequenas porções no Universo ou que toda a matéria de todas as estrelas e galáxias tenha sido criada em um único momento? (GRIBBIN, 1995, p. x¹⁸).

Mas na ciência não se pode manter as coisas como uma mera escolha. Já vimos que, segundo Lakatos, isto tem que acontecer de forma racional, com a preferência pelo programa de pesquisa progressivo em detrimento do programa com características regressivas. Já vimos também que devemos ter em conta que o simples embate com os dados observacionais não garante a refutação de uma teoria, sendo necessária a existência de outra para ocupar o seu lugar. “Não se trata de propormos uma teoria e a Natureza poder gritar NÃO; trata-se de propormos um emaranhado de teorias, e a Natureza poder gritar INCOMPATÍVEIS” (LAKATOS, 1979, p. 159).

Essa pluralidade é mesmo desejada na ciência. Se o nosso conhecimento científico progride através dos programas de pesquisa, é a partir da pluralidade que surgem as oportunidades para escolhermos os caminhos mais adequados para prosseguirmos, rejeitando com mais segurança as teorias degeneradas. De fato, Lakatos coloca que

Seria um erro supor que precisamos conservar um programa de pesquisa até que se tenha esgotado toda a sua força heurística, que não devemos apresentar um programa rival antes de haverem todos concordado em que foi provavelmente atingido o ponto de degeneração (LAKATOS, 1979, p. 190).

E como então escolhemos entre as duas teorias? De maneira simples, podemos dizer que se pode rejeitar um programa com uma razão objetiva, “proporcionada por um programa de pesquisa rival que explica o êxito anterior de seu rival e o suplanta por uma demonstração adicional de *força heurística*” (LAKATOS, 1979, p. 191).

¹⁸ Página “10” de uma seção do livro numerada em romanos.

Força heurística refere-se à força de um programa de pesquisa em antecipar fatos novos em seu crescimento, seja em aspectos empíricos (fenômenos não conhecidos) ou aspectos estruturais da teoria em si, como coesão, coerência e novas relações entre os conceitos da teoria¹⁹.

E aqui os seguidores de Hoyle parecem ficar para trás. Além do alto preço a pagar por sua elegância matemática, “a introdução de uma física totalmente nova – a contínua criação de matéria” (LONGAIR, 1984, p. 328), que se apresentou como uma hipótese *ad-hoc* degenerativa, a teoria do universo estacionário não conseguiu lidar com a evolução dos objetos astronômicos, bem conhecida na época por meio da evolução galáctica. Mas provavelmente o principal motivo de seu abandono foi justamente a sua falta de acordo com a previsão de uma radiação residual permeando todo o universo. “As cosmologias que não incluem o Big Bang não apresentaram qualquer interpretação alternativa plausível para o *fundo de radiação*²⁰” (SILK, 1988, p. 321).

O golpe realmente fatal para a teoria [do estado estacionário] foi a radiação de fundo em microondas. Não há origem natural para esta radiação no panorama do universo estacionário e nele não existe fontes que poderiam produzir o espectro de Planck da radiação e sua grande densidade de energia. De outro lado, estas propriedades encontram uma explicação natural no cenário do big bang como o vemos no momento (LONGAIR, 1984, p. 328).

Portanto, o ruído cósmico de fundo, sob o quadro teórico da cosmologia do Big Bang, seria o principal elemento decisório na escolha entre as duas teorias²¹. Como veremos, as pesquisas que seriam realizadas a partir da década de 1960 mostrariam que o programa de pesquisa do Big Bang é progressivo a ponto de prever pequenas variações no ruído cósmico de fundo, só verificadas com modernos equipamentos radioscópicos instalados em satélites.

5 O ruído

Embora fosse prevista pela Teoria do Big Bang, desde a década de 1940, uma radiação permeando todo o universo observável, esta só seria realmente captada em 1965. Quando os trabalhos de Gamow, Alpher e Herman propuseram um valor de cerca de 5K para sua temperatura, eles acharam que não seria possível medi-la na época. Já na década de 1960, físicos da Universidade de Princeton, liderados por Robert Dicke, estavam montando uma antena para realizar efetivamente as medições do esperado

¹⁹ A epistemologia de Lakatos é, em alguns pontos, precedida por outros autores. Particularmente interessante é o pensamento de Ludwig Boltzmann a esse respeito. O conceito de força heurística de Lakatos, por exemplo, pode ser antevisto em algumas de suas ideias. “Seu ponto de vista essencial estava na utilidade dos modelos em produzir novas ideias e novos conceitos” (CERCIGNANI, 2006, p. 186).

²⁰ Grifo nosso. “Fundo de radiação”, aqui, parece ser um termo mal traduzido de “radiação de fundo”.

²¹ Naturalmente, não foi o dado empírico em si, e sim o dado à luz da teoria, de acordo com os preceitos de Lakatos.

ruído que, com os cálculos atualizados, deveria se apresentar como uma radiação na faixa de microondas com temperatura em torno de 3K.

Foi quando dois radioastrônomos, Arno Penzias e Robert Wilson, trabalhando em uma antena para comunicações via satélite, desenvolvida nos laboratórios Bell, perceberam um excesso de ruído em seus equipamentos. Todos os sinais captados, em todas as direções, estavam inexplicadamente acrescidos de um ruído de cerca de 3K, o que os levou a realizar várias manutenções no equipamento até se convencerem de que o ruído era real, e não um defeito da antena. De início, os referidos radioastrônomos não sabiam do que se tratava, até que outro pesquisador, Bernard Burke, sugeriu que o sinal podia ser de origem cosmológica, pois se lembrara de um colega que tinha dito alguma coisa sobre uma “radiação de fundo” ao ir a uma palestra de James Peebles, cientista que trabalhava com Dicke (WEINBERG, 1987). Burke então os aconselhou a contatarem a equipe de Robert Dicke.

É possível imaginar a reação de Dicke ao atender ao telefone e ouvir que a radiação que ele mesmo estava buscando fora captada de forma acidental.

O resultado foi uma reportagem de primeira página no *New York Times* de 21 de maio de 1965, anunciando que finalmente haviam sido encontradas evidências poderosas a favor do big-bang²². Wilson comentou que não avaliara a importância da descoberta até ler a notícia na primeira página do *Times* (SMOOT, 1995, p. 94).²³

Sem saberem, Penzias e Wilson já tinham entrado para a história da cosmologia por terem tropeçado no ruído. E haviam desferido, assim, um duro golpe na teoria do universo estacionário, pois a radiação captada tinha as mesmas características previstas pela teoria do Big Bang.

Percebemos então que a teoria do universo estacionário não foi colocada em cheque por sua (falta de) previsão. E sim porque sua rival apresentou uma força heurística maior, prevendo características que foram constatadas posteriormente, reforçando a teoria do Big Bang. Mas seu caráter progressivo não pararia por aí.

O ruído captado por Penzias e Wilson era aparentemente uniforme em todas as direções do espaço, o que era compatível com um sinal genuinamente cosmológico, de origem extragaláctica. Mas esta uniformidade era também um problema para a teoria do Big Bang. Pois se o ruído fosse realmente uniforme, a teoria previa que não seria possível o surgimento das galáxias como as conhecemos, com a abundância constatada de hidrogênio e hélio prevista e explicada por ela. Como existem galáxias, temos então uma anomalia a ser resolvida. Como vimos, seria ingênuo refutar prematuramente a teoria pela sua inadequação com os (supostos) fatos. Mas a anomalia seria resolvida sem recursos a elementos *ad-hoc*, o que tornou a teoria ainda mais forte, ao se admitir que o ruído efetivamente não era uniforme.

²² Mantivemos a expressão do texto original citado, “big bang”, embora preferimos “Big Bang”, em letras maiúsculas, ao longo do texto.

²³ Esta referência ao *Times* é apenas uma curiosidade jocosa a respeito da importância da captação da radiação de fundo. Evidentemente, não é por meio de jornais que ocorre a massiva troca de informações entre os cientistas.

De fato, desde a constatação empírica da radiação cósmica de fundo, cientistas passaram a se concentrar em equipamentos cada vez mais precisos e sensíveis com o intuito de verificar as pequenas variações previstas para a radiação, resultado de diminutas dobras na estrutura do espaço-tempo do universo primevo.

A teoria do Big Bang estava em cheque, uma vez que só admitia o surgimento das galáxias caso existissem as referidas dobras. “As dobras eram *sementes* onde a matéria foi se depositando gradualmente até formar as estruturas atuais” (SMOOT, 1995, p. 178). E, após alguns primeiros experimentos ainda mais sensíveis que os propiciados pela antena de Penzias e Wilson, nenhum sinal das variações foi encontrado.

A radiação cósmica de fundo, até onde nós ou outros fomos capazes de determinar, era completamente suave em todas as direções. Isto pode significar ou que as teorias dos cosmólogos estavam totalmente erradas, ou que ninguém se esforçou o bastante para encontrar as sementes (Smoot, 1995, p. 168).

Felizmente para a teoria, George Smoot estava disposto a “se esforçar o bastante” para encontrar as dobras, que seriam identificadas por variações da ordem de uma parte em 100 mil na radiação cósmica de fundo. Não seria fácil. Mas a confiança do cientista no núcleo firme do programa o compele a continuar, enquanto isto representar um programa de pesquisa progressivo. E não seriam os primeiros resultados negativos que afetariam esta confiança.

Como bem lembra Lakatos, “[...] a teoria *específica* poderá sempre ser mantida, digam o que disserem os testes” (1979, p. 123). A menos, é claro, que existisse outra teoria que suportasse um universo em expansão, ao mesmo tempo em que admitisse uma radiação cósmica de fundo com as características já constadas, juntamente com a *ausência* de dobras, ou seja, uma radiação perfeitamente uniforme. Não havia. Era compreensível então que se buscassem as diminutas variações, não obstante as dificuldades intrínsecas à empreitada:

Estávamos procurando por variações mínimas nas temperaturas suaves do fundo, algo inferior a uma parte em 100 mil – algo como localizar um cisco de poeira numa superfície lisa como um rинque de patinação. E, exatamente como um rинque de patinação, haveria muitas irregularidades na superfície que nada teriam a ver com aquelas que procurávamos (SMOOT, 1995, p. 264).

Depois de quase duas décadas de extensas pesquisas para captar as perseguidas variações, com equipamentos supersensíveis transportados em balões atmosféricos, missões com o avião espião U2, exaustivos projetos de engenharia para seu transporte ao espaço via foguetes e, finalmente, o uso de um satélite subsidiado pela NASA

lançado em 1989 (o satélite COBE²⁴), em 1992 obtiveram-se os primeiros relances das dobras.

Não antes de uma pequena passada de Smoot e sua equipe pela Antártida, sob um frio insuportável, doenças e imprevistos de sobra, para se obterem mapas mais atualizados das fontes de radiação da galáxia. Estes mapas eram essenciais para se discernir o ruído real de outras fontes, uma vez que a radiação captada estava sob um grande espectro de emissões naturais advindas de toda a galáxia, o que poderia confundir a análise dos dados. O espaço seria o lugar ideal para se realizar este mapeamento, mas por estas alturas ninguém aprovaria uma nova missão com o objetivo de realizar medidas de radiação com o único intuito de atualizar dados já existentes.

Por suas condições de altitude, clima e extensas regiões planas, somadas ao fato de haverem precárias medições da radiação galáctica no extremo sul do planeta, a Antártida era a melhor alternativa para se realizar estas medidas, o que foi feito com expectativas que faziam ferver o sangue dos pesquisadores.

6 O reforço da teoria

Depois de exaustivas análises para certificar a real constatação das variações procuradas na radiação cósmica de fundo, em abril de 1992 foram apresentados seis artigos no encontro da American Physical Society que relatavam as conclusões da pesquisa de Smoot. Os dados obtidos tinham grande concordância com o previsto (ver Figura 5).

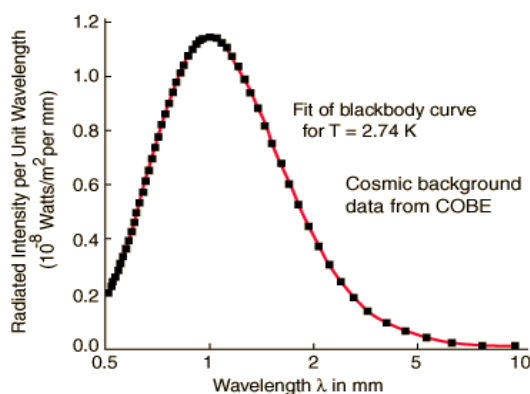


Figura 5 – Dados do COBE. A figura mostra os pontos empíricos sobrepostos à curva teórica para o espectro do ruído cósmico de fundo.
Fonte: HyperPhysics, George State University.

Além da impecável concordância entre os valores previstos e medidos para o espectro do ruído cósmico de fundo, os dados do COBE corroboravam as variações previstas pelo programa de pesquisa do Big Bang. Assim, a teoria tinha recebido um grande reforço.

²⁴ Sigla que dá nome ao equipamento de detecção das dobras: **CO**smic **B**ackground **E**xplorer (explorador do ruído cósmico de fundo).

[...] a mensagem dos nossos resultados – mensagem que proporcionou tanto alívio aos cosmólogos naquela manhã de abril – era clara. Fred Hoyle afirmou certa vez que a teoria do big-bang era falha porque não podia explicar a formação primordial das galáxias. *Os resultados do COBE provam que ele estava errado*²⁵. A existência das dobras no tempo, como as vemos, nos mostra que a teoria do big-bang, incorporando o efeito da gravidade, pode explicar não só a formação primitiva das galáxias, mas também a agregação, nesses 15 bilhões de anos, de estruturas massivas que sabemos estar presentes no universo de hoje, o que é um triunfo para a teoria e a observação (SMOOT, 1995, p. 310).

Assim como Smoot, muitos cientistas chegaram a falar em *prova*, mas desde Popper sabemos que as coisas não são assim tão simples. Karl Popper (1902-1994), talvez o filósofo da ciência de maior influência no século XX, chamou a atenção para uma das características mais importantes da ciência, chegando mesmo a servir como critério de demarcação entre ciência e pseudociência: a falseabilidade. Segundo este critério, uma teoria científica deve ser potencialmente falseável, com procedimentos de refutação passíveis de serem repetidos por qualquer cientista. Coloca Popper:

[...] não exigirei que um sistema científico seja suscetível de ser dado como válido, de uma vez por todas, em sentido positivo; exigirei, porém, que sua forma lógica seja tal que se torne possível validá-lo através de recurso a provas empíricas, em sentido negativo: *deve ser possível refutar, pela experiência, um sistema científico empírico* (POPPER, 1993, p. 42).

Se a teoria não é falseada, por uma predição que é confirmada, por exemplo, a teoria não estará *provada*, mas apenas *corroborada*. Ou seja, embora possa haver elementos para refutar metodologicamente uma teoria, nunca há elementos o bastante para prová-la. Popper usa, efetivamente, a noção de *prova*, mas simplesmente como procedimento de teste e não, como habitualmente é feito, como algo terminantemente decidido. Lakatos, por sua vez, vai adiante ao propor a necessidade metodológica de se manter um programa de pesquisa pelo maior tempo possível, evitando a sua refutação prematura e inconsequente. Claro, uma teoria (e seu programa) estará tão corroborada quanto maior for o fracasso das tentativas de refutá-la:

Na medida em que a teoria resista a provas pormenorizadas e severas, e não seja suplantada por outra, no curso do progresso científico, poderemos dizer que ela “comprovou sua qualidade” ou foi “*corroborada*” pela experiência passada (POPPER, 1993, p. 34).

Vemos então que, para Popper, uma teoria se fortalece com a experiência ratificadora, embora possa ser falsificada, uma vez que se aceite metodologicamente sua

²⁵ Grifo nosso.

refutação. Por meio da caracterização do cinturão protetor, Lakatos estende o falseacionismo de Popper para que uma refutação não seja imputada prematuramente, ainda que não tenha o mesmo tipo de preocupação deste último, uma vez que sua análise se aporta no embate entre programas rivais, e não nas idiosincrasias de uma teoria, como faz Popper.

Assim, embora não seja provada, a cada novo reforço da teoria, resultado claro de um programa progressivo de pesquisa na terminologia de Lakatos, esta vai se distanciando de possíveis outras teorias que não conseguem o mesmo feito, degenerando-se em relação a ela.

A teoria do Big Bang ainda está em progressão e, em 2003, outro satélite, o WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe)²⁶, obteve novas e ainda mais precisas medidas da radiação de fundo (ver Figura 6), em busca de polarizações previstas para a radiação (Smoot, 2006). Em uma bateria de dados obtidos neste ano de 2003 e outra realizada em 2006, foi constatado que “os resultados suportam fortemente o modelo do Big Bang”²⁷.

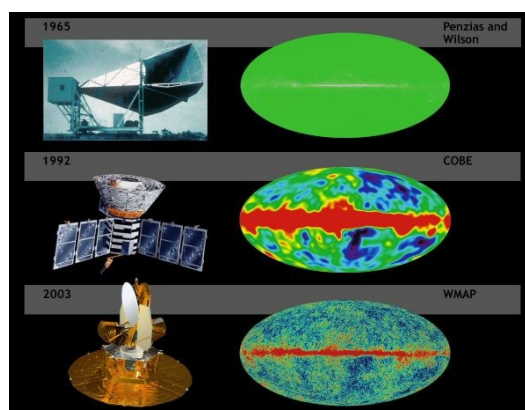


Figura 6 – Quadro comparativo do espectro de potência – padrão obtido a partir do ruído cósmico de fundo. Percebe-se o grau crescente de resolução desde a medida acidental de Penzias e Wilson, passando pelo COBE até o WMAP. O espectro de potência relaciona o valor das variações de temperatura do ruído com o tamanho das manchas quentes e frias do céu observável (HU & WHITE, 2004). O padrão obtido com o espectro de potência do ruído cósmico de fundo é a principal ligação entre nosso universo atual e sua estrutura primordial.

Fonte: NASA.gov

Muitos poderiam se dar por satisfeitos, mas a ciência é uma eterna busca por precisões e certezas que, se não existem filosoficamente, ao menos existem enquanto um eixo da verdade eternamente perseguido pela assíntota da perscrutação científica.

Em 2009 foi lançado o satélite Planck, assim batizado em homenagem ao físico alemão Max Planck, precursor da Teoria Quântica que suporta o Big Bang, ao lado da Relatividade Geral. Nesta missão foram realizadas medidas ainda mais precisas da anisotropia do ruído cósmico de fundo, entre outras medições que mostram, por

²⁶ Sonda de anisotropia de microondas Wilkinson. Anisotropia se refere às flutuações de densidade do ruído cósmico de fundo, as dobras no espaço-tempo identificadas pelas variações na radiação.

²⁷ “[...] the results strongly support the inflationary Big Bang models” (SMOOT, 2006, p. 45).

exemplo, que a idade de nosso universo observável é um pouco maior do que se achava anteriormente, cerca de 13,8 bilhões de anos (ESA, 2015).

Os esforços atuais com as pesquisas em cosmologia, entre estes o satélite Planck e o LHC (Large Hadron Collider), buscam ainda elucidar alguns aspectos mais excêntricos a respeito da constituição do universo, conhecidos atualmente como matéria escura e energia escura, hipóteses *ad-hoc* que precisam de uma explicação.

A matéria escura é exigida, entre outros, para possibilitar, por sua gravidade, que as galáxias tenham a dinâmica observada sem serem destroçadas por sua própria rotação (SMOOT, 1995), ou seja, aparentemente existe mais matéria no universo do que aquela diretamente percebida. E a fantástica constatação de que o universo está atualmente em expansão acelerada torna necessária a existência de uma energia estranha, de origem desconhecida, a *energia escura* (ver Figura 7). “Simulações mostram que tanto a matéria quanto a energia escura são necessárias para obter as estruturas de larga escala observadas no Universo real” (CONSELICE, 2007, p. 36).

Inclusive, o modelo padrão da cosmologia atual, que denominamos comumente por Big Bang, é conhecido entre os pesquisadores por “modelo inflacionário lambda de matéria escura fria”. Particularmente interessante é este termo “lambda”, que se refere à energia escura ou, pasmem, à constante cosmológica²⁸. Esta denominação do que conhecemos mais popularmente por teoria do Big Bang é derivada “de suas três componentes mais importantes: o processo de inflação²⁹, a quantidade denominada constante cosmológica, simbolizada pela letra grega lambda, e partículas invisíveis chamadas de matéria escura fria” (STARKMAN & SCHWARZ, 2005, p. 32).

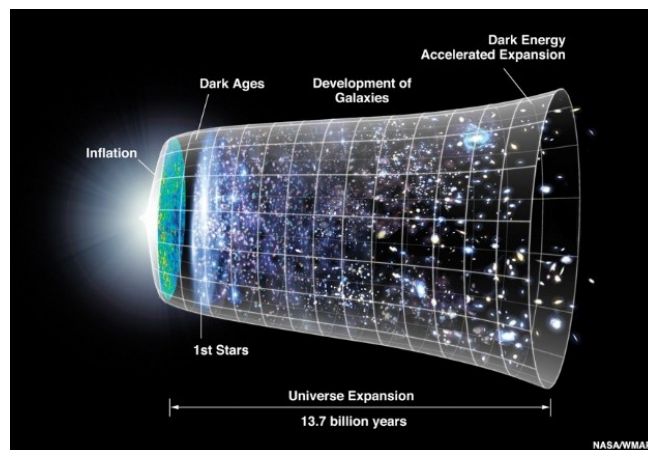


Figura 7 – Evolução do universo. O gráfico mostra os principais momentos da evolução do universo, segundo a teoria do Big Bang. Percebe-se, à direita, um aumento em sua taxa de expansão, que os teóricos do Big Bang associam a uma energia de origem ainda desconhecida, a *energia escura*.

Fonte: NASA.gov.

²⁸ Como já comentado, existem outras soluções das equações de Einstein, sendo que existem atualmente pesquisas que procuram outras possibilidades com uma singularidade inicial (o Big Bang), sem que uma constante cosmológica seja necessária.

²⁹ Inflação se refere ao estágio da expansão espaço-temporal do universo primordial, onde a taxa de aceleração se elevou consideravelmente a partir de um campo denominado *inflaton* (BENNETT *et al*, 2002, HU & WHITE, 2004).

Se isto não nos habilita dizer que a teoria é provada, ao menos nos regozija em saber o quão perto podemos chegar, com nossas teorias, de um efetivo entendimento do universo, a ponto de prevermos oscilações tão ínfimas da ordem de uma parte em centenas de milhares. E, quando estas oscilações são efetivamente constatadas, fica difícil não acharmos que tocamos a verdade. George Smoot³⁰ resume esta ideia:

A simplicidade e a simetria crescentes do universo, à medida que nos aproximamos do momento da criação, me dão esperanças de que possamos entender o universo utilizando os poderes da razão e da filosofia. O universo seria então compreensível, como Einstein um dia sonhou (1995, p. 315).

Einstein não foi o único. A constatação de que o universo existe e nossos anseios de que pode ser compreensível formam, talvez, o mais importante esteio de nossa ciência.

7 Epílogo

Sendo o Big Bang caracterizado como um programa de pesquisa, precisamos recapitular alguns elementos chaves deste programa: qual seu núcleo firme? O que pode ser caracterizado como cinturão protetor? Embora já tenhamos discutido alguma coisa a este respeito ao longo do texto, é conveniente fazermos aqui uma associação mais explícita.

O Big Bang parte da premissa de que as galáxias estão em um mútuo afastamento, segundo as previsões da Relatividade Geral, sendo as assertivas subsequentes dependentes desta primeira. Logo, podemos identificar aqui o núcleo firme: *o universo está em expansão*. Como consequência, o movimento de recessão das galáxias é que produz o desvio para o vermelho observado, aonde o comprimento de onda da luz que nos chega é desviado para a extremidade vermelha do espectro eletromagnético.

Como vimos anteriormente, foi analisando o espectro de estrelas e galáxias que Hubble chegou à sua relação entre distância x velocidade de recessão, informando-nos de que a maioria das galáxias está se afastando de nós. Ou seja, quanto mais afastada a galáxia, maior sua velocidade e, conseqüentemente, maior o desvio para o vermelho constatado.

Assim, qualquer tentativa de se interpretar este desvio por outros meios certamente será contornada pelos adeptos do programa, como aconteceu quando Arp sugeriu outras possibilidades para o observado. A sugestão de uma mera sobreposição

³⁰ George Smoot recebeu, por suas pesquisas com a radiação cósmica de fundo, o Nobel de Física de 2006, ao lado de John Mather, seu colaborador. Arno Penzias e Robert Wilson também receberam o Nobel por pesquisas com a radiação, o que contribuiu para que a teoria do Big Bang se tornasse o modelo padrão da cosmologia atual. Em 2011 outros três prêmios foram concedidos aos pesquisadores do WMAP, Saul Perlmutter, Adam Riess e Brian Schmidt, pela descoberta da expansão acelerada no universo.

de imagens, como os cosmólogos fizeram do Big Bang para contornar as dificuldades de se explicar os diferentes desvios para o vermelho de galáxias e quasares supostamente vizinhos, é claramente um recurso que protege a suposição básica de que o desvio para o vermelho é devido à expansão do espaço.

Como hipótese auxiliar mais bem formulada, segundo a caracterização do cinturão protetor, tem as “entidades escuras”, com o claro papel de proteger o núcleo firme. Sua necessidade se torna patente frente às observações que, em princípio, violam preceitos tidos como não atacáveis, como a Relatividade Geral (expansão espaço-temporal), base da teoria do Big Bang.

Isto leva à necessidade de hipóteses *ad-hoc* para garantir que o programa sobreviva frente às anomalias, o que pode também ser caracterizado como uma heurística positiva ao permitir que a teoria possa ser testada, a partir da pesquisa para se validar as hipóteses. No caso, a efetiva detecção da energia e da matéria escura.

Em relação aos elementos que denotam o excesso de conteúdo, exigido para um programa progressivo de pesquisa, podemos certamente nos reportar ao ruído cósmico de fundo, ainda que existam alternativas de interpretação que sugerem ser simplesmente a temperatura média do meio intergaláctico (ARP, 2001; ASSIS e NEVES, 1995).

Mas, lembrando, as dobras pesquisadas por Smoot levam este excesso de conteúdo a um novo patamar de precisão que, como constatado pelos satélites COBE, WMAP e Planck, reforçam o programa de pesquisa do Big Bang. Programas concorrentes, como o de Fred Hoyle, foram metodologicamente colocados em uma posição regressiva ao não conseguirem produzir o mesmo feito.

Esta dinâmica entre programas rivais é essencial para o saudável crescimento de nossa ciência, ratificando as intenções de Lakatos para a estrutura da pesquisa científica. Mostramos a seguir como formulações mais recentes da noção de um universo estacionário constituem-se como uma oposição à teoria do Big Bang, explicitando a natureza competitiva entre teorias concorrentes.

Vimos que, para Lakatos, o embate entre teorias rivais à luz de seus respectivos programas se dá racionalmente no campo da heurística positiva, onde a teoria com características degenerativas é metodologicamente suplantada pela de características progressivas. Encontramos, em Popper, um reforço destas ideias:

Com efeito, uma teoria que mereceu ampla corroboração só pode ceder passo a uma teoria de maior alto grau de universalidade, ou seja, a uma teoria passível de submeter-se a melhores testes e que, além disso, *abranja* a teoria anterior e bem corroborada – ou, pelo menos, algo que se lhe aproxime muito (POPPER, 1993, p. 303).

Mas se Lakatos admite uma reconstrução racional para a história da ciência, Popper é mais reticente a este respeito, colocando esta reconstrução como algo *a posteriori*, algo que não é intrínseco à atividade científica.

Na medida em que o cientista aprecie criticamente, altere ou rejeite sua própria inspiração, poderemos, se o desejarmos, encarar a análise metodológica levada a efeito como um tipo de “reconstrução racional” dos correspondentes processos mentais. Sem embargo, essa reconstrução não apresentaria tais processos como realmente ocorrem – ela pode apenas dar um esqueleto lógico do processo de prova. Contudo, talvez seja isso o que pretendem dizer aqueles que falam de uma “reconstrução racional” das maneiras pelas quais adquirimos conhecimento (POPPER, 1993, p. 32).

Concordamos, aqui, que o processo de gênese das ideias científicas é um terreno arenoso, ao qual talvez nunca tenhamos acesso direto. Mas se é difícil conhecer as maneiras de pensar do cientista, e suas idiossincrasias são singulares e diversas, ao menos podemos construir um sentido lógico e racional, como queria Lakatos, para um panorama elucidativo do que venha a ser ciência.

Popper parecia estar ciente destas complicações, abstendo-se de maiores discussões sobre o “contexto da descoberta”. Inclusive, coloca que: “Minha maneira de ver pode ser expressa na afirmativa de que toda descoberta encerra um “elemento irracional” ou “uma intuição criadora” [...]” (POPPER, 1993, p. 32).

Isto não o impediu de traçar as características já comentadas que, segundo ele, independem inteiramente desses problemas (POPPER, 1993). Diferenças à parte, Popper e Lakatos são bastante categóricos em relação à dinâmica inconclusiva da ciência. De fato, Popper coloca que “O jogo da ciência é, em princípio, interminável. Quem decida, um dia, que os enunciados científicos não mais exigem prova, e podem ser vistos como definitivamente verificados, retira-se do jogo” (POPPER, 1993, p. 56).

Assim, temos que o embate entre ideias concorrentes é, não só importante característica da evolução de nosso conhecimento, segundo a dinâmica descrita por Lakatos, como processo vital para o “jogo”, nos termos de Popper. Ainda, os dois filósofos “consideram o avanço da ciência, apesar de parcial e provisório, um dado inquestionável, no sentido de que as teorias mais recentes são objetivamente melhores do que as mais antigas” (VILLANI, 2001, p. 176).

Por estas razões deveríamos ficar atentos às tentativas de elevar o Big Bang a uma categoria factual, no sentido de ser a resposta única e definitiva para o que observamos. Pois se é, efetivamente, uma boa explicação para o universo, precisa responder e lidar com questões colocadas por cientistas trabalhando em linhas de pesquisa heterodoxas. Por exemplo, apesar do que já foi discutido sobre a degeneração da teoria do universo estacionário, esta ainda é defendida em épocas recentes por alguns cientistas, como Halton Arp, falecido recentemente (1927 – 2013).

Cientista do Instituto Max Planck, na Alemanha, Arp pesquisou galáxias por pelo menos três décadas, o que lhe permitiu produzir o Atlas de Galáxias Peculiares (ARP, 1966), importante fonte de consulta mesmo pelos teóricos de outras linhas de pesquisa. Arp sugeria que existem algumas estruturas no universo que parecem contrariar um universo em expansão.

Após estudar exaustivamente um grande número de galáxias, ele descobriu que muitas delas aparentemente têm uma ligação física direta com objetos como quasares,

objetos de observação pontual com alto desvio para o vermelho e intensa emissão de raios-X³¹.

Ora, se um quasar tem um alto desvio para o vermelho, pelas constatações de Hubble isto significa que ele também está muito longe. E aí estaria o disparate: as observações de Arp mostram que os quasares parecem estar muito próximos e conectados fisicamente, através de uma fraca nebulosidade (ver Figura 8), com galáxias de desvio para o vermelho muito menor, o que sugere que eles estão em um plano de observação (ver Figuras 9 e 10) que, segundo a lei de Hubble, é impossível. Objetos de diferentes desvios para o vermelho, de acordo com a cosmologia tradicional, *devem* estar a diferentes distâncias do observador.

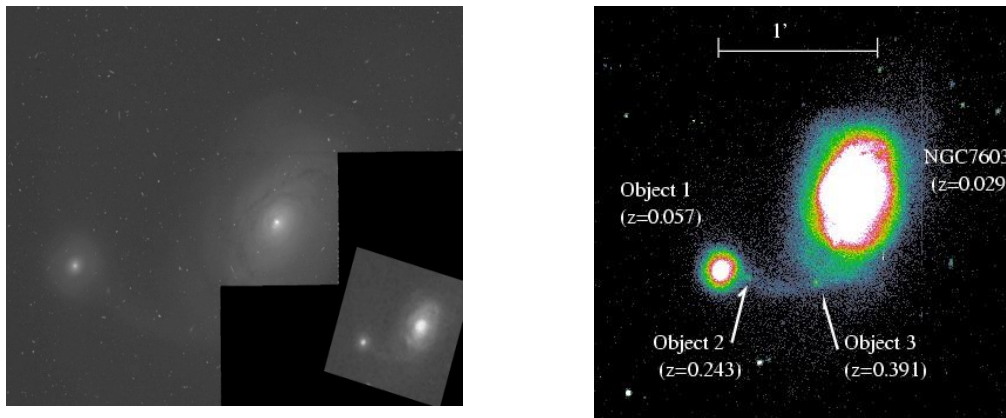


Figura 8 – Galáxia NGC 7603. Na foto à esquerda, vemos o sistema com dois tratamentos de imagem, e na direita a imagem tratada por computador, mostrando uma suposta ligação entre a galáxia e os quasares em suas proximidades.

Fonte: The Quasars.org catalogue.



Figura 9 – Galáxia NGC 1073. Os pontos 1, 2 e 3 são quasares com alto desvio para o vermelho, nas vizinhanças de uma galáxia com baixo desvio para o vermelho.

Fonte: (ARP, 1966).

³¹ Arp vai ainda mais longe, sugerindo que estes quasares foram ejetados da galáxia companheira, sendo eles mesmos uma espécie de protogaláxia (ARP, 2001).

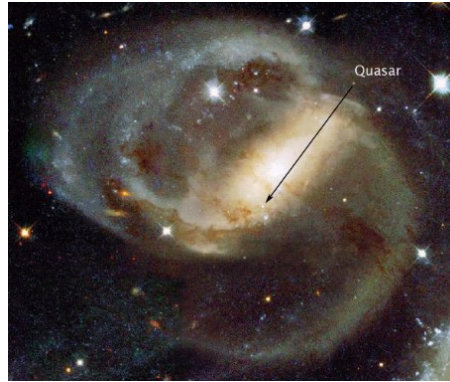


Figura 10 - Galáxia NGC 7319. Indicação de um quasar em uma galáxia com desvio para o vermelho menor.
Fonte: Electric-Cosmos.org.

Evidentemente, um contra-argumento que imediatamente surge está relacionado com a simples sobreposição de imagens, dando a impressão de estarem no mesmo plano, quando realmente estão muito distantes entre si.

Exames rápidos de fotografias de galáxias remotas frequentemente revelam estrelas muito brilhantes em nossa própria Via Láctea que são vistas em projeção contra uma galáxia de fundo. Mesmo se vissemos tal estrela na ponta de um braço espiral da galáxia distante, jamais suporíamos que essa estrela tivesse sido recentemente ejetada da galáxia distante (SILK, 1988, p. 320).

Joseph Silk, professor de astronomia em Berkeley, na década de 1980 sugeriu que “se uma escala contínua em avermelhamento puder ser medida ao longo de um jato de gás ligando uma galáxia de pequeno avermelhamento a um quasar de alto avermelhamento, então Arp terá sido redimido” (SILK, 1988, p. 320). Longair, professor de física teórica em Cambridge, também foi comedido ao dizer que, apesar de não haver maiores corroborações à conjectura de Arp, “não devemos excluir a possibilidade de que observações cosmológicas possam nos dizer algo profundamente original e inesperado sobre a física fundamental” (LONGAIR, 1984, p. 330). Mas o fato é que não houve nenhuma corroboração para uma ligação física entre uma galáxia e um quasar³², o que, mais uma vez, torna a teoria do Big Bang uma melhor explicação para nosso universo.

Mas é prudente não colocar possíveis explicações iconoclastas no limbo acadêmico. Lakatos, Popper e outros³³ deixaram claro que sempre é possível resgatar uma teoria (programa de pesquisa, no caso de Lakatos) de suas derrotas, embora

³² E, mesmo com uma ligação direta, outras possibilidades poderiam ocorrer sem que se viole um universo em expansão, como o efeito produzido por um buraco negro: “as raias características de cada elemento que se encontrar nas proximidades de um campo gravitacional forte serão encontradas deslocadas das suas frequências originais, na direção de menores frequências ou maiores comprimentos de onda” (BERGMANN et. al, 2009).

³³ Para maiores reflexões sobre como uma ideia pode ser mantida haja o que houver o livro *Contra o Método* pode ser interessante (FEYERABEND, 1977).

segundo Lakatos não antes de a teoria vigente perder sua força heurística, o que não é o caso da teoria do Big Bang.

Mas há, aqui, um ponto interessante. O modelo padrão da cosmologia é uma explicação hegemônica do que supostamente é observado pelos telescópios mundo afora, com inúmeras publicações a respeito. Mas, se é que a história pode nos ensinar algo, é que as certezas residem em terreno pouco firme. De fato, Lakatos e Popper insistiram na eterna disputa entre teorias:

[...] a *continuidade* na ciência, a *tenacidade* de algumas teorias, a racionalidade de certa dose de dogmatismo só poderão ser explicados se interpretarmos a ciência como um campo de batalha onde pelem programas de pesquisa muito mais do que teorias isoladas (LAKATOS, 1979, p. 216).

De forma interessante, o influente cientista Ludwig Boltzmann tinha algumas concepções correlatas e complementares:

Boltzmann acreditava que os mesmos fenômenos naturais podem ser descritos e explicados de maneiras diferentes a partir da adoção de perspectivas não só distintas e complementares, mas até mesmo excludentes (RIBEIRO, 2013, p. 17).

Segundo o próprio:

[...] não pode ser a nossa tarefa encontrar uma teoria absolutamente correta, mas sim uma imagem que é tão simples quanto possível e que representa os fenômenos da forma mais acurada possível. [...] A afirmação de que uma dada teoria é a única correta só pode expressar nossa convicção subjetiva de que não poderia haver outra teoria igualmente simples e de igual concordância (BOLTZMANN apud CERCIGNANI, 2006, p. 190).

Com o estabelecimento de uma interpretação hegemônica em relação ao que é observado, há a possibilidade de estarmos evitando outras conjecturas possíveis que podem vir a ser, inclusive, fonte de teorias com características mais progressivas que a atual. Como saberemos sem este embate? Lakatos resume esta ideia:

Nunca devemos permitir que um programa de pesquisa se converta [...] numa espécie de *rigor científico*, arvorando-se em árbitro entre a explicação e a não-explicação, como o rigor matemático se arvora em árbitro entre a prova e a não-prova (LAKATOS, 1979, p. 190).

Ainda:

O conhecimento científico é melhor caracterizado por uma busca incessante e sem fim por melhores, mas nunca definitivas, representações dos fenômenos naturais. A substituição de uma teoria científica por outra, característica principal da ciência moderna, obra permanentemente em aberto, só pode acontecer se for assegurado que nenhuma teoria científica pode alcançar o estágio de definitivamente verdadeira (RIBEIRO e VIDEIRA, 2004, p.533).

Apesar da tendência empirista, Halton Arp parecia, consciente ou inconscientemente, ter ideias semelhantes, quando apontava que é justamente isto o que estaria acontecendo em relação à posição dos cosmólogos sobre o desvio para o vermelho:

Não interessa como os cientistas pensem o que fazem, eles começam com uma teoria – na verdade ainda pior – com uma suposição simplista e contra-indicada de que os desvios para o vermelho só significam velocidade. Daí para frente só aceitam observações que podem ser interpretadas nos termos desta suposição. É por isso que penso ser muito importante ir tão longe quanto possível com as relações e conclusões empíricas. É por isso que é tão importante descartar qualquer hipótese de trabalho se ela é desmentida pelas observações – mesmo se não há uma hipótese alternativa para substituí-la. Tão desagradável quanto isto possa ser, temos de ser capazes de viver com a incerteza. Ou, como dizem muitas pessoas, mas sem convicção: “Nunca é possível provar uma teoria, apenas refutá-la” (ARP, 2001, p. 251).

Com a referência direta ao falseacionismo, Arp procurava alertar quanto às fragilidades da certeza. Mas, sabemos, é claro que não serão apenas os “fatos” que irão decidir alguma coisa: “[...] nenhuma lei pode ser “seriamente contestada” só por experiências” (LAKATOS, 1979, p. 214).

Arp sugeria que os diferentes desvios para o vermelho observados entre galáxias e quasares vizinhos seriam devidos não às suas diferentes velocidades e distâncias, conforme a lei de Hubble, mas a uma diferença entre a energia dos fótons emitidos por estas estruturas que, por sua vez, seria explicado pela criação de matéria “nova”, surgida recentemente. As partículas novas seriam menos massivas que as mais velhas, ficando mais massivas conforme envelhecem, de acordo com soluções obtidas por Jayant Narlikar em 1977 para as equações da relatividade geral (ARP, 2001). Segundo estas ideias, matéria recente emite fótons de baixa energia, portanto com maior desvio para o vermelho, o que seria então a causa dos desvios observados.

Fomos forçados pelas observações a considerar o que faria com que o desvio para o vermelho do material da galáxia diminuísse à medida

que ela envelhecia. A única possibilidade simples parecia ser a de que as massas das partículas elementares aumentassem com o tempo. Vimos que isto satisfaz os limites fundamentais da física como atualmente entendemos o assunto, *i.e.*, é uma solução válida das equações de campo de Einstein generalizadas (ARP, 2001, p. 174).

Assim, o desvio para o vermelho passa a ser considerado um indicativo da idade de uma galáxia e não de sua velocidade e distância ao observador.

Mas o que Arp talvez não soubesse, ou não deixava claro, é que “não se elaboram hipóteses *científicas* só para preencher lacunas entre os dados e a teoria, senão para prever fatos novos” (LAKATOS, 1979, p. 214). E a teoria do Big Bang, como vimos, predisse algo de novo, gerando um excesso de conteúdo corroborado que é, resumidamente, o que a mantém como um programa de pesquisa largamente empregado pela cosmologia atual.

Como podemos perceber nos momentos finais do presente texto, a teoria do Big Bang se encontra em um estágio bastante ativo de pesquisa. Assim, é importante ficarmos atentos aos novos passos, teóricos e experimentais, no desenvolvimento desse tema.

Embora o modelo cosmológico padrão funcione razoavelmente bem ao descrever os aspectos fenomenológicos do Universo, para ter um conhecimento mais profundo de seus mistérios é preciso aguardar as descobertas que os novos experimentos trarão. Tudo indica que a sinfonia cósmica vai continuar a encantar seus ouvintes ainda por muito tempo (HU & WHITE, 2004, p. 57).

Podemos apenas vislumbrar onde isto pode levar nossa ciência, devido aos problemas de se estudar um sistema de dentro dele mesmo, ou seja, é sempre complicado idealizar precisamente o que acontecerá apenas com nosso conhecimento atual. Muito mais fácil é analisar os eventos passados, onde um todo toma forma diante do observador da evolução dos conceitos. Quando se está vivendo esta evolução, as interpretações podem ser traiçoeiras, como podemos constatar em diversos momentos da história do conhecimento científico, onde revoluções tomaram forma em contextos onde os pesquisadores achavam ter a resposta final nas mãos.

Por hora, basta concluirmos que a eterna busca por melhores explicações percorre um caminho que será tanto mais prolífico quanto maior for o número de opções de programas de pesquisa comprometidos com a natureza objetiva dos fenômenos observados.

Se não podemos, e talvez nunca poderemos, dizer que temos a verdade nas mãos, ao menos podemos ter a certeza de que nossas incertezas são, hoje, de natureza mais abrangente e de resultados mais efetivos que as que tínhamos no passado. E isto porque no passado enfrentamos o que era fato consumado, porque questionamos o que

parecia inquestionável. Esta irreverência frente ao conhecimento nos trouxe até aqui e, se soubermos mantê-la, certamente nos levará ainda mais longe³⁴.

Referências

ARP, H. **O Universo Vermelho**. São Paulo: Perspectiva, 2001.

ARP, H. **Atlas of Peculiar Galaxies**. Pasadena: Caltech, 1966.

ASSIS, A. K. T.; NEVES, M. C. D. **History of 2.7 K Temperature Prior to Penzias and Wilson**. *Apeiron*, v.2, n3, p.79-84, 1995.

BERGMANN, T. S.; BARBOSA, F. K. B.; NEMMEN, R. S. **Buracos Negros**. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~thaisa/bn/index.htm#indice>>. Acesso em 09 de nov. 2009.

BUNGE, M. **Filosofia da Física**. Lisboa: Edições 70, 1973.

CERCIGNANI, C. **Ludwig Boltzmann: The Man Who Trusted Atoms**. Oxford: Oxford University, 2006.

CONSELICE, C. J. A mão invisível do Universo. **Scientific American**, n.58, p.35-41. 2007.

ESA, European Space Agency. **Planck**. Página oficial da missão Planck. Disponível em: <<http://www.esa.int/SPECIALS/Planck/index.html>>. Acesso em 12 mai. 2015.

FERNÁNDEZ, I.; GIL-PÉREZ, D.; CARRASCOSA, J.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. **Enseñanza de las Ciencias**, v.20, n.3, p.477-488, 2002.

FEYERABEND, P. **Contra o método**. Rio de Janeiro: F. Alves, 1977.

GRIBBIN, J. R. **No início: antes e depois do Big Bang**. Rio de Janeiro: Campus, 1995.

HU, W.; WHITE, M. Sinfonia cósmica. **Scientific American**, n.22, p.46-57, 2004.

KRAGH, H. **Cosmology and Controversy**. Princeton: Princeton University, 1999.

KUHN, T. S. A função do dogma na investigação científica. In: KUHN, T. S. **A Crítica da Ciência**. Rio de Janeiro: Zahar, 1979.

LAKATOS, I. O Falseamento e a Metodologia dos Programas de Pesquisa Científica. In: LAKATOS, I.; MUSGRAVE, A. (Org.). **A Crítica e o Desenvolvimento do Conhecimento**. São Paulo: Cultrix, EDUSP, 1979, p. 109-243.

³⁴ Para um aprofundamento em relação à competição entre o Big Bang e o Universo Estacionário, recomendamos o livro *Cosmology and Controversy* (KRAGH, 1999).

- LONGAIR, M. S. **Theoretical concepts in physics**. New York: Cambridge University, 1984.
- MEYERS, R. **Universe: the cosmology quest**. [Filme-vídeo]. Floating World Films, 2004.
- PEDUZZI, L. O. Q; BASSO, A. Para o ensino do átomo de Bohr no nível médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.27, n.4, p.545-557, 2005.
- POPPER, K. **A lógica da pesquisa científica**. São Paulo: Cultrix, 1993.
- REDONDI, P. **Galileu Herético**. São Paulo: Companhia das Letras, 1989.
- RIBEIRO, M. B. **Cosmologia e Representação**. Cornell University Library, arXiv:1308.2929, 2013.
- RIBEIRO, M. B.; VIDEIRA, A. A. P. Cosmologia e pluralismo teórico. **Revista Scientiae Studia**, v.2, n.4, p.519-35, 2004.
- NASA. **Headline news**. [S.l.]. Disponível em: <<http://science.nasa.gov>>. Acesso em: 08 mai. 2008.
- SILK, J. **O Big Bang: a origem do universo**. Brasília: Universidade de Brasília, 1988.
- SILVEIRA, F. L. A metodologia dos programas de pesquisa: a epistemologia de Imre Lakatos. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.13, n.3, p.219-230, 1996.
- SILVEIRA, F. L; PEDUZZI, L. O. Q.; Três episódios de descoberta científica: da caricatura empirista a uma outra história. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.23, n.1: p.26-52, 2006.
- SILVEIRA, F.; OSTERMANN, F. A insustentabilidade da proposta indutivista de “descobrir a lei a partir de resultados experimentais”. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, p.7-27, 2002.
- SIMON, S. A adequação das teorias matemáticas às teorias físicas: a Teoria da Relatividade. In: PIETROCOLA, M.; FREIRE JR., O. (Org.). **Filosofia, Ciência e História: uma homenagem aos 40 anos de colaboração de Michael Paty com o Brasil**. São Paulo: Fapesp, p.137-154, 2005.
- SMOOT, G. F. **Cosmic Microwave Background Radiation Anisotropies: Their Discovery and Utilization**. Nobel Lecture, december 8, 2006.
- SMOOT, G. F.; DAVIDSON, K. **Dobras no tempo**. Rio de Janeiro: Rocco, 1995.
- STARKMAN, G. D.; SCHWARZ, D. J. **Universo em desarmonia**. Scientific American, n.40, p.31-37, 2005.
- VILLANI, A. Filosofia da ciência e ensino de ciência: uma analogia. **Ciência e educação**, v.7, n.2, p.169-181, 2001.

WAGA, I. Cem anos de descobertas em cosmologia e novos desafios para o século XXI. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.27, n.1, p.157-173, 2005.

WEINBERG, S. **Os três primeiros minutos**. Lisboa: Gradiva, 1987.

APRENDIZAGEM MEDIADA POR UMA HIPERMÍDIA EDUCACIONAL

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

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

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

APRENDIZAJE MEDIADO POR HIPERMEDIA EDUCATIVA

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

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

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

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

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

LEARNING MEDIATED BY AN EDUCATIONAL HYPERMEDIA

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

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

1 Introdução

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

2 Contexto teórico

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

3 A hipermídia

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

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

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

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

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

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

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

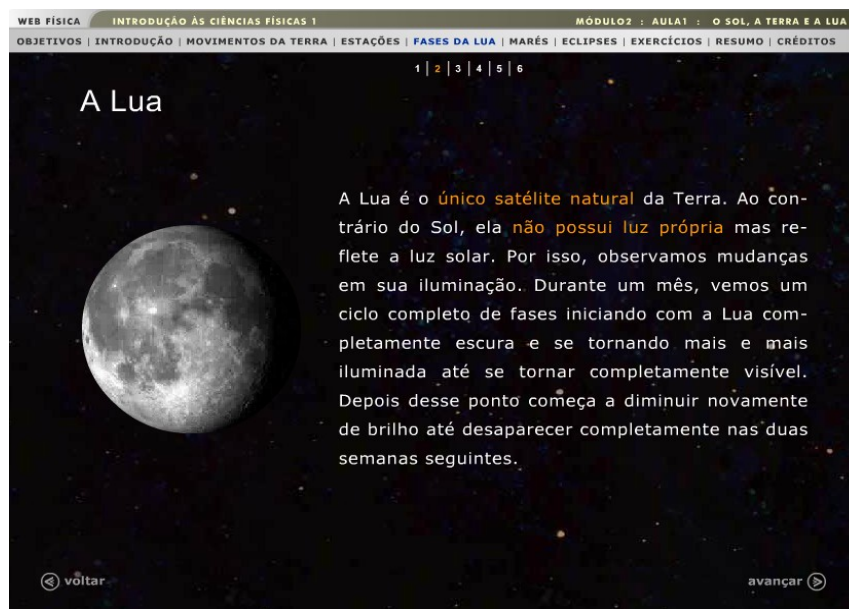


Figura 1 - Imagem estática do objeto de aprendizagem A Lua.

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

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

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

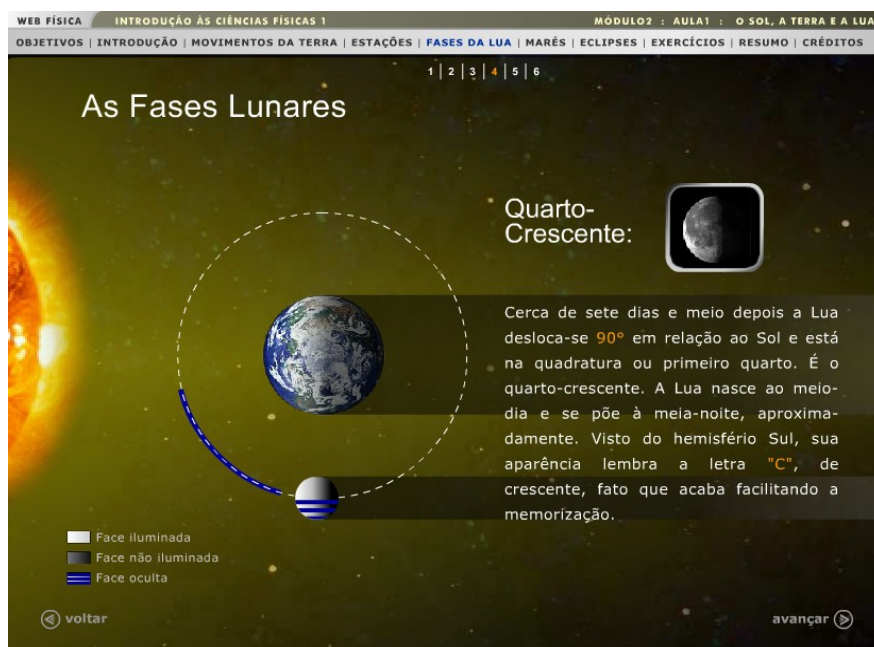


Figura 2 - Imagens estáticas do objeto de aprendizagem As Fases na fase quarto crescente.



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

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

O contexto

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

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

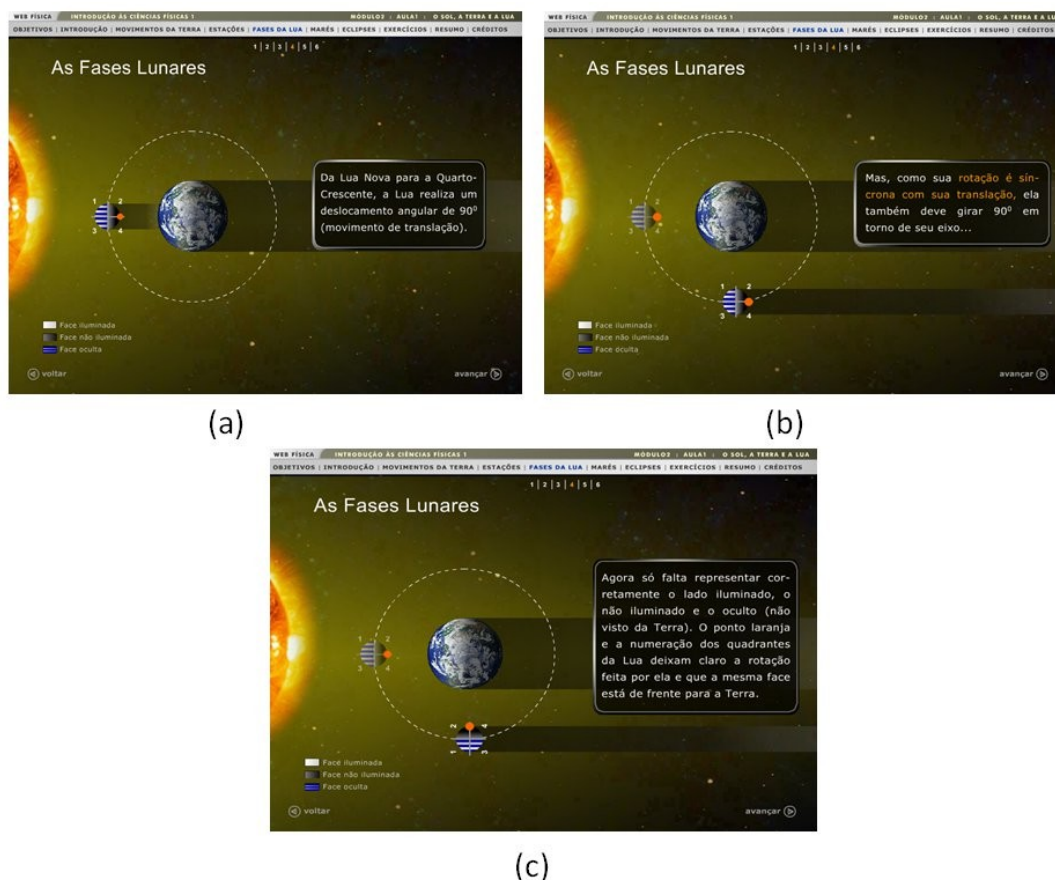


Figura 4- Imagens estáticas da sequência da animação do objeto de aprendizagem “A Rotação Síncrona”.

4 Desenho metodológico da avaliação de aprendizagem

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

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

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

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

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

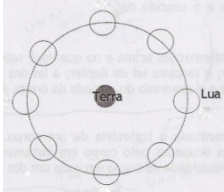
A Lua	As Fases	A Rotação Síncrona
Pré - teste		
As fases da Lua não ocorreriam se (marque a opção correta) (a) a Lua fosse um corpo com luminosidade própria. (b) a Lua fosse um corpo sem luminosidade própria. (c) a Lua não fosse o único satélite natural da Terra. (d) a Lua não possuísse um lado nunca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

Tabela 1- Instrumentos de avaliação.

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

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

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

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

5 Resultados

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

5.1 A Lua

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

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

Tabela 2 – Resultados: A Lua

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

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

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

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

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

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

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

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

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

5.2 As Fases

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

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

Tabela 5 – Resultados – A Fases

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

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

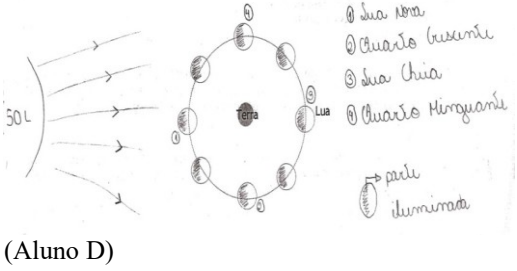
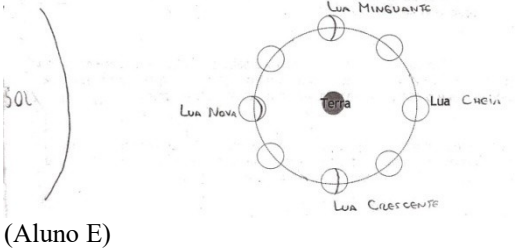
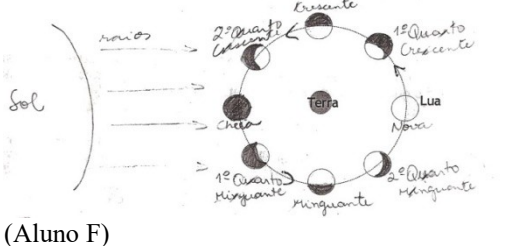
Categorização	Exemplos – Pré-teste	Exemplos – Avaliação de aprendizagem
Correta	<p>“Considero uma afirmação incorreta, pois em algumas ocasiões a Lua pode ser visível no céu durante o dia também. Além disso, nem sempre a Lua é visível durante a noite, o que chamamos de Lua Nova.” (Aluno A)</p>	 <p>(Aluno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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

5.3 A Rotação Síncrona

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

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

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

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

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

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

Tabela 10 – “A Rotação Síncrona”: resultados

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

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

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

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

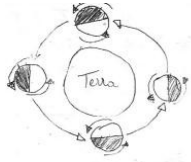
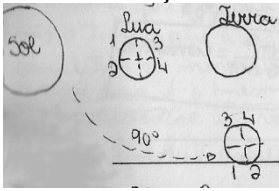
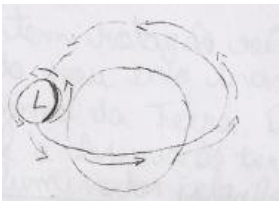
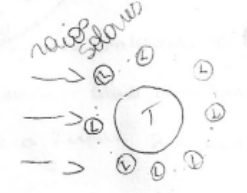
	Pré-teste	Avaliação de Aprendizagem: Explicação	Avaliação de Aprendizagem: Diagrama
Correta	"Concordo, pois o período de translação da Lua é igual ao período de rotação em torno de seu próprio eixo, fazendo com que ela sempre tenha a mesma face voltada para a Terra." (Aluno I)	"Sim, pois o período de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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

5.4 Resultados de aprendizagem: síntese

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

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

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

Tabela 15 – Estimativa de ganho percentual médio global.

6 Conclusões

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

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

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

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

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

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

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

Referências

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

CONFIANÇA DEMONSTRADA POR ESTUDANTES DE PEDAGOGIA SOBRE O ENSINO DE ASTRONOMIA PARA AS SÉRIES INICIAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL

*Wellington Cerqueira Júnior*¹
*Robenil dos Santos Almeida*²
*Regiane dos Santos da Conceição*³
*Glênon Dutra*⁴

Resumo: Este trabalho busca identificar o nível de confiança de alguns estudantes do Curso de Licenciatura em Pedagogia, de uma Universidade pública situada no interior da Bahia, para o ensino de conteúdos de Astronomia nas séries iniciais do Ensino Fundamental. Os dados foram coletados a partir da aplicação de um questionário, sendo que o mesmo foi respondido por 16 estudantes. Os resultados foram analisados levando em conta diversos fatores, como a estrutura curricular do curso de graduação em Pedagogia, o perfil de leitura dos estudantes e o nível de experiência em relação à docência em sala de aula. Os resultados obtidos apontam para uma grande insegurança dos alunos em relação ao ensino de conteúdos de Astronomia, sendo estes resultados compatíveis com aqueles obtidos por outros pesquisadores da área.

Palavras-chave: Ensino de astronomia; Nível de confiança; Formação de professores.

LA CONFIANZA DEMOSTRADA POR LOS ALUMNOS DE PEDAGOGÍA EN LA ENSEÑANZA DE ASTRONOMÍA EN LOS PRIMEROS GRADOS DE LA ESCUELA PRIMARIA

Resumen: Este artículo tiene la intención de identificar el nivel de confianza de algunos estudiantes de Licenciatura en Pedagogía pertenecientes a una Universidad pública ubicada en el interior del estado de Bahía, para la enseñanza de contenidos de Astronomía a los alumnos de los primeros grados de la escuela primaria. Los datos fueron recogidos de la aplicación de un cuestionario, contestado por 16 estudiantes. Los resultados fueron analizados teniendo en cuenta varios factores, como la estructura curricular de la Licenciatura en Pedagogía, el perfil de lectura de los estudiantes y el nivel de experiencia en relación con la enseñanza en clase. Los resultados indican una gran inseguridad de los estudiantes en relación a la enseñanza de contenidos de Astronomía, lo que resulta compatible con resultados previos obtenidos por otros investigadores.

Palabras clave: Enseñanza de astronomía; Nivel de confianza; Capacitación de docentes.

CONFIDENCE DEMONSTRATED BY STUDENTS OF PEDAGOGY ON THE TEACHING OF ASTRONOMY IN THE INITIAL YEARS OF THE ELEMENTARY SCHOOL

Abstract: This work attempts to identify the level of confidence of some students of the course in Pedagogy of a public University located in the interior of the Bahia state, for the teaching of contents of Astronomy in the initial years of the Elementary School. The data was obtained from the application of a questionnaire, answered by 16 students. The analysis of these results took into account several factors,

¹ Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB. E-mail: <welingtoncerqueira@bol.com.br>.

² Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB. E-mail: <robeww@hotmail.com>.

³ Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB. E-mail: <regianedossantos2010@hotmail.com>.

⁴ Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB. E-mail: <glenon.bh@gmail.com>.

like the framework of the curriculum of the graduation course in Pedagogy, the reading profile of the students and the level of experience regarding their teaching in classroom. The obtained results point to a great insecurity of the students regarding the teaching of contents of Astronomy, being compatible with previous findings obtained by other investigators of the area.

Keywords: Teaching of astronomy; Confidence level; Training of teachers.

1 Introdução

Ensinar conteúdos de Astronomia nas séries iniciais do Ensino Fundamental representa um grande desafio para os professores. Diversos autores (BRETONES, 1999; GARCIA, 1999; GONZATTI et al, 2013; LANGHI e NARDI, 2005; LEITE, 2006; SILVA e ZUCOLOTTI, 2011; UBINSKI, 2010, etc.) apontam para as dificuldades apresentadas por professores das séries iniciais do Ensino Fundamental no ensino de conteúdos relacionados à Astronomia.

O artigo 64 da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN) diz:

A formação de profissionais de educação para administração, planejamento, inspeção, supervisão e orientação educacional para a educação básica, será feita em cursos de graduação em pedagogia ou em nível de pós-graduação, a critério da instituição de ensino, garantida, nesta formação, a base comum nacional (BRASIL, 1996, art. 64º).

Portanto, pela lei, os professores das séries iniciais do Ensino Fundamental devem ser, no mínimo, graduados em cursos de Pedagogia. No entanto, nos cursos de Pedagogia geralmente não se dá atenção adequada ao ensino dos conteúdos essenciais de Astronomia (LANGHI, 2009). O problema da formação debilitada em conteúdos de Astronomia, provavelmente, acarreta situações nas quais tais conteúdos, na maioria das vezes, quando abordados, aparecem de maneira errônea ou então são deixados de lado pela provável falta de segurança dos professores em relação ao ensino dos mesmos. Dessa forma, a formação falha em conteúdos de Ciências Naturais acaba contribuindo com o reforço ou até mesmo com a propagação de concepções espontâneas entre os alunos do ensino básico.

Para Lima (2006), essas deficiências na formação dos professores geram insegurança por falta de familiaridade em conteúdos da Astronomia, levando os mesmos a ensinarem de forma inadequada e sem condições de avaliar erros, que muitas vezes estão presentes até mesmo nos livros didáticos. Além disso,

A formação limitada em Astronomia dos docentes parece levá-los a algumas dificuldades gerais, tais como [...] sensação de incapacidade e insegurança ao se trabalhar com o tema, respostas insatisfatórias para os alunos, falta de sugestões de contextualização, bibliografia e assessoria reduzida, dificuldade de compreensão da linguagem utilizada em livros paradidáticos que tratam sobre Astronomia, e

tempo reduzido para pesquisas adicionais a respeito de tópicos astronômicos (LANGHI, 2004, p. 176).

Entre as inúmeras dificuldades apontadas referentes à docência de conteúdos de Astronomia desde as séries iniciais do Ensino Fundamental, surgem alguns questionamentos: qual é a importância do ensino da Astronomia desde tão cedo? Além disso, quais são os principais conteúdos referentes à Astronomia que possuem mais relevância para serem trabalhados nas séries iniciais?

2 Ensino de Astronomia no nível fundamental

Pelo fato de a Astronomia ser uma das Ciências Exatas mais perceptíveis ao cotidiano, também sendo uma das que mais aparecem nos noticiários de televisão ou em páginas de divulgação científica da Internet, acredita-se na importância de seu estudo desde as séries iniciais:

Se fizermos uma análise mais apurada, veremos que ela [a Astronomia] tem potencialidades muito maiores, as quais têm sido desperdiçadas e, ao nosso ver, muitas vezes também desprezadas. Possui, se bem trabalhados, fortes recursos interdisciplinares, na medida em que envolve áreas do saber como História, Geografia, Ciências de modo geral, Matemática e até Ciências da Linguagem (BRETONES, 1999, p.1).

É notável também que a Astronomia pode estar intimamente relacionada no saber popular, tanto com as superstições populares quanto com a pseudociência, como é o caso da associação entre Astronomia e Astrologia. Dessa forma, fica a cargo dos professores o ensino de Astronomia para que ocorra reconstrução desses conceitos oriundos do saber popular para o saber científico.

Portanto, pode-se considerar de fundamental importância o ensino de conteúdos relacionados à Astronomia desde cedo, desde as séries iniciais do Ensino Fundamental. Para isso, existem orientações curriculares, como os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), que indicam quais conteúdos e atividades referentes à Astronomia possuem mais relevância para o aluno desta modalidade de ensino.

Os PCN orientam professores das séries iniciais, terceiro e quarto ciclos do Ensino Fundamental, para o ensino de conteúdos de Astronomia da seguinte forma:

No desenvolvimento desses estudos, é fundamental privilegiar atividades de observação e dar tempo para os alunos elaborarem suas próprias explicações. Por exemplo, nos estudos básicos sobre o ciclo do dia e da noite, a explicação científica do movimento de rotação não deve ser a primeira abordagem sobre o dia e a noite, o que causa muitas dúvidas e não ajuda a compreensão do fenômeno observado nas etapas iniciais do trabalho. [...] As dúvidas dos alunos, contudo, podem ser o ponto de partida para se estabelecer uma nova interpretação dos fenômenos observados (BRASIL, 1998, p.62).

A indicação para um ensino diferenciado visando que o professor leve em consideração as concepções espontâneas e as dúvidas dos alunos ao invés de dar respostas prontas e acabadas incide novamente na importância dos mesmos terem uma formação adequada em conteúdos de Astronomia, o que muitas vezes, como já mencionado, não ocorre na prática.

Sobre essa formação de professores, Langhi (2009) aponta que, de modo geral, deve promover um contexto para o desenvolvimento intelectual, social e emocional, diferentemente de um mero “treino” de professores. Descreve também que há uma grande gama de conteúdos, presentes em pesquisas da área, possíveis de fazer parte do currículo de disciplinas que abordam tópicos relacionados à Astronomia. Quando o autor analisou algumas dessas pesquisas e verificou a incidência e importância dada aos conteúdos, constatou um conjunto de sete conteúdos aos quais denominou de *astronomia essencial para o ensino fundamental*. São eles: conceitos referentes à forma da Terra, campo gravitacional, dia e noite, fases da Lua, órbita terrestre, estações do ano e astronomia observacional. Essa *astronomia essencial* vai um pouco além da astronomia sugerida pelos PCN, segundo o qual, os temas de estudo sugeridos devem ser organizados para que os alunos possam adquirir as capacidades de caracterizar movimentos visíveis de corpos celestes no horizonte e o papel da orientação do homem no espaço, além do reconhecimento de determinadas constelações.

Toda a discussão feita até aqui leva a crer que, se os conteúdos de Astronomia fossem abordados da forma como são estabelecidos nos PCN ou sugeridos por Langhi (2009), provavelmente não haveria grande defasagem na formação básica, no que se refere aos conteúdos deste tipo. No entanto, como os cursos de formação de professores da área de Pedagogia geralmente não abordam estes conteúdos, que são essenciais para as séries iniciais do Ensino Fundamental (LANGHI, 2009), qual deve ser o nível de segurança que um docente formado nessas condições terá para ministrar aulas que envolvam conteúdos de Astronomia?

Diante desses questionamentos, este trabalho buscou verificar que nível de segurança alunos do curso de Licenciatura em Pedagogia, alocados no Centro de Formação de Professores (CFP), da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), possuem para ministrar aulas sobre os conteúdos básicos relacionados à Astronomia e, a partir disso, propor mudanças que contribuam com a formação dos mesmos.

3 O caso do Curso de Licenciatura em Pedagogia do CFP-UFRB

3.1 Análise da estrutura curricular do Curso de Licenciatura em Pedagogia do CFP-UFRB

Com o intuito de verificar quais as disciplinas voltadas para o ensino de Ciências Naturais, em especial o de Astronomia, estão presentes neste curso de graduação, buscou-se analisar os documentos que o regem. “No ensino formal de conteúdos de Astronomia o professor exerce papel de extrema importância. Tendo em vista que um dos maiores problemas está na formação do professor, seria útil investigar o que realmente é ensinado nos cursos que os habilitam” (BRETONES, 1999, p.7).

O CFP-UFRB oferece o curso de Pedagogia em dois formatos: integral (diurno) e noturno. Em ambos, grande parte dos alunos é oriunda da própria cidade onde o Centro está instaurado, Amargosa⁵, ou de cidades circunvizinhas, sendo que no curso noturno a maioria exerce alguma profissão durante o dia. Apesar de ter formatos diferentes, ambos possuem a mesma carga horária e o mesmo conjunto de disciplinas com duração total média de oito semestres. Um dos objetivos do curso de licenciatura oferecido é formar um “novo Pedagogo” capaz de atuar na:

[...] docência, administração, gerência, supervisão, coordenação pedagógica, assessoramento, consultoria, pesquisa, inspeção, planejamento, avaliação em sistemas educacionais, redes escolares, unidades escolares públicas e privadas, empresas, programas, projetos e quaisquer outras instituições ou situações onde se realizem atividades pedagógicas sejam elas formais ou não (UFRB-CFP, 2015).

Dessa forma, o curso de Pedagogia em questão busca formar seus alunos não só para a docência, mas também para a atuação em diferentes espaços de aprendizagem dentro e fora dos ambientes escolares.

Fazendo uma análise do Projeto Pedagógico do Curso de Licenciatura em Pedagogia do CFP-UFRB⁶, verifica-se que há um componente responsável pelo ensino de conteúdos de Ciências da Natureza: Ensino e Aprendizagem das Ciências Naturais, com carga horária de 85 horas. Este componente possui como ementa os seguintes conteúdos: estudo das Ciências Naturais; histórico, objeto de estudo e pressupostos epistemológicos do conhecimento nas Ciências Naturais; investigação didática em Ciências; investigação e a construção do conhecimento em Ciências Naturais para a educação infantil e para os anos iniciais do Ensino Fundamental.

Existe ainda outro componente curricular, a disciplina de Ensino e Aprendizagem da Geografia, também com 85 horas-aula, que aborda os seguintes conteúdos: estudo de conceitos e importância da Geografia; correntes do pensamento geográfico; os parâmetros curriculares e o ensino nos anos iniciais; Geografia política e a importância do olhar sobre o tempo e espaço contemporâneo no Ensino Fundamental.

Como se percebe, o componente que trata do ensino das Ciências Naturais e o componente de Geografia aparentemente não trazem nenhum conteúdo referente à Astronomia em suas ementas, tendo em vista que um trata do ensino necessário para a formação em Ciências Naturais e o outro voltado ao ensino de Geografia, mas aparentemente também não aborda nada sobre conteúdos da Astronomia.

Sendo assim, por não haver uma formação adequada em conteúdos sobre Astronomia, os futuros professores das séries iniciais do Ensino Fundamental ficam à mercê das circunstâncias adversas durante o ensino desses conteúdos dentro da sala de aula. Tentando contribuir com uma melhoria na formação desses futuros docentes no

⁵ Amargosa é uma cidade localizada na região do Centro-Sul baiano, no Vale do Jiquiriçá. Atualmente é a sede da 29ª Região Administrativa do Estado da Bahia. Fonte: <<http://www1.ufrb.edu.br/cfp/amargosa-cidade-jardim>>.

⁶ Disponível em: <<http://www1.ufrb.edu.br/parfor/documentos/category/1-resolucoes-ufrbdownload=33:ppc-de-pedagogia>>.

CFP, pelo menos no que diz respeito à Astronomia, existe o Projeto Astronomia no Recôncavo da Bahia (PARB), que será descrito a seguir.

3.2 Projeto de extensão da área de Astronomia no CFP

O PARB começou a desenvolver suas atividades entre os anos de 2008 e 2009, sendo inicialmente financiado⁷ pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB), com o objetivo de atender a uma "prioridade estratégica do Governo Federal de estimular a popularização da ciência e tecnologia e de promover a melhoria da educação científica e as comemorações do Ano Internacional da Astronomia" (CNPq, 2008).

Desde então, o Projeto vem procurando, a partir da divulgação científica, cumprir com os objetivos propostos; para isso, oferece atividades como: observação pública do céu, oferecimento de palestras e oficinas para o público geral e para professores em formação.

No início, o Projeto se desenvolveu por meio do trabalho de alguns professores e alunos do CFP-UFRB oriundos do Curso de Licenciatura em Física. Atualmente, com o crescimento e expansão do mesmo, também participam alunos das Licenciaturas em Matemática, Pedagogia, Filosofia e o Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas (CETEC).

A área de ação do Projeto abrange a própria Universidade e as cidades da região Recôncavo Sul da Bahia. O PARB tem atuado tanto em atividades fechadas para as escolas da região, como em atividades abertas ao público em geral, sempre tentando levar o conhecimento da Astronomia para todos os tipos de pessoas.

Diante do contexto apresentado, o PARB se mostra importante como um projeto de ensino e divulgação científica, porque vem possibilitando a criação de espaços alternativos de divulgação do conhecimento relacionado à Astronomia, nos quais não só os estudantes das escolas e da própria Universidade, mas o público em geral pode ter acesso aos mesmos.

4 Nível de segurança de alguns alunos de Pedagogia do CFP-UFRB em relação ao ensino de conteúdos de Astronomia

Através da iniciativa de alguns monitores do PARB, buscou-se investigar no CFP, o quão se sentiam seguros os alunos que já estavam ou tinham passado da metade do curso de Licenciatura em Pedagogia, para o ensino de determinados conteúdos de Astronomia na educação básica em nível fundamental. Essa investigação ocorreu mediante a aplicação de um questionário que antecedeu o início de um minicurso, apresentado pelos próprios monitores do PARB.

O minicurso ofertado contou com a participação dos alunos de Pedagogia de ambos os turnos, totalizando 16 participantes, em que apenas dois alunos eram do sexo

⁷ No entanto, com o término dos editais que o Projeto recebeu inicialmente, o mesmo não tem conseguido obter novos financiamentos desde o ano de 2012.

masculino, dez possuíam idade maior que 22 anos, enquanto seis alunos tinham idade entre 20 e 22 anos. Com relação à atuação profissional, treze alunos ainda não atuavam como professores e três tinham outra profissão. A maioria dos estudantes que respondeu ao questionário era do 6º semestre (62%), enquanto o restante dividiu-se entre alunos do 8º (13%) e 4º (25%) semestres.

A Figura 1 apresenta os resultados a respeito dos meios de busca de informações referentes à Astronomia.

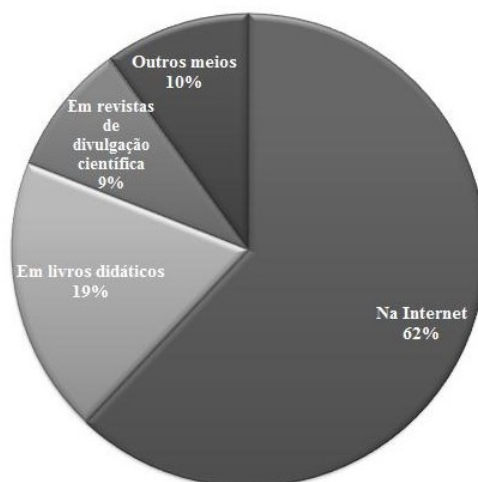


Figura 1 - Principais fontes de informações sobre Astronomia.

Definitivamente, a Internet é o meio de busca de informações mais utilizado sobre Astronomia, seguida do livro didático. Isso difere do que Tatara e Lisovski (2011, p. 1) apontam sobre o livro didático no Brasil: “em geral, é considerado por muitos professores e estudiosos como uma fonte de informação, que auxilia tanto o professor durante as aulas, quanto os alunos em seus estudos”. Essa divergência relacionada à perda de importância no uso do livro didático como a principal fonte de informação, provavelmente se deve ao fato de que nenhum dos participantes questionados atuava como professor nas salas de aula; logo o acesso aos livros é reduzido. Contudo, como a maioria dos futuros professores opta por buscar informações principalmente na Internet, poder-se-ia inferir que esse tipo de busca venha a se tornar uma tendência mais frequente nas próximas gerações de professores e alunos, diminuindo ainda mais o uso do livro didático como principal fonte de informação entre os mesmos.

No entanto, outra pesquisa feita com professores da região que já atuavam há algum tempo nas salas de aula mostrou que 44% dos pesquisados buscavam informações sobre Astronomia para ministrar as suas aulas somente no livro didático, enquanto que um pouco mais de 25% afirmou não trabalhar com os alunos temas voltados para a Astronomia (LIMA, CERQUEIRA JR. e DUTRA, 2011). Essas informações sugerem que os professores tendem a se apoiar nos livros didáticos no decorrer da carreira. Deve-se levar em conta que os professores pesquisados em 2011 faziam parte de uma geração diferente da agora pesquisada, e apresentavam um perfil também diferente, sendo que a maioria tinha idade superior aos quarenta anos e lecionavam a mais de quinze anos; além disso, o acesso à tecnologia não era tão fácil como é atualmente. As alternativas “Em livros paradidáticos” e “Livros especializados sobre Astronomia” não obtiveram nenhuma resposta.

Ao se apoiar principalmente nas buscas feitas na Internet e nos livros didáticos, os professores e futuros professores podem recair em outros problemas, pois em uma pesquisa realizada com o intuito de fazer uma análise das coleções de livros didáticos usados nas escolas da cidade em questão, Macedo, Dutra e Fernandes (2010) notaram que alguns volumes não traziam uma abordagem sobre a Astronomia, e nos que traziam, essa abordagem era feita apenas de maneira conceitual e sem um aprofundamento teórico. Além disso, os livros apresentavam imprecisão na definição de constelação, desprezo aos outros tipos de movimentos da Terra, quantidade reduzida de atividades experimentais, erros nas descrições de modelos antigos e representações errôneas das fases da Lua. Os dados da pesquisa citada estão de acordo com outros trabalhos (LEITE; HOSOUME, 1999; LEITE, 2006; LANGHI, 2007), que também apontam a importância das avaliações feitas pelo Ministério da Educação (MEC) a partir do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD). No entanto, mesmo com a crescente melhoria da qualidade dos livros distribuídos nas escolas, alguns ainda apresentam problemas como os destacados anteriormente. Tratando-se da Internet, os problemas podem ser ainda maiores, uma vez que provavelmente esses futuros professores não utilizam filtros de busca, fazendo uso das informações que são encontradas mais rapidamente, podendo retirá-las de *blogs* e *sites* com informações errôneas e equivocadas.

Analisando a parte de alguns conteúdos de Astronomia e o nível de segurança que os participantes responderam possuir ou não, foram apresentados diversos conteúdos da área para os alunos, dando as opções: 0 - *não sei nada do assunto*; 1 - *conheço um pouco sobre esse assunto, mas não o suficiente para ensinar outras pessoas*; 2 - *conheço esse assunto o suficiente para ensinar outras pessoas, porém não tenho muita segurança para isso* e 3 - *domino esse assunto e estou completamente seguro em ensiná-lo*.

Com o objetivo de facilitar a análise dos resultados, estes dados serão apresentados por área através de tabelas.

Assunto	Nível de conhecimento sobre o conteúdo (%)			
	0	1	2	3
Características e dimensões da Terra	19	69	12	-
Noção de "para baixo" e "para cima", força da gravidade	6	69	19	6
Coordenadas geográficas e a bússola	31	56	13	-
Movimentos da Terra	-	56	44	-
Estações do ano	-	50	50	-
Dias e noites	-	56	31	13

Tabela 1 - Nível de conhecimento dos participantes sobre Terra e seus movimentos.

Observando a Tabela 1, apenas os conteúdos de movimentos da Terra e estações do ano obtiveram maiores resultados em relação ao conhecimento que os alunos possuem para ensinar, porém sem segurança. Nota-se também que conteúdos que devem estar presentes nas séries iniciais do Ensino Fundamental, como características e dimensões da Terra e dias e noites, a maior parte dos graduandos afirmou conhecer, mas sem ter segurança para lecionar. Apenas para os assuntos relacionados às noções de

“para baixo” e “para cima”, força da gravidade e dias e noites, cerca de 19% dos alunos afirmaram ter o domínio sobre tais assuntos e se sentirem completamente seguros para ensiná-los. Percebe-se em todos os assuntos, que a grande maioria dos alunos, com porcentagens variando entre 50% e 69%, afirmou conhecer pouco sobre os mesmos e não terem segurança suficiente para ensiná-los a outras pessoas.

A partir da observação do minicurso, foi possível tomar nota de alguns pontos relacionados às reações dos participantes. Durante a aplicação do minicurso, que buscou abordar as dimensões do Sistema Solar, dimensões da Terra e dias e noites, através de oficinas de curta duração, era claramente perceptível o desconhecimento de alguns desses assuntos por parte da maioria dos estudantes. Apenas três participantes passavam a sensação de conhecer determinados conceitos, sendo que os mesmos interagiam com os palestrantes das oficinas. Era visível a falta de noção sobre os tamanhos envolvendo o Sistema Solar, a Terra e suas dimensões e, além disso, os estudantes tiveram muita dificuldade em efetuar regra de três simples, assim como para realizar medidas com régua e fita métrica para a representação das dimensões e distâncias da Terra em escala.

Essa aparente dificuldade demonstrada durante a execução das oficinas leva a crer que muitos dos estudantes pesquisados podem sim achar que conhecem determinado assunto, mas na prática demonstram insegurança, pois, vale salientar que a aplicação dos questionários antecedeu o início das atividades que envolviam o minicurso. Tais resultados corroboram com os dados obtidos por uma pesquisa feita na região com professores que já lecionavam conteúdos de Ciências Naturais, sendo que a partir das respostas coletadas foi possível identificar “uma deficiência em conteúdos básicos como a compreensão da esfericidade da Terra, noções de verticalidade e gravidade, incapacidade de identificar a Terra como um planeta no Sistema Solar, em uma galáxia, no Universo” (LIMA, CERQUEIRA JR. e DUTRA, 2011, p.1).

Na Tabela 2, são apresentados os resultados referentes a conteúdos relativos ao Sistema Solar.

Assunto	Nível de conhecimento sobre o conteúdo (%)			
	0	1	2	3
Planetas rochosos	44	50	6	-
O Sol: dimensões e características	31	69	-	-
A importância do Sol para a vida na Terra	-	50	25	25
Cinturão de asteroides	88	12	-	-
Cinturão de Kuiper	88	12	-	-
Dimensões do Sistema Solar	44	56	-	-
Origem do Sistema Solar	63	25	6	6
Planetas gasosos	63	19	18	-
Nuvem de Oort	94	6	-	-

Tabela 2 - Nível de conhecimento dos participantes sobre o Sistema Solar.

Observando a Tabela 2, apenas o conteúdo de “importância do Sol para a vida na Terra” obteve respostas mais favoráveis aos itens 2 e 3, respectivamente, ao saber do

conteúdo para ensinar outras pessoas, mas não ter total segurança para isto e total segurança para ensinar. Entretanto, em todos os outros obtiveram-se percentuais altos de resposta “não sei nada sobre esse assunto”. Na tabela 3, a seguir, discute-se outra área temática da Astronomia muito importante para os professores das séries iniciais.

Assunto	Nível de conhecimento sobre o conteúdo (%)				
	0	1	2	3	Não respondeu
Marés	50	44	6	-	-
Características e dimensões	56	44	-	-	-
Fases da Lua	-	75	-	-	25

Tabela 3 - Nível de conhecimento dos participantes sobre a Lua e fenômenos associados.

Apesar de ser um conteúdo bastante divulgado nos meios de telecomunicações e mais fácil de ser “visualizado” no cotidiano, um número significativo de alunos respondeu não ter segurança para ministrar tais conteúdos no Ensino Fundamental.

A fragilidade na segurança em ensinar determinados assuntos nas séries iniciais pode levar a um ciclo vicioso. A partir do momento em que o professor não possui formação adequada e nem segurança para ensinar sobre assuntos relacionados não só à Astronomia, mas a conteúdos de Ciências Naturais em geral, ele ficará inibido para abordar tais assuntos. Dessa forma, seus alunos podem completar o primeiro ciclo de estudos com informações errôneas que podem perpassar por toda a sua formação, fazendo com que os problemas retornem a sala de aula quando alguns alunos se tornarem professores.

Na Tabela 4 têm-se outros assuntos variados, que, assim como os da Tabela 2, muitas vezes não estão nos programas curriculares das séries iniciais, mas que são importantes e despertam a curiosidade dos jovens, uma vez que estes vivem e fazem parte de um momento de avanço tecnológico em que a informação chega cada vez mais rapidamente em suas vidas.

Assunto	Nível de conhecimento sobre o assunto (%)				
	0	1	2	3	Não respondeu
Técnicas de observação do céu	75	12	6	-	7
Ciclo evolutivo de uma estrela	81	12	-	-	7
Modelos planetários	62	19	-	-	19
Movimento dos corpos celestes	69	12	6	-	13
Cometas	57	31	6	-	6
Espectroscopia	75	12	-	-	13
Meteoros	56	25	6	-	13
Galáxias	56	31	7	-	6
Via Láctea	56	31	7	-	6
Origem do Universo	-	69	19	-	12

Tabela 4 - Nível de conhecimento dos participantes sobre outros temas de Astronomia.

No geral, em todos os assuntos desta tabela, a maioria dos alunos afirmou “não saber nada sobre”, porém, podemos observar que para o conteúdo “origem do Universo”, 69% dos participantes afirmaram conhecer, mas sem ter segurança para ensinar. Este fator pode estar relacionado às concepções espontâneas dos graduandos ou informações adquiridas por curiosidade dos mesmos. Alguns desses conteúdos apresentados nesta tabela são bastante complexos, muitas vezes abordados somente em cursos de graduação da área (como Astronomia e Física). No entanto, são conteúdos que estão presentes em revistas científicas ou até mesmo em noticiários da televisão, mas que não existe a garantia de que estes meios de informação apresentem tais conteúdos de forma adequada e segura; portanto, é fundamental que o docente das séries iniciais saiba no mínimo o básico sobre tais temas.

Continuando a análise, foi feita a seguinte pergunta “Você se considera seguro para ensinar conteúdos de Astronomia nas séries iniciais do Ensino Fundamental?”. A totalidade dos pesquisados afirmaram não ter segurança para ensinar esses conteúdos, contradizendo as respostas de alguns poucos que optaram pelo item 3 nas questões anteriores. Nesta questão, por ser aberta, houve muitas respostas semelhantes às seguintes respostas de dois dos participantes: “Não, pois não tenho componentes curriculares que tratam desse assunto” e “Não, pois não tenho conhecimento necessário para ensinar”.

Os resultados apresentados até aqui parecem confirmar que os futuros professores formados em Pedagogia saem da graduação sem segurança mínima para ensinar conteúdos de Astronomia. Apesar de ter sido uma pesquisa local, este problema pode ser frequente em vários cursos de formação de professores do Ensino Básico espalhados pelo Brasil, como já foi discutido, não se tratando, portanto, de um problema específico do curso da UFRB. Leite (2006) aponta que:

Em relação ao ensino, verificamos que grande parte dos professores que pesquisamos sentia-se insegura para trabalhar esse tema [Astronomia] em sala de aula, não apenas pela grande expectativa dos alunos, mas também pela pouca ou nenhuma formação acadêmica desses professores em conteúdos desta natureza (LEITE, 2006, p.11).

Na pergunta seguinte: “Você já fez alguma disciplina de Astronomia no seu curso?”, todos os alunos novamente responderam que não, confirmando também o resultado da análise curricular que foi feita anteriormente.

Prosseguindo-se a análise dos resultados, na Figura 2 têm-se os dados obtidos com outra pergunta, que estava relacionada à formação complementar dos estudantes, seja por meio de disciplinas optativas de Astronomia, por cursos de formação continuada ou mesmo com a participação em projetos de extensão.

**Você já participou de alguma atividade
extracurricular de aprendizagem sobre Astronomia?**

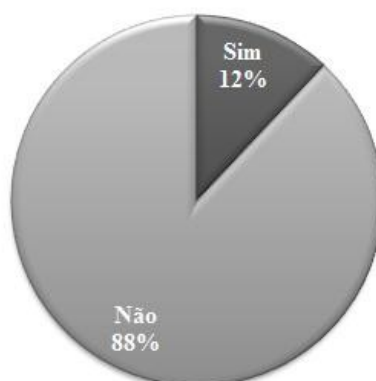


Figura 2 - Formação complementar em Astronomia dos estudantes participantes.

Apenas 12% dos pesquisados responderam ter participado de atividades extracurriculares para a formação em conteúdos de Astronomia. Uma destas respostas favoráveis foi a seguinte: “Sim, fui a uma oficina no planetário do projeto de Astronomia do CFP”. Provavelmente, falte ao PARB maior frequência de atividades de extensão ou talvez estas, quando são realizadas, aconteçam em períodos ou situações nos quais esses estudantes de Pedagogia não têm condições de participar. Isso é um ponto que deve ser considerado também, pois, de certa forma, o PARB poderia vir a contribuir com a formação complementar desses alunos, no que diz respeito ao ensino de Astronomia.

Por fim, na última pergunta, questionou-se o seguinte: “Se você for ensinar Ciências Naturais, quais conteúdos de Astronomia você considera fundamentais para lecionar e quais você não trabalharia se não tivesse tempo?”. Por ser uma pergunta aberta, optou-se por identificar os conteúdos que apareceram na maior parte dos questionários. Dentre os conteúdos que os participantes consideraram fundamentais, destacam-se: Sistema Solar, movimentos da Terra, estações do ano e dimensões do planeta Terra. Já os que não trabalhariam por questões de tempo, são os seguintes: cinturão de asteroides, ciclo evolutivo de uma estrela e espectroscopia.

Essas respostas mostram que, apesar da falta de segurança que muitos dos alunos de Pedagogia afirmaram ter em boa parte dos conteúdos de Astronomia, eles têm noção de quais são os assuntos mais fundamentais para serem trabalhados nas séries iniciais do Ensino Fundamental.

5 Conclusão

A pesquisa indica que as muitas falhas envolvidas na formação em conteúdos de Astronomia podem acarretar na falta de segurança dos professores e futuros professores do Ensino Fundamental para trabalharem assuntos da área na sala de aula. Em um estudo exploratório sobre a formação continuada de professores da educação básica referente ao ensino de Astronomia, Iachel, Scalvi e Nardi (2009) apontam que

alguns professores possuem dificuldades em contextualizar com seus alunos assuntos relacionados, e acrescentam que essas dificuldades são oriundas da falta de “preparo” que os mesmos recebem durante a graduação, gerando insegurança em abordar determinados conteúdos, reforçando os resultados que foram obtidos por meio deste trabalho.

A insegurança parece estar diretamente ligada à falta de componentes curriculares obrigatórios desse tema dentro do curso de Pedagogia. No entanto, nada garante que só a oferta de componentes obrigatórios seja suficiente para suprir tal carência. É nesse sentido que projetos como o PARB se mostram importantes para complementar a formação docente a partir da divulgação científica.

Ademais, a ausência de uma “orientação” causada pela falta de disciplinas específicas de Astronomia ou Ciências Naturais acaba desestimulando a busca e leitura de meios que trazem informações de divulgação científica. Sem “orientação”, os alunos ficam a mercê da busca de informações por conta própria, correndo riscos em páginas da Internet com conteúdo inconsistente ou duvidoso. Esses resultados sugerem a criação e aplicação de outro minicurso ou oficina com o objetivo de ensinar aos professores e futuros professores da Educação Básica a efetuarem de maneira adequada buscas na Rede Mundial de Computadores, identificando textos e materiais de qualidade sobre Astronomia.

Neste sentido, talvez seja interessante também uma remodelação dos componentes curriculares dos cursos que formam professores para essa área, ou então a oferta de disciplinas obrigatórias de Astronomia nos mesmos. Além disso, cursos de formação continuada e até mesmo cursos *on-line* deveriam ser divulgados e cobrados dentro do contexto da formação de professores. Um exemplo de iniciativa de formação complementar em Astronomia são os cursos à distância oferecidos pelo Observatório Nacional⁸. Tais cursos têm ajudado muito na formação complementar de diversos estudantes de cursos de graduação pelo Brasil (UBINSKI, 2010).

Portanto, é necessário repensar a formação nos cursos de Pedagogia, não só do centro pesquisado, mas de vários outros que enfrentam problemas similares. Essa é uma iniciativa de longo prazo; no entanto, a participação de projetos de extensão que ofereçam cursos e oficinas de Astronomia periodicamente pode contribuir na formação dos futuros professores.

Referências

BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. Lei número 9394, 20 de dezembro de 1996. Brasília: MEC, 1996. 65 p.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais: Ciências Naturais/ Secretaria de Educação Fundamental**. Brasília: MEC-SEF, 1998. 138 p.

⁸Disponível em: <<http://www.on.br/>>.

BRETONES, P. S. **Disciplinas introdutórias e Astronomia nos cursos superiores do Brasil**. 1999. 187 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Instituto de Geociências, UNICAMP, Campinas, 1999.

CNPQ. **Edital N°63/2008 do Ministério da Ciência e Tecnologia/ Secretaria Ciência e Tecnologia para a Inclusão Social**. Disponível em: <<http://resultado.cnpq.br/8707507959766183>>. Acesso em: 15 jul. 2015.

GARCIA, C. M. **Formação de professores: para uma mudança educativa**. Portugal: Porto, 1999.

GONZATTI, S. E. M.; et al. Ensino de Astronomia: cenários da prática docente no Ensino Fundamental. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, n.16, p.27-43, 2013.

IACHEL, G.; SCALVI, R. M. F.; NARDI, R. **Um estudo exploratório sobre o ensino de Astronomia na formação continuada de professores** – Florianópolis, VII ENPEC, 2009.

LANGHI, R. **Astronomia nos anos iniciais do ensino fundamental: repensando a formação de professores**. 2009. 370 f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência) - Faculdade de Ciências, UNESP, Bauru, 2009.

LANGHI, R.; NARDI, R. Ensino de Astronomia: erros conceituais mais comuns presentes em livros didáticos de Ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 24, n. 1, p. 87-111, abr. 2007.

LANGHI, R.; NARDI, R. Dificuldades interpretadas nos discursos de professores dos anos iniciais do ensino fundamental em relação ao ensino da Astronomia. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, n. 2, p. 75-92, 2005.

LANGHI, R. **Um estudo exploratório para a inserção da Astronomia na formação de professores dos anos iniciais do Ensino Fundamental**. 2004. 240 f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) - Faculdade de Ciências, UNESP, Bauru, 2004.

LEITE, C. **Formação do professor de Ciências em Astronomia: Uma proposta com enfoque na especialidade**. 2006. 274 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

LEITE, C.; HOSOUME, Y. Astronomia nos livros didáticos de ciências da 1ª. à 4ª. série do ensino fundamental. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 13, São Paulo, 1999. **Caderno de resumos e programação...** São Paulo: SBF, 1999.

LIMA, M. L. S. **Saberes de astronomia no 1º e 2º ano do ensino fundamental numa perspectiva de letramento e inclusão**. 2006. 147 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2006.

LIMA, S. R.; CERQUEIRA JR., W.; DUTRA, G. Perfil dos Professores de Ciências Naturais do Recôncavo da Bahia - Alunos da disciplina Terra e Universo no Curso de Ciências Naturais do PARFOR. In: **Atas do I Simpósio Nacional de Educação em Astronomia**. Rio de Janeiro, 2011.

MACEDO, E. S.; DUTRA, G.; FERNANDES, S. **O Ensino de Astronomia em Amargosa**: uma reflexão sobre os livros didáticos utilizados no município. In: Encontro Nacional de Astronomia, n. 4, 2010, Recife. Disponível em: <http://www.sociedadeastronomica.com.br/enast/trabalhos/ASTRONOMIA_NOS_LIVROS_DIDATICOS_EM_AMARGOSA.pdf>. Acesso em: 16 jul. 2015.

SILVA, C. A.; ZUCOLOTTI, B. **Formação de professores dos anos iniciais e o ensino de Astronomia**. In: Colóquio Internacional “Educação e Contemporaneidade”, n. 5, 2011, São Cristóvão.

TATARA, E.; LISOVSKI, L. A. Livro didático de ciências: o início de seu processo de avaliação no brasil (A. A. P. da Silva, R. F. Pátaro, Eds.) VIEPCT. In: Encontro de Produção Científica e Tecnológica. **Anais...** Campo Mourão / PR: FECILCAM/NUPEM, 2011.

UBINSKI, J. A. S. **Formação dos professores e dificuldades no ensino de Astronomia**. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, n. 2 - SEMANA DE PEDAGOGIA, n. 21, Cascavel, 2010.

UFRB-CFP. **Pedagogia - Licenciatura**. Disponível em: <<http://www.ufrb.edu.br/portal/ensino/cursos-de-graduacao/15-cursos-de-graduacao/94-pedagogia-licenciatura>>. Acesso em: 24 jul. 2015.

THE NEW CURRICULUM STANDARDS FOR FOR ASTRONOMY IN THE UNITED STATES

*Sharon P. Schleigh*¹
*Stephanie J. Slater*²
*Timothy F. Slater*³
*Debra J. Stork*⁴

Abstract: There is widespread interest in constraining the wide range and vast domain of the possible topics one might teach about astronomy into a manageable framework. Although there is no mandated national curriculum in the United States, an analysis of the three recent national efforts to create an age-appropriate sequence of astronomy concepts to be taught in primary and secondary schools reveals a considerable lack of consensus of which concepts are most age-appropriate and which topics should be covered. The most recent standardization framework for US science education, the *Next Generation Science Standards*, suggests that most astronomy concepts should be taught only in the last years of one's education; however, the framework has been met with considerable criticism. A comparison of astronomy learning frameworks in the United States, and a brief discussion of their criticisms, might provide international astronomy educators with comparison data in formulating recommendations in their own regions.

Keywords: Astronomy education research; Teaching didactics; United States Next Generation Science Standards.

NOVOS PARÂMETROS CURRICULARES PARA ASTRONOMIA NOS ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA

Resumo: Há um grande interesse em restringir a ampla gama e vasto domínio dos possíveis temas que poderiam ser ensinados sobre astronomia em uma estrutura gerenciável. Embora não haja nenhum currículo nacional obrigatório nos Estados Unidos, uma análise dos três esforços nacionais recentes para criar uma sequência apropriada de conceitos de astronomia por idade para serem ensinados nas escolas primárias e secundárias revela uma considerável falta de consenso a respeito de quais conceitos são mais apropriados para cada idade e quais tópicos devem ser cobertos. O esquema de padronização mais recente para a educação científica dos EUA, o *Next Generation Science Standards* (Padrões em Ciência: Nova Geração), sugere que a maioria dos conceitos de astronomia devem ser ensinados apenas nos últimos anos de educação do aluno; e no entanto foi recebido com críticas consideráveis. Uma comparação dos esquemas de aprendizagem da astronomia nos Estados Unidos e uma breve discussão das críticas levantadas podem proporcionar aos educadores de astronomia internacionais dados de comparação na formulação de recomendações em suas próprias regiões.

Palavras-chave: Pesquisa em educação em astronomia; Didática do ensino; United States Next Generation Science Standards.

¹ East Carolina University, United States. E-mail: <schleighs@ecu.edu>.

² Center for Astronomy & Physics Education Research, United States. E-mail: <stephanie@capeteam.com>.

³ University of Wyoming, United States. E-mail: <timslaterwyo@gmail.com>.

⁴ University of Dubuque, United States. E-mail: <dstork@dbq.edu>.

NUEVOS PARÁMETROS CURRICULARES PARA ASTRONOMIA EN LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

Resumen: Hay un gran interés en restringir la amplia gama y vasto campo de posibles temas que podrían ser enseñados en astronomía dentro de una estructura manejable. Aunque no existe un plan de estudios nacional obligatorio en los Estados Unidos, un análisis de los tres esfuerzos nacionales recientes para crear una secuencia apropiada para la edad de los conceptos de astronomía que se enseñan en las escuelas de primaria y secundaria revela una considerable falta de consenso en cuanto a qué conceptos son más adecuados para cada edad y qué temas deben ser cubiertos. El esquema de estandarización más reciente para la enseñanza de las ciencias de Estados Unidos, los *Next Generation Science Standards*, sugiere que la mayoría de los conceptos de astronomía se les debe enseñar sólo en los últimos años de la educación al estudiante; y sin embargo, fue recibida con muchas críticas. Una comparación entre los programas de aprendizaje de astronomía en los EE.UU., y una breve discusión de las críticas recibidas, pueden proporcionar a los educadores en astronomía internacionales datos importantes para la formulación de recomendaciones en sus propias regiones.

Palabras clave: Investigación em educación en astronomía; Didáctica de la enseñanza; United States Next Generation Science Standards.

1 Introduction

Both professional scientists and schoolteachers have a deeply vested interest in what school-aged children are learning in their science classes. Every country's successful economic and societal engines require an educated pipeline of children moving their way toward careers in science, technology, engineering, and mathematics. In support of this career pipeline, schooling systems and their teachers have the intellectual task of determining on a day-to-day basis which topics need to be taught to students, in what manner they are to be taught, in what sequence, and how they are to be assessed. As a whole, this is a momentous task carrying the upmost importance in nearly every country across the planet.

In the scientific discipline of astronomy, the question of which specific topics are to be taught to schoolchildren, and at what depth of understanding, is a particularly challenging issue to resolve. Astronomy is a subject that, by its definition, stretches across and encompasses the entire universe. Among many things, astronomers study the motion and position of objects observed in the sky; the nature of planets, dwarf planets, comets, and asteroids orbiting around our Sun; the nuclear energy processes and subatomic particles created inside aging stars; the origin, distribution, and evolution of entire galaxies of stars; as well as the beginning and fate of our universe. The field of astronomy engages engineers to build Earth-based telescopes and to launch spacecraft, mathematicians and computer scientists to convert enormous numerical datasets into images for analysis, physicists to understand interactions among the matter our universe is composed of, chemists to understand how elements combine and recombine across space, and astronomy educators to teach in schools, museums, and science education centers, just to name a few. Given such a wide swath across the sciences, it is not surprising that developing a consensus vision of which astronomy concepts should be taught to school children is a challenging question.

As a first step toward identifying a consensus of which astronomy topics should be taught to schoolchildren, one might naturally try to determine which concepts are taught in countries other than one's own. Many countries have clearly specified learning targets for astronomy concepts, as well as nationally used curriculum materials, common textbooks, consistent tests and examinations that further constrain which astronomy topics are deemed as being most important. However, if one were to look to the United States for a nationally accepted specific list of which astronomy concepts are taught in the United States, one would not find such a list. Most recently, the document known as the *Next Generation Science Standards* (NGSS, 2013) offered a guideline for concepts related to astronomy, that the authors felt would be appropriate for school aged children, with the anticipation that the guidelines would become nationally accepted; yet by no means has this guideline been universally accepted. This paper provides a brief overview of the attempts to reform science education; examines which astronomy concepts have historically been promoted to serve as a common core of concepts, specifically comparing those that are currently being promoted by leading science education organizations, in the United States; and identifies some of the reasons for the difficulty in coming to a consensus for a unified curriculum for astronomy in elementary and secondary public school classrooms in the United States.

2.1 Background and Context

Perhaps surprisingly, the United States does not have a unified national curriculum for any school subject. Historically, each community has taken on the responsibility themselves of determining which topics will be taught and to which aged students. For most of the United States' history, day-to-day decisions about what topics are taught have been left to individual teachers in individual classrooms. In the last four decades, decisions about which topics are taught has been more greatly influenced by regulations and policies at the state-level of government, because that is the governmental level where the licensing and legal certification of public school teachers occurs. It has only been in the last decade and a half that the US federal government has become deeply involved in education; and even then has not federally mandated a unified curriculum for schoolchildren.

Science education in the United States has undergone change in many ways, in terms of what was taught and how it was taught. The early science education for children first appeared in children's literature in which science was used as a vehicle for piety and moral lessons. The early science education approach in the United States emphasized participation and experiential learning. In the 1870's science education in the elementary schools often included the use of the Object Teaching curriculum which continued to involve experiential learning, focusing on observations and the use of senses, with the belief that elementary children were not capable of reasoning; but they could observe and memorize. Secondary science education emphasized reasoning and the use of reading and recitation for learning. During these time periods, the curriculum material was generated by individual teachers in many cases, and there was no consistency in what material was taught in terms of content or order (ATKIN; BLACK, 2007). The Committee of Ten, organized by the National Education Association (NEA) was one of the earliest attempts to develop a national move to reforming education, including science. The 1894 report

claimed less than 1% of students in high school were adequately prepared for college, and only 3 % attended, requiring colleges to decrease their expectations for entrance (MACKENZIE, 1894). The report considered the state of science education in near chaos, calling for a common degree of order and standardization. The committee recognized that not all students would pursue college careers, but that all students should be educated with a higher degree of science and language than was previously expected, and recommended that only college career students should be offered astronomy and meteorology courses.

The National Society for the Study of Education (NSSE) took the lead in trying to develop curriculum that would address some of the concerns of the Committee of Ten, but there was no science in their curriculum until 1932. Movements to address the concerns of the lack of science proficiency for both entering college students and members of society continued but with little impact on developing a national program of science. For example, in 1959 the National Science Foundation (NSF), created by Congress in 1950 had two broad missions: to support basic scientific research and to improve American science education. NSF then supported the efforts of a group of research scientists and curriculum developers to develop science curriculum that would emphasize problem solving and inquiry in high school biology, chemistry and earth sciences, with similar efforts to involve scientists in elementary curriculum development through the 1970's. Text books written by experts were designed to place the teacher as the mouthpiece, following in some cases, a verbatim of the content they were to teach. The Educational Research Council of America (SHOWALTER, 1971) presented a report calling for the spiraling of content, suggesting that teachers in school districts work together to determine the stages of content for the spiral approach, rather than supporting a national unified curriculum. The report also argued against the use of nationally written text books suggesting that they were inappropriate for both teachers and students. This placed the teachers back toward the forefront of determining what should be taught and required teacher content expertise.

Some monumental attempts have been made since the 1970's to provide national consensus guidelines - but not legal mandates - for curriculum. In the context of science education, two of the most widely recognized efforts were conducted almost simultaneously. One was coordinated by the American Association for the Advancement of Science in a document known as *Benchmarks for Science Literacy* (AAAS, 1993). The other was the National Research Council's *National Science Education Standards* (NRC, 1996). Each of these efforts engaged hundreds of scientists, teachers, and education researchers; and had far reaching influence on helping individual states develop their own curriculum frameworks for which scientific concepts should be taught. Although overlaps between the two documents existed, they were certainly not identical. As a result of the United States' pervasive social history of the importance of local control of schools and curricula, neither of these was established as a national curriculum. Nonetheless, these documents have profoundly influenced commercial curriculum materials and assessment instruments, and continue to do so.

2.2 Astronomy Concepts in the *Benchmarks for Scientific Literacy*

Turning first to the American Association for the Advancement of Science's (AAAS) effort, the *Benchmarks for Scientific Literacy* (1993) contains hundreds of carefully worded statements about what all schoolchildren – not just those destined for science careers - should know related to science, the nature of science, and the history of science and technology. Recognizing the innate difficulty in what AAAS was trying to do, their effort was named *Project 2061*. It was so named because a recognized science education reform started around the time of the 1986 appearance of Halley's Comet, and it was hoped to be accomplished by the next time Halley's Comet appeared, in 2061. The astronomy concepts included in the AAAS Benchmarks document were summarized by Slater (2000) and shown in Table 1, condensed into 27 statements. This document, written mostly by educational leaders, provided justification for why topics should be taught at each of the stages. The document is still in current use by many school districts, states and teacher education programs.

Table 1 - Abridged Summary of Astronomy Concepts in the AAAS *Benchmarks* (1993).

Summary of Astronomy Concepts in the AAAS *Benchmarks* (1993)

Grades K-2 (Ages 5-7 Years)

- There are more stars in the sky than anyone can easily count.
- The Sun can be seen only in the daytime, but the Moon can be seen sometimes at night and sometimes during the day. The Sun, Moon, and stars all appear to move slowly across the sky. The Moon looks a little different every day, but looks the same again about every four weeks.
- The Sun warms the land, air, and water.

Grades 3-5 (Ages 8-11 Years)

- The patterns of stars in the sky stay the same, although they appear to move across the sky nightly, and different stars can be seen in different seasons. Planets change their positions against the background of stars.
- Telescopes magnify the appearance of some distant objects in the sky, including the Moon and the planets and increase the number of stars visible. Stars are like the Sun, some being smaller and some larger, but so far away that they look like points of light.
- The Earth is one of several planets that orbit the Sun, and the Moon orbits around the Earth. Like all planets and stars, the Earth is approximately spherical in shape. The rotation of the Earth on its axis every 24 hours produces the night-and-day cycle.

Grades 6-8 (Ages 12-14 Years)

- The Sun is a medium-sized star located near the edge of a disk-shaped galaxy of stars. The universe contains many billions of galaxies, and each galaxy contains many billions of stars.
- The Sun is many thousands of times closer to the Earth than any other star. Light from the Sun takes a few minutes to reach the Earth, but light from the next nearest star takes a few years to arrive. Some distant galaxies are so far away that their light takes several billion years to reach the Earth. People on Earth, therefore, see them as they were that long ago in the past.
- Nine planets of very different size, composition, and surface features move around the Sun in nearly circular orbits. Some planets have a great variety of Moons, some showing evidence of geological activity.
- Large numbers of chunks of rock orbit the Sun. Some of those that the Earth meets in its yearly orbit around the Sun [meteors] while others are mixed with ice and have orbits that carry them close to the Sun [comets], where the Sun's radiation boils off frozen material from their surfaces and pushes it into a long, illuminated tail.
- The Earth is a relatively small planet, third from the Sun, and composed of mostly rock. The other planets have compositions and conditions very different from the Earth's.
- Everything on or anywhere near the Earth is pulled toward the Earth's center by gravitational force.
- Because the Earth turns daily on an axis that is tilted relative to the plane of the Earth's yearly orbit around the Sun, sunlight falls more intensely on different parts of the Earth during the year. The difference in heating of the Earth's surface produces the planet's seasons and weather patterns.
- The Moon's orbit around the Earth once in about 28 days changes what part of the Moon is lighted by the Sun and how much of that part can be seen from the Earth - the phases of the Moon.
- Human eyes respond to only a narrow range of wavelengths of electromagnetic radiation -- visible light. Differences of wavelength within that range are perceived as differences in color.
- The Sun's gravitational pull holds the Earth and other planets in their orbits, just as the planets' gravitational pull keeps their moons in orbit around them.
- Telescopes reveal that there are many more stars in the night sky than are evident to the unaided eye, the surface of the Moon has many craters and mountains, the Sun has dark spots, and Jupiter and some other planets have their own moons.

Grades 9-12 (Ages 15-18 Years)

- The stars differ from each other in size, temperature, and age, and behave according to the same physical principles observed on earth. Unlike the Sun, most stars are in systems of two or more stars orbiting around one another.
- On the basis of scientific evidence, the universe is estimated to be over ten billion years old. The current theory is that its entire contents expanded explosively from a hot, dense, chaotic mass. Stars condensed by gravity out of clouds of molecules of the lightest elements until nuclear fusion of the light elements into heavier ones began to occur. Fusion released great amounts of energy over millions of years. Eventually, some stars exploded, producing clouds of heavy elements from which other stars and planets could later condense in a process that is still ongoing today.
- Increasingly sophisticated technology and mathematical modeling is used to learn about the universe. Telescopes and space probes collect information from the EM spectrum; computers interpret data using increasingly complicated procedures, and accelerators give subatomic particles energies that simulate conditions in the stars and in the early history of the universe.
- Various accelerating electric charges produce a large variety of electromagnetic waves around them. These wavelengths vary from radio waves, the longest, to gamma rays, the shortest. In empty space, all electromagnetic waves move at the same speed - the "speed of light."
- The observed wavelength of a wave depends upon the relative motion of the source and the observer. Because the light seen from almost all distant galaxies has longer wavelengths than comparable light here on earth, astronomers believe that the whole universe is expanding.
- Ptolemy devised a powerful mathematical model of the universe based on constant motion in perfect circles, and circles on circles which was consistent with the perception that the earth is large and stationary and that all other objects in the sky orbit around it.
- Copernicus made the unpopular suggestion that all sky motions could be explained by a daily spinning earth orbiting around the sun once a year.
- Johannes Kepler, showed mathematically that Copernicus' idea of a Sun-centered system worked well if uniform circular orbits were replaced with elliptical orbits.
- Galileo made many discoveries using a telescope that supported the ideas of Copernicus. It was Galileo who found the moons of Jupiter, sunspots, craters and mountains on the moon, and many more stars than were visible to the unaided eye. Galileo brought the issue of Earth's motion around the Sun to the educated people of his time and created political, religious, and scientific controversy.

- Isaac Newton created a unified view of force and motion in which motion everywhere in the universe can be explained by the same few rules. His mathematical analysis of gravitational force and motion showed that planetary orbits had to be the very ellipses that Kepler had proposed two generations earlier.

NOTE: Abridged and summarized from the AAAS Project 2061 *_Benchmarks for Science Literacy_* available on the WWW at URL: <<http://www.project2061.org/tools/benchol/bolintro.html>>.

2.3 Astronomy Concepts in the *National Science Education Standards*

Turning to the second parallel effort to guide schools for framing the nature of contemporary science teaching, the United States' National Research Council published the *National Science Education Standards* (NSES, 1996), which described “effective classroom instruction, age-appropriate guidelines for curriculum materials development, authentic assessment procedures, and professional development programs for teachers. Science education leaders, teachers and scientists were involved in the development of this document. As summarized in Table 2 by Adams and Slater (2000), the NRC NSES astronomy concepts described were much more holistic in nature than those specified in more detail by the AAAS Benchmarks (1993). Teachers could be more selective about what was specifically being taught. This made it easier for schoolteachers in the United States, who often lack formal college-level training in astronomy, to implement. These NSES astronomy concepts include describing the objects and motions of the sky (grades K-4), the characteristics of gravity and the solar system (grades 5-8), and the origin and evolution of stars, galaxies, and the Universe (grades 9-12).

Table 2 - NRC NSES Astronomy Objectives.

NRC NSES Astronomy Objectives (NRC, 1996)

Grades K-4 (Ages 5-10 Years)

- Sky objects have properties, locations, and movements that can be observed and described.
- The Sun provides the light and heat necessary to maintain the temperature of the earth.
- Objects in the sky have patterns of movement. The Sun, for example, appears to move across the sky in the same way every day, but its path changes slowly over the seasons. The Moon moves across the sky on a daily basis much like the sun. The observable shape of the Moon changes from day to day in a cycle that lasts about a month.

Grades 5-8 (Ages 11-14 Years)

- The Earth is the third planet from the Sun in a system that includes the Moon, the Sun, eight other planets and their moons, and smaller objects, such as asteroids and comets. The Sun, an average star, is the central and largest body in the solar system.
- Most objects in the solar systems are in regular and predictable motion. Those motions explain such phenomena as the day, the year, phases of the Moon, and eclipses.
- Gravity is the force that keeps planets in orbit around the Sun and governs the rest of the motion in the solar system. Gravity alone holds us to the Earth's surface and explains the phenomena of the tides.
- The Sun is the major source of energy for phenomena on the Earth's surface, such as growth of plants, winds, ocean currents, and the water cycle. Seasons result from variations in the amount of Sun's energy hitting the surface, due to the tilt of the earth's rotation on its axis and the length of the day.

Grades 9-12 (Ages 15-18 Years)

- The Sun, the Earth, and the rest of the solar system formed from a nebular cloud of dust and gas 4.6 billion years ago. The early Earth was very different from the planet we live on today.
- The origin of the universe remains one of the greatest questions in science. The "big bang" theory places the origin between 10 and 20 billion years ago, when the universe began in a hot dense state; according to this theory, the universe has been expanding ever since.
- Early in the history of the universe, matter, primarily the light atoms hydrogen and helium, clumped together by gravitational attraction to form countless trillions of stars. Billions of galaxies, each of which is a gravitationally bound cluster of billions of stars, now form most of the visible mass in the universe.
- Stars produce energy from nuclear reactions, primarily the fusion of hydrogen to form helium. These and other processes in stars have led to the formation of all the other elements.

For the earliest school years, the NSES reflects a notion that abstract astronomy developmentally is difficult for students in K-4. NSES focuses on the underlying processes and themes of science instead of facts. In grades K-4 they describe the properties, locations, and motions of the Sun, Moon, stars, clouds, birds, and airplanes from a geocentric perspective. Adams and Slater (2000) noted “constellation names can be, and should be, learned in the same way as the names of farm animals, the multiplication tables, and the months of the year.” Memorizing these names should not be the emphasis; objectives

should lead the students to participate in the process of science. K-4 students can observe and diagram the phases of the Moon; whereas asking a K-4 student to describe the abstract geometry of the Sun-Earth-Moon connection would be developmentally inappropriate.

In the United States, the last chance most students reliably encounter astronomy concepts is often during the middle grades. At this point, the NSES recommends moving students from the geocentric perspective to describing the solar system from a heliocentric or Sun-centered perspective. At this level, students are to go beyond observing and charting to describing the causes of day/night, seasons, eclipses, and lunar phases. They can examine the characteristics of the objects in the solar system, such as their satellite systems, rotation/revolution, size/mass, and composition. At this level they also begin to explore gravity and understand that gravity causes planets to orbit in nearly circular orbits as described by Kepler's laws.

The inclusion of the four highest grade band-level astronomy objectives seen in Table 2 focus on the observation, origin, evolution, and characteristics of the Universe beyond the solar system. The NSES document calls for secondary students to comprehend complex and abstract scientific phenomena and explanations such as nebular hypothesis, nucleosynthesis and the Big Bang Theory. Unfortunately, as an indirect effect of the No Child left behind (NCLB) laws, very little astronomy is taught to students past the age of 15 in the United States, even though there are astronomy concepts for this age group in the NSES document. Science teachers in the United States report that the practice of tracking students into the three traditional sciences (biology, physics and chemistry) and the emphasis of remediation courses to meet NCLB, have interfered with offering astronomy courses, leaving astronomy concepts taught by astronomy enthusiasts as embedded material in the traditional science (KRUMEMAKER, 2009).

2.4 Astronomy Concepts in the *Next Generation Science Standards*

Over the last few years, there has been tremendous pressure in the United States to revise the national science education guidelines to reflect a more modern era. With world globalization, advances in the sciences and cognitive learning, and a political climate of accountability in 2010, the National Academy of Science (NAS), and the National Science Teachers Association (NSTA) came together to write an updated form of science standards. The Carnegie Corporation supported this in two steps. The first report, *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas* (SCHWEINGRUBER; KELLER; QUINN, 2012), was developed by the NAS, serving as the foundation for a new set of guidelines or standards for teaching science. In 2013, the second publication, *Next Generation Science Standards* (NGSS) was published (NGSS, 2013) with the hopes of serving as the new (and nationally accepted) science standard.

NGSS tried to go beyond the first generation curriculum standards and frameworks documents by more explicitly aligning science processes and practices with science content. It is built upon three dimensions; *Science and Engineering Practices*, *Cross Cutting Concepts*, and *Disciplinary Core Ideas* (DCI). In comparison to the previous standards, which were predominantly content oriented, the NGSS attempts to focus more

toward the interaction between performance expectations and content. It is in the DCIs that the astronomy concepts, advocated by the NGSS, are illustrated. Table 3 summarizes the astronomy content covered by NGSS according to grade and age level.

Table 3 - Summary NGSS Astronomy-related DCIs.

Grades	Ages	Summary NGSS Astronomy-related DCIs (NGSS, 2013)
		Content/Concepts
1st	6-7 years	* Patterns of the motion of the Sun, Moon, and stars in the sky can be observed, described, and predicted.
		* Seasonal patterns of sunrise and sunset can be observed, described, and predicted.
2nd	7-8 years	* Some events happen very quickly; others occur very slowly, over a time period much longer than one can observe.
5th	10-11 years	* The Sun is a star that appears larger and brighter than other stars because it is closer. Stars range greatly in their distance from Earth.
		* The orbits of Earth around the Sun, and of the Moon around Earth, together with the rotation of Earth about an axis between its North and South poles, cause observable patterns. These include day and night; daily changes in the length and direction of shadows; and different positions of the Sun, Moon, and stars at different times of the day, month, and year.
6th - 8th (middle school)	12-14 years	* The solar system consists of the Sun and a collection of objects, including planets, their moons, and asteroids that are held in orbit around the Sun by its gravitational pull on them.
		* The solar system appears to have formed from a disk of dust and gas, drawn together by gravity.
		* Patterns of the apparent motion of the Sun, the Moon, and stars in the sky can be observed, described, predicted, and explained with models.
		* Earth and its solar system are part of the Milky Way galaxy, which is one of many galaxies in the universe.
		* The solar system consists of the Sun and a collection of objects, including planets, their Moons, and asteroids that are held in orbit around the Sun by its gravitational pull on them.
		* This model of the solar system can explain eclipses of the Sun and the Moon. Earth's spin axis is fixed in direction over the short-term but tilted relative to its orbit around the Sun. The seasons are a result of that tilt and are caused by the differential intensity of sunlight on different areas of Earth across the year.

		<p>* This model of the solar system can explain eclipses of the Sun and the Moon. Earth’s spin axis is fixed in direction over the short-term but tilted relative to its orbit around the Sun. The seasons are a result of that tilt and are caused by the differential intensity of sunlight on different areas of Earth across the year.</p>
		<p>* Patterns of the apparent motion of the Sun, the Moon, and stars in the sky can be observed, described, predicted, and explained with models.</p>
		<p>* This model of the solar system can explain eclipses of the Sun and the Moon. Earth’s spin axis is fixed in direction over the short-term but tilted relative to its orbit around the Sun. The seasons are a result of that tilt and are caused by the differential intensity of sunlight on different areas of Earth across the year.</p>
<p>9th - 12th (high school)</p>	<p>14-18 years</p>	<p>* Kepler’s laws describe common features of the motions of orbiting objects, including their elliptical paths around the Sun. Orbits may change due to the gravitational effects from, or collisions with, other objects in the solar system.</p>
		<p>* Atoms of each element emit and absorb characteristic frequencies of light. These characteristics allow identification of the presence of an element, even in microscopic quantities.</p>
		<p>* The star called the Sun is changing and will burn out over a lifespan of approximately 10 billion years.</p>
		<p>* The study of stars’ light spectra and brightness is used to identify compositional elements of stars, their movements, and their distances from Earth.</p>
		<p>* The Big Bang theory is supported by observations of distant galaxies receding from our own, of the measured composition of stars and non-stellar gases, and of the maps of spectra of the primordial radiation (cosmic microwave background) that still fills the universe.</p>
		<p>* Other than the hydrogen and helium formed at the time of the Big Bang, nuclear fusion within stars produces all atomic nuclei lighter than and including iron, and the process releases electromagnetic energy. Heavier elements are produced when certain massive stars achieve a supernova stage and explode.</p>
		<p>* Nuclear Fusion processes in the center of the Sun release the energy that ultimately reaches Earth as radiation.</p>
		<p>* The Big Bang theory is supported by observations of distant galaxies receding from our own, of the measured composition of stars and non-stellar gases, and of the maps of spectra of the primordial radiation (cosmic microwave background) that still fills the universe.</p>

The United States’ new frameworks for teaching astronomy in the NGSS (provided in Table 3) are arranged by the *Disciplinary Core Ideas*. The DCI’s are separated

into traditional science topics, and then listed by grade level, individually for grades K-5, and collectively for each middle school and high school. Topics in astronomy are found in the Earth and Space Science section with a few applicable standards in the physical science section.

Students first encounter the concepts of astronomy in the first grade with the study of the Sun, Moon, and the stars in terms of directly observable patterns of movement in the sky. They observe and describe seasonal patterns, stopping short of explaining the cause of this movement. In second grade, students are not exposed to traditional astronomy concepts; they do however look at events on the earth that happen very fast or very slowly. In this age band, astronomy concepts are limited to just these few, based on the notion that young students lack experiences, which allow them to think about the often-abstract astronomical concepts and construct new knowledge.

In the NGSS, intermediate Grades 3-5 (ages 8-10 years), students are expected to have their first real experience with learning about the solar system. They study stars, of which the Sun is one, and learn about distance and brightness. These students should begin to understand the orbital movements of Earth and Moon based on observable patterns. Forming a mental model of the causes of the seasons is very difficult; therefore, at this level students are not expected to describe the causes of the seasons.

Early secondary school (Ages 11-14) students being taught under the framework of the NGSS should build upon the skills they developed in elementary school. It is anticipated that this age group will be ready to use models to explain patterns of motion of the Sun, Moon, and stars. They will view the solar system as one of the billions of galaxies within the Milky Way. Their studies will include their first exposure to gravity as the force holding the solar system together and they will use mental and physical models to explain eclipses, seasons and lunar phases.

In the NGSS, the majority of astronomy concepts have been specified to be taught at the upper secondary levels (Ages 15-18) due to the abstract nature of the concepts and the need for higher-level thinking. For the first time, these students are to learn about the electromagnetic energy spectra and brightness of stars as it determines the composition of stars, their movements, and measurement of their distance from Earth. They are expected to understand how matter was formed during the Big Bang. Students will also explore fusion within stars and supernova in the formation of light and heavy elements. Finally, the document prescribes that high school students will build upon their novice observations of motion in support of learning Kepler's Laws.

Although newer than its AAAS *Benchmarks* and NRC *National Science Education Standards* predecessors, the NGSS has not escaped significant intellectual criticism. The most common criticisms levied are that none of the common core standardization efforts were able to fulfill two critical specifications of their design: being internationally benchmarked or being based on education research (*viz.*, Porter, McMaken, Hwang & Yang, 2011). Moreover, they have been criticized by the cognitive science and learning sciences community for failing to take into account the vertical nature of student learning as it develops over time (*viz.*, Slater & Slater, 2015). These go above and beyond the basic

problem that most of the astronomy concepts are postponed until the high school years, where students do not take courses covering astronomy (KRUMENAKER, 2009).

3 Discussion

Any organization's success is contingent upon clear, commonly defined goals and clearly communicated objectives. As a nation, the United States' goal has been to improve student achievement in science and to develop a scientifically literate society. At various times throughout the history of the United States, different groups, including scientists, politicians, curriculum developers, teacher education leaders and industry have laid claim to identifying the need for science education reform, defining practices, curriculum and teaching approaches that they thought would improve the status of science education for both entering college students and everyday members of society. The documents currently in use, designed to address the reform in science education in the United States (the standards, frameworks and benchmarks) have been developed with this in mind, each building on the current status of student achievement and on current research in science education. Even with these clear goals in mind, the documents designed to meet these goals have not yet been accepted as a unified national standard. There are several reasons that this may be the case. Two important reasons are related to the debates on how people learn and what they should be learning. These are the recurring debates in science education reform. In addition to these major points is the question of who should be involved in making decisions about science education reform and who should be responsible to lead the reform.

In terms of how people learn, ideas about age appropriateness and what students know prior to being taught have changed dramatically. For example, it is no longer believed that students are blank slates or empty vessels; rather they come to the classroom with prior ideas and often strongly held misconceptions that may interfere with learning what is being taught (SCHNEPS; SADLER, 1988). Their ability to develop coherent theories is not necessarily age dependent, but is influenced by other factors such as maturation, experience and instruction (CLARK; D'ANGELO; SCHLEIGH, 2011; SCHLEIGH; CLARK; MENESKE, 2015). While it was once believed that age or grade determined developmentally appropriate topics, many now believe that developmentally appropriate topics are largely contingent on students' prior opportunities (NRC, 2007).

As these ideas about how people learn have progressed, educators at every grade level, have expressed dissatisfaction with the expectations and objectives that they are asked to teach. They often report frustration, describe the amount of objectives in their grade levels as daunting and perceive the objectives as disconnected from the classroom instruction and the assessments that were designed for the standards. They have claimed both that there is too much to teach, and that the standards are either too specific or not general enough to meet their classroom instructional needs; and there is a sense of chaos or no sense of coherence. Schmidt, McKnight, and Raizen (1996) argued that even the science text books written to help guide teachers in each grade level, to address the standards in the United States classrooms, covered significantly much more material than competitive countries that were out achieving and out performing United States students. Ironically, the

rationale for developing the standards, and for the changes in each new standards document, was to address this chaos and unify objectives to facilitate the movement toward the common goals. The fact that the documents have yet to be accepted as a national curriculum indicates that they are not serving their purpose and indicates that they may even be contributing to the problem they were intended to solve.

Astronomy educators in the United States are often familiar with the variety of science standards and benchmarks as they have been influential for the past three decades, spanning most of the teaching careers of the currently in-service teachers. However, it is not only educators that have a stake in the content that is being taught. Higher education institutions, professional scientists and society as a whole has a stake in what it is that students are learning. From their perspective, what grades students are learning a topic is not necessarily as important as what topics are being covered in the US public school classrooms. Table 4 provides a comparison of the alignment between the three standards documents, of the overarching topics related to astronomy.

Whether or not teachers agree with either the concept of standards or the specific disciplinary core ideas prescribed, the existence of standards impacts schools across the United States. As Slater reported in 2000, “Even if [the United States’ various and optional] national standards are only with us temporarily, it behooves science teachers to take a close look at what is there regarding astronomy.” It seems that with the emphasis on accountability and assessment, standards, benchmarks, and frameworks are likely to be a permanent residence on the public education landscape. In addition, standards provide other stake holders a means of being able to rely on knowing what it is that students will have experienced and what they have learned during their education.

Table 4 - Alignment Among US National Standards Documents.

NSES (1996) Astronomy Related Standards	AAAS (1993) Astronomy Related Standards	NGSS (2013) Astronomy Related Documents
<p>Ideas related to gravity: ** Gravity is the force that keeps planets in orbit around the Sun and governs the rest of the motion in the Solar System. Gravity alone holds us to the Earth's surface ** Gravitation is a universal force that each mass exerts on any other mass. The strength of the gravitational attractive force between two masses is proportional to the masses and inversely proportional to the square of the distance between them.</p> <p>Ideas related to EMR production: ** Light interacts with matter by transmission (including refraction), absorption, or scattering (including reflection). To see an object, light from that object--emitted by or scattered from it--must enter the eye. ** Electromagnetic waves result when a charged object is accelerated or decelerated. Electromagnetic waves include the electromagnetic spectrum from radio waves to gamma rays. The energy of electromagnetic waves is carried in packets whose magnitude is inversely proportional to the wavelength. ** Each kind of atom or molecule can gain or lose energy only in particular discrete amounts and thus can absorb and emit light only at wavelengths corresponding to these amounts. These wavelengths can be used to identify the substance.</p> <p>Ideas related to fusion: ** Stars produce energy from nuclear reactions, primarily the fusion of hydrogen to form helium. These and other processes in stars have led to the formation of all the other elements. ** Fusion is the joining of two nuclei at extremely high temperature and pressure, and is the process responsible for the energy of the sun and other stars.</p>	<p>Ideas related to gravity: ** The Sun's gravitational pull holds the Earth and other planets in their orbits, just as the planets' gravitational pull keeps their moons in orbit around them. ** Everything on or anywhere near Earth is pulled toward the planet's center by gravitational force.</p> <p>Ideas related to EMR production: ** Human eyes respond to only a narrow range of wavelengths of electromagnetic radiation - visible light. Differences of wavelength within that range are perceived as differences in color. ** Various accelerating electric charges produce a large variety of electromagnetic waves. These vary from radio waves, the longest, to gamma rays, the shortest. In empty space, all electromagnetic waves move at the same speed - the "speed of light." The observed wavelength of a wave depends upon the relative motion of the source and the observer (Doppler Effect). Because the light seen from almost all distant galaxies has longer wavelengths than comparable light on Earth, astronomers believe that the whole universe is expanding.</p> <p>Ideas related to fusion: ** Stars condensed by gravity out of clouds of molecules of the lightest elements until nuclear fusion of the light elements into heavier ones began to occur.</p>	<p>Ideas related to gravity: ** The solar system consists of the sun and a collection of objects, including planets, their moons, and asteroids that are held in orbit around the sun by its gravitational pull on them. ** The solar system appears to have formed from a disk of dust and gas, drawn together by gravity.</p> <p>Ideas related to EMR production: ** Kepler's laws describe common features of the motions of orbiting objects, including their elliptical paths around the sun. Orbits may change due to the gravitational effects from, or collisions with, other objects in the solar system. ** Atoms of each element emit and absorb characteristic frequencies of light. These characteristics allow identification of the presence of an element, even in microscopic quantities. ** The star called the sun is changing and will burn out over a lifespan of approximately 10 billion years. ** The study of stars' light spectra and brightness is used to identify compositional elements of stars, their movements, and their distances from Earth. ** The Big Bang theory is supported by observations of distant galaxies receding from our own, of the measured composition of stars and non-stellar gases, and of the maps of spectra of the primordial radiation (cosmic microwave background) that still fills the universe.</p> <p>Ideas related to fusion: ** Other than the hydrogen and helium formed at the time of the Big Bang, nuclear fusion within stars produces all atomic nuclei lighter than and including iron, and the process releases electromagnetic energy.</p>

NSES (1996) Astronomy Related Standards	AAAS (1993) Astronomy Related Standards	NGSS (2013) Astronomy Related Documents
		<p>Heavier elements are produced when certain massive stars achieve a supernova stage and explode.</p> <p>** Nuclear Fusion processes in the center of the sun release the energy that ultimately reaches Earth as radiation.</p>
<p>The evolution of the universe</p> <p>** The origin of the universe remains one of the greatest questions in science. The "big bang" theory places the origin between 10 and 20 billion years ago, when the universe began in a hot dense state; according to this theory, the universe has been expanding ever since.</p> <p>** Early in the history of the universe, matter, primarily the light atoms hydrogen and helium, clumped together by gravitational attraction to form countless trillions of stars.</p> <p>Stars and stellar evolution</p> <p>** Billions of galaxies, each of which is a gravitationally bound cluster of billions of stars, now form most of the visible mass in the universe.</p> <p>The evolution and structure of the solar system</p> <p>** The sun, the earth, and the rest of the solar system formed from a nebular cloud of dust and gas 4.6 billion years ago. The early earth was very different from the planet we live on today.</p> <p>** The Earth is the third planet from the Sun in a system that includes the Moon, the Sun, eight other planets and their moons, and smaller objects, such as asteroids and comets. The Sun, an average star, is the central and largest body in the Solar System.</p> <p>The Sun and Earth's seasons</p> <p>** The Sun provides the light and heat necessary to maintain the temperature of the Earth.</p> <p>** The Sun is the major source of energy for phenomena on the Earth's surface. Seasons result from variations in the</p>	<p>The evolution of the universe</p> <p>** On the basis of scientific evidence, the universe is estimated to be over 10 billion years old. The current theory is that its entire contents expanded explosively from a hot, dense, chaotic mass. Eventually, some stars exploded, producing clouds of heavy elements from which other stars and planets could later condense in a process that is ongoing.</p> <p>** Because the light seen from almost all distant galaxies has longer wavelengths than comparable light on Earth, astronomers believe the whole universe is expanding.</p> <p>Stars and stellar evolution</p> <p>** There are more stars in the sky than anyone can ** easily count.</p> <p>** Stars differ from each other in size, temperature, and age, and behave according to the same physical principles observed on Earth. Unlike the Sun, most stars are in systems of two or more stars orbiting around one another.</p> <p>** Stars are like the Sun, some being smaller and some larger, but they are so far away that they look like points of light.</p> <p>** The Sun is a medium-sized star located near the edge of a disk-shaped galaxy of stars. The universe contains many billions of galaxies, and each galaxy contains many billions of stars.</p> <p>** The Sun is many thousands of times closer to Earth than any other star. Light from the Sun takes only a few minutes to reach Earth, but light from the next nearest star takes a few years to</p>	<p>The evolution of the universe</p> <p>** Some events happen very quickly; others occur very slowly, over a time period much longer than one can observe.</p> <p>** The Big Bang theory is supported by observations of distant galaxies receding from our own, of the measured composition of stars and non-stellar gases, and of the maps of spectra of the primordial radiation (cosmic microwave background) that still fills the universe.</p> <p>Stars and stellar evolution</p> <p>** The sun is a star that appears larger and brighter than other stars because it is closer. Stars range greatly in their distance from Earth.</p> <p>** Patterns of the apparent motion of the sun, moon, and stars in the sky can be observed, described, predicted, and explained with models.</p> <p>** Earth and its solar system are part of the Milky Way galaxy, which is one of many galaxies in the universe.</p> <p>The evolution and structure of the solar system</p> <p>** The solar system consists of the sun and a collection of objects, including planets, their moons, and asteroids that are held in orbit around the sun by its gravitational pull on them.</p> <p>** This model of the solar system can explain eclipses of the sun and the moon. Earth's spin axis is fixed in direction over the short-term but tilted relative to its orbit around the sun. The seasons are a result of that tilt and are caused by the differential intensity of</p>

NSES (1996) Astronomy Related Standards	AAAS (1993) Astronomy Related Standards	NGSS (2013) Astronomy Related Documents
<p>amount of the Sun's energy hitting the surface due to the tilt of the Earth's rotation on its axis and the length of the day.</p>	<p>arrive. Some distant galaxies are so far away that their light takes several billion years to reach Earth. People on Earth, therefore, see the stars as they were that long ago in the past.</p> <p>The evolution and structure of the solar system</p> <p>** Nine planets of very different sizes, composition, and surface features move around the Sun in nearly circular orbits. Several planets have a great variety of moons, some of which show evidence of geological activity.</p> <p>** Many chunks of rock orbit the Sun. Some meet the Earth in its yearly orbit around the Sun [meteors] while others are mixed with ice and have orbits that carry them close to the Sun [comets], where the Sun's radiation boils off frozen material from their surfaces and pushes it into a long, illuminated tail.</p> <p>** Earth is a relatively small planet, third from the Sun, and composed mostly of rock. Other planets have compositions and conditions very different from Earth's.</p> <p>** The Earth is one of several planets that orbit the Sun, and the Moon orbits around the Earth. Like all planets and stars, the Earth is approximately spherical in shape.</p> <p>The Sun and Earth's seasons</p> <p>** The Sun warms the land, air, and water.</p> <p>** Because the Earth turns daily on an axis that is tilted relative to the plane of its yearly orbit around the Sun, sunlight falls more intensely on different parts of the planet during the year. The difference in heating of the Earth's surface produces the planet's seasons and weather patterns.</p>	<p>sunlight on different areas of Earth across the year.</p> <p>The Sun and Earth's seasons</p> <p>** Earth and the Solar System The orbits of Earth around the sun and of the moon around Earth, together with the rotation of Earth about an axis between its North and South poles, cause observable patterns. These include day and night; daily changes in the length and direction of shadows; and different positions of the sun, moon, and stars at different times of the day, month, and year.</p> <p>** This model of the solar system can explain eclipses of the sun and the moon. Earth's spin axis is fixed in direction over the short-term but tilted relative to its orbit around the sun. The seasons are a result of that tilt and are caused by the differential intensity of sunlight on different areas of Earth across the year.</p>

NSES (1996) Astronomy Related Standards	AAAS (1993) Astronomy Related Standards	NGSS (2013) Astronomy Related Documents
<p>Yearly patterns, daily patterns and moon phases</p> <p>** The Sun, Moon, stars, clouds, birds, and airplanes all have properties, locations, and movements that can be observed and described.</p> <p>** Objects in the sky have patterns of movement. The Sun, for example, appears to move across the sky in the same way every day, but its path changes slowly over the seasons. The Moon moves across the sky on a daily basis much like the Sun. The observable shape of the Moon changes from day to day in a cycle that lasts about a month.</p> <p>** Most objects in the Solar System are in regular and predictable motion. Those motions explain such phenomena as the day, the year, the phases of the Moon, and eclipses.</p>	<p>Yearly patterns, daily patterns and moon phases</p> <p>** The patterns of stars stay the same although they appear to move across the sky nightly, and different stars can be seen during different seasons. Planets change their positions against the background of stars.</p> <p>** The rotation of the Earth on its axis every 24 hours produces the night-and-day cycle.</p> <p>** The Moon's orbit around Earth (once about every 28 days) determines what part of the Moon is lit by the Sun and how much of that part can be seen from Earth. We see these changes as phases of the Moon.</p> <p>** The Sun can be seen only in the daytime, but the Moon can be seen sometimes at night and sometimes during the day. All sky objects appear to move slowly across the sky. The Moon looks a little different every day, but looks the same again about every four weeks.</p>	<p>Yearly patterns, daily patterns and moon phases</p> <p>** 1- Patterns of the motion of the sun, moon, and stars in the sky can be observed, described, and predicted.</p> <p>** 1 Seasonal patterns of sunrise and sunset can be observed, described, and predicted.</p> <p>** Earth and the Solar System The orbits of Earth around the sun and of the moon around Earth, together with the rotation of Earth about an axis between its North and South poles, cause observable patterns. These include day and night; daily changes in the length and direction of shadows; and different positions of the sun, moon, and stars at different times of the day, month, and year.</p> <p>** Patterns of the apparent motion of the sun, The moon, and stars in the sky can be observed, described, predicted, and explained with models.</p> <p>** This model of the solar system can explain eclipses of the sun and the moon. Earth's spin axis is fixed in direction over the short-term but tilted relative to its orbit around the sun. The seasons are a result of that tilt and are caused by the differential intensity of sunlight on different areas of Earth across the year.</p>

References

ACHIEVE, INC. **Next Generation Science Standards**. 2013. Available in: <<http://www.nextgenscience.org>>.

ADAMS, J. P.; SLATER, T. F. Astronomy in the national science education standards. **Journal of Geoscience Education**, v.48, n.1, p.39-45, 2000.

AAAS. AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE. **Benchmarks for science literacy**. Oxford University, 1993.

ATKIN, J. M.; BLACK, P. History of Science Curriculum Reform in the United States and the United Kingdom. In: ABELL, S.; LEDERMAN, N. G. (eds.). **Handbook of Research on Science Education**. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates, 2007. p.781-806.

CLARK, D. B.; D'ANGELO, C.; SCHLEIGH S. Comparison of students' knowledge structure coherence and understanding of force in the Philippines, Turkey, China, Mexico and the United States. **Journal of the Learning Sciences**, v.20, n.2, p.207-261, 2011.

KRUMENAKER, L. The modern US high school astronomy course, its status and makeup, and the effects of No Child Left Behind. **Astronomy Education Review**, v.8, n.1, 2009.

MACKENZIE, J. C. The report of the committee of ten. **The School Review**, v.2, n.3, p.146-155. 1894. Available in: <<http://www.jstor.org/stable/1074830>>.

NRC. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **National Science Education Standards**, 1996. National Academy Press.

NRC. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Taking Science to School: Learning and Teaching Science in Grades K-8**. Committee on Science Learning, Kindergarten Through Eighth Grade. Richard Duschel, Heidi A. Schweingruber, and Andrew W. Shouse, Editors. Board on Science Education, Center for Education. Division of behavioral and Social Sciences and Education, 2007. Washington: The National Academies Press.

PORTER, A.; MCKAKEN, J.; HWANG, J.; YANG, R. Common core standards: The new U.S. intended curriculum. **Educational Researcher**, v.40, n3. p.103-116, 2011.

SCHMIDT, W.H.; MCKNIGHT, C. C.; RAIZEN, S. A. **Splintered vision: An investigation of U.S. science and mathematics education: Executive summary**. Lansing, MI: U.S. National Research Center for the Third International Mathematics and Science Study, Michigan State University. 1996.

SCHNEPS, M. H.; SADLER, P. **A private universe (film)**. Santa Monica: Pyramid Film and Video. 1988.

SCHLEIGH, S. P.; CLARK, D. B.; MENEKSE, M. Constructed-response as an alternative to interviews in conceptual change studies: Students' explanations of force. **International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology**, v.3, n.1, p.14-36, 2015.

SCHWEINGRUBER, H.; KELLER, T.; QUINN, H. (Eds.). **A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas.** National Academies Press, 2010.

SHOWALTER, V. Toward a Unified Science Curriculum. **Educational Research Council of America**, U.S. Dept. of Health, Education & Welfare, Office of Education. n.17, 1971.

SLATER, T. F. K-12 astronomy benchmarks from Project 2061. **The Physics Teacher**, v.38, n.9, p.538-540, 2000.

SLATER, S. J.; SLATER, T. F. Questioning the fidelity of the Next Generation Science Standards. **Journal of Astronomy & Earth Sciences Education**, v.2, n.1, p.51-64, 2015.