



---

# **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**

---

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

n. 2, 2005

ISSN 1806-7573



# **REVISTA LATINO-AMERICANA DE EDUCAÇÃO EM ASTRONOMIA**

---

## Editores

Paulo Sergio Bretones (Inst. Sup. de Ciênc. Aplic.)  
Luiz Carlos Jafelice (Depto. Fís./Univ. Fed. Rio Grande do Norte)  
Jorge Horvath (Inst. Astr., Geof. e Ciênc. Atm./Univ. São Paulo)

## Corpo Editorial

### Brasil

Roberto Boczko (Inst. Astr., Geof. e Ciênc. Atm./Univ. São Paulo)  
Amâncio Friaça (Inst. Astr., Geof. e Ciênc. Atm./Univ. São Paulo)  
Fernando Antonio Pires Vieira (Fundação Planetário/Rio de Janeiro)  
Jorge Megid Neto (Fac. Educ./Univ. Estad. Campinas)  
Sérgio Mascarello Bisch (Depto. Fís./Univ. Fed. Espírito Santo)

### Argentina:

Horacio Tignanelli (Fac. Cienc. Astron. y Geof./Univ. Nac. La Plata y Min. Educ., Cienc. y Tecn. de la Nación)

### Chile:

Maria Isabel Ormeño Aguirre (Dep. de Física/Univ. de Santiago de Chile)

### Uruguai:

Gabriel Otero Gaynicotch (Asoc. Profes. Astron. del Uruguay)

### México:

Julieta Fierro (Inst. Astron./Univ. Aut. México)

## 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.iscafaculdades.com.br/relea](http://www.iscafaculdades.com.br/relea)

Bibliotecária: Rosemeire Zambini CRB 5018

Diagramação: Antonio Mateus Locci

André Teté

Felipe de Miranda e Souza

Ficha catalográfica elaborada pela  
equipe técnica da Biblioteca do ISCA Faculdades

Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia - RELEA / Instituto  
Superior de Ciências Aplicadas. n.2 2005 . Limeira, 2005 [online].  
Irregular  
ISSN 1806-7573  
1. Astronomia – Periódicos. 2. Educação

CDD: 520

## Editorial

A *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia* (RELEA) chega ao seu segundo número. Isto certamente nos deixa felizes, pois significa uma continuidade rumo à consolidação da iniciativa inédita que foi a criação desta Revista, com abrangência internacional, visando, em particular, fomentar e divulgar a produção latino-americana nessa área.

Contudo, não estamos tão exultantes quanto gostaríamos. Os motivos para tal são evidentes: esperávamos lançar, no mínimo, dois números por ano e, se possível, com um maior número de artigos por número. Este segundo número, porém, chega praticamente após um ano do anterior e também com uma quantidade mínima de trabalhos.

Embora temos sido rigorosos na seleção dos artigos, visando definir e garantir um padrão de qualidade para a RELEA, isto não explica a dificuldade encontrada em lançarmos números com mais frequência. Temos investido em divulgação, tanto nacional como internacionalmente, e fizemos vários convites para que autores em potencial submetessem artigos sobre suas especialidades particulares para serem arbitrados na Revista.

Os motivos para tal carência de submissões de artigos são variados. Teríamos que fazer um estudo específico para poder atribuir as causas com maior certeza. Mas podemos sugerir motivos, a partir de nossa experiência na área e de nosso conhecimento interno da “comunidade” daqueles envolvidos com ensino de Astronomia.

Convém, para esta breve análise, contrapor ensino de Astronomia com ensino em outras áreas de ciências. Dentre estas, a área de ensino de Física tem mais longa história e tradição, não só no Brasil, mas no mundo, de um modo geral. No Brasil, em particular, com 30 anos da criação dessa área, já é relativamente grande o número de doutores que trabalham, publicam e formam pós-graduados na mesma, e estes também passam a publicar. Este ainda não é o caso, por exemplo, do ensino de Química, de Biologia e, certamente, de Astronomia.

Há não muito mais de uma década e meia começaram a crescer os trabalhos em ensino de Química e, só mais recentemente, em ensino de Biologia e em ensino de Ciências, neste caso visando o ensino fundamental. Mas ensino de Astronomia ainda se encontra muito incipiente em termos de pesquisa em educação propriamente dita. Nesta última área, que é a que nos interessa de perto, as atividades dos envolvidos ainda frequentemente se assemelham mais às antigas “popularizações da ciência”, com todos os vieses e limitações daquele tipo de abordagem, do que a pesquisas educacionais de fato.

No Brasil, apenas há cerca de três anos foram criados os dois primeiros programas de pós-graduação que contemplam explicitamente a formação de *mestres em ensino de Astronomia*, em extremos opostos do país: um deles vinculado à Universidade Federal do Rio Grande do Norte, em Natal, e o outro à Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em Porto Alegre. Antevê-se, assim, uma perspectiva de crescimento da produção na área, embora isto deverá se fazer sentir apenas nos próximos anos. Nos outros países da América Latina a situação, no que se refere à pós-graduação em ensino de Astronomia, é ainda muito pior.

Em nossa avaliação prévia, portanto, embora não exaustiva, um dos motivos que se sobressai para tão poucos artigos serem submetidos, se deve ao número relativamente reduzido de profissionais trabalhando especificamente com educação em Astronomia, em comparação, por exemplo, com quem trabalha em outras áreas do ensino de ciências naturais.

Outro motivo a destacar para aquela carência diz respeito à relativa falta de tradição de publicação na área de ensino de Astronomia. De fato, dentre aqueles que trabalham com tal assunto, muitos o fazem na qualidade de aficionados, interessados mais em um trabalho de divulgação científica junto ao grande público, da forma que aquela é entendida tradicionalmente, e não em desenvolver metodologias e didáticas próprias e em expô-las sistematicamente aos seus pares para o aprofundamento das reflexões e conclusões envolvendo aspectos cognitivos e pedagógicos dos trabalhos na área.

Claro que a novidade da RELEA, em si, adicionada ao fato da credibilidade que ela terá que conquistar junto ao seu potencial público leitor-autor, também é um fator que se soma nesse começo mais tímido das publicações na mesma. Mas um levantamento rápido do que de qualidade está sendo publicado nessa área em outras várias revistas de educação em ciências, deixa transparente que o problema do reduzido número de publicações em ensino de Astronomia é mais sério do que aquele

que atinge a RELEA, ou que poderia ser explicado apenas porque ela ainda não se tornou uma publicação tradicional na área.

Em suma, nos parece que os principais e mais graves motivos para explicar a baixa produção na área são a falta de tradição em publicações na mesma, somada ao número relativamente restrito de pessoas trabalhando no desenvolvimento de metodologias didático-pedagógicas envolvendo conteúdos astronômicos, seja em seus aspectos prático-operacionais, para aplicação na relação com estudantes ou público em geral, seja nas questões epistemológicas e conceituais presentes na construção do conhecimento astronômico, seja nos enfoques históricos, filosóficos e sociológicos que aqueles temas comportam, seja nas discussões sobre política educacional e inserção de conteúdos de Astronomia em diretrizes curriculares nacionais e nos vários estágios da educação básica.

Concluimos esta primeira parte do editorial com uma reflexão, à qual gostaríamos que os leitores também motivados por ela se juntassem a nós e colaborassem para aprofundarmos as discussões e encaminharmos possíveis soluções, mesmo que iniciais e parciais. Na nossa opinião, a educação em Astronomia enfrenta no mínimo dois sérios problemas: falta de formação de pesquisadores e inexistência de uma cultura de intercâmbio formal entre pares envolvendo pesquisas sistemáticas na área. A autonomia da mesma, dos pontos de vista epistemológico e metodológico, ainda não está sendo explorada como poderia. A maioria dos pesquisadores que esporadicamente publicam na área são de formação e interesses prioritários em ensino de física ou de ciências. Astronomia parece não constituir ainda uma área com densidade, profundidade e identidade próprias quanto ao seu aporte para a pesquisa em educação. Não faltam indicações e elementos, porém, que mostram que esse quadro deve e pode mudar.

Precisamos investir para consolidar a vocação natural dessa área do conhecimento. A RELEA espera contribuir nessa direção, mas certamente haverá muito para ser empreendido por todos nós, interessados no desenvolvimento e aprimoramento da educação em Astronomia nos seus vários níveis de ensino. Contamos com a colaboração dos colegas na divulgação da Revista, no envio de sugestões ou matérias para discussão das questões destacadas acima e outras a elas associadas, assim como na submissão de artigos.

Neste segundo número são publicados cinco artigos sobre diversos temas.

No artigo *Conversando com Marcgrave: A Origem da Moderna Astronomia no Hemisfério Sul*, Alexandre Medeiros e Fábio Araújo lançam luz sobre a história dos primórdios da Astronomia “no lado de baixo do equador”, relacionando-a a época importante do período colonial no nordeste brasileiro. Os autores recorrem a um estilo narrativo que Medeiros tem desenvolvido em algumas publicações na área de ensino de física. Tal estilo consiste, em alguma medida, em retomar a tradição socrática do diálogo, muito usada, em particular, nas publicações de Galileu. Desta forma, os autores logram encaminhar e aprofundar discussões envolvendo história da ciência de uma forma contextualizada e leve, porém totalmente rigorosa quanto aos conteúdos factuais. Esse expediente tem se mostrado bastante eficiente no trato de assuntos nem sempre adequadamente apresentados às platéias de professores, estudantes e mesmo ao público em geral.

Jaime Carrascosa, Daniel Gil-Pérez, Jordi Solbes e Amparo Vilches, em *Tierra y Cielos: ¿Dos Universos Separados?*, levantam a discussão de como o estudo de gravitação é particularmente apropriado para explorar as múltiplas conexões envolvidas na relação entre ciência e tecnologia. Eles vão além e propõem atividades a serem desenvolvidas com os estudantes no sentido de evidenciar aquelas conexões em uma tentativa de “reconstrução do processo” que caracterizou a primeira revolução científica. Além disto eles propõem a discussão de questões muito pertinentes e explicitam correlações potencialmente muito ricas entre física, astronomia, história da ciência e tecnologia. Convém ressaltar que os autores adotam uma visão positivista da ciência, frequentemente encontrada no ensino de ciências. Releituras sócio-históricas recentes sobre o desenvolvimento da ciência e sua situação atual, porém, propõem interpretações alternativas para os conflitos “escolásticos” versus “científicos” do período histórico considerado e enfatizam que as mesmas componentes de um pensamento mítico criticado nas concepções de mundo ditas pré-científicas continuam presentes na ciência atual.

Em *Dificuldades de Professores dos Anos Iniciais do Ensino Fundamental em Relação ao Ensino da Astronomia*, Rodolfo Langhi e Roberto Nardi se voltam para o importante e pouco estudado tema envolvendo a formação em Astronomia de professores das primeiras séries do nível fundamental.

Através de metodologia de análise de discurso os autores levantam conceitos espontâneos em Astronomia que os professores possuem e estudam a relação destes com conteúdos daquela área, com livros didáticos e com as orientações dos Parâmetros Curriculares Nacionais para aqueles conteúdos. Eles discutem os diversos tipos de dificuldades que aqueles profissionais enfrentam relativas ao conhecimento de Astronomia e ao ensino dos conteúdos associados para crianças que estão em uma fase crítica de sua formação escolar.

Paulo Henrique Azevedo Sobreira, em *Ensino de Astronomia nas Faculdades Teresa Martin*, traz a discussão sobre a inserção formal do ensino de Astronomia em cursos de graduação. Em particular, ele exemplifica o processo de implantação de tal ensino em um curso de licenciatura em matemática em uma faculdade privada. O autor expõe o histórico ao longo dos anos em que a idéia evoluiu, até sua aceitação e a implantação definitiva de conteúdos de Astronomia naquele curso.

Este número da Revista é concluído com o artigo *O Perigo que Vem do Espaço*, de Paulo Bedaque, que trata de conteúdo específico, de potencial interesse para ser diretamente trabalhado em sala de aula, envolvendo tema atual associado à eventual colisão de corpos celestes com a Terra e as muitas conseqüências ambientais daí advindas. São trabalhadas várias questões quantitativas, tanto dos possíveis objetos, como dos efeitos decorrentes se houver um desses choques, e são apresentadas e discutidas muitas informações e estimativas de simulações relacionadas a esse tipo de colisão.

Por fim, pedimos, mais uma vez, a colaboração em divulgar a RELEA a possíveis interessados e convidamos a todos a nos enviarem seus trabalhos na área.

Mais informações sobre a Revista e instruções para autores podem ser encontrados no endereço: [www.iscafaculdades.com.br/relea](http://www.iscafaculdades.com.br/relea). Os artigos poderão ser redigidos em português, castelhano ou inglês.

Nossos agradecimentos aos funcionários do ISCA e em especial à Diretora, Profa. MSc. Maria Cristina dos Santos Cruanhes, pelo apoio a esta publicação. Também agradecemos ao Sr. Felipe de Miranda e Souza pela editoração dos artigos, 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

The *Latin-American Journal of Astronomy Education* (RELEA) achieves its second issue. This fact certainly satisfies us because it means a continuity towards the consolidation of the initiative that led to the creation of the Journal, with an international presence, aimed to promote and express the Latin-American research in this area.

However, we are not as satisfied as we might have expected. The reasons for that are quite evident: we expected to launch at least two issues per year, ideally featuring a higher number of papers per issue. This second issue, however, is launched almost one year after the first one and contains a minimal number of papers.

Despite the fact that we have been rigorous with the selection of articles, in order to define and hold a quality standard for the RELEA, this does not by itself explain the difficulties encountered by us for increasing the frequency of the issues. We have attempted both national and international dissemination of the Journal, and invited several potential authors to submit contributions in their particular fields of work to be refereed in the Journal.

The reasons behind the lack of publishable material are various. We must conduct a specific investigation to identify the causes with higher confidence, but we may suggest some reasons, based on our previous experience in this area and our knowledge of the “community” of those involved with the teaching of Astronomy.

It is convenient for this brief analysis to confront the teaching of Astronomy with the teaching of other sciences. Among the latter, the teaching of Physics has the longest tradition, not only in Brazil but also in the rest of the world generally speaking. In Brazil, in particular, after 30 years of the creation of this area of research one has a relatively large number of PhDs who perform research and advise graduate students in Physics teaching, most of these also begin to publish their work. This is not yet the case of the teaching of Chemistry, Biology, and certainly not the case of Astronomy teaching.

The works addressing teaching of Chemistry began to appear almost a decade and a half ago, and more recently teaching of Biology and Science for the elementary school followed. However, the teaching of Astronomy is still in its infancy in terms of research in education. In this area of our direct interest, most of the activities of the involved people still resemble the former “popularization of science”, with all the limitations and biases of that approach, rather than actual educational research.

In Brazil, it is only in the last three years that specific graduate Master programs were created, aiming explicitly the formation of *Masters in Astronomy Teaching*, in the opposite geographic extremes of the country: one hosted by the Universidade Federal do Rio Grande do Norte (Natal) and the other by the Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Porto Alegre). Thus, we foresee a medium-term growth of publication in the area. In the rest of Latin-American countries, graduate studies in Astronomy teaching are in a much worse situation.

In spite of our discussion not being exhaustive, one of the motives that appear for so few articles being submitted is the small number of professionals working specifically with the teaching of Astronomy, in comparison with the number of those working with the teaching of other sciences.

Another motive to stress related to that fact is the relative lack of tradition for publication. In fact, most of those involved with the teaching of Astronomy are amateurs, interested more in the dissemination of Astronomy to the public opinion, in the form traditionally made, rather than in the development of methodologies and didactic resources to be systematically communicated to their colleagues for the improvement of conclusions and reflections related to pedagogical and cognitive aspects in the area.

Certainly the recent launch of the RELEA as well as the fact that its credibility and reputation must be yet established among its potential audience of readers and authors, is also a factor that adds to this slow start of the publications. However, a quick look at the quality of the material being published in Astronomy teaching by a handful of Journals in science education makes clear that the problem of the reduced number of Astronomy contributions is even more severe than the one suffered by the RELEA, or that might be attributed to its new character just because it has not yet been established as a traditional vehicle in the area.

In summary, we believe that the main reasons for the low productivity of papers in this area are the lack of tradition of publication and the small number of researchers working in the development of didactic and pedagogic methodologies in Astronomy, not only in the practical and operational aspects for the students and general public, but also in epistemological and conceptual issues present in the construction of astronomical knowledge, the historical, philosophical and sociological aspects of that knowledge, and the discussions about educational policies and the inclusion of Astronomy contents in national curriculum guidelines in the various levels of formal education.

We conclude this first part of the Editorial with a reflection, which we like to share with our colleagues kindly invited to join efforts and propose some solutions, even if preliminary and incomplete. In our opinion, the teaching of Astronomy faces two serious problems: the lack in the formation of human resources and the non-existence of a tradition of exchange of material and ideas among researchers about systematic work in this area. The autonomy of this research, from the methodological and epistemological points of view, is not yet being fully exploited. Most of the authors who occasionally publish in this area have formation and interests primarily in Physics teaching or other sciences teaching. Teaching of Astronomy does not appear yet to constitute a field with enough density, depth and own identity in what concerns its contribution to the research in education. However, there are some hints that this situation may and should change.

We need to work for the consolidation of the natural aim of this field. The RELEA hopes to contribute for that purpose, although there is a lot to be done by those of us interested in the development and improvement of the teaching of Astronomy at the several education levels. We encourage the dissemination of the RELEA's site and the submission of opinions and matters for discussion of the problems pointed out above, and naturally for the submission of articles.

In this second issue five articles are published dealing with several matters.

In the article *Conversations with Marcrgrave: The Origin of Modern Astronomy in the Southern Hemisphere*, Alexandre Medeiros and Fábio Araújo enlighten the history of Astronomy "below the equator", relating it to an important period of colonial Brazilian northeast region. The authors resort to a narrative style that Medeiros has developed in previous publications related to the teaching of Physics. Such a style consists of resuming the Socratic dialog tradition, widely used, for example, by Galileo. Thus, the authors succeed in conducting a discussion involving the history of science in a contextualized and easy to read way, yet very rigorous concerning historical contents. This resource has proved quite efficient when dealing with matters not always adequately presented to students and general public audiences.

Jaime Carrascosa, Daniel Gil-Pérez, Jordi Solbes and Amparo Vilches, in *Earth and Heavens: Two Separate Universes?*, discuss how the study of gravitation is particularly suitable for the exploration of multiple connections between science and technology. They go beyond this point and suggest activities for the students designed to reveal that connections, in an attempt of "reconstruction of process" characteristic of the first scientific revolution. Besides, they propose the discussion of very pertinent questions and made it explicit the potentially very rich correlations among Physics, Astronomy, History of Science and Technology. It is important to point out that the authors adopt a positivistic view of the science, often find in science teaching. Recent social-historical approaches concerning the development of science and its present situation, however, propose alternative interpretations to "scholastics" versus "scientifics" conflicts of the historical period considered and emphasize that the same components of a mythical thought criticized in the so called pre-scientific conceptions of the world keep existing within the present science.

In *Difficulties of First Years Elementary School Teachers with the Teaching of Astronomy*, Rodolfo Langhi and Roberto Nardi turn their attention to the important and little studied issue related to the formation of elementary school teachers. Using the method of discourse analysis the authors collect spontaneous concepts in Astronomy held by teachers and study their relation with the contents of that field, textbooks and guidelines for national benchmark for those contents. They discuss several types of difficulties encountered by those professionals related to the knowledge of Astronomy and to the teaching of associated topics for children at a critical phase of their elementary school formation.

Paulo Henrique Azevedo Sobreira, in *Teaching of Astronomy at Teresa Martin College*, discusses the formal insertion of Astronomy teaching in undergraduate courses. He presents a concrete

example taken from such an experience in a Mathematics Teaching course in a private college. The historical development of this initiative is exposed, ending with the definitive adoption of Astronomy contents in that course.

This issue ends with the article *The Danger from the Outer Space* by Paulo Bedaque, dealing with a specific content potentially useful for work in the classroom, namely the collision of celestial bodies with the Earth and several consequences for the environment after one of those events. Some quantitative issues are addressed, not only of the candidate objects, but also of the effects, and several information and estimates from numerical simulations presented for that type of collisions.

Finally, we request once more your collaboration for the diffusion of the RELEA to all possible interested people, and invite you all to submit your contributions in the field.

More information about the Journal and instructions for authors may be found at the address: [www.iscafaculdades.com.br/relea](http://www.iscafaculdades.com.br/relea). We remind that the articles may be written in Portuguese, Spanish or English.

Our acknowledgements to the personnel of ISCA, especially to the Director MSc. Maria Cristina dos Santos Cruanhes, for their support to this Journal. We also acknowledge Mr. Felipe de Miranda e Souza for his help in the handling of the papers, the authors, the referees and to all those who in some way helped us to continue with this project, and in particular with the preparation of this issue.

Editors

Paulo S. Bretones

Luiz C. Jafelice

Jorge E. Horvath



## Editorial

La *Revista Latinoamericana de Educación en Astronomía* (RELEA) llega a su segundo número. Este hecho ciertamente nos satisface, pues significa una continuidad rumbo a la consolidación de la iniciativa inédita que fue la creación de la Revista con alcance internacional, y en particular con el objetivo de fomentar y divulgar la producción latinoamericana en esa área.

Sin embargo, no estamos tan satisfechos como nos gustaría. Los motivos para esto son evidentes: esperábamos editar por lo menos dos números por año, además de un número mayor de artículos por número. Este segundo número llega prácticamente un año después del primero y también con una cantidad mínima de trabajos.

Si bien hemos sido rigurosos en la selección de los artículos, buscando definir y garantizar un *standard* de calidad para la RELEA, esto no explica totalmente la dificultad encontrada para editar los números con mayor frecuencia. Hemos invertido esfuerzos en la divulgación de la Revista, tanto nacionales cuanto internacionales, y llegamos a hacer varias invitaciones para que autores potenciales nos enviaran artículos sobre sus especialidades particulares para ser arbitrados en la Revista.

Los motivos para esa carencia de envío de artículos son varios. Tendríamos que realizar un estudio específico para poder identificar las causas con mayor exactitud, pero nos animamos a sugerir algunas razones, a partir de nuestra experiencia en el área y de nuestro conocimiento de la “comunidad” de personas actuantes en la enseñanza de la Astronomía.

Nos conviene, para este breve análisis, comparar la enseñanza de la Astronomía con la de otras áreas de ciencias. Entre estas últimas, la enseñanza de Física tiene la más larga historia y tradición, no solo en Brasil, sino también en el mundo de una manera general. En Brasil en particular, con 30 años de la creación de esa área, ya es relativamente grande el número de doctores que trabajan, publican y forman posgraduados que también pasan a publicar. Este aún no es el caso, por ejemplo, de la enseñanza de la Química, la Biología ni ciertamente de la Astronomía.

Hace poco más de una década y media comenzaron a crecer los trabajos en la enseñanza de la Química, y más recientemente en enseñanza de Biología y de Ciencias en general, en este último caso direccionados al ciclo primario. Sin embargo, la enseñanza de la Astronomía aún se encuentra muy incipiente en términos de investigación en educación propiamente dicha. En esta última área, que es la que nos interesa principalmente, las actividades de los interesados frecuentemente se asemejan más a las antiguas “popularizaciones de la ciencia”, con todas las limitaciones de aquel tipo de tratamiento, que a investigaciones educacionales de hecho.

En Brasil, solamente en los últimos tres años fueron creados los dos primeros programas de posgraduación que contemplan explícitamente la formación de *Masters en enseñanza de Astronomía*, en los extremos geográficos opuestos del país: uno de ellos vinculado a la Universidade Federal do Rio Grande do Norte (Natal), y el otro a la Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Porto Alegre). Se prevé así una perspectiva de crecimiento de la producción en el área, si bien esto debe hacerse sentir solamente en los próximos años. En los otros países de América Latina la situación, en lo que se refiere a la posgraduación en enseñanza de Astronomía, es bastante peor.

En nuestra evaluación previa, por lo tanto, uno de los motivos que sobresale para que tan pocos artículos sean enviados, se debe al número relativamente reducido de profesionales trabajando específicamente en educación en Astronomía en comparación, por ejemplo, con quien trabaja en otras áreas de enseñanza de ciencias naturales.

Otro motivo para destacar que justifica aquella carencia es la relativa falta de tradición de publicación en el área de enseñanza de Astronomía. De hecho, entre aquellos que trabajan en el asunto, muchos lo hacen en calidad de aficionados, más interesados en un trabajo de divulgación científica para el gran público de la forma que ésta es tradicionalmente entendida, más que en desarrollar metodologías y didáctica propias y en exponerlas sistemáticamente a sus pares para profundizar las reflexiones y conclusiones que involucran aspectos cognitivos y pedagógicos de los trabajos en el área.

Claro que la novedad de la RELEA en sí, adicionada a la credibilidad que tendrá que conquistar junto a su público lector-autor potencial, también es un factor que se suma a ese comienzo tibio de publicaciones en la misma. Sin embargo, una revisión rápida de la calidad del material que está siendo publicado en esa área en otras revistas de educación en ciencias, evidencia que el problema del reducido número de publicaciones en enseñanza de Astronomía es más serio que aquel que sufre la

RELEA, el cual podría ser explicado simplemente porque aún no se tornó una publicación tradicional en el área.

En suma, nos parece que los principales y más graves motivos para explicar la baja producción en el área son la falta de tradición en publicaciones en la misma, sumada al número relativamente restringido de personas trabajando en el desarrollo de metodologías didáctico-pedagógicas con contenidos astronómicos, sea en sus aspectos prácticos y operacionales para aplicación en la relación con los estudiantes o público en general, en las cuestiones epistemológicas y conceptuales presentes en la construcción del conocimiento astronómico, en los enfoques históricos, filosóficos y sociológicos que esos temas admiten, o en las discusiones sobre política educacional e inserción de contenidos de Astronomía en planes de estudios nacionales en los varios niveles de la educación básica.

Concluimos esta primera parte del Editorial con una reflexión, a la cual nos gustaría que los lectores también motivados por ella se sumasen y colaborasen para profundizar las discusiones y sugerir posibles soluciones, aunque sean iniciales y parciales. En nuestra opinión, la enseñanza en Astronomía enfrenta como mínimo dos serios problemas: falta de formación de investigadores y falta de una cultura de intercambio formal entre pares de trabajos sistemáticos en el área. La autonomía de la misma, desde los puntos de vista epistemológico y metodológico, aún no está siendo explotada como podría. La mayoría de los investigadores que esporádicamente publican en el área tienen formación e intereses prioritarios en la enseñanza de Física u otras ciencias. La Astronomía parece no constituir todavía un área con la densidad, profundidad e identidad propias en cuanto a su aporte para la investigación en educación. Sin embargo, no faltan indicaciones y elementos que muestran que ese cuadro puede y debe cambiar.

Precisamos invertir esfuerzos para consolidar la vocación natural de esa área del conocimiento. La RELEA espera contribuir en esa dirección, pero ciertamente habrá mucho para hacer por parte de todos los interesados en el desarrollo y perfeccionamiento de la educación en Astronomía en sus varios niveles de enseñanza. Contamos con la colaboración de los colegas para la divulgación de la Revista, para el envío de sugerencias o material para discusión de las cuestiones apuntadas y otras asociadas a ellas, y naturalmente para el envío de artículos.

En este segundo número son publicados cinco artículos sobre diversos temas.

En el artículo *Conversando con Marcgrave: el origen de la Astronomía Moderna en el Hemisferio Sur*, Alexandre Medeiros y Fábio Araújo echan luz sobre la historia de los comienzos de la Astronomía “abajo del ecuador”, relacionándola a la época importante del período colonial en el nordeste brasileiro. Los autores recurren a un estilo narrativo que Medeiros ha desarrollado en algunas publicaciones en el área de la enseñanza de la Física. Tal estilo consiste, en buena medida, en retomar la tradición socrática del diálogo, muy usada en las publicaciones de Galileo. De esta forma, los autores logran canalizar y profundizar las discusiones que se refieren a la historia de la ciencia de una forma contextualizada y simple, aunque totalmente rigurosa en cuanto a los contenidos factuales. Ese método se ha mostrado bastante eficiente para tratar asuntos no siempre presentados adecuadamente a las plateas de profesores, estudiantes y público en general.

Jaime Carrascosa, Daniel Gil-Pérez, Jordi Solbes y Amparo Vilches, en *Tierra y Cielos: ¿Dos Universos Separados?*, suscitan una discusión de cómo el estudio de la gravitación es particularmente apropiado para explorar las múltiples conexiones involucradas en la relación entre ciencia y tecnología. Los autores van más allá y proponen actividades a ser desarrolladas con los estudiantes en el sentido de evidenciar aquellas conexiones en una tentativa de “reconstrucción del proceso” que caracterizó a la primera revolución científica. Además ellos proponen la discusión de cuestiones muy pertinentes y explicitan correlaciones potencialmente muy ricas entre Física, Astronomía, Historia de la Ciencia y Tecnología. Conviene resaltar que los autores adoptan una visión positivista de la ciencia, frecuentemente presente en la enseñanza de las ciencias. Relecturas socio-históricas recientes sobre el desarrollo de la ciencia y su situación actual, todavía, proponen interpretaciones alternativas para los conflictos “escolásticos” versus “científicos” del período considerado y enfatizan que las mismas componentes de un pensamiento mítico criticado en las concepciones de mundo dichas pré-científicas siguen presentes en la ciencia actual.

En *Dificultades de los Maestros de los Primeros Años de la Escuela Primaria en Relación a la Enseñanza de la Astronomía*, Rodolfo Langhi y Roberto Nardi se refieren al importante y poco estudiado tema de la formación en Astronomía de maestros de los primeros grados del nivel

fundamental. Usando la metodología de análisis de discurso, los autores registran conceptos espontáneos en Astronomía que los maestros poseen y estudian la relación de estos con los contenidos de aquella área, con libros didácticos y con las orientaciones de los Parámetros Curriculares Nacionales para aquellos contenidos. Los autores discuten los diversos tipos de dificultades que aquellos profesionales enfrentan relativas al conocimiento de la Astronomía y a la enseñanza de los contenidos asociados para niños que están en una fase crítica de su formación escolar.

Paulo Henrique Azevedo Sobreira, en *Enseñanza de la Astronomía en la Facultad Teresa Martin*, traen la discusión sobre la inserción formal de la enseñanza de la Astronomía en los cursos de graduación. En particular, ejemplifican el proceso de implantación de esos contenidos en un curso de Profesorado en Matemática en una facultad privada. El autor expone la historia de la idea a lo largo de los años, hasta su aceptación e implantación definitiva de contenidos de Astronomía en aquel curso.

Este número de la Revista finaliza con el artículo *El Peligro que Viene del Espacio*, de Paulo Bedaque, que trata de un contenido específico de potencial interés para ser directamente trabajado en las clases, refiriéndose al tema actual asociado a la eventual colisión de cuerpos celestes con la Tierra y las varias consecuencias ambientales de las mismas. Son expuestas varias cuestiones cuantitativas, tanto de los posibles objetos, como de los efectos derivados de las colisiones hipotéticas, y se presentan y discuten muchas informaciones y estimativas provenientes de simulaciones numéricas relacionadas a ese tipo de colisión.

Por último, pedimos una vez más la colaboración para divulgar la RELEA a los posibles interesados e invitamos a todos para enviarnos sus trabajos en el área.

Más informaciones sobre la Revista e instrucciones para los autores pueden ser encontrados en la dirección: [www.iscafaculdades.com.br/relea](http://www.iscafaculdades.com.br/relea). Los artículos podrán ser redactados en portugués, castellano o inglés.

Nuestros agradecimientos a los empleados del ISCA, y en especial a la Directora, MSc. Maria Cristina dos Santos Cruanhes, por el apoyo a ésta publicación. También agradecemos al Sr. Felipe de Miranda e Souza por la editoración de los artículos, a los autores, a los árbitros y a todos aquellos que, directa o indirectamente, nos auxiliaron 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. CONVERSANDO COM MARCGRAVE: A ORIGEM DA MODERNA ASTRONOMIA NO HEMISFÉRIO SUL**  
*Alexandre Medeiros / Fábio Araújo* \_\_\_\_\_ 9
  
- 2. TERRA E CÉUS: DOIS UNIVERSOS SEPARADOS?**  
*Jaime Carrascosa / Daniel Gil-Pérez / Jordi Solbes / Amparo Vilches* \_\_\_\_\_ 49
  
- 3. DIFICULDADES INTERPRETADAS NOS DISCURSOS DE PROFESSORES DOS ANOS INICIAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL EM RELAÇÃO AO ENSINO DA ASTRONOMIA**  
*Rodolfo Langhi / Roberto Nardi* \_\_\_\_\_ 75
  
- 4. ENSINO DE ASTRONOMIA NAS FACULDADES TERESA MARTIN**  
*Paulo Henrique Azevedo Sobreira* \_\_\_\_\_ 93
  
- 5. O PERIGO QUE VEM DO ESPAÇO**  
*Paulo Bedaque* \_\_\_\_\_ 103

## CONTENTS

- 1. CONVERSATIONS WITH MARCGRAVE: THE ORIGIN OF MODERN ASTRONOMY IN THE SOUTHERN HEMISPHERE**  
*Alexandre Medeiros / Fábio Araújo* \_\_\_\_\_ 9
- 2. EARTH AND HEAVENS: TWO SEPARATE UNIVERSES?**  
*Jaime Carrascosa / Daniel Gil-Pérez / Jordi Solbes / Amparo Vilches* \_\_\_\_\_ 49
- 3. DIFFICULTIES DETECTED IN THE DISCOURSES OF FIRST YEARS ELEMENTARY SCHOOL TEACHERS WITH THE TEACHING OF ASTRONOMY**  
*Rodolfo Langhi / Roberto Nardi* \_\_\_\_\_ 75
- 4. TEACHING OF ASTRONOMY AT TERESA MARTIN COLLEGE**  
*Paulo Henrique Azevedo Sobreira* \_\_\_\_\_ 93
- 5. THE DANGER FROM THE OUTER SPACE**  
*Paulo Bedaque* \_\_\_\_\_ 103

**SUMARIO**

**1. CONVERSANDO CON MARCGRAVE: EL ORIGEN DE LA ASTRONOMÍA MODERNA EN EL HEMISFERIO SUR**

*Alexandre Medeiros / Fábio Araújo*\_\_\_\_\_9

**2. TIERRA Y CIELOS: ¿DOS UNIVERSOS SEPARADOS?**

*Jaime Carrascosa / Daniel Gil-Pérez / Jordi Solbes / Amparo Vilches*\_\_\_\_\_49

**3. DIFICULTADES DETECTADAS EN LOS DISCURSOS DE LOS PROFESORES DE LOS PRIMEROS AÑOS DE LA ESCUELA PRIMARIA EN RELACIÓN A LA ENSEÑANZA DE LA ASTRONOMÍA**

*Rodolfo Langhi / Roberto Nardi*\_\_\_\_\_75

**4. ENSEÑANZA DE LA ASTRONOMÍA EN LA FACULTAD TERESA MARTIN**

*Paulo Henrique Azevedo Sobreira*\_\_\_\_\_93

**5. EL PELIGRO QUE VIENE DEL ESPACIO**

*Paulo Bedaque*\_\_\_\_\_103

## CONVERSANDO COM MARCGRAVE: A ORIGEM DA MODERNA ASTRONOMIA NO HEMISFÉRIO SUL

*Alexandre Medeiros<sup>1</sup>*  
*Fábio Araújo<sup>2</sup>*

**Resumo:** O ano de 2004 assinala os 400 anos do nascimento do conde Maurício de Nassau, um importante personagem da história do Brasil. O presente texto está relacionado com o período do domínio holandês em Pernambuco. O artigo tenta resgatar o começo do estudo da Astronomia no hemisfério Sul. Para tal, idealizamos uma dramatização de uma entrevista fictícia com o astrônomo alemão Georg Marcgrave, construtor do primeiro observatório astronômico deste hemisfério e autor das primeiras observações astronômicas sistemáticas com o uso de telescópios neste lado do mundo. Nossa “conversa” com Marcgrave é idealizada no cenário do Recife antigo, local em que ele viveu no período de Maurício de Nassau e reúne alguns colegas professores apaixonados pelo ensino da Astronomia. A história é contada, deste modo, em um clima ameno e pretensamente divertido, mas as informações históricas e conceituais nele contidas estão apoiadas em fontes bibliográficas confiáveis devidamente apontadas ao final do texto. Elas vão desde a obra original desse cientista, na qual aparece o seu relato sobre a observação de um eclipse solar no Recife, passando por obras clássicas a seu respeito, como a do professor Juliano Moreira, até fontes bem mais recentes, como o trabalho muito influente do Professor John North. Outros textos de porte sobre o período da colonização holandesa no Brasil, como as obras já clássicas de Charles Boxer, Bouman e Boogaart, dentre outras, são também utilizados na construção desta dramatização pedagógica envolvendo um interessante capítulo da História da Astronomia.

**Palavras-chave:** História da Astronomia, Dramatizações no ensino, Georg Marcgrave

## CONVERSANDO CON MARCGRAVE: EL ORIGEN DE LA ASTRONOMÍA MODERNA EN EL HEMISFERIO SUR

**Resumen:** El año 2004 marca los 400 años del nacimiento del conde Mauricio de Nassau, un importante personaje de la historia del Brasil. El presente texto está relacionado con el período del dominio holandés en Pernambuco. El artículo intenta rescatar los comienzos del estudio de la Astronomía en el hemisferio Sur. Para esto, ideamos una dramatización de una entrevista ficticia con el astrónomo alemán Georg Marcgrave, constructor del primer observatorio astronómico del hemisferio y autor de las primeras observaciones astronómicas sistemáticas utilizando telescopios de este lado del mundo. Nuestra “conversación” con Marcgrave es imaginada en el marco del Recife antiguo, lugar donde él vivió durante el período de Mauricio de Nassau, y reúne algunos colegas profesores apasionados por la enseñanza de la Astronomía. La historia es contada, de esta forma, dentro de un clima ameno y hasta un poco divertido, si bien las informaciones históricas y conceptuales contenidas en ella están basadas en fuentes bibliográficas confiables, debidamente referenciadas al final del texto. Estas fuentes van desde la obra original de este científico, en la cual aparece su relato sobre la observación de un eclipse solar en Recife, pasando por obras clásicas respecto de él mismo, como la del profesor Juliano Moreira, hasta fuentes mucho más recientes como el influyente trabajo del profesor John North. Otros textos importantes referidos al período de la colonización holandesa en el Brasil, tales como las obras clásicas de Charles Boxer, Bouman y Boogaart entre otros, son también utilizados en la construcción de esta dramatización pedagógica que se refiere a un interesante capítulo de la Historia de la Astronomía.

**Palabras clave :** Historia de la Astronomía, Dramatización didáctica, Georg Marcgrave

---

<sup>1</sup> SCIENCO - Camaragibe, PE  
[alexandre@scienco.com.br](mailto:alexandre@scienco.com.br)

<sup>2</sup> Espaço Ciência  
Complexo de Salgadinho, Olinda, PE

## **CONVERSATIONS WITH MARCGRAVE: THE ORIGIN OF MODERN ASTRONOMY IN THE SOUTHERN HEMISPHERE**

**Abstract:** The year 2004 signals the 400<sup>th</sup> anniversary of the birth of count Mauricio of Nassau, an important character in the history of Brazil. The present text is related to the period of Dutch domination in Pernambuco. The article attempts to rescue the beginnings of Astronomy study in the South hemisphere. Therefore, we idealized a dramatization of a fictitious interview with German astronomer Georg Marcgrave, who was the constructor of the first astronomical observatory in this hemisphere and the author of the first systematic astronomical observations using telescopes in this side of the world. Our “conversation” with Marcgrave is idealized in the old Recife scenario, a place where he lived in Mauricio of Nassau’s period and gathers some fellow teachers who love the teaching of Astronomy. The story, this way, is reported in a possibly light and funny atmosphere. Nevertheless, the conceptual and historical framework presented is based on reliable bibliographical sources pointed out at the end of the text. The sources range from the original book of that scientist, in which a solar eclipse is reported, passing through some other classical texts, such as that of Professor Juliano Moreira, up to more recent sources such as the very influential work of professor John North. Other influential texts about the Dutch period in Brazil, such as the classical works of Charles Boxer, Bouman and Boogaart, among others, are also used in the construction of this pedagogical dramatization, which involves an interesting chapter of the history of Astronomy.

**Keywords:** History of Astronomy, Dramatization, Georg Marcgrave



## Marcgrave Aparece em Cena

Lá íamos nós caminhando em direção ao Recife antigo no início daquela noite de sábado. O grupo incluía vários professores, todos apaixonados pela Astronomia. Lá estavam: o Ricardo Camello, que orienta um clube de Astronomia em Campina Grande, seu colega João Tertuliano da UFCG, a Maria Amélia, que havia feito um Mestrado sobre a obra do Copérnico, o Fábio, que havia escrito uma monografia sobre a história da Astronomia em Pernambuco, o Antonio Carlos, que terminara o seu doutorado em Astrofísica em Natal, a Cleide e eu. Íamos, animadamente, conversando sobre o lançamento da nova Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia e a sua importância para o ensino. Ao passarmos no cruzamento da rua do Imperador com a 1<sup>o</sup> de Março, já nos aproximando da ponte Maurício de Nassau, houve uma falta de energia elétrica e tudo ficou, subitamente, no escuro. O Fábio, observando aquele céu estrelado das terras nordestinas, foi o primeiro a tocar no assunto.

Fábio: Êta céu bonito da gota! Tá parecendo o da minha terra, lá em Agrestina. E pensar que foi aqui mesmo que tudo isso começou!

Camello: Tudo isso, o que, Fábio?

Fábio: Foi exatamente neste local, que foi construído o primeiro observatório Astronômico moderno do hemisfério Sul.

Amélia: Oi, gente, eu pensei que tinha sido lá em Olinda. Tem uma construção redonda lá no alto da Sé que é apresentada pelos guias turísticos como tendo sido esse tal observatório.

Fábio: Conversa pra boi dormir! Aquilo lá em Olinda foi, de fato, um observatório meteorológico e também astronômico, mas é do século XIX. É algo bem mais recente. O primeiro observatório astronômico do hemisfério Sul foi construído aqui mesmo, bem no centro do Recife.

Terto: E cadê as ruínas do bicho?

Amélia: Você quer ver nesse escuro, Terto?

- De repente, todos escutam uma voz rouca no ar:

- *Não é apenas isso, minha senhora. O meu observatório foi destruído já há muito tempo. Já não existe mais nenhum vestígio dele.*

Cleide: Quem falou isso? Foi você Alexandre? Eu senti um frio na espinha.

Alexandre: Eu, não! Deve ter sido o Terto.

- *Não! Fui eu mesmo!*

Amélia: Eu, quem? Vamos sair daqui, professora. Não estou gostando nada disso.

- *Eu, o construtor do observatório!*

Amélia: Virgem Maria, professora! Vamos correr enquanto é tempo! O capeta está solto.

Alexandre: Deixem de besteira. Fantasmas não existem!

- *Eu existo! Eu sou Georg Marcgrave, o construtor do observatório!*

Terto: Sujou, companheiro! Apareça logo ou eu lhe espeto com esse canivete.

A luz volta neste exato momento. À nossa frente um indivíduo com trajas esquisitos, calças fofas, chapéu preto de bico e fala mansa.

Marcgrave: Calma! Não tenham receio, eu não quis incomodar! Estava vagando por aqui, olhando esse céu maravilhoso, que tanto contemplei ao lado do meu senhor, o conde Johann Mauritius van Nassau-Siegen e resolvi entrar na conversa de vocês.

Fábio: Que jóia! Se ele for mesmo quem eu estou pensando, nós vamos poder bater um bom papo sobre Astronomia.

Amélia: Como era, mesmo, o nome do seu chefe?

Marcgrave: Bem, podem chamá-lo, simplesmente, de conde Maurício de Nassau.

Camello: E qual é a sua graça, mesmo?

Marcgrave: Marcgrave, meu jovem! Georg Marcgrave, primeiro astrônomo da Nova Holanda, às suas ordens. Mas, pode escrever meu nome, também, com *k* e *f*: Markgraf.

Terto: Que confusão! Como é que o senhor assinava, mesmo?

Marcgrave: Georg Marcgrave; eu assinava deste modo.

Terto: Tudo bem, senhor Marcgrave! Nós estamos indo ao Recife antigo conversar lá num barzinho da rua do Bom Jesus. O senhor não quer ir conosco e contar a sua história?

Marcgrave: Os senhores querem dizer a rua dos Judeus?

Alexandre: Essa mesmo. No tempo dele o nome era esse.

Marcgrave: Eu só tenho alguns florins no bolso. Se os senhores pagam, vamos lá.

Amélia: Senhor Marcgrave, que coincidência. Vamos cruzar agora mesmo esta bela ponte de ferro construída pelo seu chefe, o conde Maurício de Nassau.

Marcgrave: Bem, senhora, para ser mais preciso, a ponte que o senhor conde construiu não era exatamente esta.

Amélia: Eu sempre pensei que fosse. Tem até o nome dele.

Marcgrave: A ponte construída por ordem do senhor conde ficava, certamente, neste mesmo lugar. Mas, era algo bem mais simples. Não era exatamente essa bela estrutura de ferro. Isso me parece uma obra inglesa posterior.

Alexandre: É isso, mesmo; ficou a homenagem, no nome.

Fábio: Eu escrevi uma monografia, já faz um tempinho, na qual falava do senhor e da sua obra aqui em Pernambuco. Foi na conclusão do meu curso de Física.

Marcgrave: É, eu sei. Gostei muito, obrigado!

Camello: Eu que não conheço muita bem essa sua história, estou curioso em saber como é que o senhor veio parar aqui e o que fez em termos de Astronomia.

Amélia: Vamos sentar, gente; eu vou chamar o garçom.

Cleide: Conte-nos um pouco da sua história. Quem foi, exatamente, o senhor. Onde e o que estudou e como veio para Pernambuco?

Marcgrave: Bem, é uma longa história. Ela se confunde com a própria história do domínio holandês no Brasil e com a época de ouro dessa colonização holandesa, com a vinda do conde Maurício de Nassau, um homem muito importante.

Amélia: Deve ter sido, mesmo. A casa dele, lá em Olinda, é linda. Um sobrado vermelho belíssimo.

Marcgrave: Sinto muito desapontá-la, mais uma vez, minha querida senhora, mas o meu senhor, o ilustre conde João Maurício de Nassau, nunca morou na casa à qual a senhora está se referindo. Ele morou, sempre, aqui no Recife. De início, ele residiu em uma casa grande ali no cruzamento das atuais ruas do Imperador e 1º de Março; ali, em frente à Casa Ramiro Costa. Inclusive, foi no telhado de uma das dependências dessa residência que eu construí o meu observatório. Depois, o senhor conde construiu o palácio de Friburgo, ou palácio das

torres, que ficava próximo ao local onde atualmente fica o palácio do governo, no atual Campo das Princesas. Mas a construção do palácio de Friburgo já foi em 1642. Quanto a ele ter morado nessa tal casa vermelha de Olinda, isso é bem propalado por aí, mas é apenas um mito.



Figura 1 - Palácio de Friburgo – Construído por Maurício de Nassau em Recife – 1642

Amélia: Puxa, hoje eu não acerto uma.

Camello: Também, Amélia, tu vai confiar em informação histórica dada por algum pixote que trabalha como guia turístico de Olinda...

Amélia: Não enche, Camello!

Marcgrave: Deixem, por favor, que eu comece falando um pouco do meu senhor. Logo depois, falarei da minha própria pessoa. Mesmo porque, sem entender um pouco do pensamento e da história do senhor conde, não se pode compreender o que eu vim realmente fazer aqui.

Camello: Deixe-me começar. Eu sei que o conde Maurício de Nassau era da família real. Era neto de um tal Guilherme I, o taciturno, que iniciou as guerras de independência da Holanda contra o domínio da Espanha. Gostou? Ele até fundou uma dinastia: a casa de Orange-Nassau. Não foi isso, mesmo?

Terto: Puxa, Camello, você agora mostrou firmeza! Eu nunca ouvi falar desse tal de Guilherme I e muito menos sabia que ele era taciturno.

Amélia (sussurrando): Professora, o que é mesmo taciturno?

Cleide: Cara fechada, Amélia, um sujeito que quase não ri; silencioso.

Amélia: Um chato, né?

Cleide: É! Pode ser...

Fábio: Desse detalhe eu não sabia.

Camello: Você não passeia na Internet. Tem uma porção de sites bem legais que contam isso.

Marcgrave: É! Infelizmente, tem mesmo.

Camello: Como, assim, infelizmente?

Marcgrave: Porque o que você disse é apenas parcialmente verdade. O Guilherme I foi realmente quem você disse, mas o meu senhor, o conde João Maurício de Nassau, não era neto dele, coisa nenhuma.

Terto: Ih! Sujou, Camello! Eu bem que saquei que você estava errado. Só fiquei calado por educação.

Fábio: Mas, ele era pelo menos parente do homem? Era ou não era de família nobre?

Marcgrave: Claro que o meu senhor era um nobre. Ele era neto de um irmão de Guilherme I, mas não exatamente, neto de Guilherme I. Os filhos de Guilherme, o João Maurício, e depois o Frederico, foram também stadhouders dos Países Baixos.

Amélia: Foram, o que? E de onde?

Marcgrave: Stadhouders, minha senhora; quer dizer: governadores. E o nome do meu senhor é, portanto, o mesmo nome do primo do seu pai, seu primo em segundo grau, o stadhouder João Maurício de Nassau-Siegen. E os Países Baixos, a senhora deve saber, são as terras que englobam tanto a Holanda, quanto a Bélgica.

Fábio: Bem, de toda forma, ele era um grã-fino.

Marcgrave: Claro! O conde era filho de um nobre, o Guilherme de Orange-Nassau, cujo tio-avô era o Guilherme I de Orange-Nassau.



Figura 2 - Johann Maurits van Nassau-Siegen

Terto: Essa parentada complicada, de tio-avô, é coisa de rico. Pobre não tem tio-avô.

Marcgrave: E a mãe do senhor conde era uma princesa.

Amélia: Puxa! Que chique! Como era o nome dela?

Marcgrave: Era a princesa Margaretha. O conde João Maurício de Nassau nasceu em 1604, no castelo de Dillenburg, o mesmo castelo onde havia nascido, em tempos passados, o seu famoso tio-avô, o Guilherme I de Orange-Nassau

Amélia: Muito bem, mas em que local da Holanda fica esse tal castelo?

Marcgrave: Desculpe, mais uma vez, minha senhora, mas o castelo não fica na Holanda. Fica na Alemanha.

Amélia: E como é que o Maurício de Nassau era holandês?

Marcgrave: Perdoe-me, minha senhora, mas ele não era holandês. Era alemão como eu, também.

Terto: Oxente, o conde era alemão? Então esse era do Paraguai, porque o daqui era holandês, que nem disse a Amélia.

Marcgrave: Não, senhor. Isso é o que muitos pensam e repetem como papagaios. Ele era comandante das forças holandesas, morou na Holanda, mas era alemão. E eu também.

Amélia: O senhor, também, não era holandês?

Marcgrave: Não, senhora, eu era alemão. Posso continuar?

Cleide: Por favor...

Marcgrave: Pois, bem! O Maurício de Nassau estudou em Genebra e na Basileia – na Suíça – locais de forte influência calvinista. Apesar disso, ele tinha uma alma renascentista, era um amante das artes e da ciência; era admirador de uma cultura universalista. Quando a guerra dos trinta anos começou, ele entrou para o serviço militar e nele destacou-se como um grande comandante. Ele foi, por exemplo, o responsável pela conquista de Maastricht, em 1632. Isso lhe trouxe fama e respeito enquanto estrategista militar. Começou a construir um palácio belíssimo em Haia, hoje em dia um museu de artes, o Mauritshuis. Seu gosto fino, entretanto, fez com que o projeto fosse absurdamente caro. Foi nessa época que ele recebeu o convite da Companhia das Índias Ocidentais para ser o comandante militar e governador da Nova Holanda. E estando em dificuldades financeiras, devido à construção do seu palácio, resolveu aceitar, pois os ganhos prometiam ser muito grandes.

Antônio Carlos: Eu estou só escutando, esse tempo todo. Mas, onde era essa tal de Nova Holanda?

Marcgrave: Precisamente, aqui em Pernambuco! Era o grande projeto dos holandeses da Companhia das Índias Ocidentais. Eles haviam fundado, na América do Norte, a Nova Amsterdam, que depois viria a se tornar Nova York; e na América do Sul tinham um projeto bem mais ambicioso: a criação da Nova Holanda. Recife era uma cidade renascentista. Só ao final do período holandês aqui em Pernambuco é que os financistas judeus, que haviam se estabelecido precisamente aqui nesta rua e que, inclusive, construíram aqui a primeira sinagoga das Américas, mudaram-se para a América do Norte e ajudaram a construir Nova York. Vocês podem até dizer que Nova York é, em certo sentido, uma afilhada do Recife. Incrível, não?

Camello: Bota incrível nisso. Mas, por que aqui?

Marcgrave: Pernambuco, naquela época, era o maior centro produtor de cana de açúcar do mundo. Isso não era pouco! E havia também, interesses geográficos e comerciais ligados à competição com a Espanha. Naquela época, Portugal estava sob o domínio da Espanha e esta prejudicava os interesses econômicos dos Estados Gerais, não permitindo, por exemplo, que os holandeses utilizassem os seus portos pelo mundo. Em consequência, até sal estava faltando nos Países Baixos e isso era a ruína da importante atividade pesqueira holandesa.

Terto: Que Estados Gerais eram esses, que você falou?

Marcgrave: Os Estados Gerais dos Países Baixos. Na escola em que vocês estudaram, não se ensinava história e geografia?

Terto: Epa! O que é que o senhor está insinuando?



Figura 3 - Casa de Maurício de Nassau em Haia – Mauritshuis – Atualmente um Museu de Artes

Marcgrave: Nada, vamos continuar a nossa história, por favor. Pois bem, como vocês devem saber, os holandeses acreditando que o Brasil era o elo mais fácil de atacar do Império Espanhol, já que Portugal na época era parte dele, iniciaram ataques pela Bahia, já em 1627. Eles não foram, entretanto, bem sucedidos, logo de início; mas, na continuação daquele processo de ataques, os holandeses conseguiram, finalmente, se firmar com a conquista de Olinda, sede da rica capitania de Pernambuco. De lá, tentaram espalhar-se pelo restante do nordeste, também sem muito sucesso inicial. De 1630 até 1637, foram sete anos de muitas lutas sangrentas. Quando os portugueses começaram em 1637, em Évora, em Portugal, as lutas contra os espanhóis pela restauração da sua independência, os holandeses enxergaram naquela situação uma oportunidade de obterem uma paz mais lucrativa com os portugueses e consolidarem e até mesmo expandirem os seus domínios coloniais no Brasil. Seguiram-se, então, alguns anos de menor tensão social e muito progresso na construção da colônia da Nova Holanda. Foi nessa segunda fase do domínio holandês, passando já da conquista militar para a colonização, que o Maurício de Nassau entrou em cena.

Antônio Carlos: Mas por que você veio com ele?

Marcgrave: Eu não vim logo, de imediato, com ele. Ele chegou no início de 1637 e eu no ano seguinte. Mas a minha vinda se encaixava no plano ambicioso arquitetado pelo meu senhor. Ele desejava implantar uma administração moderna, levantar todos os recursos econômicos da colônia e explorá-los da forma mais eficiente possível. Sendo amigo de vários homens de arte e de ciências, foi fácil para o conde Maurício de Nassau formar uma verdadeira comitiva de estudiosos das ciências e das artes que viriam prestar a sua colaboração naquela arrojada empreitada.

Cleide: Mas, quem ele trouxe para cá, afinal? E por que ele lhe convidou?

Marcgrave: Ele formou uma bela comitiva, chefiada pelo médico e naturalista Willem Pies, aqui conhecido mais como Piso. Ele era homem de confiança de Jan De Laet, da Universidade de Leiden, um sujeito muito importante, diretor da Companhia das Índias Ocidentais. Foi o De Laet quem, um ano depois, depois me indicou ao Maurício de Nassau.

Havia, também, os pintores Frans Post, Albert Eckhout, Zacharias Wagener e Caspar Schmalkalden. Tinha também o arquiteto Pieter Post, irmão do Frans e os cartógrafos Cornelius Golijath e Jan Vingboons. Havia, também, o médico ajudante do Pies, o Willem van Milaenen. A comitiva tinha até um latinista e poeta: o Franciscus Plante, além do humanista Elias Herckmans. Mas, na verdade, todos nós éramos indivíduos de muitos talentos, éramos renascentistas, na expressão da palavra. O Maurício de Nassau tentou trazer até o Rembrandt e o Descartes, que infelizmente declinaram do convite.

Antônio Carlos: O Descartes? O René Descartes, criador da Geometria Analítica?

Marcgrave: Isso. Ele mesmo! O Descartes havia sido soldado, na guerra dos trinta anos, sob o comando do Maurício de Nassau. Apesar de ser francês, ele passou um bom tempo de sua vida nos Países Baixos.

Amélia: Pelo menos, esse eu conheço de nome, muito bem. Já o senhor, me desculpe dizer, nunca havia ouvido falar antes. Com quem o senhor estudou? Será que eu conheço alguém nessa sua história?

Marcgrave: Realmente, minha cara senhora, eu não cheguei a ser nenhum expoente da ciência como o Descartes, por exemplo, mas estudei em boas escolas e adquiri uma boa, ampla e sólida formação. Eu nasci em Liebstadt, na Saxônia, uma região da Alemanha, em 20 de setembro de 1610. Meu pai também se chamava Georg Marcgrave e minha mãe Elisabeth Simon. Papai era o mestre-escola da cidade e mamãe a irmã do pastor. Fui educado em casa e lá aprendi Grego, Latim, Música e Desenho. Aos dezesseis anos, em 1626, comecei a viajar pela Europa, estudando em várias Universidades: Rostock, Stettin, Leipzig e Strassbourg, na Alemanha; Basileia, na Suíça e finalmente, em Leiden, na Holanda.

Cleide: Espere aí. Eu já estive em Strassbourg e ela fica na França, apesar do nome. Fica bem ali junto ao rio Reno. Você falou que ela ficava na Alemanha.

Marcgrave: É verdade, senhora, Strassbourg já mudou de dono várias vezes. Hoje é francesa, mas na minha época era uma cidade germânica. Mas, o fato, é que eu saí estudando mil e uma coisas, aqui e ali, fazendo a minha cabeça, como vocês diriam.

Fábio: E você, apitava o que, além de ser astrônomo?

Marcgrave: Como, assim, apitava?

Antônio Carlos: Ele quer dizer, o que é que você fazia.

Marcgrave: Ah, sim! Eu era um sujeito realmente de múltiplos talentos. Vim, principalmente, como cartógrafo e astrônomo, mas eu era também, médico, naturalista, botânico, como vocês dizem hoje em dia, matemático, químico, astrólogo, pintor, desenhista, cartógrafo, arquiteto e...

Amélia: Chega! Para por aí! Você era tudo isso? Pensei que fosse apenas astrônomo.

Marcgrave: Não, senhora! Mas, isso não significava nenhum atributo especial; esse era o típico talento e espírito renascentista: a multiplicidade de funções, aquilo que vocês chamam, atualmente, de abordagem multidisciplinar.

Camello: Você, hoje em dia, estaria de acordo com os PCN.

Marcgrave: Creio que sim e fico lisonjeado com isso. Aqui fui de tudo um pouco.

Camello: E a Astronomia? Onde estudou Astronomia?

Amélia: E com quem?

Marcgrave: Eu não comecei estudando Astronomia. Eu cheguei à Astronomia por ter me dedicado, inicialmente, à Medicina.

Terto: Como é? Você começou estudando Medicina, e foi parar como na Astronomia? Não estou entendendo a relação entre as duas coisas.

Marcgrave: Eu passei vários anos estudando Medicina por toda a Europa. Meus estudos de Anatomia e de História Natural, ou da Botânica, me aproximaram da necessidade de desenhar e de pintar bem. Claro, eu já tinha talento natural para isso, mas desenvolvi ainda mais...



Figura 4 - Horóscopo elaborado por Marcgrave

Camello: Sim, mas e a Astronomia? Como ela está ligada aos seus estudos de Medicina?

Marcgrave: Bem, eu não sei se seria conveniente dizer a verdade, pois vocês vão querer publicar essa entrevista em uma revista de Astronomia e...

Antônio Carlos: Agora sou eu que não estou entendendo mais. Que mistério é esse que você não quer falar logo?

Marcgrave: Não é bem um mistério. É só estudar com cuidado a minha biografia que vocês vão descobrir isso. Na verdade eu vim a estudar a Astronomia como um mecanismo de ajuda para as minhas previsões astrológicas, para os meus horóscopos.

Camello: Puxa, cara! Você era um astrólogo? E como eu nunca ouvi falar nisso?

Marcgrave: Porque a Astronomia atual – e isso já faz um bom tempo – abomina as suas raízes ligadas à Astrologia.

Terto: E qual é o problema? Para mim tem que ser assim mesmo e pronto.

Marcgrave: A questão é que sem investigar essas minhas motivações místicas vocês nunca vão compreender as minhas verdadeiras razões de estudo, assim como a de muita gente boa. Eu, por exemplo, usava a Astronomia como um auxílio para calcular as posições dos astros, mas no que eu estava realmente interessado era na Iatromatemática.

Amélia: Que bicho é esse?

Marcgrave: Minha cara senhora, a Iatromatemática era a tentativa de utilização das previsões astrológicas, feitas com bases matemáticas, calcada em observações astronômicas, para curar as pessoas. Era uma, digamos assim, “Medicina dos Astros”. Vocês, certamente, devem achar isso muito esquisito, pois são aficionados modernos da Astronomia, mas na minha época essa era uma crença comum. O Pedro Nunes, por exemplo, era médico e astrólogo, ou seja, era também um Iatromatemático. O William Gilbert também. O Tycho, assim como o Kepler, também lidavam com a Astrologia. A própria tese de doutorado do tão venerado Jacob Bernoulli, foi sobre a Iatromatemática. Eu não era, portanto, nenhuma exceção. Mesmo no início do século seguinte, o primeiro livro sobre a teoria mecânica de Newton em português, a “*Theorica Verdadeira das Marés*”, de



1737, escrita pelo médico português Jacob de Castro Sarmiento, era uma obra claramente de Iatromatemática. Ele creditava, por exemplo, um alto valor medicinal ao estudo da Lua.

Camello: Não estou entendendo.

Marcgrave: Veja o que Jacob Sarmiento afirmou, que você irá entender: “O conhecimento das forças do Sol e da Lua, que causam o fluxo e refluxo das águas, merece tanto a consideração e a contemplação do médico na cura das doenças que se não pode explicar bem e remediar alguns dos sintomas delas sem um exato e verdadeiro conhecimento das mesmas forças. Nem se podem totalmente conceber, sem o seu concurso, as epilepsias e vertigens periódicas que se repetem somente nas luas novas e luas cheias. Aquela moça epilética que tinha umas manchas na cara, que na cor e grandeza variavam conforme as fases da Lua. As fúrias dos maníacos, que repetem com maior veemência na Lua Nova e na Lua Cheia; donde nasceu e teve origem chamar aos loucos geralmente lunáticos. As paralisias periódicas que se tem observado seguir constantemente o curso da Lua. Os fluxos de sangue que apareciam somente no tempo da Lua Cheia. As chagas, cujo efluxo de matéria se achou por experiência seguirem os movimentos da Lua. As dores nefríticas e supressões de urina periódicas, seguindo constantemente o movimento da Lua e repetindo sempre quando Cheia. E finalmente as crises das doenças agudas que se não podem explicar ou entender sem a compreensão e concurso daquelas forças. E é esta doutrina, tão plausível e tão certa, que sempre a reconheceu a sabedoria e experiência dos gregos e latinos, e a confessa dos modernos; ainda que, o como aquelas forças produzem os seus efeitos nos corpos humanos, antes que o imortal Newton o descobrisse o ignoravam todos.”

Antônio Carlos: Eu como um estudioso da Astrofísica, acho isso totalmente sem sentido, um autêntico absurdo. Para mim as marés são um fenômeno decorrente de forças diferenciais e não se aplicam, absolutamente, aos fluidos do corpo humano.

Alexandre: Meu caro senhor Marcgrave, eu creio que o Antônio Carlos tem razão, no que diz respeito aos conhecimentos atuais. Eu me preocupo que as suas opiniões possam ser compreendidas como algum tipo de propaganda, que não desejamos, da Astrologia. Recentemente, mesmo, li um artigo intitulado “*Myths About Gravity and Tides*” (Mitos sobre a Gravidade e as Marés), escrito pelo Mikolaj Sawicki, na edição de outubro de 1999 da revista *The Physics Teacher*. Nesse artigo, o autor comentava exatamente isso que o Antônio Carlos falou, de como são totalmente negligenciáveis as influências gravitacionais sobre pequenas massas líquidas, mesmo sobre os lagos. No que diz respeito aos fluidos do corpo humano, então, nem é preciso falar o quanto tais efeitos são absolutamente inobserváveis. Marés são, realmente, fenômenos de uma escala bem maior. E isso me parece um problema sério para aqueles que acreditam na Astrologia e nas influências da Lua sobre os seres humanos.

Marcgrave: Meus caros senhores Alexandre e Antônio Carlos; os senhores têm certeza de que esta é uma questão absolutamente bem estabelecida, mesmo atualmente? Porque muitos fenômenos de pequeníssima escala, tidos até então como desprezíveis, estão sendo ressuscitados, se me permitem falar assim, com os avanços recentes da Nanotecnologia. Ouvi falar, de pesquisas bem recentes da Nanociência relacionadas, por exemplo, à Homeopatia, à tal “*memória da água*” que os homeopatas sempre falaram e os alopatas sempre acharam uma loucura. Quem garante aos senhores que esses fenômenos de

interferência da gravitação lunar e solar não interferiram em escalas absolutamente ínfimas, não detectáveis no momento com os fluidos do corpo humano?

Alexandre: Mas, voltando à sua colocação, Sr. Marcgrave, essa é, sem dúvida, uma boa discussão. Entretanto, procedendo desse modo tão heterodoxo, viajando em nossas próprias incertezas, corremos o enorme risco de sairmos do terreno científico, até agora estabelecido, e enveredarmos pela ficção científica. Certamente, a ciência não é detentora da verdade absoluta, mas o que podemos dizer é que baseados no estágio atual de conhecimentos científicos, não há nenhuma interferência gravitacional, do tipo apregoado pelos astrólogos, sobre os fluidos do corpo humano. Portanto, até o presente momento, ao menos no que toca às interações gravitacionais com o corpo humano, a Astrologia continua sem qualquer respaldo científico.

Amélia: Puxa, professora, agora o professor quer arengar, mesmo com o Marcgrave.

Cleide: Calma, Amélia, a discussão procede. É preciso ser muito cuidadoso nessas afirmações sobre a Astrologia para não cairmos facilmente no lugar comum, na disputa ideológica entre a rejeição apriorística, sem qualquer análise de mérito, ou na crença e na idolatria incosequente dos incautos.

Amélia: Puxa, professora, até a senhora?

Alexandre: Meu caro senhor Marcgrave, o que me parece aceitável é que o senhor à sua época não conhecesse bem a questão da Física das marés, o que, aliás, poucos ainda hoje conhecem, e em decorrência disso fizesse essas tais ilações entre a Astrologia e a Medicina. Isso me parece compreensível e posso até admitir que essas suas razões de curiosidade tenham, de fato, exercido um impulso nas suas pesquisas astronômicas. Afinal, por que outras razões o senhor se debruçaria, à sua época, sobre tais assuntos?

Marcgrave: Tudo bem! Posso admitir isso. Pode ser que se eu houvesse nascido na época atual e tivesse estudado a Física contemporânea eu pensasse de outro modo. Mas...

Terto: Daria para o senhor voltar a falar da sua época, dos seus estudos?

Marcgrave: Certamente! Eu estava falando exatamente deles, de como vim a me interessar pelo estudo da Astronomia como uma consequência do meu interesse no uso da Astrologia para fins de aplicação na Medicina. Foi aqui que a discussão começou.

Amélia: Pois volte, por favor, a falar da sua formação acadêmica.

Marcgrave: Pois bem! Eu após perambular por várias universidades européias, estudando principalmente Medicina, dirigi-me para a Universidade de Stettin, na época no norte da Prússia (na atual Alemanha). Na verdade, devido às muitas guerras ocorridas no continente europeu Stettin (ou Eichstadt) fica hoje no sul da Polônia. Lá fui estudar com um jovem e talentoso médico e astrólogo – e por decorrência, astrônomo – o Laurentius de Eichstadt. Quando cheguei lá, em 1632, o Laurentius tinha 36 anos e eu apenas 22 anos de idade.

Amélia: E quem era esse cara, esse tal de Laurentius?

Antônio Carlos: Há uma cratera da Lua que tem esse nome. Deve ser em sua homenagem.

Marcgrave: Claro! O Laurentius (ou Lorentz) foi um destacado médico, anatomista, alquimista, matemático, astrólogo e astrônomo alemão. Ele havia defendido a sua tese de doutorado na universidade de Wittenberg em 1621. Laurentius de Eichstadt durante anos (1624 - 1645) foi o médico municipal na sua cidade natal – Stettin. Depois chegou a ser professor titular de medicina, matemática e astronomia em Dantzig. Começou a ocupar-se

da Astrologia ainda jovem. Ele é autor de uma série de trabalhos de astrologia, dentre os quais ocupam um lugar importante as suas várias tabelas de Efemérides (de 1634, 1636 - 1640, 1641 - 1650) e outras tabelas astrológicas correlatas, as "*Tabelas Harmônicas do Movimento do Céu*", 1644; "*Tabelas do Movimento do Sol e da Lua desde 1400 até 1800*"; etc). Laurentius de Eichstadt obteve notoriedade entre os seus colegas, tanto em sua pátria como em outros países. Escreveu, igualmente, vários tratados de Farmácia. Isso era um outro desdobramento da sua dedicação à Medicina e à Alquimia. Ele estudou em detalhes o Sol, a Lua, Vênus e Mercúrio, aqueles astros que pareciam exercer maior influência sobre os seres humanos. Inclusive, após a minha morte, já em 1644, o Laurentius publicou um livro intitulado "*Novas Efemérides e Movimentos Celestes do ano de 1651 a 1665*", no qual estudou as posições do Sol, dos planetas inferiores Vênus e Mercúrio, os eclipses, as "Tábuas Rodolfinas" elaboradas por Kepler e as Tábuas de Christiani Sorensen Longomontanus. Eu aprendi muito com o Mestre Laurentius e de certo modo todo o meu trabalho posterior foi uma continuação do que ele havia iniciado. Eu, inclusive, o ajudei na elaboração da sua primeira tabela de Efemérides, aquela de 1634. Isso foi exatamente no ano em que sai de Stettin. Mas, todo o meu trabalho posterior é, de certo modo, um reflexo, quase uma continuação, do trabalho do meu grande mestre Laurentius de Eichstadt. Como vocês verão, eu me dediquei à construção de tabelas de efemérides, à atividade médica que para mim estava ligada à Astrologia, e cheguei mesmo a manter, tempos depois, uma farmácia em Recife.

Cleide: Mas, sendo o senhor tão ligado ao seu mestre Laurentius, por que saiu de Stettin?

Marcgrave: Bem, eu saí de Stettin e fui para a universidade de Leiden, na Holanda, por várias razões. Os holandeses haviam acabado de estabelecer ali um ótimo observatório e haviam, também, obtido centenas de obras antigas dos árabes. E para completar, ali estava também um homem muito culto, o Golius, que conhecia várias línguas orientais e estava trabalhando na tradução daqueles textos. Tudo aquilo me pareceu um enorme tesouro a ser explorado.

Cleide: Quer dizer, então, que você foi para lá estudar basicamente a Astronomia dos antigos árabes.

Marcgrave: Não apenas isso. Eu continuei sempre os meus estudos médicos, eles sempre foram o principal motor das minhas atividades profissionais. Os meus estudos de Alquimia, Farmácia, Anatomia, Desenho, Pintura, Astrologia, Astronomia e até mesmo os de Cartografia, radicavam todos na mesma matriz: a Medicina. Eles foram, como posso dizer, desdobramentos, conseqüências de minha atividade como médico.

Antônio Carlos: Mas, fale, mesmo assim, um pouco mais dos seus estudos de Astronomia em Leiden.

Marcgrave: Bem, foi estudando na Universidade de Leiden que eu conheci, naquela época, o Willem Pies e o Jan De Laet. O Pies era estudante de Medicina e Jan De Laet um cartógrafo de renome e um grande professor. Isso foi em 1636 e eu tinha 26 anos. Estudei Medicina e Astronomia durante dois anos em Leiden.

Fábio: E formou-se em apenas dois anos? Que curso rápido da gota foi esse?

Marcgrave: Eu não cheguei a colar grau, ganhar um diploma nesses assuntos. Mas, como já disse antes, eu já havia estudado em vários outros lugares, se bem que todos os meus estudos haviam sido igualmente inconclusos. Porém, na minha época, o

conhecimento adquirido valia bem mais do que um pedaço de papel. E há de se considerar, ainda, que quando eu cheguei em Leiden eu já tinha uma boa formação em Matemática, em Astronomia e principalmente em Medicina. Dois anos, portanto, foram para mim um complemento do que eu já havia estudado pela Europa em vários lugares.

Camello: Olhe aí, Fábio, o gringo agora deu uma dentro.

Marcgrave: Desculpe-me senhor Fábio, se o ofendi. Eu não tive essa intenção. Eu sou muito grato ao estudo que o senhor fez sobre mim; mas o que eu queria dizer é que o fato de não haver concluído o meu curso, não significa que eu não tenha adquirido bons conhecimentos. Nem sempre quem conclui um curso é aquele que aprendeu mais e melhor.



Figura 5 - Jacobus Golius (1596 – 1667)

Amélia: Tudo bem, a gente já está sabendo que o senhor não ganhou o papel; mas, estudou Astronomia com quem?

Marcgrave: Meu professor de Astronomia foi o famoso Jacob Gool, também conhecido como Jacobus Golius.

Amélia: Quem? O famoso quem?

Marcgrave: Senhora, o mestre Golius foi um conhecido estudioso das coisas do oriente, além de um astrônomo talentoso. Ele foi orientado pelo Willebrord Snell, que todos conhecem pela descoberta da lei da refração da luz. E o Snell, por sua vez, havia estudado em Praga, em 1600, com o Tycho Brahe e com o Kepler.

Quando o Snell morreu, em 1626, Golius sucedeu-lhe logo depois, em 1629, na cátedra de Matemática na Universidade de Leiden. Mestre Golius, inclusive, foi o fundador do observatório astronômico da Universidade; a mais antiga instituição acadêmica do gênero em funcionamento até hoje. Essa fundação foi em 1633 e ele se inspirou no estilo do observatório do Tycho para construir o de Leiden.



Figura 6 - Willebrord Snell (1580-1626)

O observatório, inclusive, foi construído, basicamente, para acomodar os instrumentos deixados pelo Snell, principalmente o seu enorme quadrante. Portanto, quando eu cheguei a Leiden em 1636, o observatório havia sido recém-inaugurado. E eu, tempos depois, construiria o nosso moderno observatório, aqui no Recife, baseado tanto no observatório de Leiden, como no de Tycho Brahe. Portanto, ainda que indiretamente, a minha abordagem e a minha formação radicam nas influências não apenas dos mestres Laurentius de Eichstadt e Jacobus Golius, mas também do Snell, do Tycho Brahe e do Kepler. A senhora acha pouco?

Camello: Fala, agora, Amélia. O homem era uma fera; estudou até com o capeta.

Antônio Carlos: Por favor, senhor Marcgrave, fale um pouco mais dos trabalhos do Golius. Seria interessante conhecermos um pouco da tradição de pesquisa dentro da qual você foi formado em Leiden.

Marcgrave: Ok! Vejam, a tradição ali começou com o pai do Snell, o Rudolph Snell, que foi professor de Matemática lá na Universidade de Leiden.

O Willebrord Snell, que é o Snell que vocês conhecem da lei da refração, sucedeu o pai nessa cátedra em 1613. Ele havia estudado Direito e Matemática em vários locais da Europa: em Praga, onde foi discípulo, como já disse, do Tycho e do Kepler; em Paris; na Basileia e em vários outros lugares. Ele se graduou apenas em 1607, em Leiden, três anos antes de eu nascer. Em 1617, o Snell publicou um livro que continha um método para a medida da Terra por triangulação. Esse trabalho, baseado nos antigos escritos do grego Eratóstenes, é a pedra fundamental da Geodésica. Em 1621, o Snell descobriu a famosa lei da refração, mas não a publicou. Desta forma, muitos outros vieram a redescobri-la, dentre eles o Descartes, que havia sido seu aluno. Muitos anos após a sua morte, já no século XVIII, em 1703, o Huygens é que atribuiria ao Snell essa descoberta. Na verdade, a história da lei da refração é muito mais complexa e não daria para discuti-la aqui e agora; ela vem desde os trabalhos do Ptolomeu, passando pelo Alhazen e pelo Kepler. Notem, porém, a íntima ligação dos trabalhos do Snell com as questões práticas. Ele, também estudou a curva loxodrômica, aquela que corta o globo formando ângulos iguais com os meridianos. Sem esse estudo, não teria sido possível os mapas de navegação. Além disso, Snell desenvolveu a Trigonometria dos árabes...

Alexandre: O astrônomo português Pedro Nunes foi outro grande estudioso desse assunto da curva loxodrômica. A Cleide e eu publicamos um trabalho sobre ele.

Marcgrave: Certamente! Os trabalhos do Pedro Nunes, que foram fundamentais para os navegadores portugueses, influenciaram decisivamente o Snell.

Camello: Você chegou a ser aluno do Snell?

Marcgrave: Não diretamente, pois quando cheguei a Leiden ele já havia morrido. Mas, fui influenciado pelas suas idéias através dos ensinamentos do Mestre Golius. O Golius era, também, um estudioso das línguas e costumes do oriente e isso o ajudou a aprofundar-se na Astronomia dos antigos árabes, sem a necessidade de recorrer às traduções latinas. Ele, inclusive, publicou uma tradução para o latim do manual do célebre astrônomo árabe Al-Farghani. O Golius após estudar em Leiden, com o Snell, estudou, também, na França. De 1622 a 1624, ele esteve no Marrocos servindo como engenheiro em uma missão holandesa estudando a construção de um porto perto de Agadir.

Amélia: Agadir? Quando eu era pequena, assisti a uma novela passada lá: o Xeique de Agadir. O senhor também assistiu essa novela?

Marcgrave: Não, senhora! Eu sempre preferi passar as noites olhando para o céu. Era bem mais divertido.

Risos...

Fábio: Amélia, você ainda é pequena. Você quer dizer, quando você era criança, não é?

Risos...

Camello: E, então, senhor Marcgrave, o que é que o Golius fez por lá?

Marcgrave: Ele adquiriu os seus primeiros manuscritos árabes e aquilo virou uma mania. Ele conseguiu permissão para viajar pelo oriente médio procurando outros manuscritos de valor. E, de fato, obteve vários deles. Àquela época ele já era proficiente em várias línguas orientais, persa e turco, dentre elas. Ele varreu as cidades do Oriente Médio procurando aquelas obras raras com muito sucesso. Quando voltou à Holanda, em 1629, trazia na bagagem mais de dois mil manuscritos. Um verdadeiro tesouro, que ele trouxe para a Universidade de Leiden. No mesmo ano, ele sucedeu o Snell na cátedra de Matemática, como já contei antes.

Camello: Ele devia ser peixe dos donos do poder para poder ganhar dinheiro apenas para ficar viajando.

Marcgrave: Na verdade, os Estados Gerais dos Países Baixos tinham todo o interesse do mundo naquelas obras raras. A Astronomia e a Matemática tinham um valor imediato para as navegações oceânicas. Por isso e por outros fatores, o fato é que o observatório da Universidade de Leiden converteu-se, rapidamente, em um dos maiores centros de estudo da Astronomia no mundo. E isso, até os dias atuais.

Alexandre: É verdade que o Galileu foi convidado a ensinar lá?

Marcgrave: É verdade, sim! Infelizmente, para ele e para a história da Astronomia, ele não teve condições de aceitar o convite para ir trabalhar no observatório de Leiden. Ele já estava velho e doente e em meio à turbulência da condenação movida pela Igreja contra ele. Mas, não custa imaginar o que ele poderia ter feito em Leiden. Quem conta essa história, dentre outros, é aquele famoso astrônomo contemporâneo, o William Keel, que fez o Post Doc dele lá em Leiden. Está no site dele na Internet.

Terto: E como é que você sabe disso?

Marcgrave: É que apesar de morto, eu navego muito na Internet. A minha curiosidade continua viva.

Amélia: Senhor Marcgrave desculpe a minha curiosidade que levou o senhor a contar toda essa história sobre o Snell e sobre o Golius, que eu não conhecia. Agora, eu estou juntando as pedras e vendo de onde vem a sua formação acadêmica. Mas, eu ainda estou curiosa em saber o que o senhor estudou por aqui, em Pernambuco, principalmente sobre Astronomia.

Marcgrave: Bem, na verdade, as pessoas me conhecem mais pelo livro que eu escrevi juntamente com o Pies sobre História Natural, o "*Historia Naturalis Brasiliae*". Nós levantamos a flora e a fauna do nordeste brasileiro em detalhes. Este livro foi editado pelo De Laet em 1648 na Holanda, após a minha morte, e reeditado em 1942 pelo Museu Paulista. Ele é uma verdadeira obra de arte, todos dizem. Há muita coisa boa escrita ao meu respeito sobre isso. O professor Juliano Moreira escreveu um estudo maravilhoso ao meu respeito no início do século XX.

Alexandre: É verdade, mas o Juliano Moreira descreveu mais o seu trabalho, senhor Marcgrave, enquanto botânico. Afinal, o Juliano era um médico. Já o seu trabalho como

astrônomo sempre ficou em segundo plano nos relatos históricos. Apenas no final da década dos 1970 as pesquisas desenvolvidas pelo Dr. John North em Leiden e no observatório de Paris, examinando documentos antigos e o projeto arquitetônico do observatório do Recife, permitiram-nos conhecer um pouco mais do seu trabalho enquanto astrônomo. Ele publicou um estudo maravilhoso sobre o assunto em um livro organizado na Holanda em 1979 pelo Professor Ernst van den Boogart. Eu li esse artigo em uma coletânea do próprio North publicada, posteriormente, na Inglaterra, em 1989.

Marcgrave: Pois, é! Eu fiquei muito feliz com aquele texto. Afinal, ele resgatou uma parte meio esquecida do meu passado como astrônomo. Você sabe algo mais sobre esse tal Dr. John North?

Alexandre: Ele é um dos maiores historiadores da ciência do mundo, especialista em Idade Média e na ciência islâmica. Recentemente, inclusive, ele lançou um livro intitulado: “*The Exact Sciences in Islam*”. O John North é inglês e estudou em Oxford e em Londres. Ele foi Professor na Universidade de Groningen, na Holanda de 1979 até 1999. Atualmente, está aposentado e morando novamente em Oxford. Ele foi também pesquisador visitante em várias outras universidades pelo mundo: Frankfurt, Aarhus, Yale e Minnesota.

Amélia: Professor, por favor, quer parar com isso e deixar o nosso entrevistado falar.

Cleide: É, Alexandre; deixe o senhor Marcgrave contar a história dele.

Alexandre: Desculpe, é que a obra do John North é mesmo fundamental para se compreender o trabalho astronômico do Marcgrave. E, além disso, ele perguntou quem era o North.

Camello: Eu pensava que tinha sido aquele holandês, o padre Jorge Polman, que ensinou Astronomia aqui em Recife na década de 70, quem havia descoberto essas coisas sobre o Marcgrave.

Alexandre: Bem, o padre Jorge Polman foi um grande incentivador do estudo da Astronomia aqui em Pernambuco em época recente e chegou, mesmo, a fundar um Clube Estudantil de Astronomia, o CEA, com os seus alunos; além de uma Sociedade de Astronomia do Recife, a SAR. Ele leu a edição original do trabalho do John North e divulgou aqueles conhecimentos aqui em Pernambuco com a edição de um livreto sobre o assunto, editado pelo CEA. A primeira vez que eu ouvi falar do trabalho do John North sobre o Marcgrave foi justamente em uma palestra do padre Jorge. E o padre fez, também, alguns desenhos baseados nas informações colhidas pelo North sobre como deveria ter sido o observatório do Marcgrave. Ele escreveu, ainda, uma carta para a revista americana *Sky & Telescope* sobre esse assunto. Isso foi em 1984; tanto o livreto quanto a carta.

Camello: Mas, afinal, quem descobriu o local exato onde havia funcionado o observatório do Marcgrave, foi esse tal de John North ou o padre Jorge?



Figura 7 - Vista da casa de Nassau sobre a qual foi construído o observatório de Marcgrave em Recife

Alexandre: Nenhum dos dois. Quem descobriu o local do observatório, e isso faz bem pouco tempo, foi um arquiteto pernambucano, o professor José Luís Mota Menezes, da UFPE. Ele publicou um artigo muito interessante em um livro sobre o período holandês aqui em Pernambuco organizado pelo professor Manoel Correia de Andrade. A Sociedade Astronômica do Recife conseguiu, até que fosse colocada, no ano 2000, uma placa no local onde funcionou o tal observatório.

Camello: Eu já havia ouvido falar que o seu observatório havia sido em uma das torres do palácio de Friburgo.

Fábio: É verdade; o John North diz isso. Mas o professor Antonio Gonçalves de Melo, um estudioso do período holandês aqui no Recife, mostrou-me uma gravura do Zacharias Wagener na qual aparece a cúpula da primeira residência de Nassau. A estrutura se assemelha extremamente à descrição do observatório contida nos manuscritos de Macgrave. Depois veio a localização exata pelo professor Mota Menezes. Mas, há também no texto do North a descrição de um acidente ocorrido nessa casa; acidente este no qual o telhado da mesma desabou, destruindo o seu observatório e quase matando o senhor, não foi isso?

Marcgrave: É verdade. Isso foi em 18 de março de 1640. Por isso, até a noite de 2 de novembro de 1642 eu perambulei com os meus instrumentos, observando aqui e ali. Fiz algumas observações até mesmo no forte Ceulen (atualmente forte Reis Magos), em Natal, no Rio Grande do Norte. Isso foi em 14 de abril de 1642.

Camello: Quer dizer que o senhor usou aquele primeiro observatório por pouco tempo?

Macgrave: Isso! Houve quatro períodos nas minhas observações astronômicas aqui no Brasil. O primeiro foi antes da construção do primeiro observatório. Ele inclui minha primeira observação de um eclipse total da Lua em 20 de dezembro de 1638. O segundo período começa na noite de 28 de dezembro de 1639, com a observação de uma ocultação de Mercúrio pela Lua e marca a inauguração do meu observatório. Esse segundo período vai até o acidente de 18 de março de 1640. Ai começa o meu terceiro período de observações ou o meu período como astrônomo itinerante. Finalmente, o quarto período corresponde à colocação dos instrumentos na torre do palácio de Friburgo. Ele se inicia em 2 de novembro de 1642 e vai até 22 de junho de 1643.

Fábio: Muitos já afirmaram que o seu observatório nunca funcionou no palácio de Friburgo; o padre Polman estava entre eles.

Marcgrave: Muitos já disseram, inicialmente, que o meu primeiro observatório havia sido apenas no palácio de Friburgo. Eles estavam enganados. Depois, outros disseram que o



meu primeiro observatório havia sido sobre a casa do senhor conde e estavam certos. Mas os que afirmam, como o padre Polman, por exemplo, que eu nunca tive um observatório na torre do palácio de Friburgo baseiam-se apenas no fato de que na planta ainda hoje disponível do referido palácio não constam informações sobre o meu observatório. Mas, como assinala o John North, eu deixei registros nos meus manuscritos sobre essa mudança dos instrumentos para o palácio. O mais é pura especulação. Mas, o primeiro observatório, certamente, não foi lá no palácio, mas sobre a primeira casa do senhor conde Maurício de Nassau.

Fabio: Uma coisa interessante é observar o quadro pintado na época pelo Zacharias Wagener e que retrata a primeira casa do Maurício de Nassau com o observatório do senhor Marcgrave no teto.

Marcgrave: Mas, ninguém mais divulgou o meu trabalho sobre Astronomia, nos últimos tempos?

Alexandre: Recentemente, com o advento da Internet, apareceram vários textos sobre o seu trabalho. Infelizmente, alguns deles com graves falhas, outros um pouco mais cuidadosos. Entretanto, é preciso salientar que todos esses trabalhos que apareceram não acrescentaram praticamente nada em relação ao que havia sido escrito antes sobre o senhor.

Marcgrave: Quem mesmo escreveu sobre mim nesse tempo todo, desde que eu morri?

Alexandre: Que eu saiba, primeiro foi o seu irmão, o Cristiano, que o senhor mal chegou a conhecer, pois ele era muito mais moço que o senhor. Ele, logo após a sua morte, achou que o senhor havia deixado uma enorme fortuna e requereu a posse do seu espólio. Desculpe a sinceridade, mas ele encheu a paciência do Jan De Laet e do Jacobus Golius. Ele conseguiu vários de seus manuscritos. O Golius mandou ele falar com aquele seu colega astrônomo lá de Leiden. Foi ele que salvou, ao menos uma parte dos seus papéis. Outra parte ele deu ao seu irmão.

Marcgrave: Quem foi esse astrônomo? O Samuel Kechel?

Alexandre: Ele mesmo. O Kechel ficou trabalhando com o Golius no observatório de Leiden. O Golius gostava muito dele e deixou-lhe de herança vários pertences, inclusive vários manuscritos que o senhor havia produzido no Recife.

Marcgrave: Mas, quem deu os meus manuscritos ao Golius?

Alexandre: Foi o Jan De Laet. Ele os havia recebido, muito provavelmente, do Maurício de Nassau. Mas, graças a Deus, o Kechel teve juízo e não deu todos os seus manuscritos ao seu irmão.

Marcgrave: Por que?

Alexandre: Porque, me desculpe novamente, o seu irmão não fez exatamente um bom uso dos papéis que recebeu. Atualmente, eles estão todos, praticamente, perdidos. O que restou dos seus originais encontra-se em Leiden e no observatório de Paris. Como foram parar ali é uma outra história muito comprida e um tanto misteriosa.

Marcgrave: Deixe para lá. Mas o que o meu irmão escreveu sobre mim?

Fabio: Bem, ele escreveu um monte de exageros. A biografia que ele construiu do senhor estava cheia de feitos grandiosos e lhe atribuía qualidades muito superiores àquelas que o senhor deve ter tido. Era, em síntese, uma obra de propaganda.

Amélia: Viu, professora, como o Fabio falou? Parece que ele conhece o cara desde menino.

Cleide: Lembre-se que ele e o Alexandre estudaram mesmo essa história do Marcgrave. É que o Fabio é brincalhão e às vezes você não percebe que ele conhece mesmo o assunto.

Camello: Mas, quem mais escreveu sobre o Marcgrave?

Alexandre: Muita gente, mas a maioria não merece uma menção, pois apenas trataram de repetir a conversa fiada do seu irmão Cristiano. Mesmo o Juliano Moreira, um pioneiro no Brasil nos estudos sobre o Marcgrave, caiu no conto do Cristiano. Sua biografia do Marcgrave é bastante laudatória.

Amélia: O que foi que o professor falou, professora?

Cleide: Laudatória, Amélia, cheia de elogios exagerados.

Amélia: Pensei que fosse alguma palavra em alemão.

Marcgrave: Mas, e os meus outros papéis, para onde foram?

Fabio: Se o senhor não sabe, como é que a gente vai saber. Mas eu desconfio que muita coisa o senhor perdeu nas carraspanas que tomava aqui no Recife.

Marcgrave: Veja lá como fala, senhor Fabio! Onde o senhor ouviu dizer que eu tomava carraspanas?

Fabio: O Pieter Post, irmão do Frans Post, deixou isso registrado e o John North se refere a este fato, claramente. Aliás, na sua época Recife, além do progresso econômico, era também um grande bordel, repleto de muita bebida, não era mesmo?

Marcgrave: Era! Isso vários historiadores já registraram. Mas, vamos mudar de conversa.

Antônio Carlos: Senhor Marcgrave, mas, afinal, o que o senhor veio mesmo fazer aqui no Recife? Como é que foi isso?

Marcgrave: Olha, eu estava já há dois anos estudando em Leiden, como disse antes, quando o Jan De Laet indicou o meu nome ao conde João Maurício de Nassau. Isso foi um ano após a chegada do Maurício de Nassau ao Recife. E eu tendo sido colega do Willem Pies, que vinha chefiando a comitiva de intelectuais, tive as coisas um tanto facilitadas. Além disso, eu havia lido a carta do Américo Vesputio falando das maravilhas dos trópicos no Novo Mundo e tinha uma enorme curiosidade em conhecer tudo aquilo. A natureza nos trópicos, as ricas fauna e flora e o firmamento meridional incendiavam a minha imaginação.

Fábio: Aí, então, o senhor juntou a fome com a vontade de comer. Pegou o mel e a cabaça. Mas há quem diga que o senhor e o Pies não eram tão chapinhas, assim, um do outro. Dizem até que o senhor era quase um empregado do Pies, que ele o tratava sem muita consideração.

Marcgrave: O que foi que o senhor disse? Não entendi...

Camello: Ele quis dizer apenas que o senhor uniu o útil ao agradável.

Marcgrave: Ah, sim! Foi isso mesmo! Eu vim para o Brasil, na verdade, por conta própria, mas logo após chegar ao Recife, o então médico do conde João Maurício faleceu. Eu falei nele momentos atrás, como era mesmo o nome dele?

Fabio: Era o Willem van Milaenen.

Marcgrave: Isso! Foi ai que eu entrei na história. E de início, eu fui convidado mesmo para ser o ajudante do Pies. Isso me levou a dedicar-me à Farmácia, à Pintura, à Botânica, à Cartografia e à Astrologia. Ligado com tudo isso estava a minha atividade como astrônomo. Envolvi-me até o pescoço, como diria o senhor Fábio, com os estudos de

História Natural. Fiz levantamentos da fauna e da flora, desenhos e pinturas. Ilustrei o livro escrito em parceria com o Pies, do qual já falei antes, e muitas outras coisas mais.

Terto: O que, por exemplo?

Marcgrave: Nas minhas viagens pelo interior do nordeste, juntamente com o Pies, eu anotava as coisas que ia vendo, traçando roteiros, construindo mapas. E, aí, a minha atividade em Astronomia voltou a aparecer.

Amélia: Como, assim? A sua atividade em Astronomia não foi apenas ligada à Iatromatemática, como o senhor falou anteriormente?

Marcgrave: Não! A questão é que para mapear a região, eu precisava também determinar posições com a maior exatidão possível. O trabalho do cartógrafo era intimamente ligado aos trabalhos astronômicos; isso, tanto em terra quanto no mar. Porque, em alto mar, as embarcações precisam orientar-se, saber onde estão. Caso contrário, aconteceria aquilo que os portugueses perpetuaram na expressão: “*comeu-lhe o mar*”. O problema da orientação era vital para a navegação transoceânica e àquela época era uma verdadeira questão de Estado.

Amélia: Mas, vocês não tinham, já, a bússola?

Marcgrave: Certo, minha querida senhora, mas a senhora há de convir que a agulha magnética apenas nos diz a direção. Ela não nos diz a posição do local. Ela era, sem dúvida, necessária para a orientação, mas não era suficiente. Era preciso determinar a latitude e a longitude do local. A latitude era fácil, mas a longitude era bem mais difícil.

Fábio: Você quer dizer que achar a latitude era sopa, mas quando se tentava achar a longitude, aí é que a porca torcia o rabo.

Marcgrave: Isso mesmo!

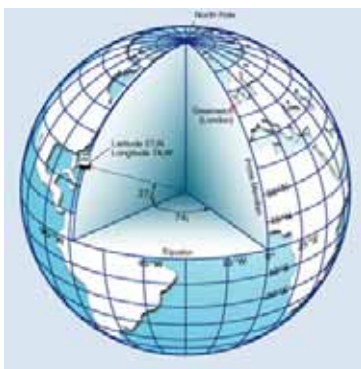


Figura 8 - Paralelos e Meridianos – Latitudes e Longitudes

Amélia: Mas, por que? E o que é mesmo latitude e longitude?

Marcgrave: Veja, senhora, nós podemos imaginar a Terra coberta por dois conjuntos diferentes de linhas imaginárias: os paralelos e os meridianos. Os paralelos, como diz o nome, são paralelos entre si e também ao Equador. Eles são todos círculos. O Equador é o círculo máximo que divide a Terra em dois hemisférios iguais: o Norte e o Sul. As latitudes são apenas as distâncias angulares entre os paralelos e o Equador. A senhora imagine que está no centro da Terra e lança uma reta em direção ao Equador e outra reta, sobre o mesmo meridiano, em direção a um outro paralelo que passa em um certo lugar. O ângulo entre

essas duas retas é a latitude daquele local e, claro, de todos os outros pontos sobre aquele tal paralelo. Note, além disso, que podemos dizer que a latitude é uma distância angular na direção Norte-Sul.

Amélia: E a longitude?

Marcgrave: Bem, primeiro, vamos nos lembrar do que são os meridianos. Eles são círculos que cortam a Terra perpendicularmente aos paralelos. Todos eles cruzam o planeta, passando pelos pólos Norte e Sul. A longitude é a distância angular entre um qualquer meridiano e um outro tomado como referência.

Camello: O meridiano de Greenwich.

Marcgrave: Bem, é verdade, mas essa convenção foi feita bem depois que eu morri. Aliás, o observatório de Greenwich, na Inglaterra, só foi construído em 1675 e eu morri em 1644.

Terto: E como é que você sabe disso?

Marcgrave: Eu estou morto, mas não sou desinformado; acompanho tudo que acontece e é do meu interesse.

Terto: Eu estou achando isso muito esquisito.

Marcgrave: Pois bem, voltando ao que a senhorita Amélia me perguntou.

Amélia: Professora, por que ele às vezes me chama de senhora e outras vezes de senhorita?

Cleide: Ele lhe chama de senhora todas as vezes que perde a paciência, preste atenção. É que ele é educado.

Marcgrave: Como eu estava dizendo, determinar a distância angular Norte-Sul, ou latitude, é fácil; mas determinar a distância angular Leste-Oeste é bem mais difícil. Neste caso, portanto, boa parte dos estudos práticos da Astronomia estavam voltados para a construção de tabelas destinadas ao cálculo da longitude.

Amélia: Mas, eu ainda não entendi porque era mais fácil determinar a latitude do que determinar a longitude. Aliás, eu nem sei como é que se determina uma nem a outra.

Marcgrave: Veja, em boa parte, essa diferença ocorre devido à rotação da Terra. Como a Terra gira na direção Oeste-Leste, a sua rotação não interfere na medida da distância angular Norte-Sul, ou seja, na latitude. Ao mudarmos de latitude, o céu observado muda de aspecto e a posição dos astros, do Sol, em particular, pode servir-nos de referência. Determinar a latitude reduz-se, deste modo, basicamente a um problema de medir o ângulo formado entre o plano da trajetória aparente de um astro no céu e o equador celeste. À proporção que vamos mudando de latitude, algumas estrelas vão desaparecendo no horizonte norte ou sul, enquanto outras vão passando a ser vistas no horizonte contrário. As próprias constelações que podem ser observadas variam com a latitude. Daí, o porque de ser simples a sua medição.

Camello: Mas, qual é mesmo, o problema em determinar a longitude?

Marcgrave: É que a longitude, sendo uma distância angular Leste-Oeste entre meridianos, sofre alterações com a rotação da Terra que é, também, nesta direção.

Fábio: Como assim?

Marcgrave: Veja, meu jovem.

Cleide (sussurrando): Está vendo Amélia. Ele falou: “meu jovem” com o Fábio. Ele está perdendo a paciência, mas como é muito educado, está tentando disfarçar.

Amélia: É mesmo, professora.

Marcgrave: Pois bem, a determinação da longitude implica em levarmos em consideração não apenas medidas espaciais, mas igualmente medidas de tempo. Entendeu?

Terto: Está meio misturado.

Marcgrave: Deixe-me contar a história de como esse problema começou. Plínio, o Velho, que viveu do ano 24 ao ano 79 da nossa Era e que além de filósofo era almirante da Armada romana, conta que em meio a uma batalha, durante uma invasão da região em que hoje fica o Iraque...

Camello: Puxa! Os romanos, também, invadiram o Iraque? Parece que a moda pegou.

Marcgrave: É, parece que sim. Mas veja como os romanos terminaram. De tanto invadir, aqui e ali, foram fragmentando o império e deu no que deu.

Fabio: Tomaram uma tremenda lapada.

Camello: Deus te ouça.

Antônio Carlos: Os americanos estão no mesmo caminho.

Marcgrave: Pois bem, durante a batalha na cidade de Arbela, houve um eclipse lunar. Ele ocorreu duas horas depois do pôr do Sol. Contudo, os romanos souberam, posteriormente, que o mesmo eclipse havia ocorrido na Sicília exatamente no momento do pôr do Sol. O que isso mostrava?

Camello: Sim, o que é que isso mostrava?

Marcgrave: Como Arbela fica bem a leste da Sicília, essa diferença de duas horas mostrava que a distância angular leste-oeste entre essas duas cidades poderia ser facilmente calculada. Uma volta completa na Terra equivale a um ângulo de  $360^\circ$ . Isso é feito, devido à rotação do planeta, em 24 horas; ou seja, a cada hora, a Terra gira  $15^\circ$ . Deste modo, a diferença de duas horas implicava que a distância angular leste-oeste entre aquelas cidades era de aproximadamente  $30^\circ$ . Se você toma, por exemplo, a Sicília como seu ponto de referência, a longitude de Arbela em relação à Sicília é de  $30^\circ$  leste. Veja, portanto, que a diferença entre a hora de ocorrência de um eclipse entre duas localidades pode servir para que calculemos a longitude relativa entre aqueles dois locais. Plínio escreveu um livro no qual relata esta descoberta.

Amélia: Genial! Agora eu entendi. E então?

Marcgrave: Então, logo depois, no ano 140 da nossa Era, Ptolomeu, o mais célebre astrônomo da Antiguidade, baseado neste tipo de medida, publicou vários mapas, mostrando tanto latitudes quanto longitudes.

Antônio Carlos: Eu não sabia que o Ptolomeu é que havia introduzido as medidas das longitudes.

Marcgrave: Foi ele, sim! Mas, ele cometeu alguns erros na medida da distância entre a Sicília e Arbela, fazendo com que os tais  $30^\circ$  fossem associados a uma distância bem menor que a verdadeira. Na verdade, foi um erro da ordem de 30% e isso fez com que ele estimasse o diâmetro da Terra como sendo bem menor que o seu valor real. Isso foi aceito, praticamente sem contestação, por mais de mil anos. Deste modo, não havia espaço para outros continentes e não é por outro motivo que Colombo após atingir o Novo Continente pensou já haver chegado às Índias. Os mapas da época de Colombo mostravam a Índia, o Japão e a China ocupando uma região onde na verdade ficam as Américas. Colombo não sabia que havia chegado a um novo continente. Ele julgou haver chegado às Índias ocidentais.

Antônio Carlos: Neste caso, se ele tivesse tido a sorte de haver presenciado um eclipse, ele poderia ter calculado a longitude baseando-se na diferença entre o tempo em que tal fenômeno teria sido presenciado e o momento previsto para que o mesmo ocorresse na Europa.

Fábio: Puxa, Antônio Carlos, você agora me deixou de queixo caído. Gostei da sacação. Um eclipse seria a salvação da lavoura. Ele ia sacar a besteira de ter pensado que já estava na Índia

Marcgrave: Isso mesmo, essa foi uma ótima observação. Um eclipse teria sido, mesmo, um presente divino. E na segunda viagem feita por Colombo, de fato, ocorreu um eclipse, precisamente no dia 14 de setembro de 1494.

Camello: Foi só, então, que o Colombo conseguiu calcular a longitude do local e dar-se conta de que não havia chagado às Índias, mas a um novo continente, não foi?

Marcgrave: De fato, Colombo calculou a longitude do local; mas, infelizmente, cometeu alguns erros grosseiros nos seus cálculos e o valor da longitude encontrado o fez continuar pensando que houvesse atingido as Índias. Aliás, para ele aquilo passou a ser uma espécie de comprovação da sua crença. Só em 1499 é que outro navegador, Américo Vesúcio, ao presenciar um outro eclipse, fez cálculos bem melhores para a longitude, mostrando que aquelas terras pertenciam a um novo continente. Não é por outro motivo que este Novo Continente recebeu o nome de América e não de Colômbia.

Amélia: Professora, que eu não sabia disso. Eu sempre achei que o Colombo havia sido injustiçado.

Alexandre: Senhor Marcgrave, é preciso acrescentar, entretanto, que existem interpretações de historiadores mais recentes de que Colombo poderia ter falsificado os seus cálculos e não propriamente ter errado, como o senhor afirmou.

Amélia: Ih! Professora, o professor, agora, quer discutir com o nosso convidado.

Cleide: Não, Amélia. Desta vez, ele está apenas acrescentando algo interessante.

Amélia: É! Vamos ver.

Marcgrave: Muito interessante essa interpretação. Eu, de fato não a conhecia. Na minha época, acreditava-se, simplesmente, que houvesse sido um erro. Mas, gostaria de ler algo a esse respeito. Para mim, esta versão faz um certo sentido, pois o Sr. Colombo havia sido contratado por haver prometido encontrar um caminho mais curto para as Índias e não para encontrar novas terras, cujas riquezas ainda eram incertas. Ele poderia muito bem ter trapaceado, quem sabe.

Alexandre: Tudo indica que ele trapaceou, mesmo. E não é à toa que caiu em desgraça ao constatarem que não havia cumprido o prometido e ainda teimava obstinadamente em manter a sua versão. Sobre esse assunto há uma porção de textos como, por exemplo, um de 1997, baseado em uma palestra do Professor Keith Pickering, que é historiador e consultor da National Geographic, disponível na Internet; ou ainda o livro de 1981 do Wilford Anderson.

Amélia: Sr. Marcgrave; que mal me pergunta, por que é mesmo que o senhor está contando essa história toda? O senhor não estava falando da sua vinda para o Brasil?

Marcgrave: Estava! Eu estou apenas tentando explicar porque a presença de um astrônomo era importante também para calcular longitudes, determinar posições, mapear, coisas assim. A senhora não pensa que o meu senhor, o conde Maurício de Nassau, trouxe-me apenas para que eu me deleitasse observando as belezas do firmamento. Certamente,

esta parte contemplativa também poderia contar um pouco, mas era secundária. É por isso, que a observação de eclipses era algo tão importante. Os eclipses da Lua eram autênticos relógios celestes. É como se eles houvessem sido colocados por Deus no firmamento para nos dizer onde nós estávamos. Na minha fé calvinista, eu realmente interpretava as coisas dessa maneira. Aliás, o Kepler chegou a afirmar que os eclipses eram sinais de Deus para orientar os homens. Eles forneciam informações para o importante cálculo da longitude. Sem isso, como poderíamos nós mapear a Terra, já que mapear implicava em conhecer posições?

Cleide: Mas o único modo de calcular a longitude era baseado em eclipses?

Marcgrave: Não! Certamente poderíamos utilizar a medida das diferenças temporais relativas à ocorrência de outros fenômenos celestes cujos acontecimentos houvessem sido antecipadamente previstos e que, de preferência, já estivessem nos Almanques de Efemérides. O problema principal com os eclipses é que eles ocorrem com uma frequência muito pequena. Assim, outros fenômenos celestes, como as ocultações, os trânsitos, as quadraturas, as oposições, também serviam para o cálculo da longitude. Bastava que um certo fenômeno celeste pudesse ser previsto para acontecer em uma certa época e em um certo local, para que a sua observação em outro local servisse de parâmetro de comparação temporal para a determinação da longitude.

Fábio: Quem não tem cão, caça com gato.

Marcgrave: Isso mesmo. E deste modo, por exemplo, o Galileu sugeriu, ao descobrir os satélites de Júpiter com o auxílio da sua luneta telescópica, que eles também poderiam servir como relógios celestes, como auxiliares na determinação da longitude.

Camello: Essa eu gostei. Esse Galileu era um danado, mesmo.

Marcgrave: Com certeza! E ele até tentou ganhar dinheiro com essa idéia brilhante. Mas enfrentou dois grandes problemas.

Cleide: Quais os problemas que ele enfrentou?

Antônio Carlos: E como pretendia ganhar dinheiro com essa idéia?

Marcgrave: Vamos, primeiro, falar dos problemas de se colocar essa idéia em prática. Ele precisava, inicialmente, calcular, com a maior precisão, a ocorrência de vários daqueles eclipses dos satélites de Júpiter e construir algo como uma tabela dos mesmos. E depois, tinha de encontrar uma maneira de observar a ocorrência desses eclipses em qualquer parte do mundo. Só assim poderiam eles ser úteis na determinação da longitude. O primeiro problema era de natureza teórica e implicava na descoberta de um tipo de saros para aqueles eclipses.

Amélia: O que é esse tal de saros, que o senhor falou?

Marcgrave: O saros é o ciclo de eclipses que apresenta um período de aproximadamente 18 anos 11 dias e 8 horas. A descoberta da sua existência, ainda na Antiguidade, permitiu a previsão mais cômoda dos eclipses do Sol e da Lua. Os antigos babilônios e certamente os gregos, posteriormente, os utilizaram fartamente. Mesmo sem conhecerem nada das leis da Mecânica Celeste, aquela regularidade descoberta era um verdadeiro tesouro.

Alexandre: As pesquisas históricas têm mostrado que muitas outras civilizações, inclusive algumas pré-colombianas, já possuíam, igualmente, um tal conhecimento.

Camello: Quer dizer que já se fazia observações astronômicas aqui nas Américas antes do Marcgrave?

Alexandre: Claro que sim e algumas delas com alto grau de precisão. Havia bons calendários e mesmo observatórios, como o do Caracol, construído pelos Maias na América Central, por volta do século IX da nossa Era. Mas, nunca houve observações sistemáticas realizadas com o auxílio de telescópios. Essa primazia, no hemisfério Sul, pertence, realmente ao Margrave.

Margrave: Obrigado, fico feliz em ouvir isso.

Terto: Mas, afinal, você falou que o problema da observação dos satélites de Júpiter dividia-se em dois: um teórico e um prático, mas só falou do teórico.

Margrave: É que vocês perguntaram sobre o saros. Mas, o problema prático desdobrava-se em dois outros. O primeiro era como observar a ocorrência dos tais eclipses, já que eles não podiam ser vistos a olho nu.

Camello: Oxente! Que besteira! Era só levar um telescópio, uma luneta, para onde fosse.

Margrave: Em tese, era essa a solução. Mas, na prática, a coisa era mais complicada.

Camello: Por que?

Margrave: O senhor já imaginou a dificuldade de observar os satélites de Júpiter com uma luneta em cima de um navio balançando?

Camello: É mesmo, não havia pensado nisso. É pior do que dar beliscão em azulejo. Pior do que isso só consertar relógio embaixo d'água com uma luva de boxe.

Risos...

Terto: E qual era o segundo problema prático?

Margrave: Pois é! Ainda havia o problema de que Júpiter, durante muitos meses apresentava-se durante a luz do dia; o que tornava a sua observação simplesmente impraticável.

Camello: Quer dizer, então, que Galileu teve de abandonar o seu método?

Margrave: Não foi bem assim. Em terra o método poderia ser muito útil. E o Galileu era realmente um cara obstinado.

Alexandre: Principalmente quando se tratava de ganhar dinheiro, que era algo que sempre vivia lhe faltando.

Camello: Descobri que tenho algo bastante em comum com o Galileu: a falta de dinheiro.

Fábio: Eu também vivo liso. Já posso me considerar um discípulo legítimo do mestre Galileu.

Amélia: Todos nós professores somos galileanos legítimos.

Margrave: Pois bem, o Galileu bem que tentou vender o seu método; e quase conseguiu. Os tais eclipses dos satélites de Júpiter apresentavam a grande vantagem de serem muito mais frequentes, mas também tinham os tais problemas que já falamos momentos atrás. Mesmo assim, o Galileu construiu tabelas prevendo os tais eclipses. E tentou ganhar um prêmio estabelecido pelos espanhóis para quem obtivesse um método seguro de obter a longitude. Era um bocado de dinheiro.

Camello: Quanto?

Margrave: Os espanhóis ofereciam 6000 ducados como prêmio imediato e mais uma pensão vitalícia mensal de outros 2000 ducados. Era dinheiro muito, mesmo. Não faltaram concorrentes, mas ninguém ganhou, nem o Galileu. Ele escreveu para a Corte Espanhola em 1616, quando eu tinha apenas seis anos de idade, propondo o tal método baseado nos



satélites de Júpiter. Ele havia descoberto os satélites no exato ano que eu nasci, em 1610. Ele manteve uma longa correspondência com as autoridades da Corte espanhola por 16 anos e não conseguiu nada e então desistiu. Deste modo, quando pouco tempo depois os Estados Gerais dos Países Baixos resolveram, isso já em 1636, oferecer um prêmio semelhante àquele dos espanhóis, o Galileu tentou, mais uma vez ganhar aquele dinheiro. Desta vez, os responsáveis pelo prêmio levaram a sério o método proposto por Galileu. Entretanto, naquela época Galileu já estava vivendo sob prisão domiciliar, em Arcetri, e quando os delegados holandeses tentaram falar com ele, a Igreja impediu. Isso fez com que os holandeses desistissem e pouco tempo depois, em 1642, o Galileu morreu.

Fábio: E dois anos depois o senhor também subiu para o primeiro andar.

Marcgrave: Infelizmente. Mas, vamos continuar a nossa conversa e deixar a minha morte para lá.

Terto: Eu continuo achando isso muito esquisito.

Camello: Só por curiosidade: esse tal método dos satélites de Júpiter também morreu?

Marcgrave: Não, absolutamente! Tempos depois o Ole Roemer, um astrônomo dinamarquês, ainda continuava trabalhando, no observatório de Paris na construção de tabelas dos satélites de Júpiter. Foi durante a preparação dessa tabelas, inclusive, que o Roemer fez uma descoberta magistral, isso em 1676: a primeira medida da velocidade da luz. Olhe aí a Astronomia dando, novamente, a sua contribuição.

Terto: Mas, a essa altura, o senhor já estava bem empacotadinho, não estava?

Marcgrave: Claro! Isso foi 32 anos depois da minha morte. Eu já disse que morri em 1644.

Camello: E houve alguma outra tentativa diferente de determinar a longitude?

Marcgrave: Várias! Pouco antes do meu nascimento, ainda em 1600, vocês sabem, saiu aquele livro do William Gilbert: o De Magnete. Na verdade, ele não foi o primeiro, mas ele deu um impulso na idéia de que deveria existir uma dependência entre a declinação da bússola, o ângulo que a agulha forma com a vertical em um certo local, e a longitude. Durante todo o tempo da minha vida isso esteve na moda, mas ninguém nunca encontrou nada de conclusivo a esse respeito.

Antonio Carlos: De onde nasceu essa idéia?

Marcgrave: Parece que foi o Norman, que havia sido marinheiro inglês e é tido na história da Física como um legítimo precursor do Gilbert, quem pensou primeiro nisso. Ele parece que notou que a declinação da bússola variava quando os navios iam na direção polar e pensou nessa tal dependência.

Alexandre: O John Caboto, navegador português a serviço da coroa inglesa investiu muito tempo na procura dessa tal dependência. Entretanto, foi ele que terminou fornecendo os dados que vieram a sepultar essa idéia. Sabe quem foi que matou essa idéia?

Fábio: Dê uma pista!

Marcgrave: Pois, então, mate a seguinte charada, eu sempre gostei de mensagens cifradas: quem terá cometido esse assassinato da idéia de utilizar a bússola para determinar a longitude?

Camello: Já sei! Quem cometeu, lembra cometa. Deve ter sido o Halley.

Marcgrave: Isso! Foi ele mesmo. Isso, já em 1701. Ele mostrou que os dados coletados no Atlântico Norte revelavam que as linhas isogônicas, ou seja, de variações constantes, circulavam na direção Leste-Oeste, independentemente, portanto, da longitude.

Fábio: Senhor Marcgrave me desculpe lhe perguntar, mas essa sua história sobre a determinação da longitude não tem fim? Quando é que o senhor vai começar a falar das observações astronômicas que o senhor fez aqui no Recife?

Marcgrave: Mas, meu caro jovem...

Cleide (sussurrando): Está vendo, Amélia, ele já está perdendo a paciência, de novo.

Fábio: Já sei! O senhor já está falando delas.

Marcgrave: Isso, meu jovem! Tudo que eu fiz em termos de observações astronômicas na Nova Holanda, quer dizer, em Pernambuco, foi sempre ligado com fins bem determinados. Quais?

Terto: Determinar a longitude e praticar essa sua medicina de araque, essa tal de Iatromatemática.

Marcgrave: De araque é a sua vovozinha.

Terto: Me segura, que vou dar nesse fantasma de uma figa.

Amélia: Calma, Terto.

Cleide: É, Terto, você provocou-o demais.

Fábio: É, Terto, ele só estava brincando. Já tirou onda comigo e com a Amélia e a gente nem esquentou.

Terto: Está bem, desculpe! Mas, me diga uma coisa: ainda tem alguma outra forma de tentar determinar a longitude que o senhor não tenha falado?

Marcgrave: Tem, sim! Querem ouvir?

Fábio: Vá em frente! Bote mais uma dose de determinação da longitude aqui no meu copo.

Marcgrave: Pois, bem! O Gemma Frisius, um astrônomo holandês, já havia sugerido desde 1530, portanto, logo depois da descoberta do Brasil, que o ideal seria se pudéssemos levar um bom relógio para dentro do navio. Neste caso, o problema estaria resolvido. Note que, deste modo, estaríamos levando para qualquer lugar do globo a marcação do tempo do local de onde houvéssimos partido. Assim, se soubéssemos que no nosso local de partida a uma certa hora um determinado astro deveria estar no zênite, bastaria observar a que horas aquele mesmo astro passaria no zênite naquele novo local. A diferença de tempo nos daria a longitude por uma simples regra de três.

Fábio: Então, estava resolvido. Era só levar o tal relógio e pronto. Por que não adotaram esse método logo?

Marcgrave: E onde é que tinha esse tal relógio tão preciso? Os relógios de pêndulo tradicionais oscilavam descompassadamente com o balanço do navio e não conseguiam manter a marcação da hora do local de partida. E os relógios de mola helicoidal, recentemente inventados, eram ainda engenhocas muito toscas para dar uma precisão confiável. Isso levou, no final do século XVII, à tentativa de aperfeiçoamento dos relógios de pêndulo. Huygens tentou ganhar o prêmio oferecido pelos holandeses e para isso escreveu um estudo muito detalhado sobre a Física subjacente ao funcionamento de um relógio de pêndulo, um pêndulo físico, claro, não um pêndulo simples. A sua idéia era propor um método confiável, baseado naquele estudo teórico. Sob certos aspectos o seu trabalho foi um sucesso.

Camello: Então, ele ganhou o prêmio, certo?

Marcgrave: Pois, bem! O Huygens não ganhou o prêmio, pois seu método não era prático. O seu livro editado em Paris em 1673, o "*Horologium Oscilatorium*" ou "*O*

*Relógio Oscilador*”, do ponto de vista prático, deu com os burros n’água, como dizem os portugueses. Entretanto, o seu estudo teórico levou-o a desenvolver determinados conceitos físicos até então inexistentes.

Antônio Carlos: O que, por exemplo?

Marcgrave: O conceito de momento de inércia, por exemplo, e o de centro de massa, também. Era uma tentativa de estudar um pêndulo físico como se fosse um pêndulo simples. Além disso, ele chegou em expressões que são equivalentes à conservação da energia mecânica. As expressões para a “força viva” e para a “energia potencial”, aparecem de forma explícita, ainda que não tenham sido caracterizadas como tais. Foi um enorme avanço para a Física; um avanço no qual a Física ficava em débito com a Astronomia.

Fábio: Puxa! Eu já gostava de Astronomia, mas agora estou vendo que além de fascinante ela empurrou um bocado a Física ao longo da história.

Marcgrave: Certamente, e esse é um ponto que vocês, professores de Física, deveriam explorar um pouco mais. Até mesmo para o seu próprio benefício. Então, já que eu posso falar um pouco mais de coisas que vieram depois de mim, nunca é demais lembrar que a Astronomia e a Física estiveram juntas até mesmo no surgimento da Física Moderna. Veja o caso da Espectroscopia. A luz vinda do Sol permitiu a descoberta de um elemento químico, o Hélio, primeiramente nos céus, para só depois ser encontrado na Terra. E esse método de análise das raias de luz veio a se converter em uma nova e poderosa ferramenta simultaneamente útil no estudo do átomo e no estudo das estrelas. E a coisa não para por aí. A nova Física, a Relatividade, que havia contribuído com o Einstein, para explicar o avanço excessivo do periélio de Mercúrio, recebeu a contribuição de volta quando a Astronomia forneceu, no estudo de um eclipse do Sol, observado aqui perto, em Sobral, no Ceará, as primeiras confirmações da mesma teoria.

Amélia: Mas, voltando à sua época, quem resolveu o problema da medição do tempo em alto mar?

Marcgrave: Isso não foi exatamente na minha época, já que eu vivi na primeira metade do século XVII. A solução para o problema da medição do tempo em alto mar só veio em pleno século XVIII. Ela surgiu com o relógio construído pelo engenheiro inglês John Harrison. A história dessa descoberta é interessantíssima e repleta de mistério; ela está contada no livro da Dava Sobel sobre o problema da longitude. Parece que saiu, recentemente, uma tradução em português. Mas, vamos voltar a falar do tempo que eu vivi no Recife.

Terto: Graças a Deus. O senhor estava, no início de 1638 chegando ao Recife. Comece daí, por favor.

Marcgrave: É até bom, mesmo, pois essa parte eu conheço melhor. As outras coisas que eu falei vocês podem aprofundar com outros entrevistados.

Alexandre: Certamente! Nós já entrevistamos o Tycho Brahe, o Kepler e o Leopold Infeld. E outros deverão vir, em breve, dependendo, claro, da performance do senhor nesta presente entrevista.

Marcgrave: Pois, bem!

Amélia: Professora, já notou como ele repete esse tal de “pois, bem”?

Marcgrave: Pois, bem! Eu, desde o início da minha estada no Recife me empenhei na catalogação das estrelas do hemisfério Sul. Para ver um maior número de estrelas, eu utilizei o telescópio. Uma luneta refratora, do tipo galileano. Mesmo antes de construir o

meu observatório, eu ainda em 20 de dezembro de 1638, observei um eclipse total da Lua. Aquela observação do eclipse me permitiu calcular, com precisão, a longitude do Recife. Sabendo esta diferença angular entre a Europa e o Recife, eu pude determinar com uma precisão antes não alcançada, a distância entre os dois continentes. À proporção que eu ia fazendo minhas observações, ia, também, escrevendo um Tratado manuscrito e utilizando aquelas medições nos mapeamentos da colônia.

Camello: E o observatório?

Marcgrave: Ele só ficaria pronto em 28 de setembro de 1639.

Antônio Carlos: E sobre esse tal Tratado manuscrito a que você se referiu? Eu até hoje só ouvi falar de que você observou um eclipse do Sol, mas nunca ouvi falar de outras publicações astronômicas suas. Que Tratado é esse?

Marcgrave: Infelizmente, ele nunca foi publicado! Na verdade, até o meu livro de História Natural foi publicado após a minha morte, já em 1648. O De Laet, responsável pela edição, deve ter tido um trabalho danado traduzindo tudo aquilo que eu deixei nos manuscritos do livro. É preciso lembrar que por uma questão de segurança, eu escrevia as minhas anotações em linguagem cifrada. O fato é que há duas versões possíveis para a não publicação de todas as minhas anotações astronômicas, e para a publicação apenas do relato daquele eclipse total do Sol. A interpretação mais difundida, é que alguns astrônomos em Leiden aconselharam o De Laet a não publicar as minhas demais anotações astronômicas. Os meus detratores, sempre poderão dizer que elas continham falhas grosseiras. Entretanto, há uma outra interpretação possível: é bem possível que, simplesmente, eles não tenham conseguido traduzir a contento as minhas anotações cifradas e tenham chegado à conclusão de que a relação custo/benefício para publicar tudo aquilo não valeria à pena. Não sabemos, ao certo. Apenas novas pesquisas históricas poderão revelar algo sobre este assunto.

Camello: E o observatório?

Marcgrave: Pois, bem. A construção do observatório me foi encomendada pelo senhor conde e eu fiz, então todo o projeto baseado, como disse antes, no observatório da Universidade de Leiden e indiretamente no do Tycho Brahe. Diferentemente do Tycho, entretanto, eu tinha um telescópio.

Camello: Era um refrator ou um refletor?

Marcgrave: Não existiam, ainda telescópios refletores. Foi o Newton quem criou isso... Como já disse antes, eu construí o observatório em cima do telhado de uma dependência, na esquina da primeira residência do conde Maurício de Nassau. Ele ficava, de esquina, voltado para o que hoje é a ponte Maurício de Nassau.

Cleide: O palácio ficava mais perto do que eu pensava da beira do rio. Não era depois da atual Casa Ramiro Costa?

Marcgrave: É que na época a margem do rio era mais para dentro. Houve vários aterros posteriores, certamente.

Antônio Carlos: E o que havia de instrumentos no observatório? Como era a sua arquitetura interna? Tinha algum Cassegrain?

Marcgrave: Quem me dera! Os telescópios Cassegrain só vieram a ser inventados apenas em 1672 e o seu aperfeiçoamento foi feito já século XX. Eles permitem um amplo campo de visão, mas só foram criados muitos anos após a minha morte. O fato é que, como revelou o Professor John North, em meu observatório havia uma plataforma de observação com um pouco mais de 6 metros quadrados. No centro dela eu fiz construir uma torre

hexagonal com 4 metros de altura e com lados de 1,88 metros. O observatório tinha dois andares. Na sala de observação do andar superior havia um quadrante com uma altura de 1,57 metros. O quadrante era pivoteado em um círculo de 3,14 metros de diâmetro e eu o usava para medir as posições dos astros. Era um instrumento muito parecido com o do Snell. Na sala de baixo, que era toda fechada, eu coletava as imagens do Sol obtidas com o telescópio e projetadas sobre uma tela. Esse método foi consagrado pelo Hevelius e por outros astrônomos europeus. Eu cheguei, inclusive, a desenhar várias imagens de manchas solares que ainda se encontram em meus manuscritos, mas que nunca foram publicadas.

Antônio Carlos: E qual era, mesmo, o seu telescópio?

Marcgrave: Era uma luneta refratora galileana com uns sete pés de comprimento. Isso dá, nas medidas que vocês usam, quase 2,20 metros, pois 1 metro é aproximadamente igual a 3,28 pés. Era um bom instrumento.

Fábio: Puxa vida! Era um senhor instrumento.

Camello: Eu pensava que era um instrumento bem menor.

Marcgrave: Eu tinha algumas outras lunetas menores que me ajudavam na localização dos astros e que eu transportava comigo nas minhas viagens. Eu possuía algumas estantes onde guardava vários instrumentos, principalmente os sextantes. Mas eu também possuía dois globos celestes, dois terrestres, duas clepsidras, ou relógios d'água, como vocês chamam, um pêndulo, algumas lanternas e uma pequena escada. O observatório tinha, também, uma parte ao ar livre, que nós chamávamos de "*Theatrum*" onde eu podia, igualmente, realizar minhas observações. Se bem, que a sala superior, com suas seis janelas, permitia uma linda visão panorâmica. Ali eu media a altitude e o azimute dos planetas e das estrelas. Eu, também, anotava, cuidadosamente as posições dos planetas. Eu pude observar também, que as Nuvens de Magalhães pareciam não conter estrelas. Essa era, digamos assim, a rotina do observatório, acrescido, claro, da observação cuidadosa das efemérides astronômicas. Essa, aliás, era a rotina de qualquer astrônomo da minha época.

Fábio: Mas, parece que as suas medições não foram, assim, tão exatas. Parece que você cometeu um erro perto dos 4 graus.

Alexandre: O Tycho Brahe teria ficado horrorizado com semelhante erro. E pensar que o Jan De Laet refere-se, no prefácio da edição da História Natural que você e o Pies escreveram como se você estivesse preparando uma nova obra astronômica que rivalizaria com a do Tycho. Ele se refere a você como alguém que estaria destinado a ser o Tycho Brahe do hemisfério sul. Eu creio que há um bocado de exagero nessa afirmação do De Laet, não?

Marcgrave: Talvez! Na verdade, minhas anotações foram esparsas e estão muitas delas perdidas.

Fábio: Mas, você não parece ter sido suficientemente metódico e rigoroso para almejar a posição de um novo Tycho. Será que eu estou sendo muito duro ao dizer isso?

Marcgrave: Não! Infelizmente, creio que fui também um sonhador. Eu bem que gostaria de ter sido um novo Tycho Brahe.

Terto: Mas não foi, você bebia muito.

Marcgrave: Por isso, não! O Tycho bebia mais do que eu!

Risos...

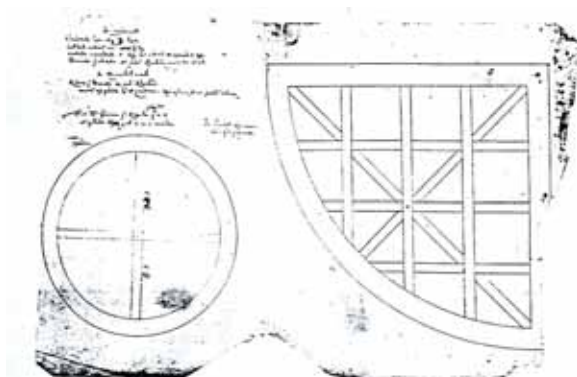


Figura 9 - Planos do quadrante de Marcgrave contidos em seus manuscritos



Figura 10 - Quadrante de Snell no antigo observatório de Leiden

Terto: Mas o Tycho não contava tanta farofa... As Tabelas de Efemérides baseadas nas observações, para lá de precisas, dele são ainda hoje um exemplo de trabalho metódico.

Camello: Parece, que você era meio folgado, não?

QVADRANS MAXIMVS CHAL  
SEUS QVADRATO INCLUSVS, ET  
HORIZONTI AZIMUTHALI CHALYBEO  
INFIXVS.



XXVI

Figura 11 - Quadrante de Tycho Brahe

Marcgrave: De minha parte, creio que me faltou tempo para dedicar-me mais assiduamente às observações astronômicas. E quanto aos erros que o senhor Fabio falou, momentos atrás, eu credito os mesmos a erros no meu quadrante.

Camello: Mas o seu quadrante não era uma cópia do quadrante do Tycho Brahe? O padre Polman afirma isso naquele livreto dele.

Alexandre: O John North diz o mesmo, mas eu penso que, neste caso, ambos se equivocaram. Para mim, o quadrante do Marcgrave era uma cópia do construído pelo Snell e que ainda hoje pode ser visto no antigo observatório de Leiden. Eu mesmo dei uma olhada nele e comparei com os desenhos do Marcgrave. Não é isso, senhor Marcgrave?

Marcgrave: Claro! Eu nunca disse que o meu quadrante era uma cópia do quadrante do Tycho. Ele deriva do quadrante do Tycho, mas é, em verdade, uma cópia do instrumento do Snell. O quadrante do Tycho era bem mais rebuscado, cheio de detalhes em seu acabamento.

Fábio: Mas, ainda assim, sendo uma cópia do quadrante do Snell, o seu instrumento continha, ao que parece, um erro de fabricação grosseiro dos tais 4 graus. E deste modo, me desculpe, a sua determinação das efemérides, e por decorrência as suas determinações das longitudes, ficariam muito comprometidas, não?

Marcgrave: Certo!

Amélia: Mas, afinal, o que são essas tais efemérides astronômicas?

Marcgrave: São aqueles fenômenos celestes notáveis e regulares, dos quais eu já falei e que podem ser previstos com antecedência e observados posteriormente para que possam ser de utilidade, por exemplo, no cálculo da longitude. Exemplos deles são os próprios eclipses, as quadraturas, as ocultações os trânsitos, e outros mais. Agora não dá para explicar o que significa cada um deles, mas quem sabe poderemos voltar a conversar em outra ocasião? Lembrem-se, ainda, que nós não tínhamos esse maravilhoso GPS de vocês. Mas, mesmo hoje, se vocês estivessem em alto mar e o GPS de vocês estivesse quebrado, o que vocês fariam para não ficarem perdidos? Como fariam para determinar a longitude?

Amélia: Eu gritaria e cairia no choro.

Alexandre: Você poderia também pular na água, Amélia. Se o tubarão lhe engolisse você não estaria mais perdida, pois ele sendo bicho do mar deve saber para onde ir.

Terto: Eu tentaria consertar o GPS. Eu estou fazendo um curso de Eletrônica lá em Campina Grande.

Antonio Carlos: Eu usaria o sextante para determinar a altura e o azimute dos astros.

Marcgrave: Sim! E daí? E o que o senhor iria fazer com esses dados?

Cleide: Eu rezaria para São Loguinho achar um jeito de sairmos dali.

Camello: E eu rezaria para minha querida Nossa Senhora, que é mais forte que o São Loguinho de Cleide, e protetora dos desesperados, pedindo que o fantasma do senhor Marcgrave aparecesse para ensinar a gente a sair da enrascada.

*Risos...*

Fábio: Eu, simplesmente, olharia o meu relógio digital comprado na feira da Sulanca lá em Santa Cruz do Capibaribe e que eu deveria ter ajustado no início da viagem. Depois, eu ligaria o meu radinho de pilha do Paraguai, comprado em Caruaru, e sintonizaria em alguma estação conhecida para me dizer a hora certa do local da radio. Pela diferença entre a hora escutada no radio e a hora dada pelo meu relógio digital eu faria uma simples regra de três e calcularia a longitude.

Marcgrave: Muito bem, senhor Fábio! O senhor está realmente de parabéns! Vejo que estou diante de um verdadeiro colega astrônomo. Aceite os meus sinceros cumprimentos!

*Palmas...*

Amélia: Professora, o Fábio ficou emocionado com o elogio do Marcgrave.

Cleide: Calma Fábio. Não precisa ficar tão emocionado, assim; mas em nossas viagens de navio vamos sempre lembrar de convidar você para vir conosco.

Camello: Senhor Marcgrave, eu gostei desse problema que o senhor deu para a gente, mas me fale um pouco mais do que é que o senhor observou, em termos de Astronomia, por aqui, além do tal eclipse total da Lua de 20 de dezembro de 1638.

Marcgrave: Falando das efemérides, eu observei, já no observatório, o eclipse parcial do Sol em 13 de novembro de 1640. Esse eclipse, inclusive, foi o motivo maior para a construção do próprio observatório. Eu observei, ainda, mais outros dois eclipses totais da Lua, já no observatório: um em 14 de abril de 1642 e um outro em 8 de outubro de 1642. Eu observei, ainda, um eclipse parcial da Lua em 3 de abril de 1643.

Camello: E além dos eclipses, o que mais o senhor observou?

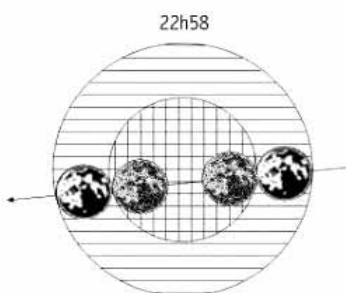


Figura 12 - Eclipse Total da Lua – 1638

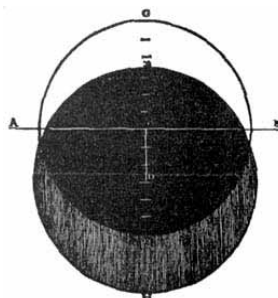


Figura 13 - Eclipse Parcial do Sol – 1640

Marcgrave: Eu já falei da minha observação das Nuvens de Magalhães. Agora, em termos de efemérides, eu vi, além dos eclipses, uma ocultação de Mercúrio pela Lua, em 28 de setembro de 1639.

Camello: Na noite da inauguração do observatório?

Marcgrave: Isso mesmo! E observei, também, uma conjunção de Vênus com Saturno em 18 de janeiro de 1641. Se vocês quiserem mais detalhes técnicos, inclusive algumas figuras dos eclipses produzidas em computador, é só dar uma olhada no site da Sociedade Astronômica de Pernambuco ou no texto do Pierson Barreto.

Antônio Carlos: Vou dar uma olhada, sim!

Terto: E que lembrança o senhor guarda do Recife e do governo do Nassau, aqui em Pernambuco?



Marcgrave: Foi um período de muito progresso e de relativa paz social. O Nassau era um grande administrador; firme, mas tolerante. Aliás, a tolerância é o perfume das grandes almas. Nassau projetou uma nova cidade, idealizou um novo mundo, reformulou a produção, organizando a concessão de empréstimos aos produtores rurais. Além disso, mostrou-se tolerante, também, com as várias práticas religiosas. Mas, o preço do açúcar sofreu quedas agudas no mercado mundial e isso afetou drasticamente a situação econômica da colônia, tanto dos produtores rurais, que ficaram endividados, quanto dos ganhos financeiros dos associados da Companhia das Índias Ocidentais. De um lado, uns se sentiam sem condições de pagar os empréstimos e de outro lado os credores passaram a exigir os resgates imediatos dos títulos. No meio desse fogo cruzado, o Nassau passou a ser visto pelos dirigentes da Companhia como um perdulário, um grande consumidor de recursos. Houve até quem insinuasse que ele estava tentando criar um Estado independente. Seus poderes foram questionados e ele renunciou, talvez como uma mera forma de pressionar os dirigentes da Companhia. Sua renúncia, entretanto, foi aceita e ele retornou em 1644, à Holanda. Com a saída do Nassau a coisa aqui piorou. O agravamento da situação econômica, associado à inabilidade dos novos dirigentes, acelerou as revoltas. No auge da crise, os dirigentes da Companhia cogitaram da volta do Nassau, mas sem os mesmos poderes de antes. Ele, prontamente, recusou o convite e permaneceu na Europa até o final dos seus dias, em 1679. Ele ainda teve, entretanto, uma carreira gloriosa na Europa. No entanto, os detalhes da sua história transcendem, em muito, as possibilidades explicativas dessa nossa conversa. Vocês deveriam ler textos mais específicos sobre o Nassau. E outra boa pedida seria dar uma olhada na exposição sobre o Frans Post que está acontecendo no Instituto Ricardo Brennand, na Várzea, aqui em Recife.

Amélia: Eu vi a exposição e adorei os quadros e o local. Agora, após esse nosso papo, me deu uma enorme vontade de voltar lá. É como se todos aqueles objetos expostos ganhassem um novo sentido.

Cleide: Eu sinto o mesmo, vou fazer outra visita mais demorada à exposição do Frans Post.

Terto: E o senhor ficou aqui até quando?

Marcgrave: A Nova Holanda sem Nassau não fazia mais sentido. Embora meu desejo fosse retornar à Holanda e compilar os resultados das minhas pesquisas no Brasil, terminei indo para as possessões holandesas na África, para realizar novos trabalhos de campo. O certo é que em Angola fiquei doente e morri em Luanda, já não me lembro da data, em 1644. E eu tinha, apenas, 34 anos. Graças a Deus eu havia deixado os meus manuscritos com o meu senhor, o conde Maurício de Nassau, que os levou para a Europa. O resto da história vocês já sabem.

Fabio: O Cristiano, seu irmão, conta que o senhor morreu de uma febre, mas parece que você morreu mesmo foi de uma carraspana, que nem o Tycho Brahe. O John North levanta essa possibilidade. Pelo menos, nisso, você parece ter rivalizado, mesmo com o Tycho. Eu também queria tirar uma outra dúvida com o senhor. Eu andei fazendo umas simulações de suas observações e algumas datas não coincidem com aquelas que o senhor assinalou, então...

*A luz desaparece novamente, neste exato momento.*

Terto: Essa falta de luz está uma coisa séria.

Amélia: E logo agora, que a gente tem certeza que tem um fantasma junto da gente. Não é mesmo senhor Marcgrave?

*Silêncio*

Fábio: Eu quero que o senhor me responda direitinho o que eu acabei de lhe perguntar.

Cleide: Senhor Marcgrave, o senhor está nos ouvindo?

*A luz volta, subitamente.*

Amélia: Cadê ele, gente? Ele sumiu!

Cleide: Eu acho que ele ficou triste com o final da história e não quis nem se despedir da gente.

Antônio Carlos: Logo agora, que eu ia perguntar se ele não queria ir dar uma palestra lá para os meus alunos.

Fábio: Eu acho que ele fugiu. Mas, apesar dele ter sumido, assim, de repente, eu gostei muito de conhecê-lo. Fiquei até com vontade de conversar com outros personagens da história da Astronomia. O que é que o senhor acha, professor? Que tal se a gente tentasse falar com o...

Alexandre: Não sei não! Essa coisa de conversar com esses fantasmas de cientistas do passado é meio complicada. Vamos ver antes o que é que os leitores da revista acham dessa nossa conversa para lá de heterodoxa com o Marcgrave. Uma coisa é certa: o que não falta é fantasma de astrônomo importante na fila para ser entrevistado.

*Risos...*

## Referências

ANDERSON, Wilford. **Viking Explorers and the Columbus Fraud: Pros and the Con Man**. Chicago: Valhalla Press, 1981.

ANDREWES, William (Editor). **The Quest for Longitude**. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, 1996.

ARAGÃO, Helena. **Observatório de Markgraf Comemora 361 Anos**. Ciência Hoje On Line, Outubro, 2000. <http://www.uol.com.br/cienciahoje/chdia/n212.htm#inicio>. Acessado em 17 de abril de 2001.

ARAÚJO, Fábio. **História da Astronomia em Pernambuco**. Monografia de Graduação em Licenciatura em Física. Universidade Federal Rural de Pernambuco, 1997.

AZEVEDO, Fernando (org.) **As Ciências no Brasil**. Vol. 2, Rio de Janeiro: Editora da UFRJ, 1994, pp.104-111.

AZEVEDO, Fernando (org.) **As Ciências no Brasil**. 2 vols. São Paulo: Editora Melhoramentos, 1955.

BARRETTO, Pierson. **Primeiro Observatório Astronômico do Hemisfério Sul e das Américas na Era Moderna (28/set/1639)**. Site da Sociedade Astronômica da Recife, Recife, Outubro de 2000.

[http://www.astronomos.com.br/urania/artigos/historia/pb\\_marcgrave.html](http://www.astronomos.com.br/urania/artigos/historia/pb_marcgrave.html). Acessado em 12 de março de 2002.

BOOGAART, Ernst van den (Editor). **Johan Maurits van Nassau-Siegen 1604-1679, a Humanist Prince in Europe and Brazil: Essays on the Occasion of the Tercentenary of his Death**. The Hague: North Holland Publishing Company, 1979.

BOUMAN, Pieter. **Johan Maurits van Nassau, de Braziliaan**. Utrecht: Oosthoek, 1947.

BOXER, Charles. **Os Holandeses no Brasil: 1624-1654**. São Paulo: Companhia Editorial de São Paulo, 1961.

FERNIE, Donald. Finding Out the Longitude. **American Scientist**. Vol.90, N.5, Sept 2002.

FERNIE, Donald. **Setting Sail for the Universe**. New Jersey: Rutgers University Press, 2000.

HOWSE, Derek. **Greenwich Time and the Discovery of the Longitude**. Oxford: Oxford University Press, 1996.

IHERING, Rodolpho von. George Marcgrave. **Revista do Museu Paulista**, Vol.9, 1914, pp. 307-15.

JOPPIEN, Rudiger. The Dutch Vision of Brazil: Johan Maurits and his Artists. In E van den Boogaart (Editor). **Johan Maurits van Nassau Siegen 1604-1679, a Humanist Prince in Europe and Brazil**, the Hague: North Holland Publishing Company, 1979, pp. 297-376.

KEEL, William. **Telescopes I've Seen** – Leiden.  
<http://www.astr.ua.edu/keel/telescopes/leiden.html>. Acessado em 2 de fevereiro de 2002.

KEENAN, Philip. The Earliest National Observatories in Latin America. **Journal for the History of Astronomy**, Vol. 22, 1991, pp. 21-30.

MARCGRAF, George. **Historia Naturalis Brasiliae**, São Paulo: Imprensa Oficial do Estado (Edição do Museu Paulista), 1942.

MARKGRAF, Friedrich. Georg Markgraf. In Gillispie, Charles (org). **Dictionary of Scientific Biography**. Vol.9, New York: Simon & Schuster MacMillan, 1981, pp. 122-123.

MEDEIROS, Alexandre. Entrevista com Kepler: Do seu Nascimento à Descoberta das Duas Primeiras Leis. **A Física na Escola**. Vol.3, N.2, outubro 2002.

MEDEIROS, Alexandre. Continuação da Entrevista com Kepler: A Descoberta da Terceira Lei do Movimento Planetário. **A Física na Escola**. Vol.4, N.1, março 2003.

MEDEIROS, Alexandre. Entrevista com Tycho Brahe. **A Física na Escola**. Vol.2, N.2, outubro 2001.

MEDEIROS, Cleide & MEDEIROS, Alexandre. Considerações sobre os Contextos da Descoberta e da Justificativa na Álgebra de Pedro Nunes. **Episteme**. Vol. 15, 2003.

MELLO, José. **Tempo dos Flamengos – Influência da Ocupação Holandesa na Vida e na Cultura do Norte do Brasil**. Rio de Janeiro: Topbooks, 2002.

MENEZES, José Luís Mota - A Cidade do Recife Urbanismo Lusitano e Holandês (pp. 213 – 233) In Andrade, Manoel (org). **Tempo dos Flamengos & Outros Tempos**. Ed. Massangana, 1999.

MOREIRA, Ildeu; NASCIMENTO. C. & OLIVEIRA, L. “Theorica Verdadeira das Marés” (1737): O Primeiro Texto Newtoniano em Português. **Revista de Ensino de Física**. Vol.9, N.1, outubro 1987.

MOREIRA, Juliano. Marcgrave e Pies. **Revista do Museu Paulista**, Vol14, 1926, pp. 649-73.

NORTH, John. Georg Markgraf: An Astronomer in the New World. Reprinted, pp. 215-234: In North, John. **The Universal Frame: Historical Essays in Astronomy, Natural Philosophy and the Scientific Method**. London: Hambledon, 1989.

OLSON, Donald W. Columbus and an Eclipse of the Moon. **Sky & Telescope**, Vol. 82, N.4, October 1992, pp. 437-440.

PICKERING, Keith. **The Navigational Mysteries and Fraudulent Longitudes of Christopher Columbus**. A Lecture given to the Society for the History of Discoveries, August 1997, <http://www1.minn.net/~keithp/shd973.htm>. Acessado em 2 de abril de 2003.

POLMAN, Jorge. Letter on Georg Markgraf. **Sky & Telescope**, Vol. 68, N.5, November 1984, p.388.

POLMAN, Jorge. **Markgraf e o Recife de Nassau**. Recife: Clube Estudantil de Astronomia, 1984.

QUEIROZ, Cláudio & GALLIAN, Dante. Primeiras Experiências de Ciência Européia nos Trópicos: Maurício de Nassau, Willem Pies e George Marcgrave. **Videtur 20**. Revista on line: <http://www.hottopos.com/videtur20/dante.htm>. Acessado em 2 de agosto de 2003.

ROCHA, Leduar. **História da Medicina em Pernambuco: Séculos XVI, XVII e XVIII**. Recife: Arquivo Público Estadual, 1960.

SAWICKI, Mikolaj. Myths about Gravity and Tides. **The Physics Teacher**. Vol.37, N.7, pp.438-41, Oct 1999.

SCHAEFER, Bradley. Lunar Eclipses That Changed the World. **Sky and Telescope**, December, 1992, p.639-642.

SCHAEFER, Bradley. Solar Eclipses That Changed the World. **Sky and Telescope**, May, 1994, pp.36-39.

SILVA, Leonardo. Para Entender o Brasil Holandês. **Continente Documento**, Vol.1, N.1, 2002, pp.2-32.

SOBEL, Dava. **Longitude: The True Story of a Lone Genius Who Solved the Greatest Scientific Problem of His Time**. New York: Penguin Books, October 1996.

STRUIK, Dirk. Mauricio de Nassau, Scientific Maecenas in Brasil. **Revista da Sociedade Brasileira de Historia de Ciencia**, Vol.2, 1985, pp.21-6.

TOWARD, Eisler. New Holland European Expansion in the South Pacific: The Role of Imagery in Seventeenth Century Dutch Overseas Expansion. **Art Network**, Vol.19/20, Winter-Spring, 1986, pp.12-19.

WHITEHEAD, Pieter; PALMER, James & BOESEMAN, Maurice. **Um Retrato do Brasil Holandês do Século XVII: Animais, Plantas e Gente, pelos artistas de Johan Maurits de Nassau**. Rio de Janeiro: Kosmos, 1989.

WHITEHEAD, Pieter. The Biography of Georg Markgraf (1610–1643/4) by his Brother Christian. **Journal of the Society for the Bibliography of Natural History**, Vol. 9, N.3, November 1979, pp.301–314.

WHITEHEAD, Pieter. The Markgraf Map of Brazil. **The Map Collector**, Vol.40, Autumn 1987, pp.17-20.

YOUNG, Warren. Measuring Longitude, Columbus Style. **Sky & Telescope**, September 1996, pp. 70-74.

## Figuras:

Figura 1 - Palácio de Friburgo – Construído por Maurício de Nassau em Recife – 1642

Créditos: In SILVA, Leonardo. Para Entender o Brasil Holandês. Continente Documento, Vol.1, N.1, 2002.

Figura 2 - Johann Mauritius van Nassau-Siegen

Créditos: In SILVA, Leonardo. Para Entender o Brasil Holandês. Continente Documento, Vol.1, N.1, 2002.

Figura 3 - Casa de Maurício de Nassau em Haia – Mauritshuis – Atualmente um Museu de Artes

Créditos: In Schilderijen van het Mauritshuis.

<http://www.geheugenvannederland.nl/gvnNL/handler.cfm/event/onpage/pageID/DAE94E5B-48DD-4987-948B-00064F7CB16E/collectionid/0F75A4F9-2B48-47D4-A704-1CD328F2CDA6>

Figura 4 - Horóscopo elaborado por Marcgrave

Créditos: In NORTH, John. Georg Markgraf: An Astronomer in the New World. Reprinted, pp. 215-234: In North, John. The Universal Frame: Historical Essays in Astronomy, Natural Philosophy and the Scientific Method. London: Hambledon, 1989.

Figura 5 - Jacobus Golius (1596 – 1667)

Créditos: In University of Leiden – <http://ub.leidenuniv.nl/bc/olg/portret/golius.htm>

Figura 6 - Willebrord Snell (1580-1626)

Créditos: In Pioneers in Optics – <http://micro.magnet.fsu.edu/optics/timeline/people/snell.html>

Figura 7 - Vista da casa de Nassau sobre a qual foi construído o observatório de Marcgrave em Recife

Créditos: In SILVA, Leonardo. Para Entender o Brasil Holandês. Continente Documento, Vol.1, N.1, 2002, pp.2-32.

Figura 8 - Paralelos e Meridianos – Latitudes e Longitudes

Créditos: In [http://www.nmm.ac.uk/uploads/jpg/Lat\\_long.jpg](http://www.nmm.ac.uk/uploads/jpg/Lat_long.jpg)

Figura 9 - Planos do quadrante de Marcgrave contidos em seus manuscritos

Créditos: In NORTH, John. Georg Markgraf: An Astronomer in the New World. Reprinted, pp. 215-234: In North, John. The Universal Frame: Historical Essays in Astronomy, Natural Philosophy and the Scientific Method. London: Hambledon, 1989.

Figura 10 - Quadrante de Snell no antigo observatório de Leiden

Créditos: In KEEL, William. Telescopes I've Seen – Leiden.

<http://www.astr.ua.edu/keel/telescopes/leiden.html>. Acessado em 2 de fevereiro de 2002.

Figura 11 - Quadrante de Tycho Brahe

Créditos: In POLMAN, Jorge. Markgraf e o Recife de Nassau. Recife: Clube Estudantil de Astronomia, 1984.

Figura 12 - Eclipse Total da Lua – 1638

Créditos: In POLMAN, Jorge. Markgraf e o Recife de Nassau. Recife: Clube Estudantil de Astronomia, 1984.

Figura 13 - Eclipse Parcial do Sol – 1640

Créditos: In POLMAN, Jorge. Markgraf e o Recife de Nassau. Recife: Clube Estudantil de Astronomia, 1984.

# TIERRA Y CIELOS: ¿DOS UNIVERSOS SEPARADOS?<sup>1</sup>

*Jaime Carrascosa<sup>2</sup>  
Daniel Gil-Pérez<sup>3</sup>  
Jordi Solbes<sup>4</sup>  
Amparo Vilches<sup>5</sup>*

**Resumen:** El estudio de la gravitación constituye una ocasión excepcional para mostrar la ciencia y la tecnología en toda su riqueza y complejidad, considerando, entre otros aspectos:

- Las situaciones problemáticas relevantes que llevaron a la construcción de los conocimientos,
- las dificultades de todo tipo con las que hubo que enfrentarse y, muy en particular,
- la necesidad de superar las “evidencias de sentido común” que establecían una supuesta barrera infranqueable entre la Tierra y los Cielos y que obstaculizaron durante siglos el desarrollo científico.

En este trabajo presentamos un programa de actividades para el estudio de la gravitación en la secundaria superior, orientado a favorecer la participación de los estudiantes, en alguna medida, en la reconstrucción de este proceso que constituyó la denominada primera gran revolución científica y asomándonos al estudio de una de las ciencias más antiguas, la Astronomía, que hoy sigue despertando gran interés.

**Palabras-clave:** Barrera Tierra-Cielos; revoluciones científicas; interacciones ciencia-tecnología-sociedad-ambiente (CTSA); libertad de investigación; naturaleza de la ciencia; historia de la ciencia; aprendizaje como investigación orientada

## TERRA E CÉUS: DOIS UNIVERSOS SEPARADOS?

**Resumo:** O estudo da gravitação constitui uma ocasião excepcional para mostrar a ciência e a tecnologia em toda sua riqueza e complexidade, considerando, entre outros aspectos:

- as situações problemáticas relevantes que levaram à construção dos conhecimentos,
- as dificuldades de todo tipo que se teve que enfrentar nessa construção e, muito em particular,
- a necessidade de se superar as “evidências do senso comum” que estabeleciam uma suposta barreira intransponível entre a Terra e os Céus e que foram um obstáculo durante séculos para o desenvolvimento científico.

Neste trabalho apresentamos um programa de atividades para o estudo da gravitação nos últimos anos do ensino médio, orientado a favorecer a participação dos estudantes, em alguma medida, na reconstrução deste processo que constituiu a denominada primeira grande revolução científica e a nos aproximarmos do estudo de uma das ciências mais antigas, a Astronomia, que hoje continua despertando grande interesse.

**Palabras chave:** Barreira Terra-Céu; revoluções científicas; interações ciência-tecnologia-sociedade-ambiente (CTSA); liberdade de pesquisa; natureza da ciência; história da ciência; aprendizagem como pesquisa orientada

---

<sup>1</sup> Este artículo ha sido concebido como contribución a la Década de la Educación para el Desarrollo Sostenible, instituida por Naciones Unidas para el periodo 2005-2014

Direcciones de contacto: Escuela de Magisterio, Universitat de Valencia, España.

<sup>2</sup> [jcalis@vanadoo.es](mailto:jcalis@vanadoo.es)

<sup>3</sup> [daniel.gil@uv.es](mailto:daniel.gil@uv.es)

<sup>4</sup> [jordi.solbes@uv.es](mailto:jordi.solbes@uv.es)

<sup>5</sup> [Amparo.Vilches@uv.es](mailto:Amparo.Vilches@uv.es)

## **EARTH AND HEAVENS: TWO SEPARATE UNIVERSES?**

**Abstract:** The study of gravitation constitutes an exceptional occasion to show the richness and complexity of science and technology, contemplating, among other things: the problematic situations which are at the heart of the scientific knowledge, the difficulties encountered in the construction of knowledge and, especially, the necessity of overcoming “common-sense evidence” that proclaimed the existence of an insurmountable barrier between Earth and Heavens, hindering scientific development during many centuries. In this paper we present a program of activities to orient the study of Gravitation at Upper High School, favoring students’ participation in the reconstruction of this first scientific revolution and giving them the opportunity to see the importance of Astronomy both in the history of science and today.

**Keywords:** Barrier Earth-heavens; Scientific Revolutions; Science-Technology-Society-Environment (STSE) relationships; Research freedom; Nature of Science; History of Science; Science Learning as Oriented Research



### **Presentación: El estudio de la gravitación como una ocasión privilegiada para abordar aspectos fundamentales de la actividad científica**

El estudio de la gravitación suele plantearse, básicamente, para facilitar el manejo operativo de las fuerzas gravitatorias. Se procede así, en los últimos cursos de secundaria, a introducir la ley que determina el valor de la interacción gravitatoria, el concepto de campo gravitatorio, la medida de su intensidad, su estudio energético, etc., con una atención particular al campo gravitatorio terrestre.

Es poco frecuente, sin embargo, que se resalte debidamente lo que supuso el establecimiento de la Ley de Gravitación *Universal* como culminación de una impresionante -y en muchos sentidos dramática- revolución de las ideas sobre el Universo y el lugar de la Tierra en el mismo, que marcó el nacimiento de la ciencia moderna frente al dogmatismo religioso y su negación de la libertad de investigación.

Nuestro propósito, precisamente, es presentar un “programa de actividades” (Gil et al., 2004) que hemos ensayado reiteradamente y que permite a los estudiantes participar, en alguna medida, en la reconstrucción de ese proceso auténticamente revolucionario que condujo desde la aceptación “incuestionable” del Sistema Geocéntrico, al surgimiento del modelo Heliocéntrico y al establecimiento de la ley de la Gravitación Universal. Y resaltar, insistimos, sus enormes implicaciones en nuestras concepciones del Universo y en las actuales formas de vida. De este modo, los estudiantes pueden asomarse a aspectos fundamentales de la actividad científica y tecnológica que a menudo son ignorados en la enseñanza y que pueden contribuir a mostrar su naturaleza de desafío apasionante. Algo absolutamente necesario para romper con el creciente desinterés hacia los estudios científicos y, como ha mostrado la investigación didáctica (Simpson et al., 1994; Giordan, 1997; Furió y Vilches, 1997), para un mejor aprendizaje de los conocimientos implicados.

Presentamos este *programa de actividades* como ejemplo de puesta en práctica del modelo de aprendizaje como investigación orientada que hemos desarrollado en otros trabajos (Gil-Pérez et al., 2004). Recordaremos tan sólo que estos programas están concebidos como un material destinado a orientar el trabajo de los equipos de estudiantes y las puestas en común posteriores con la orientación del docente.

Naturalmente, de acuerdo con las mismas características del modelo, se trata de un programa de actividades flexible, que puede y suele experimentar modificaciones y enriquecimientos al ser puesto en práctica. No se presenta aquí, pues, como una guía a seguir sino como propuesta que cada profesor o equipo de profesores puede remodelar.

Lo que sigue es la transcripción del programa de las actividades (designadas como A.1., A.2., etc.), pero incorporando también comentarios para los docentes. De acuerdo con ello, todo el texto que sigue (formado por las actividades y pequeñas notas de presentación y conexión) va dirigido a los estudiantes, excepto los *comentarios*, destinados al profesorado, en los que se detalla lo que se pretende con las actividades, qué resultados suelen obtenerse, etc.

Señalemos, por último, que planteamos este estudio de la gravitación, tal como suele hacerse en un curso de secundaria superior, tras el capítulo destinado al estudio general de las fuerzas.

## **Introducción: Distintos tipos de fuerzas**

Tras el estudio realizado de las interacciones como causa de los cambios en el movimiento de los cuerpos, y una vez analizada la existencia de diferentes tipos de interacciones, vamos a dedicar el estudio de este tema a una interacción en particular, la gravitatoria, para lo cual conviene que nos planteemos en primer lugar la siguiente cuestión:

### **A.1. *¿Qué interés puede tener el estudio de la fuerza gravitatoria?***

**Comentarios A.1.** Se trata de una actividad crucial en el inicio del estudio de cualquier tema, que aquí permitirá a los estudiantes reflexionar acerca de la importancia de la fuerza de gravedad en la vida cotidiana, de su presencia constante en todo aquello que realizamos cada día, relacionando el estudio que se inicia con los capítulos anteriores y el resto del programa. En este nivel la mayoría de los grupos suele hacer referencia también a su importancia en el movimiento de los planetas, las estrellas, galaxias y satélites artificiales de la Tierra, los vuelos tripulados alrededor de la Tierra y a la Luna, etc. Sin embargo la vinculación entre la fuerza gravitatoria sobre los objetos en la superficie terrestre y la atracción entre los astros no es tan obvia y, como sabemos, ha planteado históricamente serias dificultades, en las que resulta conveniente detenerse, pues están asociadas a lo que puede considerarse la primera gran revolución científica.

Estas discusiones iniciales permiten, pues, resaltar la importancia del estudio de la gravitación, comprender el interés del tema que se va a abordar, lo que facilita, a su vez, la toma de decisiones acerca de lo conveniente del estudio, la aproximación cualitativa al mismo, la posterior formulación de problemas concretos, etc.

Estamos ahora en situación de plantearnos qué es lo que nos interesaría estudiar acerca de la gravitación.

### **A.2. *Formulen preguntas que puedan resultar de interés para el estudio de la gravitación.***

**Comentarios A.2.** Entre las preguntas que los estudiantes formulan nos interesa destacar algunas como las siguientes: ¿qué relación existe entre la fuerza gravitatoria que se ejercen los cuerpos y el movimiento de los planetas o de los cuerpos en el universo?, ¿cuál es la naturaleza de esta interacción? También suelen mostrar interés acerca de los distintos cuerpos del sistema solar y del universo, sus relaciones, cómo ha evolucionado históricamente la concepción del universo, así como a aspectos relativos a la utilidad y a las repercusiones que tiene todo esto en el ámbito tecnológico, en la vida diaria, etc.

Las preguntas formuladas pueden dar pie a la introducción del índice del tema, justificando el interés de un abordaje siguiendo un hilo conductor histórico, para poder comprender mejor las dificultades, los problemas que hubo que enfrentar y superar, así como sus implicaciones de todo tipo.

Se trata, pues, de iniciar el estudio de un capítulo excepcional desde el punto de vista no solo científico sino didáctico, en el que se abordarán con detenimiento, como iremos viendo, aspectos que van a contribuir de forma relevante a mostrar una imagen de la ciencia contextualizada, en toda su riqueza y complejidad: aprovechando los acontecimientos históricos para una mayor comprensión de los conocimientos científicos, considerando los

problemas planteados que llevaron a la construcción de dichos conocimientos, abordando las dificultades ideológicas con las que, a lo largo de muchos años, numerosos científicos tuvieron que enfrentarse (persecuciones, condenas...) y, muy en particular, aproximándonos al surgimiento de un nuevo paradigma, basado en unas mismas leyes para todo el universo y fruto del trabajo de muchas personas (Copérnico, Kepler, Galileo, Newton y un largo etcétera), que unificaba la mecánica terrestre y celeste, poniendo fin a una de las barreras que había impedido el avance científico a lo largo de más de veinte siglos. Por último, nos va a permitir asomarnos al estudio de una de las ciencias más antiguas, la Astronomía, que hoy día sigue despertando un gran interés, no solo por sus aplicaciones y sus grandes avances tecnológicos, sino porque también nos ayuda a resolver uno de los más antiguos problemas: conocer nuestro lugar en el Universo.

Una vez planteadas las posibles cuestiones, se puede presentar a los estudiantes un índice que recoja los aspectos que se van a desarrollar en el tema y que permitirá ir respondiendo a las preguntas formuladas:

1. Antecedentes: primeras ideas sobre el Universo
2. El sistema geocéntrico
3. El modelo heliocéntrico
4. La Gravitación Universal. La síntesis newtoniana
5. Algunas consecuencias e implicaciones de la ley de la Gravitación Universal

Después de formular las cuestiones que nos preocupan e interesan, pasamos a abordar el primer apartado del estudio de la interacción gravitatoria.

### **1. Antecedentes: Primeras ideas sobre el universo**

La mayor parte de los pueblos y civilizaciones, a lo largo de la historia, han elaborado modelos sobre el Universo, tratando de explicar los movimientos del Sol, la Luna o las estrellas. El estudio de la astronomía, del movimiento de los astros, jugó desde el principio un importante papel en las diferentes religiones y culturas.

**A.3.** *¿Qué importancia práctica tuvieron en la antigüedad los conocimientos astronómicos?*

**Comentarios A.3.** Una de las más importantes aplicaciones prácticas de la astronomía ha consistido en la información que nos proporciona para facilitar la orientación o medir el paso del tiempo y establecer un calendario, algo fundamental en todas las actividades que desarrollamos (desde la antigüedad en que ya resultaba imprescindible para regular actividades como la agricultura, la caza, etc.). A los alumnos les resulta interesante conocer por ejemplo, que hacia el año 2000 antes de nuestra era los egipcios regulaban su calendario por los movimientos de la estrella Sotkis, que salía justo antes del alba por la época de la inundación del Nilo. En aquella misma época, los habitantes de Mesopotamia realizaron precisas mediciones astronómicas. Basaban sus mediciones del tiempo en el mes lunar, y el año constaba de 360 días dividido en doce meses de 30 días cada uno, bautizando los días con los nombres del Sol, la Luna y cinco planetas. Otra de sus

aportaciones fue la división del día en doce horas dobles y de la hora en minutos y segundos sexagesimales.

También fueron muy notables los avances realizados por los amerindios. Podemos referirnos así, por ejemplo, a la “rueda de la medicina”, de los saskatchewan, construida hacia el siglo VI a. de C., que constituye el observatorio astronómico más antiguo de América y que señala la salida del Sol cada solsticio de verano. Tenemos otro ejemplo en el Cañón del Chaco, en Nuevo México, donde los anasazi construyeron un observatorio para medir el paso de las estaciones. También merecen una mención las tres losas del suroeste norteamericano, cuyas espirales como galaxias constituyen un sistema único para leer el calendario en el cielo, utilizando el sol del mediodía. Y, por mencionar un último ejemplo, se sabe que los mayas elaboraron 3 precisos calendarios basados en el Sol, la Luna y Venus, y que el edificio conocido como el caracol en la ciudad maya de Chichen Itza pudo haber servido de observatorio astronómico. Y hay que señalar que para todas aquellas culturas, la posibilidad de leer el calendario en el cielo para salir de caza, reunirse, sembrar o segar, etc., era frecuentemente una cuestión de la mayor importancia.

No debemos olvidar, sin embargo, que las observaciones astronómicas estuvieron asociadas, desde sus orígenes, a confusas creencias astrológicas, en las que vale la pena detenerse, dado que la astrología mantiene hoy su presencia (y, desgraciadamente, su atractivo) en ciertos sectores culturales.

Conviene señalar que en la antigüedad, viendo la importancia práctica de la astronomía en la agricultura, la navegación, etc., se llegó a suponer que los cuerpos celestes influían en los asuntos de las personas. Incluso en algunas civilizaciones se les consideraba como dioses.

**A.4.** *¿A qué puede atribuirse la creencia de que los astros influyen sobre la vida de las personas? ¿Qué valor puede darse hoy a dichas creencias?*

**Comentarios A.4.** Resulta hasta cierto punto lógico que al comprobar cómo la posición del Sol (los solsticios de verano e invierno y los equinoccios) determina las estaciones y éstas, a su vez, las cosechas, se atribuyera a los cuerpos celestes poder sobre los asuntos humanos (e incluso se los divinizará). La astrología se fue desarrollando, pues, como una extraña combinación de observaciones meticulosas y datos y cálculos matemáticos, acompañados de creencias y pensamientos confusos y en muchos casos de enormes mentiras. Por ejemplo, la posibilidad de predecir fenómenos inexplicables para la mayoría, como los eclipses, concedía poder e influencia a los sacerdotes egipcios encargados de las observaciones.

De hecho, durante muchos siglos, resulta prácticamente imposible separar los avances astronómicos de las concepciones astrológicas, hasta el punto de que astrónomos de la talla de Ptolomeo mantuvieron creencias astrológicas.

Hoy sabemos, sin embargo, que reconocer la importancia del Sol en las estaciones, el ritmo día/noche, la agricultura, la temperatura, etc., o que la Luna controla las mareas, no puede llevar a sostener que el destino de las personas está influido por los astros. No hay ningún argumento científico, ni ninguna recopilación sistemática de observaciones que avalen dichas creencias ingenuas, muy al contrario. Es preciso, pues, denunciar el carácter anticientífico de estas creencias, que siguen siendo explotadas hoy en día por desaprensivos. Como sabemos, algunos medios de comunicación siguen avalando estas

creencias publicando horóscopos cada semana (en los que se ve fácilmente que predicen cosas distintas o lo suficientemente ambiguas para que sirvan en cualquier caso), realizando numerosos programas sobre astrología, personas que predicen el futuro, médiums, etc. Y aunque muy a menudo dichos programas tengan una intención fundamentalmente lúdica, son muchos los ciudadanos que los toman en serio.

Resulta necesario, pues, clarificar estas cuestiones y que los estudiantes comprendan que la Astronomía es una ciencia que estudia el universo, mientras que la Astrología es una pseudo-ciencia que pretende, sin pruebas (o, más bien, sin tener en cuenta todas las pruebas en contra) que los planetas influyen en nuestras vidas personales. Y si en tiempo de Ptolomeo la distinción entre ambas no era clara, hoy día sí lo es.

Hasta aquí nos hemos referido al papel de las observaciones astronómicas en cuestiones prácticas de gran interés como el establecimiento del calendario, la facilitación de los desplazamientos gracias a la orientación que proporciona la posición de los astros, etc. Pero algunas de sus mayores contribuciones están relacionadas con la comprensión del lugar de la Tierra en el Universo, una cuestión asociada también, en todas las culturas, a las ideas religiosas que intentan explicar nuestro origen. Merece la pena realizar algunas observaciones que nos familiaricen con la visión del firmamento que nuestros antecesores pudieron obtener y que influyeron en sus creencias sobre el universo. Contemplar el paisaje celeste, además, es algo que merece la pena en sí mismo, por razones puramente estéticas.

**A.5.** *Procedan a observar el cielo nocturno y poner en común las observaciones realizadas. Anoten la hora en que se realizó la observación y dibujen un "mapa" celeste, indicando mediante puntos los objetos más luminosos.*

**Comentarios A.5.** Los primeros resultados que cabe esperar de muchos estudiantes en esta actividad van a mostrar la dificultad de realizar observaciones en la gran mayoría de nuestras poblaciones. Ello puede dar pie al inicio de una discusión acerca de los problemas que plantea la contaminación atmosférica y, muy particularmente, la lumínica, que nos está privando literalmente del paisaje celeste, además de afectar a los ciclos vitales de las plantas y los animales que viven en las ciudades, incluidos los seres humanos. Se trata de un aspecto sobre el que incidiremos en una próxima actividad (A.8).

Resulta muy ilustrativo del empobrecimiento que sufre el paisaje celeste al que tenemos acceso, cotejar los mapas celestes dibujados por los estudiantes con un planisferio (a estos efectos puede ser conveniente utilizar algunos de los programas informáticos existentes). Con ayuda del mismo se puede mostrar la existencia de agrupaciones de estrellas o constelaciones, descritas desde los tiempos más remotos y que han jugado un papel esencial para orientar a los viajeros, aunque ese paisaje varía, por supuesto, según estemos en el hemisferio Norte o en el Sur.

Esta "recuperación" del paisaje celeste se convierte en una actividad particularmente atractiva para muchos estudiantes. Es conveniente, pues, incluir actividades como las siguientes y, a ser posible, organizar observaciones en lugares alejados de las ciudades.

**A.6.** *Localicen en un planisferio las estrellas y constelaciones que conozcan.*

**A.7.** *Aunque en la actualidad es difícil observar el cielo nocturno en las ciudades, por la contaminación atmosférica y lumínica, debida a la luz ambiental, aprovechen una noche*

*estrellada para localizar algunas constelaciones (en el hemisferio Norte las Osas Mayor y Menor, Casiopea, Orión...; en el Sur, la Cruz del Sur...).*

**A.8.** *¿Qué problemas plantea la contaminación lumínica y cuáles pueden ser las soluciones que se deberían adoptar?*

**A.9.** *¿Qué idea acerca del movimiento de los astros sugieren observaciones del cielo como las que hemos realizado? Con otras palabras, ¿qué idea pudieron formarse al respecto los antiguos observadores del cielo?*

**Comentarios A. 6. - A.9.** Una de las observaciones de mayor interés realizada desde los tiempos más remotos es que la mayoría de estrellas no parecen cambiar su posición relativa. Estas denominadas estrellas fijas forman en el cielo un esquema inmutable. Los babilonios, dieron nombres a las constelaciones o grupos visibles de ese esquema, aunque nosotros usamos los nombres griegos o sus traducciones latinas. También hay muchos nombres de estrellas procedentes de los árabes, que fueron excelentes astrónomos.

Son conocidos, pues, diferentes nombres que a lo largo de siglos fueron dándose a los grupos de estrellas. Si nos situamos en el hemisferio Norte, por ejemplo, podemos mencionar algunos de los que se daban a la Constelación Boreal, llamada en Norteamérica el Gran Cucharón, en Francia La Cacerola, en Inglaterra El Arado, en China el Burócrata Celeste, en la Europa Medieval, El Carro y en la antigua Grecia, La cola de la Osa Mayor.

Estas observaciones sistemáticas fueron dibujando un mapa celeste en el que la mayoría de los astros parecían fijos sobre una superficie esférica que giraba alrededor de la Tierra. También la observación del movimiento del Sol y de la Luna llevaba a pensar en su giro alrededor de la Tierra. Los estudiantes pueden realizar observaciones semejantes. Pero conviene llamar la atención sobre otros cinco objetos celestes, visibles a simple vista, conocidos como Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno, cuyas trayectorias no parecen tan regulares y que fueron denominadas por ello "planetas", palabra que en griego significa "errantes", es decir, objetos con una trayectoria errática, poco regular.

Como sabemos, esta "pequeña irregularidad" estuvo llamada a jugar un papel fundamental en la dramática evolución de las concepciones acerca del lugar de la Tierra en el Universo (muy ligadas a las creencias religiosas), por lo que debe ser destacada.

Al margen de establecer este hecho fundamental del giro aparente de la inmensa mayoría de los objetos celestes en torno a la Tierra -con la sola excepción de los planetas-, con estas actividades se pretende que los estudiantes comiencen a familiarizarse con el cielo nocturno, así como con el uso del planisferio. Algo que deberá ir realizándose a lo largo del tema y, en particular en los últimos apartados, cuando abordemos una visión más actual del universo, ya que en el planisferio se presentan también nebulosas, cúmulos de estrellas y galaxias, etc.

La A.8. constituye, además, una buena oportunidad para hacer referencia y contribuir a la reflexión en torno a la gravedad de la contaminación atmosférica y, muy en particular, lumínica. Esta última genera un problema, al que no se suele prestar atención y que, sin embargo, no solo altera en las ciudades el ciclo vital de los seres vivos, sino que además impide, como han denunciado los astrónomos, la observación del cielo, por lo que nos vemos privados de ese elemento esencial del paisaje que durante miles de años ha ofrecido el cielo estrellado. Por eso, la UNESCO, ha declarado formalmente que el cielo oscuro es

un derecho de las generaciones futuras (Vilches y Gil-Pérez, 2003, capítulo 1, p.42). Esta puede ser una buena ocasión para insistir en la gravedad de las múltiples formas de contaminación y referirse a la situación de emergencia planetaria que ha llevado a Naciones Unidas a instituir una Década de la Educación para el Desarrollo Sostenible (2005-2014).

Las percepciones que tenemos hoy día acerca de los planetas o del Sol, y sus movimientos, que nos parecen algo familiar, evidente, en realidad no lo son en absoluto. Para llegar a la comprensión actual fue necesario un proceso largo en el que no faltaron ni persecuciones ni condenas entre los que defendían ideas distintas a las que se venían manteniendo durante más de veinte siglos. Al estudio de todo ello dedicaremos los siguientes apartados.

## 2. El sistema geocéntrico

Desde la antigüedad se tenía una imagen del sistema solar y en general del Universo conocido que se denominó geocentrismo, ya que se pensaba que la Tierra era el centro de todo.

**A.10.** *Los antiguos griegos pensaban que la Tierra era el centro del Universo, estaba inmóvil, y que el Sol y el resto de los astros se movían a su alrededor. ¿En qué creen que se basaban para pensar así, además de en sus observaciones astronómicas?*

**Comentarios A.10.** Algunos estudiantes se refieren también, además de a las observaciones astronómicas que venimos estudiando, a otras experiencias cotidianas como, muy particularmente, el hecho de que no notemos el movimiento de la Tierra. El reposo de la Tierra aparecía, efectivamente, como algo "evidente" e incuestionable y estaba relacionado con otras evidencias "de sentido común", como la tendencia al reposo de los objetos terrestres, mientras los astros giraban indefinidamente. La aceptación general de este sistema geocéntrico se mostraba muy claramente en el mismo lenguaje ordinario, lleno de expresiones como, por ejemplo, "el Sol sale por...". Los estudiantes comprenden así que estas ideas no eran descabelladas, sino que se apoyaban, como hemos visto, en experiencias de la vida cotidiana.

Conviene tener presente, por otra parte, que si bien los estudiantes no sostienen hoy el modelo geocéntrico, ya que conocen los movimientos de la Tierra, así como la estructura del sistema solar, sí poseen, como iremos viendo en el desarrollo del capítulo, concepciones que les hacen pensar que la explicación del movimiento de los cuerpos en la Tierra y sus proximidades es distinta a la de los cuerpos muy alejados de ella, manteniendo todavía, en alguna medida, una clara diferencia entre el mundo celeste y terrestre. Conviene, por lo tanto, que vayan saliendo a la luz sus concepciones, de las que nos ocuparemos a lo largo del desarrollo del capítulo. De este modo el estudio de la evolución de los modelos acerca de la estructura del universo representa para ellos un verdadero enriquecimiento, que no tiene lugar cuando nos limitamos a transmitir los conocimientos actualmente aceptados.

Una exposición ya muy elaborada de este sistema geocéntrico la encontramos en Aristóteles (384-322 antes de nuestra era). Aristóteles no se limitó a explicar las observaciones astronómicas, sino que integró gran parte de los conocimientos de la época acerca del comportamiento de los objetos celestes y terrestres. Básicamente dicho sistema sostenía que la Tierra está en reposo en el centro del Universo y que todos los astros giran

con movimientos circulares en torno a la misma. La aparente inmutabilidad del firmamento, en contraste con los continuos cambios observados, condujo a una visión jerárquica, con una clara distinción entre el mundo sublunar (lugar de imperfección, de objetos corruptibles, que tienden al reposo en ausencia de fuerzas) y del mundo celeste (lugar de perfección formado por esferas incorruptibles, eternas, dotadas de un movimiento perenne, circular uniforme, también perfecto).

Puede ser interesante detenerse en mostrar -proporcionando alguna información elemental al respecto (Holton y Roller, 1963; Sagan, 1980; Gil-Pérez, 1981; Holton, Rutherford y Watson, 1982; Holton y Brush, 1996; Mason, 1985)- cómo el sistema explicaba los cambios observados en la Tierra a partir de la existencia y combinación de cuatro elementos o "esencias" (tierra, agua, aire y fuego), así como la perennidad del mundo celeste, formado por una "quinta esencia", de perfección absoluta.

Este sistema fue perfilándose con numerosas contribuciones, particularmente en el mundo de la astronomía. Muy importante, a ese respecto, es el período alejandrino, etapa de esplendor de Alejandría y su Museo (siglos III y II antes de nuestra era) que fue en realidad la primera universidad que ha existido en el mundo. En ella estudiaron y trabajaron la mayor parte de los científicos de este periodo, como Euclides, Aristarco, Arquímedes, Eratóstenes, Hiparco, Herón, Ptolomeo y la propia Hipatia, filósofa y astrónoma que murió lapidada a causa del fanatismo y la incomprensión hacia su trabajo, como astrónoma y como mujer. Todo ello es una buena ocasión para mostrar el carácter colectivo de la ciencia, fruto del trabajo de muchas personas, así como las dificultades con que se enfrentaron las mujeres en ese ámbito. Conviene destacar especialmente las aportaciones de Ptolomeo, cuyo libro sobre astronomía fue calificado por los árabes con el nombre de "Almagesto" (lo que significa "el mejor de los libros") y lo expandieron por toda la Europa medieval.

El sistema geocéntrico era, pues, aceptado en todo el mundo influido por las culturas griega, latina y árabe, llegando a estar vigente durante más de 20 siglos. Conviene detenerse en explicar esta extraordinaria vigencia para mejor comprender la oposición que generó su cuestionamiento en lo que constituyó, volvemos a insistir, la primera gran revolución científica.

**A.11.** *¿Cómo se explica la gran aceptación del modelo geocéntrico y su persistencia a lo largo de más de veinte siglos?*

**Comentarios A.11.** Para explicar la vigencia del modelo geocéntrico durante más de 20 siglos, es preciso referirse, en primer lugar, a su compatibilidad, que ya hemos señalado, con el sentido común. Pero es preciso tener presente también que dicho sistema encajaba perfectamente con la tradición, la filosofía, la religión y, en general, todos los ámbitos culturales de la Europa influida por las culturas griega, latina y árabe.

La Iglesia Católica, por ejemplo, favorecía el sistema aristotélico-ptolemaico pues su visión se acomodaba muy bien a la idea cristiana de seres humanos: únicas criaturas creadas a la imagen de Dios, que constituyen su obra central. Pero esta visión estratificada del universo, que diviniza el cielo como lugar de perfección, estaba ya vigente en la Grecia clásica y daba soporte a la propia jerarquización social, es decir, el sometimiento de los "inferiores" (esclavos, mujeres, simples campesinos...) a los "superiores" (hombres libres, clero, nobleza...).



Es muy conveniente detenerse en discutir estas implicaciones del modelo en el ámbito de las relaciones CTSA (ciencia-tecnología-sociedad-ambiente), que permiten comprender por qué fue tan difícil su superación y los numerosos obstáculos a los que hubo que enfrentarse para el establecimiento de un nuevo modelo.

El modelo geocéntrico tuvo vigencia durante casi veinte siglos, desde Aristóteles hasta el siglo XVI, donde empezó a desmoronarse debido a la imposibilidad de resolver algunos problemas en el marco de dicho modelo. Al análisis de estos problemas y surgimiento del nuevo modelo dedicaremos el siguiente apartado.

### 3. El modelo heliocéntrico

En el año 1543, pocos días después de la muerte de su autor, se publicó la obra “*De revolutionibus orbium coelestium*” (Sobre las revoluciones de las esferas celestes) de Nicolás Copérnico (1473-1543), astrónomo y sacerdote nacido en Torun (Polonia). En ella se proponía un nuevo modelo del universo, donde la Tierra perdía su papel central, inmóvil, y era el Sol el que constituía el centro del universo. Este nuevo modelo, denominado heliocéntrico y desarrollado e impulsado después por otros muchos científicos, fue atacado durante más de cien años, siendo perseguidos, y muchas veces condenados, sus defensores.

**A.12.** *Indaguen y expongan cuáles pudieron ser las razones que llevaron a cuestionar el sistema geocéntrico.*

**A.13.** *El modelo heliocéntrico fue atacado, entre otros, con los siguientes argumentos: Si la Tierra se mueve, ¿no debería quedarse retrasado un objeto que cae hacia el suelo? y ¿no deberíamos ver que la posición relativa de las estrellas se modifica al irse desplazando la Tierra a lo largo de su trayectoria? Planteen posibles respuestas para cada uno de dichos argumentos.*

**Comentarios A.12 y A.13.** Merece la pena detenerse en las razones que hicieron poner en duda el sistema geocéntrico. El hecho principal que llevó a cuestionarlo fue la sistemática discrepancia entre los datos proporcionados por observaciones astronómicas cada vez más precisas y las predicciones de dicho sistema para el movimiento de los planetas. La idea de que todo astro debía girar con movimiento circular uniforme en torno a la Tierra, o en torno a puntos que giraran en torno a la misma, no permitía realizar predicciones aceptables, pese a que en la época de Copérnico se había llegado a suponer la existencia de hasta 70 (!) movimientos circulares simultáneos para explicar la trayectoria de Marte.

La complejidad creciente del modelo para explicar la trayectoria errática de los planetas llevaron a Copérnico a buscar alguna otra posible explicación. Resulta interesante señalar que Copérnico recurrió a la historia para ver si alguien había imaginado otras posibles explicaciones del movimiento de los astros. Así lo reconoce en *De Revolutionibus* y se refiere a que autores griegos como Nicetas o Aristarco habían ya imaginado que el Sol podía ser el centro del Universo y que todos los demás astros, incluida la Tierra, giraban en torno al mismo.

Copérnico mostró en su libro que, si se aceptaba esta estructura del universo, se reducía muy notablemente el número de movimientos circulares necesarios para explicar el movimiento de cada planeta y dar cuenta de los aparentes retrocesos (Holton y Brush, 1996).

Copérnico era consciente, sin embargo, de que sus ideas iban a despertar un amplio rechazo y eso le llevó a contemplar posibles argumentos en contra y a responder cuidadosamente a cada uno de ellos. Los estudiantes pueden concebir algunos de estos argumentos en contra del modelo heliocéntrico. Por ejemplo, si la Tierra se mueve, ¿no debería quedarse retrasado un objeto que cae hacia el suelo? ¿Y no deberíamos ver que la posición relativa de las estrellas se modifica al irse desplazando la Tierra a lo largo de su trayectoria? Copérnico argumentó, en este último caso, que si la circunferencia que recorre la Tierra es muy pequeña en comparación con la distancia a la que se encuentran las estrellas, es lógico que no se aprecien cambios en las posiciones relativas de las mismas. (Si dibujamos una pequeña circunferencia y tres cruces bastante alejadas, podemos constatar que, desde cualquier posición de la circunferencia, la posición relativa de las tres cruces se ve idéntica). Respecto a que si la Tierra se moviera el aire tendería a quedarse atrás, nos remitimos al principio de superposición de movimientos establecido por Galileo, que hemos estudiado en cinemática (aunque Copérnico no pudo utilizar argumentos tan claros) y que cualquier observación de la caída de un objeto en el interior de un vehículo en movimiento confirma: no hay retraso alguno.

Pero el principal argumento en contra del modelo heliocéntrico fue de tipo ideológico, al considerar que dicho modelo contradecía a la Biblia, a la que las autoridades religiosas consideraban expresión de la verdad revelada e incuestionable en todos los ámbitos (Sánchez Ron, 1999). Fue este dogmatismo religioso el que generó la mayor oposición a las nuevas ideas, perseguidas por el recientemente aparecido protestantismo, por la Inquisición, que incluyó *De Revolutionibus* en el Index Librorum Prohibitorum, como “falso y, además, opuesto a las sagradas escrituras” y por algunas comunidades judías, que prohibieron la enseñanza de la teoría heliocéntrica (Holton y Brush, 1996). Y ello pese a que Copérnico hizo notables esfuerzos para convencer de que el nuevo modelo todavía era más acorde con la grandeza de la obra divina y mantuvo la creencia en la mayoría de las tesis del modelo geocéntrico, como la idea de la perfección de los movimientos circulares de los astros, etc. Tuvo lugar así una dramática confrontación entre quienes defendían la libertad de pensamiento e investigación y quienes negaban dichas libertades en nombre de dogmas religiosos. Una confrontación que marcó el nacimiento de la ciencia moderna y en cuyo análisis merece la pena detenerse mínimamente.

**A.14.** *Pese a la oposición religiosa, muchos astrónomos comprendieron el valor de las ideas de Copérnico y contribuyeron a confirmarlas y extenderlas, aunque ello les enfrentó a persecuciones y condenas. Consulten algún texto de historia de la ciencia para conocer qué otros astrónomos contribuyeron a cuestionar el sistema geocéntrico y a mostrar la validez del modelo heliocéntrico. Indiquen cuáles fueron sus principales aportaciones.*

**Comentarios A.14.** Con esta actividad se pretende, en primer lugar, que los estudiantes se asomen a la historia de la ciencia (se les puede sugerir libros, videos, CDs) y conozcan su capacidad para contextualizar el desarrollo científico y mostrar su carácter de aventura colectiva. El establecimiento del modelo heliocéntrico fue, efectivamente, el trabajo de

muchas personas, que tuvieron que enfrentarse a serios problemas, ya que sus ideas cuestionaban, como ya hemos señalado, más allá del sistema geocéntrico, la visión jerárquica de la sociedad, que negaba la libertad de pensamiento e investigación en nombre de los dogmas religiosos.

Entre las principales aportaciones es preciso mencionar a Johannes Kepler (1571-1630) y a Galileo (1564-1642). El primero fue un astrónomo alemán que trabajó con el también astrónomo danés Tycho Brahe (1546-1601) y utilizó sus datos para perfeccionar el sistema heliocéntrico y para buscar regularidades en el sistema solar, que le condujeron a enunciar, tras años de trabajo, tres importantes leyes que llevan su nombre. La primera de ellas señalaba que las órbitas de la Tierra y demás planetas alrededor del Sol no son circulares sino elípticas, encontrándose el Sol en uno de sus focos. De este modo Kepler fue más lejos que el propio Copérnico en el cuestionamiento del modelo geocéntrico, pues se atrevió a imaginar movimientos celestes que no poseían la perfección del circular uniforme. Pero las observaciones astronómicas se ajustaban mucho mejor a órbitas elípticas que a las circulares y eso prevaleció, a los ojos de Kepler, sobre la aceptación de la perfección de los cielos. La segunda establecía que la velocidad areolar de un planeta (área barrida por el vector de posición del planeta respecto al Sol en la unidad de tiempo) es constante, lo que supone que el planeta se mueve más rápidamente cuando está más cerca del Sol. Y la tercera, que el periodo de un planeta aumenta cuando lo hace el radio medio de su órbita, cumpliéndose la relación  $T^2 = K \cdot R^3$ .

Tan importante o más que la aportación de Kepler fue la de Galileo en la que conviene detenerse por la relevancia que adquirió su caso en la confrontación entre la nueva ciencia y el dogmatismo religioso:

**A.15.** *Una gran contribución al nuevo modelo heliocéntrico fueron las observaciones astronómicas de Galileo (1564-1642). El telescopio, que él mismo construyó, mejorando el inventado con otros fines por los fabricantes de lentes holandeses (denominado “tubo amplificador”), le permitió a Galileo descubrir, entre otras cosas, la existencia de manchas en la superficie del Sol, cráteres y montañas en la Luna y la existencia de satélites en torno a Júpiter. Comenten qué aspectos clave del modelo geocéntrico resultaban cuestionados por las observaciones realizadas por Galileo con la ayuda del telescopio. Señalen igualmente el papel jugado en todo ello por el nuevo instrumento.*

**Comentarios A.15.** De las observaciones realizadas por Galileo con ayuda del telescopio, las correspondientes a las irregularidades (relieves) de la Luna o a las manchas solares (que le permitieron además demostrar que el Sol giraba alrededor de su eje en veintisiete días) venían a cuestionar la supuesta perfección atribuida a los objetos celestes y con ello la idea de una drástica separación entre el Cielo y la Tierra. Estableció, por tanto, la mutabilidad en el cielo que negaban los aristotélicos y ptolemaicos. En cuanto a los satélites de Júpiter, junto con el giro del Sol, echaban por tierra la tesis básica del Sistema Geocéntrico de que todos los objetos celestes debían girar en torno a la Tierra. También observó que Venus presentaba fases análogas a las lunares, lo que le permitió afirmar que los planetas brillaban por la luz reflejada del Sol. Como consecuencia de todo ello pensó que había llegado el momento de defender el nuevo modelo públicamente y con ese fin fue publicando sus hallazgos en opúsculos que denominó “Sidereus Nuncius” (El mensajero sideral), cuya aparición generaba apasionados debates.

Puede ser interesante, a este respecto, leer algún fragmento de la obra “Diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo”, a la que nos referiremos más adelante, sobre las repercusiones de sus observaciones de los cometas y las manchas solares (ver pp. 52-56 del libro citado de Sánchez Ron, 1999).

Esta actividad puede ser una buena ocasión para poner de manifiesto las complejas interacciones entre la ciencia y la tecnología, saliendo al paso de la consideración simplista de la tecnología como mera aplicación de la ciencia (Maiztegui et al., 2002). En efecto, fue la existencia del telescopio (un artefacto tecnológico) lo que hizo posible observaciones fundamentales en apoyo del modelo heliocéntrico. Y esto es algo que encontramos a menudo en el desarrollo de la ciencia y sobre lo que conviene insistir siempre que haya ocasión. Por eso es necesario clarificar, atendiendo al desarrollo histórico de ambas, que la actividad técnica ha precedido en milenios a la ciencia, que la tecnología no es, pues, un subproducto de la ciencia, un simple proceso de aplicación del conocimiento científico para la elaboración de artefactos. Y no se trata tan solo de señalar el impulso que éste u otros desarrollos tecnológicos pueden dar a la ciencia, como es el caso que nos ocupa del telescopio de Galileo. El punto de partida de la Revolución Industrial, por ejemplo, fue la máquina de Newcomen, que era fundidor y herrero. Como afirma Bybee (2000), 'Al revisar la investigación científica contemporánea, uno no puede escapar a la realidad de que la mayoría de los avances científicos están basados en la tecnología'. Y ello cuestiona la visión elitista, socialmente asumida, de un trabajo científico-intelectual por encima del trabajo técnico.

Y volviendo a las contribuciones de Galileo, cabe destacar que los trabajos que realizó, mientras permaneció confinado, acerca del movimiento de los objetos terrestres, fueron igualmente subversivos para la imagen del universo defendida celosamente por la Inquisición. En efecto, como sabemos, sus estudios condujeron a cuestionar la idea de que hacía falta una fuerza para mantener un cuerpo terrestre en movimiento y a mostrar que la fuerza era sólo necesaria para *modificar* un movimiento. Las supuestas diferencias entre los movimientos celestes y terrestres comenzaban, así, a cuestionarse.

Pero Galileo se equivocó al pensar que hechos tan contundentes harían aceptar el sistema heliocéntrico. Por ello, al margen de sus notables contribuciones a la comprensión del comportamiento de la materia, celeste o terrestre, su vida y obra han quedado como paradigmas del enfrentamiento entre dogmatismo y libertad de investigación. Puede ser interesante a ese propósito acercarse a la vida de Galileo, descrita en innumerables biografías, documentales, obras de teatro (*Galileo Galilei* de Bertolt Brecht) o películas (de Liliana Cavani o de Joseph Losey).

**A.16.** *Realicen un debate en clase sobre los problemas con los que tuvo que enfrentarse Galileo, después de ver fragmentos de alguna película o documental sobre su vida.*

**Comentarios A.16.** La visión de películas, o fragmentos de las mismas, como las mencionadas en los comentarios de la actividad anterior, o bien el capítulo III de la serie Cosmos de Carl Sagan (“La armonía de los mundos”), pueden contribuir a que los estudiantes conozcan la apasionante aventura que supuso el surgimiento de la ciencia moderna. Cuando en 1632 Galileo, como consecuencia del permiso que le concedió el Papa Urbano VII para discutir el sistema copernicano en un libro “siempre que diese una igual e imparcial discusión de los argumentos a favor del sistema ptolemaico” (Sánchez Ron,

1999), publica su obra "Diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo ptolemaico y copernicano" (1632), en italiano y en forma de diálogo, haciéndola accesible a la sociedad, se inicia una auténtica persecución contra él, pese a su edad avanzada. Fue juzgado por la Inquisición, amenazado con tortura y obligado a abjurar de sus ideas, cosa que Galileo hizo para salvar su vida. De hecho, años atrás, en 1600, Giordano Bruno, había sido sometido a torturas para que renunciase a sus ideas (defensa del heliocentrismo, de la infinitud del Universo y la existencia de un gran número de mundos habitados) y, al no hacerlo, fue quemado en la hoguera.

La abjuración de Galileo fue leída públicamente en todas las iglesias de Italia, siendo condenado a permanecer confinado hasta su muerte (que tuvo lugar en 1642) en una villa en el campo. En este encierro escribió "Discursos y demostraciones sobre dos nuevas ciencias pertenecientes a la mecánica y el movimiento global" que se publicó en Holanda, dado que en Italia sus libros estaban prohibidos. Cabe señalar que esta condena de las teorías de Galileo se ha prolongado varios siglos, hasta muy recientemente. El Vaticano no anunció hasta 1968 la conveniencia de anularla y sólo la hizo efectiva en 1992, mientras que, desde la Congregación para la Doctrina de la Fe (Ex Santo Oficio), todavía se pretende hoy justificar y exculpar a la Inquisición.

Vale la pena extender estas reflexiones acerca de la libertad de investigación y sus obstáculos a otros momentos de la historia de la ciencia y contribuir así a cuestionar el mito de su neutralidad.

*A.17. Citen ejemplos de otros conflictos que, a lo largo de la historia de la humanidad, hayan enfrentado a la ciencia y la tecnología con posturas dogmáticas.*

**Comentarios A. 17.** La historia de la ciencia es pródiga, desgraciadamente, en conflictos entre dogmatismos y libertad de investigación. La quema de Miguel Servet por atreverse a investigar en el interior del cuerpo humano y la inclusión del *Origen de las especies* en el Index Librorum Prohibitorum, oponiéndose a la revolución científica que supuso el evolucionismo, son dos de los casos más conocidos, que suelen ser señalados por algunos estudiantes. Pero los ejemplos pueden multiplicarse y llegar a nuestros días. Se puede mencionar, por ejemplo, la oposición frontal de determinados sectores de ideología conservadora a la investigación con células madre embrionarias. Pero es importante que los estudiantes comprendan que el rechazo del heliocentrismo constituye el ejemplo más paradigmático de resistencia a la libertad de investigación y de oposición absoluta al avance científico. De hecho, como ya hemos señalado, la "rehabilitación" del heliocentrismo por la Iglesia Católica tuvo que esperar a fines del siglo XX.

#### **4. La gravitación universal. La síntesis newtoniana**

Después de Copérnico y Galileo, fueron muchos los que abordaron el estudio del movimiento de los cuerpos celestes. Científicos ingleses, entre otros, como Hooke, Wren, Halley y, muy en particular, Newton (que nació el año 1642, precisamente el mismo año que murió Galileo) enfocaron los problemas de forma diferente: utilizando el nuevo concepto de fuerza y los principios de la dinámica, analizaron la última gran diferencia supuestamente existente entre los movimientos terrestres y celestes.

**A.18.** *Según la concepción aristotélico-escolástica del universo, el movimiento de los objetos celestes era considerado “natural”, no sometido a fuerzas. ¿Qué argumentos podemos aducir para afirmar que, por ejemplo, la Luna no está sometida a fuerzas... o que sí lo está?*

**Comentarios A.18.** Digamos de entrada que, como han mostrado numerosas investigaciones, muchas personas piensan que “un objeto en órbita no pesa”, puesto que no “cae” hacia la Tierra. Así, cuando se pide a los estudiantes que “dibujen las fuerzas que actúan sobre un objeto que cae en las proximidades de la superficie terrestre y sobre un satélite puesto en órbita alrededor de la Tierra”, muchos estudiantes consideran que la fuerza neta sobre el satélite ha de ser nula, puesto que “se encuentra en equilibrio”. La separación Cielo-Tierra no es, pues, “una idea absurda del pasado”, sino que responde al sentido común, como tantos otros aspectos del modelo aristotélico. Pero la aplicación consecuente de los principios de la dinámica llevaron a Newton -y ha de llevar a los alumnos- a comprender que si la Luna gira (cambia la dirección de la velocidad), debe estar actuando sobre ella alguna fuerza resultante, ya que si no llevaría un movimiento rectilíneo uniforme. ¿Pero cuál podría ser esa fuerza?

**A.19.** *El giro de la Luna alrededor de la Tierra o de los planetas alrededor del Sol obligó a Newton a admitir que se trataba de movimientos forzados. Pero, ¿cuál podría ser esa fuerza? ¿Cuál fue la gran intuición de Newton al respecto?*

**Comentarios A. 19.** La gran intuición de Newton, facilitada por los pasos dados por sus predecesores, fue atreverse a pensar que la misma fuerza que hace caer un objeto que soltamos, o que hace describir una parábola a un proyectil, es la que hace girar la Luna alrededor de la Tierra, o a los planetas alrededor del Sol; atreverse a pensar, en suma, en la existencia de una fuerza *universal*, por la que *todos* los objetos, *terrestres o celestes*, se atraerían entre sí.

Resulta interesante la lectura del texto de Newton (citado por Mason, 1985, p.103) que expresa la conexión que estableció la idea de la Gravitación Universal entre los movimientos de objetos en la Tierra y el movimiento de objetos celestes, como la Luna: “*El que los planetas puedan ser retenidos en sus órbitas es algo que podemos comprender fácilmente si consideramos los movimientos de los proyectiles. En efecto, una piedra arrojada, se ve forzada por su propio peso a abandonar la trayectoria rectilínea (...) viéndose obligada a describir una línea curva en el aire y, merced a ese camino torcido, se ve finalmente llevada al suelo. Y cuanto mayor sea la velocidad con la que se proyecta, más lejos va antes de caer a tierra. Podemos suponer, por tanto, que la velocidad se incrementa de tal modo que describa un arco de (muchas) millas antes de llegar al suelo, hasta que, finalmente, excediendo de los límites de la Tierra, pasará totalmente sin tocarla*”. Ése podría ser el caso de la Luna girando alrededor de la Tierra, o el de los planetas alrededor del Sol, debido, *en todos los casos*, a la atracción gravitatoria.

Como vemos, con esta analogía entre el movimiento de un proyectil y el de la Luna o el de un planeta, Newton estableció, por primera vez, la relación entre el movimiento de los cuerpos terrestres y celestes, superando una de las más grandes barreras del avance del conocimiento científico en la historia de la ciencia.

Las aportaciones de Newton venían a culminar la primera gran revolución científica que supuso el desplazamiento del modelo geocéntrico por el heliocéntrico. Cabría pues preguntarse ahora:

**A.20.** *¿Por qué Newton tuvo menos dificultades que Galileo para que fueran aceptadas sus ideas?*

**Comentarios A.20.** Podemos referirnos, en primer lugar a la ausencia de la Inquisición en los países protestantes y al hecho de que el protestantismo, en ese momento, era más favorable a la ciencia que el catolicismo. Pero sobre todo es preciso referirse al hecho de que, pese a todas las condenas, los astrónomos habían comenzado, desde la publicación del libro de Copérnico, a utilizar sistemáticamente el sistema heliocéntrico por la mayor validez de sus predicciones, como un “artificio de cálculo” que en realidad no pretendía desplazar a la “verdad revelada”. De este modo los conocimientos científicos empezaron a ser vistos por algunos como un sistema paralelo que no tenía por qué afectar a las creencias religiosas y sus dogmas. Ello hacía menos peligroso el trabajo de los científicos, pero reducía la capacidad de la ciencia para modificar la ideología dominante. De hecho, el pastor luterano Osiander añadió una nota preliminar a la obra de Copérnico, señalando que la nueva teoría no era necesariamente verdadera, que podía considerarse simplemente como un modelo matemático conveniente para dar cuenta de los movimientos de los cuerpos celestes (Mason, 1985). Y aunque Copérnico no compartió nunca esa idea, ya que consideraba que su sistema del mundo era real, fue utilizada como excusa por muchos astrónomos para poder utilizar sin problemas el modelo de Copérnico, más sencillo que el ptolemaico.

En cualquier caso, con la Teoría de la Gravitación Universal, culmina lo que ha sido considerado el paradigma de las revoluciones científicas: por lo profundamente que afectó a los conocimientos científicos; por su repercusión en las concepciones acerca del lugar que los seres humanos ocupamos en el universo; por las dificultades que tuvo que superar (dogmas, fanatismos, persecuciones...); por realizar la integración de dos campos del conocimiento (astronomía y mecánica terrestre) que parecían inconexos... Y aún podríamos añadir: por las repercusiones que siglos después tendría la puesta en órbita de satélites artificiales, que iban a contribuir a transformar radicalmente la vida de los seres humanos. Pero de eso hablaremos más adelante. Ahora es preciso completar el estudio del establecimiento de la Ley de la Gravitación Universal, lo cual exigía pasar de las intuiciones cualitativas a las formulaciones operativas y a someter a prueba sus predicciones cuantitativas.

**A.21.** *¿De qué factores cabe suponer que dependa la interacción gravitatoria entre dos cuerpos?*

**Comentarios A.21.** Los alumnos conjeturan fácilmente que la fuerza de atracción entre dos cuerpos crecerá con el valor de sus masas y disminuirá con la distancia que les separa. El profesor puede indicar que ésas son conjeturas razonables y coinciden con las realizadas por el propio Newton, quien argumentó mediante cuidadosos razonamientos que la fuerza gravitatoria  $F$  sería proporcional al producto de las masas de ambos cuerpos,  $m_1$  y  $m_2$ , e inversamente proporcional *al cuadrado* de la distancia que les separa,  $r^2$ . Newton suponía así que el debilitamiento de la fuerza de atracción era debido al aumento de la superficie

( $4\pi r^2$ ) sobre la que se distribuía dicha atracción a la distancia  $r$ . De este modo las hipótesis de Newton pueden expresarse con la proporcionalidad  $F / (m_1 m_2 / r^2) = \text{constante}$ , siendo dicha constante *universal*, es decir, la misma para dos cuerpos cualesquiera. Designando a dicha constante como  $G$  (de Gravitación), la expresión anterior puede escribirse así:  $F = G m_1 m_2 / r^2$ .

Ésta es la hipótesis, sin duda plausible, enunciada por Newton, pero en la que también realizaron contribuciones otros investigadores como Hooke y Halley. Una hipótesis que, naturalmente, debía someterse a prueba.

**A.22.** *Propongan formas de contrastar las hipótesis enunciadas acerca de los factores que determinan el valor de la fuerza gravitatoria.*

**Comentarios A.22.** Como es lógico, los estudiantes proponen estudiar cómo varía la fuerza de atracción entre dos cuerpos al variar cada uno de los factores, lo cual supone variar la distancia entre los mismos (manteniendo fijas las masas) y variar las masas (manteniendo fija la distancia). Es el tipo de diseño mediante "separación de variables", con el que se han de llegar a familiarizar. Pero el diseño debe completarse resolviendo algunas dificultades, especificando cómo van a medirse las fuerzas, cómo hacer que sean apreciables frente a otras interacciones presentes, etc. Merece la pena detenerse en el estudio de estos diseños experimentales, que juegan un papel fundamental en la construcción de los conocimientos.

Un primer problema surge con el hecho de que la atracción de la Tierra sobre cada uno de los cuerpos va a ser mucho más intensa que la atracción entre ambos. Merece la pena, pues, pedir a las estudiantes que conciben algún procedimiento para que se pueda apreciar la fuerza entre dos cuerpos esféricos sin que la atracción de la Tierra enmascare su mutua atracción. Surge así la idea de colocar dos esferas en los extremos de una varilla que cuelga de un hilo por su centro, con lo que queda en equilibrio y la atracción de la Tierra queda anulada, ahora basta acercarse a cada extremo de la varilla, es decir, a cada esferita, una esfera de masa suficiente para que las atracciones sean capaces de hacer girar la varilla (Holton y Roller, 1963).

Esta idea de la balanza de torsión puede ser concebida por los estudiantes, pero el profesor ha de ir señalando las muchas dificultades a superar. Por ejemplo, ¿cómo lograr que las únicas fuerzas atractivas sean entre cada pequeña esfera del extremo de la varilla y la grande más próxima? (¿no se atraerán todas las esferas entre sí?). Surge así la necesidad de que la varilla sea suficientemente larga para que la interacción entre las esferas alejadas sea despreciable. Otro problema es el de qué distancia considerar entre las esferas, resuelto, no sin dificultad, por el propio Newton, quien mostró que un cuerpo con distribución esférica de masa se comporta como si ésta estuviera concentrada en su centro.

También es preciso pensar la forma de medir esas fuerzas extraordinariamente débiles. Se puede concebir un haz de luz que se refleje en un espejo sujeto al hilo del que pende la varilla e incida en una escala graduada... que ha habido que calibrar previamente con fuerzas conocidas capaces de hacer girar la varilla. Esta actividad se convierte así en una nueva ocasión de comprender el papel de la tecnología en la actividad científica y, muy concretamente, en la concepción y realización de los diseños experimentales.

Conviene ahora señalar que un diseño semejante fue utilizado, efectivamente, para medir las fuerzas gravitatorias. Pero los experimentos los realizó el físico inglés



Cavendish... a fines del siglo XVIII con masas ligeras en los extremos de la varilla, a las que aproximaba, en la forma que se ha indicado, dos esferas de masa muy superior. Cavendish buscaba determinar la densidad de la Tierra con sus experimentos, pero contribuyeron, posteriormente, a determinar el valor de la constante  $G$  (cuyo valor es  $6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$ ).

La precisión que requiere un diseño como el de la balanza de torsión no era factible, efectivamente, en la época de Newton. No era posible, en aquel momento, someter a prueba directamente la hipótesis de la gravitación universal. Newton tuvo que recurrir, pues, a *pruebas indirectas*. Esto es algo que ocurre muy a menudo en la ciencia. ¿Qué predicción indirecta podría realizar Newton utilizando su hipótesis de la gravitación universal como causa del giro de la Luna o de los planetas? Con otras palabras, ¿qué datos cuantitativos correspondientes a dicho movimiento debían ser obtenidos al aplicar la hipótesis?

Planteadas así la cuestión si se considera conveniente, por ejemplo, para el caso de los últimos cursos del bachillerato, los alumnos pueden pensar en el periodo de giro de la Luna  $T_L$ , que habría de poder obtenerse sin más que tener en cuenta que la fuerza centrípeta que hace girar la Luna ( $M_L v_L^2 / R_{TL}$ ) ha de ser, precisamente, la fuerza gravitatoria entre la Tierra y la Luna  $G M_L M_T / R_{TL}^2$ .

Newton también aplicó su hipótesis al estudio de la relación entre el periodo  $T$  y el radio  $r$  de la órbita de los planetas, deduciendo así una de las leyes que Kepler había obtenido por laborioso ensayo y error. Los estudiantes pueden obtener fácilmente, para el caso de órbitas circulares, la expresión  $T^2 / r^3 = \text{cte.}$ , siendo dicha constante la misma para todos los planetas del Sistema Solar,  $4\pi^2 / G M_S$ , puesto que solo depende de la masa del Sol.

La hipótesis de Newton fue afianzándose así hasta ser aceptada como Ley de la Gravitación Universal, culminando uno de los edificios teóricos más extraordinarios construidos por la ciencia.

Naturalmente, el establecimiento de la Ley de la Gravitación Universal no puso punto final, ni mucho menos, a la investigación en este campo. Los nuevos conocimientos generaron nuevas preguntas e impulsaron numerosos desarrollos que han llegado hasta nuestros días. Nos asomaremos, a continuación, a algunos de ellos.

## 5. Algunas consecuencias e implicaciones de la ley de gravitación universal

Una primera cuestión relacionada con el establecimiento de la ley de Gravitación Universal es la explicación de cómo tiene lugar la interacción gravitatoria.

**A. 23.** *¿Cómo podemos explicar la interacción de dos cuerpos separados una cierta distancia?*

**Comentarios A.23.** La idea newtoniana de acción a distancia entre los cuerpos presenta una serie de dificultades que no pasaron desapercibidas para el propio Newton. De hecho, antes de Newton se pensaba que todas las fuerzas se producían por contacto, por eso cuando Newton introdujo las fuerzas gravitatorias a distancia se produjeron grandes controversias. Algunos afirmaban que dichas fuerzas eran un retorno a cualidades “ocultas” desterradas de la física por Galileo. Puede ser conveniente, a ese respecto, leer las propias palabras de Newton en una carta a Bentley en la que decía: *“Es inconcebible que la materia bruta inanimada, sin la mediación de algo más que no sea material, influya y afecte a otra*

*materia sin contacto mutuo (...) Una gravedad (...) tal que cualquier cuerpo pueda actuar sobre otro a distancia, a través del vacío, sin la mediación de algo más, a través de lo cual pueda conducirse la acción y la fuerza, es para mí un absurdo tan grande que no creo exista un hombre que con facultad de pensamiento sobre materias filosóficas pueda creer en ello. La gravedad debe estar causada por un agente que actúa constantemente según ciertas leyes”* (citado por Tipler, volumen 1, capítulo 4, p.106).

Esta conjetura de la existencia del algún "agente" material a través del cual tiene lugar la interacción es también propuesta por algunos alumnos cuando se plantean cómo puede tener lugar la interacción de cuerpos distantes entre sí. Posteriormente, los científicos se plantearon la misma pregunta al estudiar otras fuerzas "a distancia" como las electromagnéticas. Para contestarla, Faraday y otros científicos en el siglo XIX introdujeron la idea de campo y hoy hablamos de campo gravitatorio y campo electromagnético como formas de existencia de la materia, a través de las cuales se propagan las interacciones. Sabemos, además, que el campo electromagnético está constituido por fotones y que posee propiedades físicas como energía y cantidad de movimiento. El campo gravitatorio es, por ahora, mucho menos conocido y aunque se sigan realizando experimentos para mostrar la existencia de "gravitones", los resultados hasta el momento han sido negativos.

Estas limitaciones en el conocimiento del campo gravitatorio no deben esconderse a los estudiantes. Se evita así la visión deformada de ciencia acabada, en la que todos los problemas han sido resueltos. Por el contrario, conviene resaltar los desafíos que siguen reclamando el estudio y transmitir como algo positivo la idea de que una investigación fructífera genera más problemas que los que resuelve.

Pese a estas "dificultades" en la comprensión de la naturaleza de la gravitación, otros aspectos de la nueva teoría experimentaron un pujante desarrollo al que merece la pena asomar a los estudiantes. Previamente, sin embargo, conviene plantear a los alumnos por qué, pese a tratarse de la forma de interacción más débil (la electromagnética tienen una intensidad  $10^{38}$  veces mayor que la gravitatoria), a escala astronómica constituye la interacción dominante.

#### **A.24.** *¿Por qué a escalas astronómicas la interacción dominante es la gravitatoria?*

**Comentarios A. 24.** Basta con hacer notar que aunque las interacciones electromagnéticas tienen una intensidad muy superior a las gravitatorias, hay dos clases de carga eléctrica en la naturaleza que globalmente se equilibran, por lo que no hay objetos celestes con carga neta, capaces de interactuar electromagnéticamente. En cuanto a las interacciones nucleares no cuentan a escala macroscópica porque son de muy corto alcance. Las interacciones gravitatorias resultan, pues, pese a su mucha menor intensidad, de una enorme importancia a escala macroscópica cuyo estudio se vio facilitado por el establecimiento de la teoría de la gravitación universal.

Antes de iniciar la siguiente actividad queremos señalar que, si se considera adecuado, por el nivel en el que se imparte el programa de actividades, puede abordarse con una mayor profundidad el estudio del campo gravitatorio, tomando en consideración sus características, así como el valor de la intensidad de campo en cada punto del mismo, su visualización y, muy en particular, el tratamiento de los aspectos energéticos en la interacción gravitatoria. Esto es lo que habitualmente encontramos en los libros de texto del

nivel de Secundaria superior y por eso preferimos desarrollar aquí aspectos frecuentemente ausentes, pero absolutamente necesarios para cualquier nivel educativo.

**A.25.** *Conjeturen qué avances científicos y tecnológicos pueden haberse derivado del establecimiento de la Ley de la Gravitación Universal.*

**Comentarios A.25.** Unas de las primeras aplicaciones de la ley de Gravitación Universal, que fueron desarrolladas en su mayor parte por el propio Newton, se refieren a la explicación de fenómenos hasta entonces inexplicables, como las mareas oceánicas. Pero debe dejarse claro que la explicación de este fenómeno no puede hacerse de manera completa sobre la base de esta ley, pues intervienen muchos otros factores que hicieron fracasar los intentos de Newton de dar una explicación cuantitativa a este fenómeno. En el caso de la atracción del Sol, aunque es muy superior a la que ejerce la Luna, no hay diferencias tan significativas entre los distintos puntos de la Tierra, dada la enorme distancia Tierra-Sol, por lo que influye menos, pero todavía de forma apreciable en la intensidad con que se producen las mareas. (Precisamente cuando la Luna está alineada con el Sol y la Tierra se producen las mareas vivas, mientras que si la Luna se encuentra en cuadratura con el Sol tienen lugar las mareas muertas).

La Ley de Gravitación también permitió explicar el comportamiento de los cometas. Los cometas habían sido un misterio desde la antigüedad, habiendo asociado su presencia a funestos presagios. La teoría gravitatoria de Newton permitió explicar su comportamiento: si los cometas aparecen periódicamente, su trayectoria será una elipse, solo que muy excéntrica. El más famoso de ellos es el cometa que Edmund Halley estudió cuando apareció en 1682 y para el que predijo un periodo de aproximadamente 75 años. Su vuelta en 1756 y tres veces más desde entonces, tras recorrer una amplia elipse que se extiende más allá del último planeta, fue interpretada como un importante triunfo de la mecánica newtoniana.

Otra consecuencia notable de la teoría de la gravitación universal fue la predicción de la existencia de nuevos planetas en el sistema solar, debido a las perturbaciones observadas en las órbitas de los planetas ya conocidos. Así, las irregularidades en la órbita de Urano, descubierto en 1781 por Herschel, fueron interpretadas como debidas a la existencia de algún otro planeta y condujeron, efectivamente, al descubrimiento de Neptuno en 1846 por Leverrier y Adams. Del mismo modo, por las perturbaciones que producía en este último, fue descubierto Plutón en 1930 por Tombaugh.

Podríamos seguir refiriéndonos a fenómenos como la existencia de galaxias, estrellas binarias, etc., cuyo conocimiento, que nos ha asomado a una mejor comprensión de la estructura del universo, es en buena medida deudor de la teoría de la gravitación universal. Esta es una posibilidad abierta a la decisión de cada equipo docente, en función de sus circunstancias concretas (y muy en particular del tiempo disponible) y nos ocuparemos, para terminar, de los satélites y naves espaciales, a los que los estudiantes se refieren, acertadamente, como uno de los campos de aplicación de mayor interés de la gravitación.

Para terminar, nos referiremos ahora a la aplicación de la Gravitación Universal en un campo que ha sufrido un enorme desarrollo en las últimas décadas: los satélites artificiales.

**A.26.** *La posibilidad de poner un objeto en órbita alrededor de la Tierra fue ya concebida por Newton, al menos implícitamente, al considerar que la parábola descrita*

*por un objeto lanzado desde una torre con velocidad creciente va abriéndose y haciendo caer el objeto cada vez más lejos, de forma que si llegamos a darle suficiente velocidad puede llegar a no caer al suelo, cerrándose una trayectoria elíptica. Sin embargo fue tan sólo en 1957 cuando la antigua Unión Soviética puso en órbita el primer satélite artificial. ¿A qué pudo ser debido este retraso?*

**Comentarios A. 26.** La discusión de esta actividad permite de nuevo referirse a la complejidad del desarrollo tecnológico. La idea simple de lanzar un objeto con suficiente velocidad no puede llevarse a la práctica sin contar con el combustible necesario para acelerar el objeto el tiempo suficiente para alcanzar dicha velocidad o sin la existencia de materiales capaces de resistir las elevadas temperaturas que se producen al atravesar la atmósfera a gran velocidad, etc. Algunos graves accidentes sufridos por los vehículos espaciales son buena prueba de esas dificultades.

**A.27.** *¿Qué aplicaciones conciben para los satélites artificiales?*

**Comentarios A. 27.** Como en tantas otras ocasiones, la primera motivación para el lanzamiento de satélites artificiales fue, desgraciadamente, la militar (espionaje, colocación de armas en órbita dispuestas para el lanzamiento de proyectiles en cualquier momento...) y ésta sigue siendo una de las principales "aplicaciones" previstas en la llamada "guerra de las galaxias" con la que, entre otras cosas, el gobierno de Estados Unidos pretende dotarse de un "escudo inexpugnable" capaz de destruir cualquier misil enemigo. No podemos ocultar esta triste realidad que ha absorbido recursos impresionantes en una demencial carrera armamentista y que impide hoy en día atender las necesidades de los miles de millones de seres humanos que viven en la miseria.

Pero no podemos olvidar tampoco que hoy en día gran parte del intercambio y difusión de la información que circula por el planeta, casi en tiempo real, tiene lugar con el concurso de satélites, incluido el funcionamiento de Internet, o de la nueva telefonía móvil. Y lo mismo se puede señalar del comercio internacional, del control de las condiciones meteorológicas (con ayuda del Meteosat), de la detección de bancos de pesca, el seguimiento de la evolución de los ecosistemas amenazados (incendios, debilitamiento de la capa de ozono, procesos de desertización, extinción de especies...), la instalación de telescopios capaces de observar el firmamento sin la limitación de la atmósfera terrestre, las denominadas sondas como las Pionner, Voyager, etc., cuyos espectrómetros ultravioletas envían datos sobre las galaxias, enanas, blancas, etc., etc. Son pocas las actividades humanas que no se ven hoy facilitadas por la combinación de ordenadores, telefonía y satélites artificiales.

Puede ser interesante referirse a que la vida de un satélite está limitada a unos cuantos años ya que para mantener su órbita necesita utilizar sus cohetes propulsores de gas cada cierto tiempo, lo que supone que se va gastando su combustible en un cierto número de años, en función de su tamaño y la altura de la órbita, puesto que si ésta aumenta el roce con la atmósfera disminuye. Todo ello supone el abandono en el espacio de numerosos objetos denominados chatarra espacial, lo que está suponiendo un problema al que dedicaremos la siguiente actividad.

El impresionante desarrollo de los satélites artificiales ha generado un problema de "chatarra espacial" al que es preciso prestar atención:

**A.28.** *¿Qué consecuencias tiene la existencia de la chatarra espacial? ¿Qué tipo de medidas se deberían adoptar para resolver el problema?*

**Comentarios A. 28.** En general, las personas no solemos preocuparnos por la contaminación del espacio orbital, pese a que ya en la década de los ochenta la Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo (1988), en su documentado estudio acerca de los problemas a los que ha de hacer frente la humanidad, “*Nuestro mundo común*”, alertaba de que los residuos que continúan en órbita constituyen una amenaza creciente para las actividades humanas realizadas en el espacio o desde el espacio. La contribución de los satélites a hacer del planeta una aldea global es fundamental pero, como ha enfatizado la Agencia Espacial Europea, si no se reducen los desechos en órbita, dentro de algunos años no se podrá colocar nada en el espacio.

El satélite francés CERISE, que costó miles de millones, fue destruido por uno de esos escombros. De hecho este peligro ha encarecido ya enormemente el coste de los blindajes con los que hay que proteger a los nuevos satélites, cada vez más necesarios. Se podría pensar que “el espacio es muy grande” y que los riesgos de colisiones son, pues, pequeños. Pero no hay que olvidar que hay una órbita “preferida” para los satélites de comunicaciones, la denominada *autopista geoestacionaria* que presenta muchas ventajas porque en ella los artefactos giran a la misma velocidad angular que la Tierra y quedan aparentemente fijos en el cielo respecto a la superficie del planeta. El número de satélites colocados allí se acerca a la saturación y las posibilidades de colisiones en esa zona son enormes.

Una de las mayores fuentes de esta chatarra, según la Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo (CMMAD), ha sido la actividad militar, con el ensayo de armas espaciales. Y ello se vería gravemente incrementado si se llevan adelante los planes de “guerra de las galaxias” que prevén la colocación de grandes cantidades de armas y de detectores de armas en los satélites, así como ensayos de destrucción de misiles en el espacio. Por eso la medida más importante para reducir los residuos espaciales, afirma la misma CMMAD, consiste en evitar que continúen los ensayos y el despliegue de armas espaciales que se utilizarán contra objetos colocados en el espacio. Se trata de medidas necesarias para evitar dejar en órbita esa herencia a las próximas generaciones, lo que resulta, según los expertos de la Subcomisión de Asuntos Científicos y Técnicos de la ONU, una negligencia tan grave como acumular residuos radiactivos cuya actividad puede durar cientos o miles de años, envenenar los océanos, salinizar las aguas subterráneas o destruir los bosques del planeta (Vilches y Gil-Pérez, 2003, capítulo 1, p.42). También aquí se puede conectar con la necesidad de una formación ciudadana que permita participar en la toma fundamentada de decisiones acerca de los problemas a los que la humanidad ha de hacer frente. Algo que, insistimos, ha llevado a Naciones Unidas a establecer una Década de la Educación para el Desarrollo Sostenible.

Para terminar esta consideración de la revolución científica y tecnológica que supuso el desplazamiento del sistema Geocéntrico por el Heliocéntrico y el establecimiento de la teoría de la Gravitación Universal, conviene proponer, a modo de recapitulación, algunas actividades de síntesis del estudio realizado en esta unidad.

## **Conclusión**

A modo de revisión y recapitulación realizaremos las siguientes actividades:

**A. 29.** *Indiquen las aportaciones de interés que haya supuesto para ustedes el estudio del tema.*

**A. 30.** *¿Qué campos del conocimiento quedan integrados a partir del modelo heliocéntrico y su desarrollo?*

**A. 31.** *¿Qué relación existe entre la evolución de los conocimientos abordados en este tema y las transformaciones de la propia sociedad?*

**A. 32.** *Visiten un Planetario con el fin de realizar un trabajo posterior sobre sus aportaciones para la comprensión de los conceptos abordados en el tema.*

**A. 33.** *Realicen un seguimiento de las noticias aparecidas en la prensa durante varias semanas relacionadas con la gravitación, viajes espaciales, origen del Universo etc., confeccionando un mural con las mismas para la clase y realizando un debate posterior acerca de sus repercusiones en la vida actual.*

**Comentarios A. 29 - A. 33.** A lo largo del tema ya se han ido realizando pausas de reflexión, a la vez que se ha resaltado el carácter revolucionario del paso del geocentrismo al heliocentrismo, permitiendo comprender el modo de crecimiento de la ciencia, evitando visiones de crecimiento lineal, a la vez que se analizan esos momentos culminantes en la historia del pensamiento que supusieron la remodelación del cuerpo de conocimientos tras el cuestionamiento de tesis aceptadas durante milenios.

Pero queremos señalar que el final del tema constituye una ocasión privilegiada para abordar aspectos fundamentales de la actividad científica, como lo referido a la recapitulación y las perspectivas abiertas con los desarrollos abordados. Por esta razón, se propone ahora un grupo de actividades que permiten recapitular todo lo estudiado en el tema, revisando y sintetizando lo que supuso esa gran revolución científica, el hundimiento de la barrera que separaba el Cielo de la Tierra, el surgimiento de un nuevo paradigma y la integración, por primera vez en la historia de la humanidad, de dominios aparentemente inconexos.

Una ocasión, también, para tratar de nuevo las relaciones CTSA, que han sido contempladas desde el inicio del tema pero que, tras avanzar en el estudio de la problemática abordada, es necesario analizar con mayor profundidad, conectando los aspectos tratados con los desarrollos tecnológicos y la sociedad y el medio en que se desarrollan (Solbes, 2002). Así, ya nos referimos a lo que supuso la búsqueda de una mejora en las predicciones astronómicas, fundamental para los largos viajes alejándose de las costas que tuvieron lugar en el siglo XV y que influyeron en el impulso que recibieron en esos años las investigaciones en el campo de la astronomía. También abordamos las barreras ideológicas a aceptar el movimiento de la Tierra, lo que constituye un magnífico ejemplo del papel subversivo del desarrollo científico, de cuestionamiento de dogmas y

barreras a la libertad de pensamiento. Y es posible referirse a la contribución de todos estos desarrollos en acciones transformadoras en la Tierra, facilitando los grandes descubrimientos y con ellos la primera gran globalización y las transformaciones sociales y del medio físico que provocó en todo el planeta... conduciéndonos a la actual situación de emergencia planetaria (Bybee, 1992) que reclama decididas acciones correctoras (Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo, 1988; Mayor Zaragoza, 2000; Vilches y Gil, 2003).

Y si extendemos la consideración de estas implicaciones hasta nuestros días, nos encontramos con consecuencias aún mayores como, por ejemplo, las posibilidades por los satélites artificiales que han modificado en profundidad la vida en la Tierra, haciendo posible la transmisión casi instantánea de información y de transacciones de todo tipo, así como la predicción de fenómenos atmosféricos, el estudio de la evolución de los ecosistemas, la detección de incendios, etc. etc., sin olvidar las repercusiones negativas que todo esto puede conllevar y que se relacionan con la contemplación de las perspectivas abiertas y la toma de decisiones al respecto.

Se trata, en definitiva, de aspectos fundamentales de la educación científica, a cuya comprensión puede contribuir la realización de la visita a un planetario, que permiten relacionar la gravitación con la revolución científico-técnica del siglo XX y profundizar en el conocimiento de la evolución de las ideas científicas, porque ayudan a mostrar una imagen de la ciencia en conexión con el mundo que nos rodea, con los avances científicos, con temas de actualidad, a ir aproximándonos al conocimiento de nuestros orígenes y, en definitiva, a contestar muchas de las preguntas que los seres humanos teníamos planteadas desde hace mucho tiempo, de una forma abierta, desprovista de mitos y supersticiones.

## Referências

BYBEE, R. W., "Planet Earth in Crisis: How Should Science Educators Respond?" *The American Biology Teacher*, 53(3), 1991, pp. 146-153. BYBEE, R. Achieving Technological Literacy: A National Imperative. **The Technology Teacher**, September 2000, pp. 23-28, 2000.

COMISIÓN MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE Y DEL DESARROLLO. **Nuestro Futuro Común**. Madrid: Alianza, 1988. 460p.

FURIÓ, C.; VILCHES, A. Las actitudes del alumnado hacia las ciencias y las relaciones Ciencia, Tecnología y Sociedad. En del Carmen, L. (Coord.) **La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en la educación secundaria**. Barcelona: Horsori, 1997. Cap. II, pp. 47-71.

GIORDAN, A. ¿Las ciencias y las técnicas en la cultura de los años 2000? *Kikiriki*, N° 44-45, 33-34, 1997.

GIL- PÉREZ, D. **Evolución de la idea de materia**. (Un hilo conductor para el estudio de la física). Valencia: ICE Universitat de Valencia, 1981. 110p.

GIL-PÉREZ, D.; MACEDO, B.; MARTÍNEZ-TORREGROSA, J.; SIFREDO, C.; VALDÉS, P.; VILCHES, A. **¿Cómo promover el interés por la cultura científica?** Chile: UNESCO-OREALC (en publicación). 2004.

HOLTON, G.; BRUSH, S. **Introducción a los conceptos y teorías de las ciencias físicas**. Barcelona: Reverté, 1996. 841p.

HOLTON, G.; ROLLER, D. **Fundamentos de la Física Moderna**. Barcelona: Reverté, 1963. 843p.

HOLTON, G.; RUTHERFORD, F. J.; WATSON, F. G. **Project Physics. Unit 2. Motion in the Heavens** New York: Holt-Rinehart-Winston, 1982. 124p

MAIZTEGUI, A.; ACEVEDO, J. A.; CAAMAÑO, A.; CACHAPUZ, A.; CAÑAL, P.; CARVALHO, A. M. P.; DEL CARMEN, L.; DUMAS CARRÉ, A.; GARRITZ, A.; GIL-PÉREZ, D.; GONZÁLEZ, E.; GRAS-MARTÍ, A.; GUIASOLA, J.; LÓPEZ-CEREZO, J. A.; MACEDO, B.; MARTÍNEZ-TORREGROSA, J.; MORENO, A.; PRAIA, J.; RUEDA, C.; TRICÁRICO, H.; VALDÉS, P.; VILCHES, A. Papel de la tecnología en la educación científica: una dimensión olvidada. **Revista Iberoamericana de Educación**, 28, pp. 129-155, 2002.

MAYOR ZARAGOZA, F., *Un mundo nuevo*, Barcelona, UNESCO. Círculo de lectores, 2000. 664p.

MASON, S. F. **Historia de las ciencias**, 5 Vol. Madrid: Alianza, 1985.175, 193, 180, 187, 112p.

SAGAN, C. **Cosmos**. Barcelona: Planeta, 1982. 365p.

SÁNCHEZ RON, J. M. **Como al león por sus garras**. Madrid: Debate, 1999. 331p.

SIMPSON, R. D.; KOBALA, T. R.; OLIVER, J. S.; CRAWLEY, F. E. Research on the affective dimension of science learning. En Gabel, D.L (Ed.), **Handbook of Research on Science Teaching and Learning**. N.Y.: McMillan Pub Co.,1994. Cap. 6, pp. 211-234.

SOLBES, J. **Les emprentes de la Ciència. Ciència, Tecnologia, Societat : Unes relacions controvertides**. Valencia: Germania, 2002. 209p.

VILCHES, A. y GIL-PÉREZ, D. **Construyamos un futuro sostenible. Diálogos de supervivencia**. Madrid: Cambridge University Press, 2003. 275p.



# DIFICULDADES INTERPRETADAS NOS DISCURSOS DE PROFESSORES DOS ANOS INICIAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL EM RELAÇÃO AO ENSINO DA ASTRONOMIA<sup>1</sup>

*Rodolfo Langhi<sup>2</sup>  
Roberto Nardi<sup>3</sup>*

**Resumo:** Este artigo, que relata as dificuldades de professores em relação ao ensino da Astronomia, faz parte de um estudo exploratório para a inserção da Astronomia na formação de professores dos anos iniciais do Ensino Fundamental. Esse estudo leva em consideração as concepções alternativas de alunos e professores sobre fenômenos astronômicos, os erros conceituais em livros didáticos e as sugestões de conteúdos de Astronomia constantes nos PCN (Parâmetros Curriculares Nacionais). Caracterizar as dificuldades dos professores é a questão central deste texto, apontando para o objetivo de contribuir com subsídios para um futuro programa de formação continuada neste tema. O estudo se justifica mediante o fato de que planejamentos de cursos como estes só se adequarão à realidade do professor (e do aluno) se houver uma investigação antecipada sobre o que os docentes precisam saber e saber fazer a respeito da Astronomia, o que se concretizou em nosso caso pela interpretação dos discursos de uma amostra de professores coletados através de entrevistas semi-estruturadas, utilizando para interpretação os princípios e métodos da análise do discurso em sua linha francesa. Os resultados da pesquisa indicaram dificuldades de ordem pessoal, metodológica, de formação, de infra-estrutura e outras relacionadas às fontes de informações para docentes.

**Pavavras-chave:** Formação inicial e continuada de professores; ensino da Astronomia; concepções alternativas; erros conceituais em livros didáticos; análise do discurso

## DIFICULTADES DETECTADAS EN LOS DISCURSOS DE LOS PROFESORES DE LOS PRIMEROS AÑOS DE LA ESCUELA PRIMARIA EN RELACIÓN A LA ENSEÑANZA DE LA ASTRONOMÍA

**Resumen:** Este artículo que relata las dificultades de los profesores en relación a la enseñanza de la Astronomía es parte de un estudio preliminar para la implantación de la Astronomía en la formación de profesores de los primeros años del ciclo primario. El estudio considera las concepciones alternativas de alumnos y profesores respecto a los fenómenos astronómicos, los errores conceptuales en los libros didácticos y las sugerencias de contenidos de Astronomía que constan en los Parámetros Curriculares Nacionales del Brasil. Caracterizar las dificultades de los profesores constituye la cuestión central de este texto, apuntando para el objetivo de contribuir para un futuro programa de educación continua en este tema. El estudio se justifica mediante el hecho que la planificación de cursos de este tipo solo se adecuarán a la realidad del profesor (y del alumno) si existe una investigación anterior a respecto de lo que los docentes necesitan saber y saber realizar en Astronomía, lo cual se concretó en nuestro caso por medio de la interpretación de los

---

<sup>1</sup> Este artigo foi elaborado com base na apresentação do tema pelos autores no VIII EBEA - Encontro Brasileiro para o Ensino de Astronomia realizado em São Paulo em dezembro de 2004.

<sup>2</sup> Professor das Faculdades Integradas de Adamantina. Mestre e Doutorando em Educação para a Ciência. Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência. Grupo de Pesquisa em Ensino de Ciências. Faculdade de Ciências. UNESP, Campus de Bauru. (e-mail: rlanghi@fc.unesp.br)

<sup>3</sup> Professor Adjunto, Livre Docente. Grupo de Pesquisa em Ensino de Ciências. Departamento de Educação. Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência. Faculdade de Ciências. UNESP - Campus de Bauru (e-mail: nardi@fc.unesp.br)

Rodolfo Langhi, Roberto Nardi

discursos de una muestra de profesores obtenidos através de entrevistas semiestructuradas, utilizand para esta interpretación los principios y métodos de análisis del discurso en su línea francesa. Los resultados mostraron dificultades de orden personal, metodológica, formativa, de infraestructura y otras relacionadas a las fuentes de información para los docentes.

**Palabras-clave:** Formación inicial e continuada de profesores; enseñanza de la Astronomía; concepciones alternativas; errores conceptuales en libros didácticos; análisis de discurso

### **DIFFICULTIES DETECTED IN THE DISCOURSES OF FIRST YEARS ELEMENTARY SCHOOL TEACHERS WITH THE TEACHING OF ASTRONOMY**

**Abstract:** This paper reports Primary School teachers' discourses analysis about their difficulties related to the teaching of Astronomy. It reports partial data of a master's level research carried out in the last two years, named "An exploratory study for inserting Astronomy in primary school teachers' education" (LANGHI, 2004). The study took into consideration students' and teachers' common sense conceptions about astronomical phenomena, conceptual mistakes in textbooks, and Astronomy's suggestions given by the PCN (Parâmetros Curriculares Nacionais – The Brazilian National Curriculum Standards). The paper aims to characterize teachers' difficulties, in order to provide subsidies to the implementation of an initial or continuing education program. This study is justified by the fact that courses plans like these only will be adapted to the teacher's (and students') reality, if there is a primary investigation about what the teachers really need to know about Astronomy. This fact was possible here by the enunciations interpretation of a teachers' sample using semi-structured interviews, according to discourse analysis procedures. The research outcomes show difficulties related to factors like: those of personal order, methodological, on teacher's formation, educational infrastructure and other related to information sources for educators.

**Keywords:** Initial and continuing teachers' education; Astronomy teaching; misconceptions in Astronomy; conceptual mistakes in textbooks; discourse analysis

## **Introdução e Justificativas**

O ensino da Astronomia vem recebendo uma atenção cada vez mais acentuada nos últimos anos, conforme o volume aumentado de trabalhos apresentados em eventos e publicações da área. Este artigo apresenta parte dos resultados de um estudo exploratório mais amplo que visou possibilidades de inserção de conteúdos de Astronomia na formação de professores dos anos iniciais do Ensino Fundamental (LANGHI, 2004).

A discussão do tema deste estudo fundamenta-se em três pilares: concepções alternativas de alunos e professores sobre fenômenos astronômicos, erros conceituais em livros didáticos e sugestões de conteúdos de Astronomia contidos nos PCN (Parâmetros Curriculares Nacionais). Não foi a intenção deste trabalho levantar as concepções alternativas diretamente com os envolvidos ou selecionar livros didáticos para análise quanto a conteúdos de Astronomia. Contudo, preocupou-se primariamente com relação à investigação de textos e trabalhos já publicados sobre estes problemas outrora levantados por outros autores.

Uma breve análise dos PCN sobre conteúdos para o ensino da Astronomia nos anos iniciais do Ensino Fundamental leva a crer na existência de brechas na formação de professores deste nível de ensino (BARROS, 1997). Uma deficiente preparação do professor neste campo e nas demais áreas da Ciência normalmente lhe traz dificuldades no momento de sua atuação em sala de aula.

Tentando contribuir com elementos que auxiliem os docentes a promover um ensino do conteúdo de Ciências de maneira mais eficaz, surge a elaboração de programas de educação continuada, cujos conteúdos e metodologias devem corresponder à realidade do professor. Caso haja um descompasso entre a universidade e o professorado, juntamente com a Secretaria da Educação, um curso de formação continuada poderia realmente não atingir as necessidades dos docentes, uma vez que seria prudente realizar pesquisas e estudos antecipados para investigar o que o professor de fato precisará em sua atuação com os estudantes no contexto onde está inserido. Desta forma, ao se respeitar os resultados de pesquisas antecipadamente realizadas com professores sobre o que de fato precisam saber e saber fazer, suas opiniões, suas inquietações e as lacunas deixadas durante sua formação, haverá uma base sólida para que os cursos de formação continuada possam atender às reais necessidades do docente em atuação.

Por conseguinte, a questão central aqui apresentada é a caracterização das dificuldades de professores dos anos iniciais do Ensino Fundamental quanto ao ensino da Astronomia, objetivando uma contribuição com subsídios para um futuro programa de educação continuada neste tema. Assim, este estudo se justifica mediante o fato de que planejamentos de cursos como estes só de adequarão à realidade do professor (e do aluno) se houver uma investigação antecipada sobre o que os docentes precisam saber e saber fazer a respeito da Astronomia, o que se concretizou em nosso caso pela interpretação dos discursos de uma amostra de professores durante suas entrevistas semi-estruturadas.

## **Conteúdos de Astronomia no ensino: concepções alternativas, erros em livros didáticos e sugestões dos PCN**

O termo ‘concepção alternativa’ faz referência a uma idéia sobre determinado fenômeno natural previamente concebida por alunos e/ou professores e que é posteriormente trazida para a sala de aula. Na literatura da área de pesquisa em ensino de Ciências encontram-se outros termos com significados semelhantes: “conceitos intuitivos”, “concepções espontâneas”, “idéias ingênuas”, “concepções prévias”, “pré-conceitos” e “idéias de senso comum”, conforme explica Teodoro (2000).

Conforme os PCN (BRASIL, 1997), “os estudantes possuem um repertório de representações, conhecimentos intuitivos, adquiridos pela vivência, pela cultura e senso comum, acerca dos conceitos que serão ensinados na escola”. Para Tignanelli (1998), a criança procura “as suas próprias explicações, geralmente sustentadas pela sua fantasia, seja *mítica* ou *mística*. Se não lhe forem apresentadas outras opções, esse pensamento *mágico* da criança persistirá durante toda a vida”. Muitas vezes, as concepções trazidas para a sala de aulas pelos alunos podem diferir tanto das idéias a serem ensinadas que chegam a influir no processo de sua aprendizagem, ou oferecerem resistência a mudanças (DRIVER, 1989).

Não são poucos os trabalhos que apresentam como resultados o levantamento das idéias pré-concebidas de estudantes e docentes com relação ao conteúdo da Astronomia. Por exemplo, Barrabín (1995) resume em seu trabalho as investigações que ele considera mais relevantes sobre as concepções do modelo Terra-Sol. Trumper (2001) alista algumas das pesquisas mais destacadas sobre conceitos astronômicos nos últimos 20 anos. Peña (2001) cita outros principais estudos desde 1984 realizados sobre concepções alternativas em Astronomia em alunos e/ou professores. Numa seleção bibliográfica comentada sobre investigações didáticas em Astronomia, Sebastiá (1995) apresenta em ordem cronológica outros trabalhos importantes. Em escala nacional, pode-se mencionar alguns que têm contribuído significativamente para a investigação de concepções alternativas sobre tópicos de Astronomia: Nardi (1989), Panzera e Thomaz (1995), Bisch (1998), Leite (2002), Ostermann e Moreira (1999), Teodoro (2000).

Uma leitura prévia de suas pesquisas revela que as principais concepções alternativas em Astronomia encontradas no ensino em geral são: as diferenças entre as estações do ano são causadas devido à distância da Terra em relação ao Sol; as fases da Lua são interpretadas como sendo eclipses lunares semanais; persistência de uma visão geocêntrica do Universo; existência de estrelas entre os planetas do Sistema Solar; desconhecem o movimento aparente das estrelas no céu com o passar das horas, incluindo o movimento circular das mesmas no pólo celeste; associam a presença da Lua exclusivamente ao céu noturno, admirando-se do seu aparecimento durante certos dias em plena luz do Sol; associam a existência da força de gravidade com a presença de ar, acreditando que só existe gravidade onde houver ar ou alguma atmosfera.

Quais seriam os motivos da existência das concepções alternativas? Há alguns estudos da área que pontuaram algumas possíveis causas que definem as origens destas concepções (Barros, 1997; Bretones, 1999; Fraknoi, 1995; Maluf, 2000). Neste artigo não entraremos no mérito da discussão de cada uma delas. Todavia, dentre elas, há o sério problema da

ocorrência de erros conceituais em livros didáticos, que acabam por definir ou moldar o perfil de determinadas concepções de alunos e docentes.

Embora a avaliação dos livros didáticos realizada pelo MEC possibilitasse a incorporação de correções em diversas publicações, existem ainda no mercado exemplares com erros conceituais, ou, no mínimo, com afirmações incompletas que sugerem interpretações alternativas (LEITE e HOSOUME, 1999).

A pesquisa sobre erros conceituais em livros didáticos de Ciências, incluindo o tema Astronomia, já vem sendo realizada por muitos especialistas na área, trazendo uma contribuição para a educação brasileira, dentre os quais citam-se: Bizzo (2000), Trevisan (1997), Nardi (1996), Pretto (1985), Canalle (1994 e 1997) e Paula e Oliveira (2002). Dentre outros conteúdos com erros conceituais encontrados nestes livros, pode-se destacar neste artigo os seguintes: estações do ano, Lua e suas fases, movimentos e inclinação da Terra, representação de constelações, estrelas, dimensões dos astros no Sistema Solar, número de satélites e anéis em alguns planetas, cometas, pontos cardeais e características planetárias, mencionando ainda que os livros didáticos falham no aspecto do incentivo à observação prática – a prática observacional astronômica.

De fato, os PCN contemplam a importância das observações no ensino de Ciências, o que envolve diretamente o ensino da Astronomia. “Observar não significa apenas ver, e sim buscar ver melhor, encontrar detalhes no objeto observado” (BRASIL, 1997), o que certamente inclui o céu noturno, como explicado pelos referidos parâmetros, que alertam para o cuidado de a observação ser “um procedimento guiado pelo professor, previamente planejado” (BRASIL, 1997).

Quanto aos temas para o ensino da Astronomia, foram selecionados pelos PCN os seguintes conteúdos centrais para o desenvolvimento de conceitos, procedimentos e atitudes:

*Identificação, mediante observação direta, de algumas constelações, estrelas e planetas recorrentes no céu do hemisfério Sul durante o ano, compreendendo que os corpos celestes vistos no céu estão a diferentes distâncias da Terra; valorização do conhecimento historicamente acumulado, considerando o papel de novas tecnologias e o embate de idéias nos principais eventos da história da Astronomia até os dias de hoje (BRASIL, 1998).*

De acordo com os PCN (BRASIL, 1998), os temas de estudo sugeridos devem ser organizados para que os alunos ganhem progressivamente as seguintes capacidades: caracterizar movimentos visíveis de corpos celestes no horizonte e seu papel na orientação do homem no espaço e no tempo, atualmente e no passado, o que se exige o reconhecimento de determinadas constelações.

Conteúdos de Astronomia entrariam definitivamente no eixo temático “Terra e Universo” conforme sugerido pelos PCN, que está presente somente a partir do terceiro ciclo (5<sup>a</sup>. e 6<sup>a</sup>. séries) por “motivos circunstanciais”, mas entende-se que “este eixo poderia estar presente nos dois primeiros” ciclos (BRASIL, 1998). Os referidos parâmetros advogam ainda que a Astronomia deve fazer parte do conteúdo dos anos iniciais do Ensino Fundamental, quando mencionam que “a grande variedade de conteúdos teóricos das

disciplinas científicas, como a Astronomia, a Biologia, a Física, as Geociências e a Química, assim como dos conhecimentos tecnológicos, deve ser considerada pelo professor em seu planejamento” (BRASIL, 1997).

Que a Astronomia deve fazer parte do conteúdo dos anos iniciais do Ensino Fundamental, é garantido pelos PCN quando menciona que “a grande variedade de conteúdos teóricos das disciplinas científicas, como a Astronomia, a Biologia, a Física, as Geociências e a Química, assim como dos conhecimentos tecnológicos, deve ser considerada pelo professor em seu planejamento”. Apesar disso, conforme já salientado, dos quatro blocos temáticos, “o bloco Terra e Universo só será destacado a partir do terceiro ciclo” e não é abordado nos PCN para os dois primeiros ciclos (BRASIL, 1997).

Destacando a importância do ensino da Astronomia, Tignanelli (1998) afirma que este tema aparece como necessário na “formação integral de uma criança, tal como fica evidenciado pela quantidade de conceitos astronômicos que se especificam nos objetivos dos diferentes currículos das escolas primárias do mundo inteiro”.

### **Ações preliminares à elaboração de um programa de formação continuada de professores**

Uma vez que: a) existem diversas concepções alternativas sobre fenômenos astronômicos, b) muitos erros conceituais em livros didáticos ainda persistem mesmo após a avaliação efetuada pelo MEC e c) o Ensino Fundamental em seus anos iniciais devem contemplar conteúdos de Astronomia conforme sugerem os PCN, a questão é: estaria o professor preparado para trabalhar com este tema com as crianças? De fato, mediante pesquisas efetuadas na área do ensino de Ciências, constata-se uma deficiente formação dos professores neste campo (BARROS, 1997; MALUF, 2000; BRETONES, 1999). É preocupante imaginar quais noções de Astronomia os docentes que se graduaram em cursos isentos de conceitos em Ciências (tais como Letras e Matemática, por exemplo) revisaram em sua formação para se sentirem aptos ao trabalhar com conteúdos dessa natureza com seus alunos.

Mesmo antes de iniciar sua formação, algumas concepções alternativas sobre fenômenos astronômicos estão firmemente arraigadas no futuro docente, que podem ter tido sua origem na própria educação que recebeu enquanto criança, nos seus anos iniciais do Ensino Fundamental. Atingindo a formação, essas concepções normalmente persistem, em parte resultado de um curso de graduação falho ou isento de conteúdos em ensino de Astronomia. Conforme Langhi (2004), muitos professores só vão rever o tema quando iniciarem sua carreira no magistério, tendo de confiar plenamente na reduzida e muitas vezes duvidosa quantidade de tópicos astronômicos contidos nos livros didáticos. Os anos iniciais continuam assim fornecendo a base para a continuação desse processo e um ‘ciclo’ parece se repetir. Portanto, para se romper este ciclo, acreditamos que a inserção da Astronomia deveria ocorrer na formação inicial/continuada de professores, talvez garantindo uma mudança de postura dos mesmos em relação ao ensino deste tema.

Contudo, a presença da Astronomia na formação de professores não deveria simplesmente resumir-se em apenas conteúdos, mas é necessário que se inclua ainda sugestões e orientações didáticas organizadas e definidas em função das diferentes realidades e necessidades dos docentes. Alguns cursos de capacitação (educação

continuada) fornecidos para os professores atuantes são criticados pelo fato de nem sempre realizarem um levantamento prévio das reais dificuldades e expectativas dos docentes, resultando em um descompasso entre as universidades e órgãos oficiais com relação ao ensino básico nas escolas, o que produz cursos com conteúdos e metodologias que não correspondem à realidade dos docentes de Ensino Fundamental e Médio.

Portanto, visando a contribuição com subsídios para a proposta de um futuro programa de educação continuada sobre Astronomia, julgamos relevante neste trabalho mapear em primeira instância as principais dificuldades dos principais envolvidos na questão: os professores dos anos iniciais do Ensino Fundamental.

Desta forma, ao se respeitar os resultados de pesquisas que são antecipadamente realizadas com os professores sobre o que precisam saber e saber fazer, suas opiniões, suas inquietações e as lacunas deixadas durante sua formação, só assim haverá uma base sólida para que os cursos de formação continuada possam atender às reais necessidades do docente em atuação, permitindo uma inserção adequada e contextualizada de conteúdos de Astronomia.

### **Metodologia e Resultados**

Privilegiou-se neste estudo, de natureza qualitativa, a utilização de elementos de análise do discurso para o tratamento dos dados obtidos a partir das enunciações levantadas durante as entrevistas semi-estruturadas com uma amostra de cinco professoras em atuação na rede pública nos anos iniciais do Ensino Fundamental da região da Nova Alta Paulista, no estado de São Paulo, Brasil. A investigação foi baseada em pesquisas já realizadas sobre o ensino de temas de Astronomia e matérias afins, conforme Nardi (1996), Baxter (1989) e Barrabín (1995), por exemplo.

A entrevista aqui contemplada é a que Bogdan e Biklen (1991) chamam de conversa intencional, dirigida por uma pessoa com o objetivo de obter informações sobre outra, possuindo as seguintes características: podem ser consideradas como a estratégia dominante para conseguir dados na investigação qualitativa; começam com uma conversa aparentemente corriqueira e depois vão se especificando as perguntas; os sujeitos devem ficar à vontade e falar livremente sobre seus pontos de vista; compõe-se de perguntas perspicazes e não gerais; o entrevistador não deve temer o silêncio do entrevistado, pois pode ser que ele esteja organizando suas idéias para responder; filmar as entrevistas pode registrá-la melhor do que a escrita simultânea, mas deve ser autorizado pelo sujeito.

Na espécie de entrevista utilizada nesta pesquisa, os sujeitos da amostra não devem saber de antemão o assunto principal da conversa. Por isso, o tema 'ensino da Astronomia', bem como termos educacionais foram evitados nos comentários do pesquisador, fazendo o máximo para que os mesmos emergissem espontaneamente pelo próprio sujeito da entrevista, uma vez que as omissões também são fontes de interpretações para a análise do discurso. No entanto, quando o diálogo se delongava pelo fato do entrevistado não abordar o tema de interesse, o entrevistador vez por outra optou por induzi-lo. Em uma entrevista semi-estruturada, que se inicia com uma conversa informal, há meios de se interpretar o grau de contato que o sujeito possui em relação ao tema de estudo, pois quando o docente

está diretamente envolvido com conteúdos específicos, ele naturalmente os cita de modo espontâneo ao ser questionado sobre isso indiretamente.

Seguindo o procedimento acima, a conversa inicial de cada entrevista propôs questões informais, tais como o nome do professor entrevistado e das escolas onde trabalha, as séries envolvidas, tempo de profissão e curso de formação. Especificando a conversa, o pesquisador solicitou que se comentasse brevemente sobre o trabalho desenvolvido pelo docente da amostra com seus alunos. Surgindo espontaneamente ou não o ensino de conteúdos de Ciências, as perguntas eram direcionadas de modo a induzir a abordagem natural do ensino de temas ligados à Astronomia pelo sujeito da amostra. Uma vez que o assunto central era inserido, levantavam-se questões específicas sobre o ensino da Astronomia, tais como seus conteúdos programáticos utilizados, fontes de pesquisa consultadas, metodologias de ensino, temas astronômicos trabalhados durante sua formação, opiniões e sugestões para a inserção deste tema em programas de educação continuada e inicial, e finalmente as suas dificuldades para com o processo de ensino-aprendizagem sobre noções de Astronomia.

Todas as entrevistas foram filmadas em VHS e realizadas em uma sala de aulas, onde somente o pesquisador e o entrevistado estivessem presentes. As entrevistas foram transcritas na sua íntegra de modo que as linhas receberam uma numeração sequencial, as cinco entrevistadas da amostra final renomeadas de A a E, e o pesquisador foi chamado de P, garantindo o anonimato das professoras na pesquisa.

O estudo dos dados levantados pelas entrevistas foi desenvolvido mediante o uso da análise do discurso em sua linha francesa conforme divulgado por Maingueneau (1997) e Orlandi (1999), que pode ser definida como uma “disciplina que, em vez de proceder a uma análise lingüística do texto em si mesmo ou uma análise sociológica ou psicológica do seu contexto, visa articular a sua enunciação com um determinado lugar social” (MAINGUENEAU, 1997). Deste modo, um texto ou uma fala possui uma intencionalidade. Ela também não é natural nem inocente. Por isso, a linguagem, enquanto discurso, está carregada de ideologia.

Para a análise do discurso não existe a presença física de organismos humanos individuais, mas a representação de lugares determinados na estrutura de uma formação social. Por exemplo, no interior de uma instituição escolar, há o *lugar* do diretor, o *lugar* do professor, o *lugar* do aluno. Assim, no discurso, as relações entre estes lugares acham-se representadas por *formações imaginárias* que designam a imagem que ele faz do seu próprio lugar e do lugar do outro.

As palavras simples do nosso cotidiano já chegam até nós carregadas de sentidos que não sabemos como se constituíram e que significam em nós e para nós. No dizer há sempre um não-dizer, que pode ser interpretado de diferentes maneiras, dependendo do que o analista do discurso procura. A produção da linguagem não é transmissão de informação, mas efeitos de sentido entre locutores: daí decorre o efeito-leitor. Os sentidos não são propriedades privadas nem do autor e nem do leitor, pois são efeitos da troca de linguagem. Os sentidos são partes de um processo, se realizam em um contexto, têm historicidade, possuem um passado e se projetam para um futuro (Orlandi, 2000).

O silêncio também é discurso. Quando o docente está diretamente envolvido com conteúdos específicos, ele os cita naturalmente e de modo espontâneo ao ser questionado sobre isso indiretamente durante uma entrevista. A ausência de referências a eles pode ser



interpretada como indicação de que o professor realmente não os compartilha com seus alunos ou os desconhece parcial ou totalmente.

O suporte do discurso ou o meio pelo qual se concentram ou se materializam vários discursos se dá pelo indivíduo, do grupo ao qual representa. A análise do discurso, dessa forma, possibilita ao investigador descobrir os meandros do pensamento expresso por um determinado indivíduo ou grupo social. Conforme Maingueneau (1996), uma das tarefas mais importantes da análise do discurso é classificar os discursos que são produzidos numa sociedade.

Para a leitura de um discurso ou texto, deve-se levar em conta as histórias da leitura do texto e as histórias das leituras do leitor. Desta forma, o leitor atribui sentidos ao discurso, e por isso o ato da leitura é o momento crítico em que se desencadeia o processo de significação (ORLANDI, 2000). Uma análise não é igual a outra porque mobiliza conceitos diferentes e isso tem resultados cruciais na descrição dos materiais. Um mesmo analista, formulando uma questão diferente ou analisando um mesmo discurso numa época distinta, também poderia mobilizar conceitos diversos, fazendo outros recortes conceituais. Cada pesquisador terá seu próprio dispositivo analítico, que é determinado pela natureza do material analisado, questão do pesquisador, e domínio de disciplinas que o analista se filia.

Fazendo uso do discurso pedagógico, pode-se enquadrar a imagem do professor como o docente aqui entrevistado. A imagem do referente (ORLANDI, 1999) se encaixa no conjunto dos fenômenos astronômicos mínimos que contemplam os conteúdos que devem ser trabalhados com os alunos dos anos iniciais, os quais são enquadrados na imagem do aluno. Finalmente, o aparelho ideológico, ou a instituição escolar levada em conta neste trabalho abrange a escola pública (estadual e municipal), bem como a escola particular.

Não é objetivo deste artigo considerar em pormenores cada uma das análises realizadas com os discursos da amostra, pois como já mencionado, o presente texto relata apenas algumas conclusões da pesquisa qualitativa mais ampla encontrada em Langhi (2004). Por isso, nos concentraremos no aspecto geral das dificuldades no ensino da Astronomia que puderam ser investigadas com a interpretação dos discursos dos professores, mediante a citação aqui de alguns exemplos de recortes discursivos e suas respectivas interpretações.

Iniciando com o sujeito A, que atribui a sua formação imaginária sobre o seu próprio lugar na instituição, faz uma leitura parafrástica de perguntas de alunos sobre assuntos que o professor tem dificuldade em responder, ao atribuir a eles uma imagem de conotação adversária, como fica demonstrado em seus enunciados: “Eles fazem perguntas para testar se o professor sabe” (451), “o aluno fala: ela não sabe! (...) é como um computador, tem que saber tudo” (483).

Esta atitude pode ser classificada como parafrástica, pois este dizer parece se repetir no lugar do professor na estrutura da formação social que ele ocupa na instituição escolar, uma vez que sua função social é também o da reprodução. Nestes dizeres há um não-dito que confirma o professor como um ser institucional e detentor do saber, em que os alunos são considerados seres provocadores cujo objetivo de suas perguntas e questionamentos é o de testar os conhecimentos do professor (que deve funcionar como um ‘computador’), não admitindo que ele falhe em responder-lhes quaisquer questões.

Isto remete às dificuldades de A ao abordar o assunto específico da Astronomia, como fica exemplificado no uso de expressões tais como: “fico meio apurada” (450), “hora do

sufoco” (470), “conteúdo difícil” (176), “é uma coisa tão distante do mundo deles” (178), “só (...) um texto e uma figura de livro didático é difícil de entender” (181), “é bem complicado” (399), “algumas coisas sinto dificuldades, outras não” (455), “é difícil você responder, eu não sei, é difícil” (482), “mas eu não sei te dizer números exatos, quer dizer, eu tenho uma noção do que seja, mas eu não sei” (242) e “eles até te questionam: ‘mas qual que é o planeta mais próximo do Sol?’, pra dizer a verdade, nem sei. [risos] Eu não sei” (168). Com enunciados bem semelhantes a estes, os demais sujeitos da amostra deram margem às mesmas interpretações de seus discursos.

O docente não preparado para o ensino da Astronomia durante sua formação promove o seu trabalho educacional com as crianças sobre um suporte instável, onde essa base pode vir das mais variadas fontes, desde a mídia até livros didáticos com erros conceituais, proporcionando uma propagação destas concepções alternativas. Caso um histórico das concepções espontâneas em Astronomia de alguns professores pudesse ser traçado, talvez fosse possível encontrar concepções sobre fenômenos astronômicos neles que tiveram origem em sua própria infância e, persistindo durante anos, atravessaram intactas os momentos em que deveriam ser desestabilizadas e modificadas, mas por inexistência de tais momentos, as concepções acompanharam a inteira formação do docente e agora em sala de aula, seus alunos por sua vez as apreendem, denotando uma dominância de paradigmas.

Este histórico das concepções aparenta ter a conotação de uma continuidade prejudicial, mas torna-se evidente que deveria ser rompido em algum ponto, para o benefício do ensino de Ciências, sobretudo o da Astronomia. O momento dessa ruptura do paradigma dominante com respeito às concepções alternativas pode fazer emergir as mais variadas espécies de sentimentos, como expressa o interessante fragmento discursivo abaixo:

**311 C:** [...] Porque até então, ninguém chegou pra gente e falou “tá errado”. Só... hoje a gente tá vendo isso; mas até então, ninguém veio questionar. Ninguém veio falar: “oh, tá errado o jeito que você dá aula”. [...]

**314 P:** E como você se sentiu ao saber...?

**315 C:** Muito frustrada!

**316 P:** É? Frustrada!?

**317 C:** Terrivelmente... terrivelmente enganada. (risos) [...] Foi difícil aceitar de eu ter errado por muito tempo.

Com expressões tais como “terrivelmente enganada”, “muito frustrada” e “difícil aceitar de eu ter errado por muito tempo”, C ilustra as diferentes reações de professores que assumem suas responsabilidades com seriedade e por profissionalismo mostram-se indignados por suas próprias concepções perdurarem por um tempo considerável de anos, ou ainda ter confiado estritamente em sua formação ou em livros didáticos.

Porém, suas preocupações atingem um grau superior e atravessam a sua própria individualidade quando enuncia suas preocupações com a formação de outros, como é evidenciado abaixo:

**257 C:** [...] Agora eu me pergunto: [...] e uma pessoa que [...] não fez a formação, por exemplo, de Ciências? Minha preocupação é essa. Uma pessoa que, por exemplo, fez Letras, Matemática. E ela [...] é uma professora de Ensino Fundamental, de primeira a quarta, [...] polivalente, ela tem de dar todas as matérias. Ela tem que saber Ciências, entendeu? [...]

Percebe-se claramente que nesta fala de C, a formação de professores não tem contemplado a inclusão de conteúdos. Além disso, expressa a preocupação com respeito à formação inicial fragmentada e altamente especializada daquele futuro docente que, quando em atuação, terá de ensinar conteúdos não trabalhados enquanto aluno do aparelho ideológico universitário.

Pelas enunciações desta e demais entrevistas concordantes, extrai-se significações preocupantes no que tange à formação do professor de Ciências, que apresenta problemas com relação ao ensino da Astronomia. No entanto, as inquietações podem ser estendidas para além da formação do professor dessa área apenas, pois há os professores que se graduaram em Letras e Matemática, como exemplificado por C. É preocupante imaginar quais noções de Astronomia tais docentes revisaram em sua formação para se sentirem aptos ao trabalharem com conteúdos dessa natureza com seus alunos.

Como muitos professores só vão rever conteúdos de Astronomia quando do início de sua carreira no magistério, terão de confiar plenamente na reduzida quantidade de tópicos astronômicos contidos nos livros didáticos utilizados, pois conforme Maluf (2000), devido à região em que muitos professores se encontram no Brasil, eles só possuem como única fonte disponível de consulta o livro didático.

Quando alguns correspondem à sua responsabilidade como educadores e movem-se em busca de outras fontes disponíveis de informações sobre Astronomia, além do livro didático, deparam-se com incertezas e inseguranças, tais como notícias espetacularizadas da mídia, sites da internet duvidosos, publicações com vocabulário inadequado para leigos, ou outros colegas de trabalho, que não raro também apresentam suas concepções particulares.

A respeito das fontes de consulta intraescolares – os livros didáticos de Ciências – há uma generalização em seus conteúdos que denotam sentenciar uma cadeia de informações que reflete a apropriação da linguagem do cientista, como a soberania ideológica do saber. Quando A responde para o aluno: “olha, sinceramente, não sei, vou olhar num livro” (452), formula uma implicação de que o livro didático é soberano em seu conteúdo e atribui-lhe um significado de principal fonte de dados, embora o próprio professor deva reconhecer a sua limitação intelectual. Porém, nem sempre estes materiais estão à disposição, ou quando estão, não atendem à importância fundamental para o papel da qualidade deles, como argumenta A, a escassez destes produtos para suas atividades:

**467 A:** [...] Um dia mesmo um aluno me perguntou... “ah, deixe eu ver”. Olhei, olhei, não tinha um livro. Então, eu acho que falta ter um material de apoio dentro da sala de aula. Um livro, uma apostila, [...] um material [...] para o professor estar pesquisando na hora do sufoco. Ter certeza do que ele está falando.

Com relação ao livro didático, interpretou-se de um modo geral nos discursos da amostra uma demasiada – e, muitas vezes, justificada – confiança atribuída ao mesmo, notadamente aos materiais de instituições particulares de ensino, o que também é preocupante, uma vez que inúmeros estudos na área têm indicado diversos erros conceituais em Astronomia, conforme já mencionado. Assim, embora a expectativa seja a de se esperar que o livro didático supra a confiança desejada para o profissional educador, este material mais utilizado pelo professor acaba por reafirmar ou criar diversas concepções alternativas encontradas tanto em alunos como em docentes.

Outra crítica constante nos discursos da amostra é a questão de como é introduzida a disciplina de Prática de Ensino dentro dos cursos de formação que distorce a dialética da teoria/prática. Os resultados apontaram para a seguinte concepção geral dos professores sobre a relação teoria/prática: durante sua formação não há uma capacitação em conformidade com a prática pedagógica que o futuro professor irá trabalhar. Esta crítica à formação inicial, que deve ser repensada, está relacionada com os projetos pedagógicos que geralmente não são consistentes e, mesmo que sejam, parecem não ser respeitados.

Exemplificando esta problemática com o enunciado de D, o sujeito retoma interdiscursos sobre a teoria e a prática, e apresenta alguns enunciados formulados numa verticalidade, transpondo-se através do seu discurso, numa significação em que deve ser levada em conta a historicidade da formação e da experiência de trabalho do sujeito falante, como demonstrado pelos seguintes aspectos discursivos, muitos dos quais com sentimentos que representam um desabafo:

**222 D:** [...] eu acho que você sai do curso de magistério – eu acho que na faculdade também, que agora eu estou fazendo Pedagogia – você sai muito na teoria. Tudo teoria. Por mais que você faça o estágio, não tem nada a haver com a prática. [...] eu acho [...] que falta mesmo... é aquela ligação entre teoria e prática. Eu acho que você aprende muita coisa bonita [...] mas quando você está dentro da sala é tudo ao contrário, quando você tá do outro lado, é bem diferente. [...] Então, é outra realidade, a prática é muito complicado mesmo.

**231 P:** [...] O que [...] pra você deveria ser a prática [...].

**234 D:** É a vivência mesmo, né, as ações. Você lá... realmente, [...] não tem nem como passar um manualzinho: “oh, quando acontecer isso com o aluno, você faz isso; quando...”. Não tem isso realmente, é meio difícil. [...] Lá, você vê: “Olha, conteúdo é assim, metodologias, você tem que aplicar isso, você tem que aplicar aquilo”; mas quando você está com sua sala, nem tudo dá certo, você não obtém todos os resultados que [...] está esperando... Você não usa só um tipo de metodologia, você tem que tentar de todas... [...] Eu falo: “tudo no papel é fácil”. Chegou na prática, chegou na hora... (D balança a cabeça negativamente) [...] Porque é “pessoa” que você está lidando. Eu falo: “você não dá aula só pras crianças, você ainda tem mais pai e mãe, tio, vizinho que muitas vezes vêm falar do que está acontecendo na sua sala [...], como você pode agir, como pode trabalhar...” Então ser humano é muito complicado.

Embora D reconheça a impossibilidade da existência de um manual completo e acabado com todo o detalhamento das mais variadas possibilidades de problemas e respectivas soluções potencialmente existentes numa sala de aulas, sua crítica segue diretamente aos cursos de formação, que insistem em permanecer na falta da ligação entre teoria e prática, como duas coisas distintas, por mais que um estágio supervisionado seja considerado ideologicamente como ‘prática’ pela instituição educacional que forma professores, gerando dificuldades para o trabalho docente do professor recém-formado.

Num momento discursivo posterior, D (e demais sujeitos da amostra) confere a esses estabelecimentos de ensino uma falha também no aspecto teórico (escassez de conteúdos), uma vez que “nem na teoria, muitas coisas não são passadas pra nós” (320). Uma vez que certos conteúdos não são revisados nem apresentados em sua formação, o futuro professor experimenta fontes inseguras de informações. Ou, quando trabalhados durante a sua formação, tais conteúdos geralmente se mostram afastados do contexto e da realidade local.

Segundo os discursos da amostra, a prática do ensino de conteúdos deveria estar ligada com uma ampliação dos limites da instituição de ensino superior, indo além das paredes da

sala de aulas, bem como dos muros desta escola: levar em conta as posições dos alunos como sujeitos socialmente interligados, tais como pais, parentes e vizinhos, conforme enunciou D. Não preconizando a dicotomia entre teoria e prática, mas admitindo que sem um embasamento caracterizado pela prática efetivamente social e regional (o que deveria estar previsto nos cursos de formação), muitos docentes experimentam as mais diversificadas metodologias de ensino, continuando, porém, sem resultados satisfatórios quanto à conquista do interesse da parte dos alunos com respeito aos conteúdos.

A enunciação de D com relação ao uso de diversas metodologias está ligada ao fato de que o processo de aprendizagem não deveria ser elaborado com obediência a regras fixas e universais, e que as antigas estratégias de ensino do quadro e giz, bem como os mais recentes paradigmas pedagógicos, são insuficientes em assegurar que os alunos realmente aprendam os conceitos científicos. Em razão disso, conforme Laburú, Arruda e Nardi (2003), há o pressuposto de que todo processo de ensino-aprendizagem é altamente complexo, mutável no tempo e envolve múltiplos saberes, o que leva a uma proposta metodológica pluralista para a educação científica.

Sob um olhar geral, a interpretação dos efeitos de sentido interpretados nos discursos dos docentes da amostra foi possível verificar que, embora reconhecendo suas dificuldades com o ensino da Astronomia, a maioria deles expressou o seu gosto pelo tema, e lamentou suas limitadas capacidades para ensiná-lo, uma vez que não trabalharam com conteúdos de Astronomia em sua formação inicial. Também demonstraram a aceitação e o interesse dos seus alunos em aprender este tema, já que muitos de seus conteúdos despertam sua curiosidade, principalmente devido a notícias da mídia, embora não se deva considerá-las como fonte fidedigna de conteúdos escolares.

Portanto, apesar das características variadas dos componentes da amostra (tais como idades, tempo de experiência, instituições escolares e cursos de graduação), um conjunto de aspectos em comum foi identificado entre eles, dentre os quais concentrou-se neste artigo em suas dificuldades de ordem pessoal, metodológica, de infra-estrutura, formação e fontes de informações. A tabela abaixo apresenta resumidamente essa classificação das dificuldades gerais levantadas pela pesquisa através do exame analítico dos discursos dos professores.

<b>Metodologia</b>	<p>Acreditam que conteúdos de Astronomia fazem parte de uma realidade distante do ‘mundo’ dos alunos e do nosso também. Faltam idéias e sugestões para um ensino contextualizado da Astronomia.</p> <p>Encontram dificuldades implícitas ao próprio tema. Alguns conceitos são difíceis de entender e de explicar.</p> <p>Conteúdos de Astronomia em livros didáticos e o tempo dedicado a eles durante a programação escolar são reduzidos para se trabalhar adequadamente.</p>
<b>Infra-estrutura</b>	<p>Falta de acesso a outras fontes rápidas de consulta, tais como a internet, ou demais fontes bibliográficas paradidáticas.</p> <p>Dificuldades em realizar visitas e excursões a observatórios, planetários ou estabelecer contatos com associações de astrônomos amadores regionais.</p> <p>Escassez de tempo para pesquisas adicionais sobre temas astronômicos.</p>
<b>Fontes</b>	<p>Confiança nos livros didáticos é quebrada ao serem expostos seus erros conceituais de Astronomia.</p> <p>Quantidade reduzida de literatura com linguagem acessível que trata de fundamentos de Astronomia e métodos de ensino para os anos iniciais do Ensino Fundamental.</p> <p>Não se encontram critérios quanto à seleção confiável de publicações paradidáticas e de páginas eletrônicas na internet.</p> <p>Tempo desperdiçado durante a procura não direcionada de outras fontes informais de ensino: outros livros didáticos, livros paradidáticos, revistas, jornais, internet, filmes, programas de TV, palestras locais, outros professores, institutos do setor, e astrônomos.</p>
<b>Pessoal</b>	<p>Insegurança e temor pessoal com relação ao tema.</p> <p>Dificuldades em realizar a separação entre mitos populares (como a Astrologia e horóscopos) e o conhecimento científico em Astronomia.</p>
<b>Formação</b>	<p>Falta de cursos de aperfeiçoamento/capacitação na área (formação continuada).</p> <p>Primeiro contato com Astronomia apenas no início de sua carreira como professor.</p> <p>Dificuldades em responder perguntas de alunos sobre fenômenos astronômicos geralmente divulgados na mídia, devido a falhas durante a formação inicial.</p>

### Considerações Finais

A existência da deficiência de conteúdos na formação do docente geralmente implica em geração de dificuldades durante o seu ensino para as crianças. Em poucas palavras: para se ensinar conteúdos, é necessário conhecer bem esses conteúdos. Contudo, eles precisam ser trabalhados adequadamente, o que pode ser conseguido por uma transposição didática e metodologias de ensino apropriadas para cada realidade. Acreditamos que isto só pode ser alcançado se houver uma preocupação no sentido de se investigar antecipadamente as

dificuldades e necessidades dos professores envolvidos, levantando subsídios para uma posterior elaboração de atividades de formação inicial e/ou continuada que atendam suas expectativas inseridas em seu próprio contexto.

A Astronomia assim inserida na formação de professores é apoiada pela importância atribuída à presença de conteúdos nos cursos de formação, pois conforme as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores da Educação Básica (BRASIL, 2001), para desenvolver o seu trabalho, o professor precisa compreender os conteúdos das áreas do conhecimento que serão objeto de sua atuação didática, o que inclui temas de Astronomia. Mas, para que esta compreensão seja possível, os conteúdos devem estar presentes na formação do professor, de modo a ir além daquilo que será trabalhado em sua prática docente com as crianças e os jovens, uma vez que o conteúdo assume um papel central no desenvolvimento de competências.

Assim, as referidas Diretrizes apresentam como resolução, dentre outras, que nos cursos de licenciaturas de Educação Infantil e anos iniciais do Ensino Fundamental “deverão preponderar os tempos dedicados à constituição de conhecimento sobre os objetos de ensino e nas demais licenciaturas o tempo dedicado às dimensões pedagógicas não será inferior à quinta parte da carga horária total” (BRASIL, 2001).

Contudo, há atualmente um tratamento inadequado dos conteúdos nos cursos de formação de professores, pois estes “geralmente, caracterizam-se por tratar superficialmente (ou mesmo não tratar) os conhecimentos sobre os objetos de ensino com os quais o futuro professor virá a trabalhar” (BRASIL, 2001), fato que se confirmou na interpretação dos discursos dos docentes entrevistados neste trabalho com relação às suas dificuldades com tópicos de Astronomia. Para garantir ao futuro docente o domínio e a consolidação desses e de outros conhecimentos, as citadas Diretrizes apontam para as denominadas “unidades curriculares de complementação”, que estariam longe de ser simplesmente “aulas de revisão”:

*É, portanto, imprescindível que o professor em preparação para trabalhar na educação básica demonstre que desenvolveu ou tenha oportunidade de desenvolver, de modo sólido e pleno, as competências previstas para os egressos da educação básica (...). Isto é, condição mínima indispensável para qualificá-lo como capaz de lecionar na educação infantil, no ensino fundamental ou no ensino médio. Sendo assim, a formação de professores terá que garantir que os aspirantes à docência dominem efetivamente esses conhecimentos. Sempre que necessário, devem ser oferecidas unidades curriculares de complementação e consolidação dos conhecimentos lingüísticos, matemáticos, das ciências naturais e das humanidades (BRASIL, 2001).*

Portanto, manifestas as dificuldades relatadas nos discursos da amostra, em relação ao ensino da Astronomia nos anos iniciais do Ensino Fundamental, esperamos que os dados apresentados neste trabalho possam se tornar úteis para fornecer subsídios no processo de instalação de um programa de educação continuada para professores deste nível, bem como a inserção deste tema na formação inicial desses docentes, para que compreendam e identifiquem as principais áreas para mudanças em sua prática pedagógica em relação ao ensino da Astronomia.

## Referências

BARRABÍN, J. M. ¿Por qué hay veranos e inviernos? Representaciones de estudiantes (12-18) y de futuros maestros sobre algunos aspectos del modelo Sol-Tierra. **Enseñanza de las Ciencias**, v.13, n.2, p.227-236, 1995.

BARROS S. G. La Astronomía en textos escolares de educación primaria. **Enseñanza de las Ciencias**, v.15, n.2, p.225-232, 1997.

BAXTER, J. Childrens' understanding of familiar astronomical events. **International Journal of Science Education**, v.11, special issue, p.502-513, 1989.

BISCH, S. M. **Astronomia no ensino fundamental: natureza e conteúdo do conhecimento de estudantes e professores**. Tese (Doutorado em Educação), Faculdade de Educação, USP, 1998.

BIZZO, N. Falhas no ensino de ciências. **Ciência Hoje**, 159 (27):26-31, abril, 2000.

BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. **Investigação qualitativa em educação**. Porto Editora, Portugal, 1991.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. **Diretrizes Curriculares**

**Nacionais para a Formação de Professores da Educação Básica, em nível superior, curso de licenciatura, de graduação plena**. Parecer CNE/CP nº 9/2001, pub no DOU de 18/01/2002. Brasília: MEC, 2001. 44 p. Disponível em: <<http://www.mec.gov.br>>. Acesso em: março 2004.

BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnologia. **Parâmetros Curriculares Nacionais: terceiro e quarto ciclos do ensino fundamental – ciências naturais**. Brasília. MEC/SEMTEC. 1998.

BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnologia. **Parâmetros Curriculares Nacionais: ciências naturais**. Brasília. MEC/SEMTEC. 1997.

BRETONES, P. S. **Disciplinas introdutórias de Astronomia nos cursos superiores do Brasil**. Dissertação (Mestrado), Instituto de Geociências, UNICAMP, 1999.

CANALLE, J. B. G.; OLIVEIRA, I.A.G. Comparação entre os tamanhos dos planetas e do Sol. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.11, n.2, p.141-144, 1994.

CANALLE, J. B. G. et al. Análise do conteúdo de Astronomia de livros de geografia de 1º grau. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.14, n.3, p.254-263, 1997.

DRIVER, R. Students' conceptions and the learning of science. **International Journal of Science Education**, v.11, special issue, p.481-490, 1989.

FRAKNOI, A. An Introduction. In: FRAKNOI (ed.). **The universe at your fingertips: an Astronomy activity and resource notebook**. Estados Unidos da América. Project Astro. 1995. Cap. 1, p. 1-4.

LABURÚ, C. E.; ARRUDA, S. M.; NARDI, R. Pluralismo metodológico no ensino de ciências. **Ciência & Educação**. Bauru, v. 9, nº 2, p. 247-260, 2003.

LANGHI, R. **Um estudo exploratório para a inserção da Astronomia na formação de professores dos anos iniciais do Ensino Fundamental**. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência). Faculdade de Ciências, UNESP, Bauru, 2004.

LEITE, C.; HOSOUME, Y. Astronomia nos livros didáticos de ciências da 1ª à 4ª séries do ensino fundamental. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 13,



São Paulo, 1999. **Caderno de Resumos e Programação...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 1999.

LEITE, C. **Os professores de ciências e suas formas de pensar a Astronomia.** Dissertação

(Mestrado em Educação), Instituto de Física e Faculdade de Educação, USP, 2002.

MAINGUENEAU, D. **Os termos-chave da análise do discurso.** Lisboa: Gradiva, 1997.

MAINGUENEAU, D. **Novas tendências em análise do discurso.** 3º ed. São Paulo: Pontes, 1996.

MALUF, V. J. **A Terra no espaço: a desconstrução do objeto real na construção do objeto científico.** Dissertação de Mestrado. Instituto de Educação, UFMT, Cuiabá, 2000.

NARDI, R. **Um estudo psicogenético das idéias que evoluem para a noção de campo –**

**subsídios para a construção do ensino desse conceito.** Tese (Doutorado em Educação),

Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

NARDI, R. Avaliação de livros e materiais didáticos para o ensino de ciências e as necessidades formativas do docente. In: BICUDO, M.A.V. e SILVA JÚNIOR, C.A. **Formação do Educador e avaliação institucional.** São Paulo: Editora Unesp, 1996, v.1, p. 93-103.

ORLANDI, E. P. **A linguagem e seu funcionamento – as formas do discurso.** 4º ed. São Paulo: Pontes, 1999.

ORLANDI, E. P. **Discurso e leitura.** 8º ed. São Paulo: Cortez, 2000.

OSTERMANN F.; MOREIRA, M. A. **A física na formação de professores do Ensino Fundamental.** Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 1999.

PANZERA, A. C.; THOMAZ, S. P. **Fundamentos de Astronomia: uma abordagem prática para o ensino fundamental.** Edição experimental. Centro de Ensino de Ciências e Matemática (CECIMIG) e Faculdade de Educação (FaE), UFMG, Belo Horizonte, 1995.

PAULA, A.S.P.; OLIVEIRA, H.J.Q. **Análises e propostas para o ensino de Astronomia.**

Disponível em: <<http://cdcc-gwy.cdcc.sc.usp.br/cda/erros-no-brasil/index.html>>. Acesso em: 15 de janeiro de 2002.

PEÑA, B. M.; QUILEZ, M. J. G. The importance of images in Astronomy education. **International Journal of Science Education**, v.23, n. 11, p.1125-1135, 2001.

PRETTO, N. L. **A ciência dos livros didáticos.** Campinas: Unicamp, 1985.

SEBASTIÁ, B. M. Investigación didáctica en Astronomía: una selección bibliográfica. **Enseñanza de las Ciencias**, v.13 (3), p. 387-389, 1995.

TEODORO, S. R. **A história da ciência e as concepções alternativas de estudantes como subsídios para o planejamento de um curso sobre atração gravitacional.** Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência).Bauru: Faculdade de Ciências, UNESP, 2000.

TIGNANELLI, H. L. Sobre o ensino da Astronomia no Ensino Fundamental. In: WEISSMANN, H. (org.). **Didática das ciências naturais: contribuições e reflexões.** Porto Alegre: Artmed, 1998.

Rodolfo Langhi, Roberto Nardi

TREVISAN, R. H. et al. Assessoria na avaliação do conteúdo de Astronomia dos livros de ciências do primeiro grau. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.14, n.1, p.7-16, 1997.

TRUMPER, R. A cross-age study of Junior High School students' conceptions of basic astronomy concepts. **International Journal of Science Education**, v.23, nº 11, p.1111-1123, 2001.

## ENSINO DE ASTRONOMIA NAS FACULDADES TERESA MARTIN

*Paulo Henrique Azevedo Sobreira<sup>1</sup>*

**Resumo:** Até o final de 2002 inexistiam na grade curricular das Faculdades Integradas Teresa Martin (FATEMA) cadeiras com conteúdos exclusivos de Astronomia. A partir do ano de 2001 iniciou-se uma série de experiências educacionais através de modelos de cursos e de aulas de Astronomia nos Departamentos de Matemática e de Geografia, o que culminou com a inserção do Ensino de Astronomia como temática da disciplina de Estudos Independentes para o curso de Licenciatura em Matemática, em 2005.

**Palavras-chave:** Astronomia. Cosmografia. Ensino de Astronomia. Ensino de Geografia. Educação Matemática

## ENSEÑANZA DE ASTRONOMIA EN LA FACULTAD TERESA MARTIN

**Resumen:** Hasta el final de 2002 no había en el currículo de la Facultad Teresa Martín (FATEMA) en San Pablo – SP, Brasil, disciplinas con contenidos exclusivos de Astronomía. A partir del año 2001 comenzó una secuencia de experimentos educacionales de carrera y de clases de Astronomía en los Departamentos de Matemática y Geografía, culminando en la implantación de clases de Enseñanza de la Astronomía en la Licenciatura en Matemática, en el año de 2003, y de la cátedra de extensión en Cosmografía para la Licenciatura en Geografía.

**Palabras-Clave:** Astronomía. Cosmografía. Enseñanza de Astronomía. Enseñanza de Geografía. Educación Matemática

## TEACHING OF ASTRONOMY AT TERESA MARTIN COLLEGE

**Abstract:** Courses with exclusive Astronomy contents did not exist at (FATEMA) Teresa Martin College's program until the end of 2002. In 2001, a series of educational experiments started in courses and classes of Astronomy at Mathematics and Geography departments. This actions culminated with the insertion of Teaching of Astronomy as a study theme in the course of Independent Studies for Mathematics professors in 2005.

**Keywords:** Astronomy. Cosmography. Teaching of Astronomy. Teaching of Geography. Mathematics Education

---

<sup>1</sup> Formação em Geografia USP, Mestrado e Doutorado em Geografia Física USP e professor das Faculdades Teresa Martin. - e-mail: [sobreiracosmografia@yahoo.com.br](mailto:sobreiracosmografia@yahoo.com.br)

## **1. O panorama do Ensino de Astronomia nas licenciaturas em Matemática e em Geografia no Brasil**

A imensa maioria dos programas das licenciaturas em Matemática e Geografia no Brasil não possui disciplinas de Astronomia ou de Cosmografia, o que pode significar um descaso por parte dos dirigentes das instituições responsáveis por estas licenciaturas, que parecem ignorar a importância dos vínculos históricos e conceituais que existem entre estas ciências.

No caso das 36 graduações amostradas em licenciaturas em Matemática por meio do levantamento efetuado por BRETONES (1999), sobre disciplinas introdutórias de Astronomia nos cursos superiores do Brasil, nenhuma das IES (Instituições de Ensino Superior) que responderam aos questionários daquela pesquisa afirmou possuir cursos próprios de Astronomia. É possível que existam universidades com disciplinas optativas, no entanto, somente o curso da Universidade Federal do Rio Grande do Sul forneceu algumas informações sobre as disciplinas optativas de Fundamentos de Astronomia e Astronomia de Posição, segundo BRETONES (op. cit.).

De acordo com BRETONES (op. cit.) e SOBREIRA (2002) nas carreiras de bacharelado e de licenciatura em Geografia, há em algumas poucas universidades, disciplinas optativas ou obrigatórias de introdução à Astronomia, totalizando 16 cursos conhecidos. Esses cursos representam 7,4% dos 176 cursos de graduação em Geografia no Brasil, o que é pouco e necessita ser valorizado e ampliado, principalmente pelo corpo docente que defende a manutenção destas disciplinas. Existe o risco constante do desaparecimento delas, em face das constantes alterações curriculares, principalmente em Geografia.

Além dos cursos citados por BRETONES (op. cit.) existem outras disciplinas, tais como: “Noções de Cosmografia” da UNITAU (Universidade de Taubaté – SP) para o curso de Geografia e a disciplina Introdução à Astronomia do Departamento de Astronomia da Universidade de São Paulo, oferecida para o Departamento de Geografia. Possivelmente estas são algumas das IES que não responderam ao questionário daquela pesquisa ou não forneceram informações pormenorizadas, como menciona BRETONES.

Além dessas universidades, há também manifestos favoráveis dos docentes e dos discentes à inclusão de disciplinas de Astronomia nos cursos de Geografia da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Universidade Federal da Paraíba (UFPB) e da Universidade Federal do Paraná (UFPR).

Quanto ao Ensino Médio há alguns exemplos paulistanos de instituições de ensino que possuem disciplinas de Astronomia, tais como os colégios: Oswald de Andrade, Santa Maria e Objetivo. Durante sete anos (1997-2003) houve também um projeto de Astrofísica (ASTROBAND) no Colégio Bandeirantes, no qual foram efetuados vários testes com o telescópio remoto do Monte Wilson – EUA, em parceria com o Departamento de Astronomia da Universidade de São Paulo. O Colégio Magno ([www.colmagno.com.br](http://www.colmagno.com.br)), que apesar de optar por não oferecer disciplinas de Astronomia por falta de adesão de seus alunos, mantém um observatório astronômico didático em suas instalações, desde 1998, com um telescópio MEADE de 10”.

Em alguns países latinos, tais como Argentina, México, Itália e Costa Rica, as disciplinas de Astronomia e de Cosmografia são mantidas nas licenciaturas em Matemática

e em Geografia, e ainda, há disciplinas obrigatórias e opcionais de Astronomia ou Cosmografia no nível escolar básico na Itália, na França, na Turquia e mesmo no Brasil.

## **2. O Ensino de Astronomia na licenciatura em Ciências e Matemática na FATEMA: primeiros anos de experiência**

A FATEMA (Faculdades Integradas Teresa Martin) (<http://www.fatema.br>) se situa em São Paulo – SP nos *campi* Freguesia do Ó e Pinheiros e foi constituída em 1971.

Desde a fundação da FATEMA são oferecidos os cursos de licenciatura em Ciências com habilitação em Matemática e a licenciatura em Estudos Sociais.

O curso de Estudos Sociais foi extinto em 2002 e separado nas licenciaturas em Geografia e em História. Em 2003 foi extinta a licenciatura em Ciências que se tornou a atual licenciatura em Matemática.

Nos últimos anos da licenciatura em Ciências com habilitação em Matemática (2001 a 2003) iniciaram-se as primeiras ações do processo de afirmação da importância dos estudos astronômicos perante a comunidade acadêmica da FATEMA. Aproveitaram-se as aulas da disciplina de Elementos de Geologia para Ciências para trabalhar tópicos de Astronomia vinculados aos estudos geológicos, tais como:

- Os movimentos da Terra;
- O Sistema Solar: constituição e movimentos dos planetas;
- O Universo e o calendário cósmico.

Principiaram-se também as aulas de um mini-curso de extensão, entre novembro e dezembro de 2001, com 16 horas de duração, intitulado: “INTRODUÇÃO À ASTRONOMIA: EXEMPLOS DE APLICAÇÕES SIMPLES DE CONCEITOS MATEMÁTICOS”, com a presença de alunos das licenciaturas de Matemática e de Geografia. O conteúdo programático do curso abordou:

- O Sistema Terra-Sol-Lua;
- Fases da Lua e estações do ano;
- O Sistema Solar - origem e características;
- O Sol e as estrelas - nascimento, vida e morte;
- As galáxias e o Universo.

Em junho de 2002 foram modificados alguns temas do curso anterior, que teve também sua carga horária aumentada para 20 horas. O curso passou a se chamar simplesmente: “INTRODUÇÃO À ASTRONOMIA”, ao qual compareceram somente alunos da licenciatura em Matemática. O programa do mini-curso tratou:

- O que é Astronomia;
- As constelações;
- Os movimentos aparentes do Sol e dos planetas;

- Noções de calendários;
- Forma e movimentos da Terra;
- Estações do ano;
- O Sistema Solar;
- As estrelas e nebulosas;
- A Galáxia ou Via Láctea;
- As galáxias;
- O Universo – noções de Cosmologia.

Os objetivos dos dois mini-cursos ofertados em 2001 e 2002 foram:

- Apresentar a ciência da Astronomia e suas principais subdivisões;
- Possibilitar aos estudantes uma abrangente visão da organização do Universo e todos os seus conjuntos e tipos de astros;
- Partir de fatos marcantes da História da Astronomia, tomando-a como eixo diretor dos tópicos a serem desenvolvidos no curso;
- Construir materiais didáticos para possibilitar aos estudantes, uma melhor compreensão dos movimentos da Terra e da Lua e conhecer as dimensões do Sistema Solar;
- Fazer observações do Sol e outros astros, com o uso de telescópios;
- Utilizar diversos recursos audiovisuais e de informática para o Ensino da Astronomia;
- Demonstrar que a Astronomia como ciência interdisciplinar, tornou-se muito importante com o advento da Nova LDB do governo federal.

Os estudos de Astronomia tiveram presença também nos eventos da primeira e da segunda “Semana de Matemática” nos anos 2001 e 2002, por meio das “OFICINAS DE ENSINO DE ASTRONOMIA”, sempre com o número de vagas preenchido pelos alunos da licenciatura em Matemática.

As aulas de Astronomia e as atividades dos cursos de extensão e das oficinas possibilitaram a inclusão de uma modalidade de pesquisa na recém criada iniciação científica em Ensino de Astronomia no Departamento de Matemática.

A iniciação científica do Departamento de Matemática na FATEMA é concedida somente a dois ou três alunos bolsistas por ano e unicamente ao curso diurno, desde 2003. A iniciação científica foi interrompida em 2004 e oferecida novamente em 2005, simplesmente com duas vagas para serem disputadas por todos os professores do Departamento de Matemática.

Em 2003 aproveitou-se uma vaga para uma estudante de iniciação científica. Ao final de 2003 publicaram-se os resultados daquela pesquisa na monografia de Renata Messias Bezerra a respeito da análise de temas de Astronomia nos livros didáticos de Ciências (BEZERRA & SOBREIRA, 2004), aluna do 4<sup>o</sup> ano da licenciatura em Ciências com habilitação em Matemática.

### 3. As disciplinas de Ensino de Astronomia I e II na licenciatura em Matemática

Com as mudanças estruturais do curso de licenciatura em Matemática, no qual as principais alterações foram a eliminação da habilitação em Ciências e a diminuição dos anos de estudo, que passaram de quatro para três anos seriados, houve uma maior preocupação por parte da coordenação e dos professores do Departamento de Matemática da FATEMA em possibilitar uma formação profissional mais adequada aos futuros professores de Matemática.

Durante o processo de elaboração do novo curso de licenciatura, que passou de anual para semestral, optou-se por três disciplinas em módulos semestrais de “ENSINO DE ASTRONOMIA I, II e III” a serem oferecidas a partir do 1º ano da licenciatura, em 2003.

O intuito foi formar um conjunto de tópicos astronômicos obrigatórios de apoio à Educação Matemática, que normalmente seriam opcionais em outras circunstâncias acadêmicas. Pretendeu-se apresentar a Astronomia como uma ciência multi, trans e interdisciplinar, onde a Educação Matemática pode ser aplicada utilizando elementos concretos de estudo dos astros e correlacionar a evolução dos conhecimentos astronômicos com a História da Matemática, a trigonometria e a geometria plana e a espacial.

O primeiro curso foi voltado à História da Astronomia e da Matemática com frequência semanal e, nesse caso, utilizaram-se inicialmente as horas semanais da vaga curricular dos “SEMINÁRIOS INTERNOS I”, em 2003.

Os cursos posteriores de “ENSINO DE ASTRONOMIA II e III” foram planejados para acompanhar os temas mais relevantes da licenciatura em Matemática dos 2ºs e 3ºs anos, tais como, a trigonometria, a geometria plana e a espacial, nas horas semanais da vaga curricular dos “SEMINÁRIOS INTERNOS II e III”.

Infelizmente os cursos de “ENSINO DE ASTRONOMIA II e III” não foram oferecidos aos 2ºs e 3ºs anos, tal como planejado, em virtude de novas modificações da grade curricular, em 2004.

O conteúdo programático, que se adequou em 2003 para o 1º ano da licenciatura, do curso “ENSINO DE ASTRONOMIA I” foi:

- O que é Astronomia;
- Astronomia x Astrologia;
- Geocentrismo: Astronomia na Mesopotâmia, Babilônia e Egito Antigo;
- Astronomia na Grécia Antiga;
- Heliocentrismo: Astronomia da Renascença: Copérnico, Tycho Brahe e Kepler;
- A Astronomia de Galileu;
- O Universo de Isaac Newton.

No ano de 2004, o Departamento de Matemática decidiu que o “ENSINO DE ASTRONOMIA” seria oferecido somente ao 1º ano, porém desmembrado em duas disciplinas, o que exigiu um novo planejamento de temas e diretrizes voltados para essa turma.

As disciplinas de “ENSINO DE ASTRONOMIA I e II” foram oferecidas em dois semestres nas horas semanais das vagas curriculares dos “SEMINÁRIOS INTERNOS I e II”.

Em 2005, todavia, houve uma nova mudança dos nomes das cadeiras e aproveitaram-se as horas da vaga curricular de “ESTUDOS INDEPENDENTES I e II” para o 1º ano da licenciatura em Matemática.

O conteúdo programático para o “ENSINO DE ASTRONOMIA I”, oferecida como “ESTUDOS INDEPENDENTES I” foi:

- O que é Astronomia
- O Sistema Solar
- Nebulosas e Estrelas
- A Via Láctea e as galáxias
- Noções de Cosmologia

Os temas para o “ENSINO DE ASTRONOMIA II”, oferecidos como “ESTUDOS INDEPENDENTES II” foram:

- Definição e cálculo da data da Páscoa;
- Determinação de distâncias do Sistema Sol-Terra-Lua;
- Modelos em escala do Sistema Solar;
- Determinação do comprimento e do raio da Terra;
- Relógios de Sol;
- Noções de Astronomia Esférica.

#### **4. O Ensino de Astronomia na licenciatura em Geografia na FATEMA**

Quanto ao curso de licenciatura em Geografia, em 2002 e 2003, principiaram-se as atuações para valorizar os estudos astronômicos, pelas aulas das disciplinas de Geologia I e de Biogeografia I. O objetivo foi trabalhar tópicos de Astronomia vinculados aos estudos geográficos.

Lecionaram-se aulas na disciplina de Biogeografia I sobre os seguintes temas:

- Origem e evolução do Universo;
- Origem do Sistema Solar;
- Origem da Terra e teorias sobre a origem da vida.

Na disciplina de Geologia I para a licenciatura em Geografia houve aulas sobre:

- Os movimentos da Terra;
- O sistema Sol-Terra-Lua;
- O Universo e o calendário cósmico.



Pretende-se manter os temas astronômicos nessas disciplinas básicas do curso de Geografia nos próximos anos, porém seria mais interessante a formatação de uma disciplina específica de Cosmografia, a partir de uma reformulação curricular, não só na FATEMA, mas em todos os cursos de licenciatura em Geografia no Brasil.

Para se avaliar melhor esta proposta de inclusão da Cosmografia nos cursos de Geografia, efetuaram-se cursos de extensão experimentais em agosto de 2003 e março e abril de 2005, com 30 horas de duração, denominados: “INTRODUÇÃO À COSMOGRAFIA” e “OFICINAS DE COSMOGRAFIA: ATIVIDADES ASTRONÔMICAS NO ENSINO DE GEOGRAFIA”.

Estes cursos foram organizados pela Associação dos Ex-alunos de Geografia e por esta razão se ofereceram as atividades aos ex-alunos da FATEMA, portanto, um público constituído somente por professores de Geografia. Além de atividades de construção de materiais didáticos, também se discutiram conceitos básicos de Astronomia e realizaram-se observações astronômicas a olho nu. Os resultados dessas oficinas foram animadores e servem de motivação para se aperfeiçoar as atividades práticas de Cosmografia e levá-las a um número crescente de alunos e professores de Geografia procedentes da FATEMA. Os objetivos dos cursos de Cosmografia foram:

- Apresentar a ciência da Cosmografia como uma interface entre os temas de Astronomia mais importantes que se relacionam com a Geografia, possibilitando uma abrangente visão dos diferentes fenômenos físicos que ocorrem no Sistema Terra-Sol-Lua e suas implicações culturais na humanidade;
- Construção de materiais didáticos para o uso dentro e fora da sala de aula que possibilitem compreender melhor as interações da Terra com o Espaço Sideral.

O programa de atividades da “INTRODUÇÃO À COSMOGRAFIA” foi:

### **1.O que é Cosmografia**

- 1.1 Aspectos históricos da Cosmografia
- 1.2 Definição de Cosmografia

### **2.O céu e a cultura**

- 2.1 Constelações
- 2.2 Selo Nacional
- 2.3 Bandeiras com temas astronômicos
- 2.4 A Astronomia na cultura brasileira
  - 2.4.1 Nomes astronômicos em estabelecimentos comerciais
  - 2.4.2 Os astros em letras de músicas brasileiras
  - 2.4.3 Os astros em poesias da literatura brasileira

### **3.Orientação Geográfica**

- 3.1 Os pontos cardeais
- 3.2 Orientação pela Lua
- 3.3 Orientação pelo Cruzeiro do Sul

**4. Estações do Ano (Sistema Heliocêntrico)**

**5. Estações do Ano (Sistema Geocêntrico)**

5.1 Alguns aspectos do folclore e dos mitos sobre as estações do ano

5.2 Experimentos com variações de comprimentos de sombra

**6. Fusos Horários**

**7. O Sistema Sol-Terra-Lua**

7.1 As Fases da Lua

7.2 Os Eclipses

7.3 As Marés

O programa das “OFICINAS DE COSMOGRAFIA: ATIVIDADES ASTRONÔMICAS NO ENSINO DE GEOGRAFIA” foi:

**1. Orientação Geográfica**

Determinação dos pontos cardeais

**2. Estações do Ano**

2.1 Modelo tridimensional das estações do ano

2.2 Modelo tridimensional dos dias e das noites nos Solstícios e Equinócios

**3. Movimentos da Terra e da Lua**

3.1 Fases da Lua e eclipses

3.2 Modelo em escala do Sistema Sol-Terra-Lua

**4. Fusos Horários**

Modelos tridimensionais para o ensino de fusos horários (esfera e cilindro das horas)

**5. Considerações Finais**

O Ensino de Astronomia na FATEMA vem ocorrendo desde 2001, na forma de cursos, aulas e oficinas e conquistou cada vez mais espaço ao longo dos anos de 2002 e 2003, com expectativas de manutenção para os próximos anos. Os cursos semestrais de ENSINO DE ASTRONOMIA I e II poderão e deverão ser aperfeiçoados ao longo dos anos e semestres em virtude dos resultados pedagógicos que apresentarem.

Seria interessante que cada vez mais cursos brasileiros de licenciatura em Matemática e em Geografia também aplicassem disciplinas voltadas aos estudos astronômicos e principalmente cosmográficos, respectivamente.

O Departamento de Geografia da FATEMA poderá vir a oferecer anualmente, na forma de cursos de extensão, a “INTRODUÇÃO À COSMOGRAFIA” e as “OFICINAS DE COSMOGRAFIA: ATIVIDADES ASTRONÔMICAS NO ENSINO DE GEOGRAFIA”.

Almeja-se formar alunos e futuros professores pesquisadores que se interessem pelos temas astronômicos, nos departamentos de Matemática e de Geografia, principalmente a partir das turmas que cursarem os semestres de Ensino de Astronomia e os cursos de Cosmografia.

A próxima etapa em médio e longo prazo desta campanha, depois da formação de uma massa crítica de professores de Matemática e Geografia poderá ser a extensão das

atividades acadêmicas ao Ensino Fundamental e Médio da Escola Teresa Francisca Martin com a elaboração de projetos para a utilização de telescópios remotos e/ou da construção de um observatório astronômico didático na FATEMA, unidade Freguesia do Ó e a aquisição de obras básicas e audiovisuais de Astronomia para a biblioteca da instituição.

## 6. Referências

BEZERRA, Renata Messias; SOBREIRA, Paulo Henrique Azevedo. Astronomia no livro didático de Ciências. **Boletim da SAB – Sociedade Astronômica Brasileira**, São Paulo, vol. 24, no 1 , p. 81-2, ago.2004.

ISSN 0101-3440

BRETONES, Paulo Sérgio. **Disciplinas Introdutórias de Astronomia nos Cursos Superiores do Brasil**. UNICAMP - Instituto de Geociências. Dissertação de mestrado. Campinas, 1999.

SOBREIRA, Paulo Henrique Azevedo. Astronomia no Ensino de Geografia: análise crítica nos livros didáticos de Geografia. **XIII Encontro Nacional de Geógrafos**, João Pessoa, Caderno de Resumos e Anais do encontro, Jul.2002.

ISSN 0103-0884

## O PERIGO QUE VEM DO ESPAÇO

*Paulo Bedaque<sup>1</sup>*

**Resumo:** Entre os muitos riscos que corre o ambiente terrestre, existe a possibilidade, ainda que remota, de choques com pequenos corpos celestes como cometas, asteróides e meteoróides que podem provocar desde pequenas colisões sem grandes conseqüências até cataclismos de enormes dimensões, com reflexos para toda a vida existente na Terra. A taxa das colisões, como era de se esperar, é tanto maior quanto menores forem as dimensões e a massa do corpo externo. É possível fazer simulações levando-se em conta o diâmetro médio do objeto celeste, sua densidade, a velocidade e o ângulo de colisão para estimar as conseqüências que trariam tais colisões. É possível também estimar as probabilidades dos choques e avaliar os reais riscos que nosso planeta corre e com que periodicidade podemos esperá-los. Os resultados dessas simulações aparecem em gráficos de modo a facilitar a análise final. Por fim, lembramos que existem centros de pesquisa em várias partes do mundo trabalhando no patrulhamento do céu na busca de possíveis "agressores" e na estimativa dos reais riscos que corremos.

**Palavras-chave:** Asteróides, colisões cósmicas

## EL PELIGRO QUE VIENE DEL ESPACIO

**Resumen:** Entre los muchos riesgos que corre el ambiente terrestre existe la remota posibilidad de choques con pequeños cuerpos celestes como cometas y asteroides, y que pueden provocar desde pequeños daños sin mayores consecuencias hasta cataclismos de grandes dimensiones, con reflejos para toda la vida existente en la Tierra. La tasa de colisiones, como era de esperar, es mucho menor para cuerpos con masas y diámetros crecientes. Es posible realizar simulaciones considerando el diámetro, la masa, su velocidad y el ángulo de la colisión para estimar las probabilidades, las consecuencias para el planeta y con qué tasa temporal podemos esperarlas. Los resultados de estas simulaciones se presentan en gráficos para facilitar el análisis final. Finalmente señalamos que existen varios centros de investigación en el mundo trabajando en barraduras del cielo en busca de posibles "agresores" y en las estimaciones de los riesgos que corremos.

**Palabras clave:** Asteroides, colisiones cósmicas

## THE DANGER FROM THE OUTER SPACE

**Abstract:** Among the several risks to which the terrestrial life is subject, there is a remote possibility of collision with minor astronomical bodies such as comets and asteroids, which can potentially cause consequences ranging from minor damages to large cataclysms with reflections for the whole Earth. The frequency of the collisions is smaller whenever the external bodies are bigger and more massive. It is possible to conduct simulations taking into account these factors and the velocities and angles of the collisions to estimate their probabilities, the consequences for our planet and the frequency of such events. The results of the simulations are presented graphically to facilitate the final analysis. Finally, we point out that there are several research centers in the world working in the surveillance of the sky to identify possible "aggressive" bodies and evaluate the actual risks for the planet.

**Keywords:** Near Earth Asteroids (NEAs), cosmic collisions

---

<sup>1</sup> Paulo Bedaque é bacharel e licenciado em Física (USP), mestrando em Educação a Distância (UNED – Madri – Espanha – cátedra da UNESCO) e autor de livros didáticos de ciências (Ed. Saraiva).  
bedaque@ciencias.com.br

Não é a toa que aquelas manchas escuras receberam nomes de mares. Quando observadas à distância, elas se parecem realmente com mares, com grandes oceanos. Mar da Tranqüilidade, Mar da Serenidade, Mar da Fecundidade, Mar das Crises etc. Vistas da Terra, aquelas imensas planícies lunares se parecem mesmo com mares, ainda que, como sabemos hoje, sejam inóspitas, não tenham uma gota de água e se pareçam com os desertos mais secos e sem vida de nosso planeta. O sonho de alguns de que a Lua pudesse comportar grandes mares morreu quando os primeiros telescópios se voltaram para a superfície de nosso único satélite natural. Ainda assim, persistiu a crença de que ela pudesse de algum modo abrigar vida inteligente. Essa possibilidade alimentou mentes férteis no campo da ficção e grandes livros da literatura universal trataram da existência dos “lunáticos” e ainda hoje fazem muito sucesso. Refiro-me em especial aos clássicos “Os primeiros homens da Lua” e “Viagem ao redor da Lua”, respectivamente de H. G. Wells e de Julio Verne, dois grandes mestres da ficção científica. Hoje, tem-se a certeza de que não existem habitantes da Lua e o encontro do homem com alienígenas está adiado, não se sabe por quanto tempo.



Foto da Lua vista da Terra. As regiões mais escuras são grandes planícies chamadas de mares, embora não tenham uma gota de água. Pode-se observar também um grande número de crateras de vários diâmetros. (cortesia da [NASA](#))

Mas não é exatamente dos “mares” lunares que queremos tratar neste momento e sim de seus vizinhos, as imensas e famosas crateras que podem ser observadas da Terra, mesmo por um pequeno telescópio. Galileu Galilei (1564-1642) foi o primeiro a observá-las com sua pequena luneta em 1609 e mostrou que elas eram na verdade montanhas altíssimas. A maior parte dessas crateras teve sua origem em colossais impactos meteoríticos e por isso são chamadas de crateras meteoríticas.

Aqui cabe uma ligeira explicação sobre alguns termos que costumam carregar dúvidas. Chamamos de **meteoro** (do grego *meteoron*, que significa “fenômeno no céu”) aquele fenômeno atmosférico em que matéria do sistema solar entra na atmosfera terrestre e, por fricção, torna-se incandescente e ilumina a atmosfera. Deixa então um rastro luminoso, que dura, na maioria das vezes, apenas uma fração de segundo, e é chamado muitas vezes de “estrela cadente”. Esse fenômeno ocorre a alturas que vão de 80 a 110 km e, portanto, relativamente perto da superfície terrestre. Já a matéria que existe no sistema solar, pequena demais para ser um planeta, um asteroide ou mesmo um cometa, chama-se **meteoróide**. São eles que, quando entram em nossa atmosfera, provocam os meteoros. Alguns meteo-

róides conseguem atravessar a camada de ar que envolve nosso planeta e ainda assim, apesar de ter perdido muita massa, chegar ao solo terrestre e impactar-se com ele. Neste caso, ele passa a se chamar **meteorito** (2). Muitos deles podem ser vistos expostos em museus, planetários e observatórios de todo o mundo, sendo que alguns causaram notáveis transtornos em sua queda, no chamado **impacto meteorítico**, com o solo de nosso planeta. Por uma questão de simplificação de linguagem, usaremos esta mesma expressão, impacto meteorítico, mesmo que o corpo invasor seja maior, como um cometa ou um asteroide.

Em outras eras, no início da formação dos planetas e satélites do sistema solar, o número de impactos meteoríticos era muito maior e eram mais intensos do que hoje. Assim, a desprotegida Lua foi alvo de impactos colossais, origem da maior parte de suas crateras. Por que desprotegida? Há por acaso algum protetor natural contra esses ataques do espaço? Há sim, é a atmosfera que envolve alguns astros. Vimos que o atrito de um corpo com a atmosfera provoca a ionização do ar ao seu redor que por sua vez emite radiação visível e parte de sua massa é consumida. Hoje em dia, a grande maioria dos meteoróides não sobrevive aos efeitos da atmosfera e desaparecem no ar. E, ainda que o corpo consiga chegar ao solo do astro, perde no caminho boa parte de sua massa e de sua energia cinética. No caso da Lua, sem poder contar com a proteção de uma camada gasosa, foi violentamente bombardeada por milhões e milhões de anos. O resultado é aquele que podemos observar ainda hoje.

A inexistência de erosão na Lua fez com que esses bombardeios ficassem registrados até agora. A ausência de atmosfera (conseqüentemente, de ventos), de chuva, de rios e de outros agentes da erosão, impedem que haja grandes mudanças no solo lunar. As pegadas deixadas pelos astronautas americanos, que pisaram na Lua em 1969, estão lá até hoje e devem durar ainda alguns bons milhões de anos.

Bem diferente do que ocorre na Terra. Aqui, como em outros planetas providos de atmosfera, a erosão é intensa e os cenários sofrem mudanças constantes. Além da atmosfera que nos protege, temos ainda a erosão apagando as pistas deixadas por esses “terroristas do espaço” depois que nos bombardeiam.

Mas será que nunca sofremos impactos meteoríticos significativos que tivessem deixado suas marcas até os dias de hoje, apesar de nossa eficiente erosão? Temos, e muitos. Talvez a cratera meteorítica mais famosa (e também a mais bem estudada) seja a [Barringer Meteor Crater](#), no estado americano do Arizona. Com um diâmetro de 1.186 m, foi formada há 49 000 anos atrás quando uma enorme bola de fogo (*fireball*) de níquel e ferro, de 50 metros de diâmetro atingiu o solo à velocidade de 11 km/s (cerca de 40 000 km/h). Os efeitos locais devem ter sido terríveis para os antigos habitantes da região, pois se seguiu um abalo sísmico de 5.0 na escala Richter, depois de uma explosão equivalente a mais de 20 milhões de toneladas de TNT (1). Por ser relativamente recente, nossa cratera do Arizona escapou dos efeitos da erosão.



[Cratera meteorítica do Arizona](#), produzida há cerca de 49 000 anos atrás.

Este não é o nosso único caso conhecido. Outra cratera razoavelmente bem conservada, encontra-se na Austrália. Trata-se da **Wolfe Creek**, com aproximadamente 875 m de diâmetro e formada há 300 000 anos (2). No deserto da Namíbia, na África, encontra-se **Roter Kamm**, com 2,5 km de diâmetro e uma idade de mais ou menos 5 milhões de anos (2) porém, já bastante escondida pela erosão. De seus 130 m de profundidade, hoje em dia 100 m estão cobertos de areia do deserto. Talvez a mais impressionante seja **Kara-Kul**, no Tadjiquistão. Com impressionantes 45 km de diâmetro e uma idade estimada em 10 milhões de anos, a cratera tem boa parte de sua área preenchida pelo lago Kara-Kul e está localizada a quase 6.000 m acima do nível do mar, sobre o Monte Pamir, próximo à fronteira com o Afeganistão (2).

E no Brasil, temos algum registro de fenômeno semelhante? Recentemente (2003) dois pesquisadores da Unicamp, o geólogo Álvaro Crósta e o graduando César Kazzuo anunciaram ter encontrado provas de que a cratera no município de Vargeão, no estado de Santa Catarina, é na verdade uma cratera meteorítica (ou o que sobrou dela), com 12 km de



Topografia da cratera de Vargeão com base nos dados do radar interferométrico do ônibus espacial Endeavour (imagens: A.P. Crósta e C. Kazzuo).

diâmetro, formada entre 70 e 110 milhões de anos atrás, na época em que os grandes dinossauros reinavam absoluto na Terra e a América estava se soltando da África (3). Já bastante desgastada pelo tempo, a cratera catarinense é resultado do impacto de um corpo celeste de 600 m de diâmetro, num impacto equivalente a 550 mil bombas atômicas iguais à lançada em Hiroshima, deixando marcas em forma de estrias nas rochas ao redor. "Após o impacto, ondas de choque se propagam pelo terreno e provocam estrias nas rochas muito próximas à queda do asteróide", disse Crósta. "Não existe nenhum outro fenômeno natural que tenha força o suficiente para formar esses cones" (3).

Mas de todos os registros, certamente o vencedor do concurso, ocorreu há 65 milhões de anos e provavelmente foi o responsável pelo desaparecimento dos dinossauros. Dois cientistas, pai e filho, são os autores da tese de que, nessa época, um enorme corpo celeste, um asteróide ou um cometa, de diâmetro estimado entre 6 e 15 km, se chocou com nosso planeta, causando um cataclismo de enormes dimensões. A poeira levantada seria suficiente para escurecer todo o planeta, rompendo as cadeias de fotossíntese e matando de fome os grandes répteis que habitavam a Terra. Refiro-me ao físico Luiz Alvarez (1911-1988) e seu filho, o geólogo Walter Alvarez (1940-). Por seus trabalhos em física de alta energia, Luiz Alvarez recebeu o Prêmio Nobel de Física em 1968 (4). Juntos, em 1980, lançaram sua tese baseados em algumas observações geológicas feitas na região do Mediterrâneo. Na Itália, Walter Alvarez encontrou uma fina camada do metal irídio, na camada geológica correspondente ao fim do Cretáceo e início do Terciário, datada de aproximadamente 65 milhões de anos. Alvarez encontrou essa mesma camada em vários outros locais do mundo, levando a crer que tiveram a mesma origem. Ocorre que o metal irídio é raro na Terra mas comum em boa parte dos asteróides. Tudo levava a crer que nesta época, um choque com um asteróide teria sido a fonte desta camada de irídio. Restava encontrar os sinais da cratera. Surgiu uma forte candidata no início dos anos 90 nas proximidades da

Península de Yucatán, México, região do antigo Império Maia, descoberta por uma companhia de prospecção de petróleo, a PEMEX. Ainda hoje, parte na terra e parte no mar, existem sinais de uma enorme cratera meteorítica de 180 km de diâmetro e 1,5 km de profundidade. Sua origem foi datada como de 65 milhões de anos atrás, coincidindo não só com a idade da camada de irídio, como com o fim dos grandes répteis que habitavam nosso planeta.

Por alguns anos, esta teoria foi tida como a melhor explicação para a extinção dos dinossauros. Recentemente porém, ela tem sido refutada e perdeu parte de sua força. A dúvida recaiu principalmente na datação da cratera Mexicana; novas medições indicam que ela foi formada 300 000 anos antes do fim dos dinossauros. Teremos que aguardar ainda por dados mais precisos. Contudo existem consideráveis dúvidas sobre o mecanismo específico que pode ter provocado a extinção. Esta é uma discussão que ainda vai perdurar por um certo tempo.

Como vêem, existem muitos registros de crateras causadas por impactos com corpos alienígenas, causando estragos colossais, mas que felizmente ocorreram há milhares ou milhões de anos atrás. Resta saber se estamos livres dessas ameaças ou elas continuam possíveis e a qualquer momento poderemos ser surpreendidos por algum impacto de grandes dimensões. Não há dúvidas de que estamos sujeitos a esses desastres.

Para garantir nossa segurança, ou ao menos para patrulhar o céu em busca de possíveis ameaças que possam ser combatidas em tempo, existem grupos de cientistas que passam suas noites mapeando o céu atrás de candidatos perigosos. Talvez o mais notável deles tenha sido o americano Eugene Shoemaker (1928-1997) (6). Grande caçador de cometas e notável astrogeólogo. Shoemaker estudou os impactos meteoríticos com paixão e competência e ao lado de sua esposa e colega Carolyn e de seu colega David Levy, descobriu vários cometas que carregam seus nomes, como o cometa Shoemaker-Levy-9, protagonista da mais impressionante colisão já observada pelo homem. Pouco tempo depois de descoberto, este cometa se fragmentou em vários pedaços e em 1994 chocou-se com o planeta Júpiter provocando colisões que foram observadas em todo o mundo, num exemplo extremamente didático do que poderia ocorrer conosco no caso de uma colisão parecida. Os “buracos” provocados na densa atmosfera jupiteriana chegaram ao diâmetro da Terra ao impactar com um dos 21 fragmentos do cometa, cada um deles com cerca de 2 km (5). Para aqueles que se interessam pelo assunto, sugerimos uma visita detalhada ao *site* do JPL (*Jet Propulsion Laboratory*) dedicado ao evento, indicado com o número 5 ao final deste texto.

A partir de 1980, Shoemaker e Carolyn, passaram a se dedicar a mapear o céu localizando candidatos com algum potencial de choque com nosso planeta. Em 97, enquanto participava de um congresso científico na Austrália, o casal sofreu um forte impacto, desta vez, em um automóvel, quando Shoemaker veio a falecer (6).

Um interessante *site* mantido pela Universidade do Arizona (8) permite simular os efeitos de impacto meteoríticos desde que se forneça algumas variáveis ao sistema. Usamos tal simulador para montar os gráficos que se seguem, onde estipulamos que o corpo extraterrestre era rico em ferro ( $d = 8 \text{ g/cm}^3$ ), que o impacto se deu sempre com uma inclinação de  $45^\circ$  em relação ao solo, que a velocidade do corpo na entrada da atmosfera é de 30 km/s (para cometas um valor típico é 51 km/s e para asteróides é de 17 km/s) e que a região do impacto era formada por rocha sedimentar. Neste momento, para que os gráficos fiquem



mais didáticos, estudamos duas situações em separado, corpos de pequeno diâmetro (de 100 m a 500 m) e corpos de grande diâmetro (de 1 km a 50 km).

Começemos pelos corpos menores. Os dois próximos gráficos se referem a eles. No primeiro, relacionamos o diâmetro do corpo invasor com o diâmetro da cratera produzida. Observem que um corpo de 100 m é suficiente para produzir uma cratera de 2,5 km. Já um corpo de 500 m de diâmetro pode produzir uma cratera de 14,5 km. Como era de se esperar, impactos com corpos menores são mais freqüentes e com corpos maiores são mais raros.

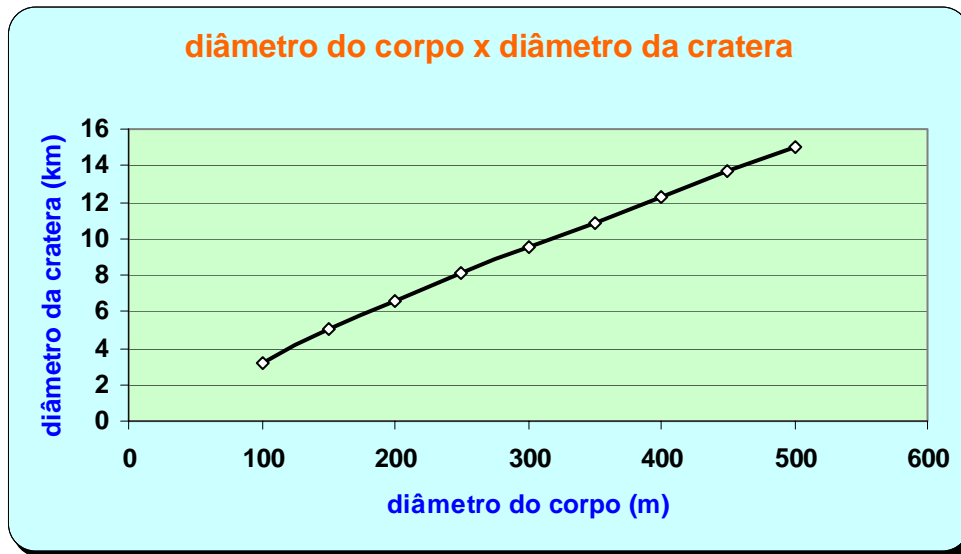


Gráfico 1: variação do diâmetro da cratera em função do diâmetro do objeto (corpos pequenos).

O segundo gráfico nos mostra a taxa com que os choques ocorrem, em função do diâmetro do corpo externo. Em média, a Terra é atingida por um objeto de 100 m de diâmetro a cada 12 mil anos e por um objeto de 500 m a cada meio milhão de anos, o que provocaria um abalo sísmico de 7.8 na escala Richter, suportável em todos os seus efeitos.

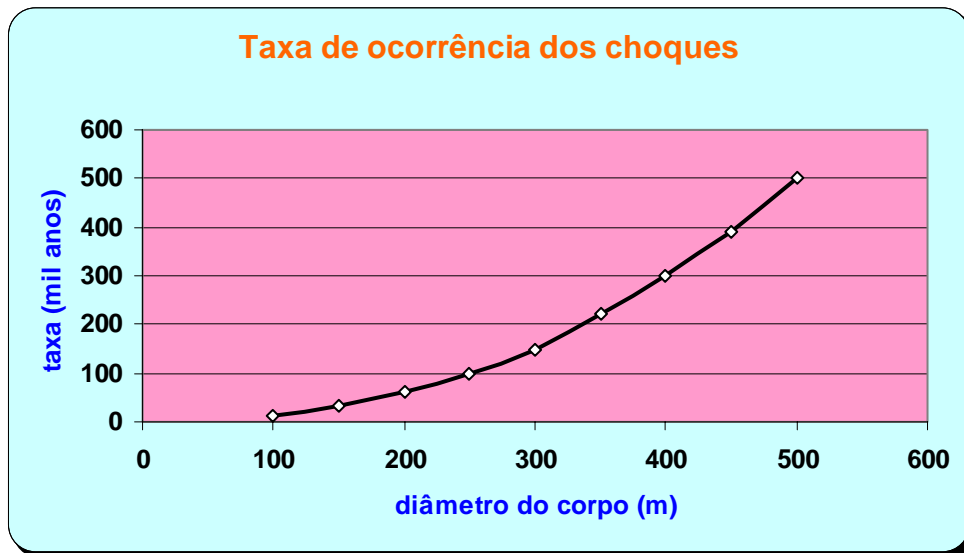


Gráfico 2: taxa de ocorrência de impactos em função do diâmetro do objeto (corpos pequenos).

Para os objetos maiores construímos igualmente dois gráficos com as mesmas relações. Um corpo de 10 km de diâmetro pode provocar uma imensa cratera de 200 km e, em média, impactos como esse ocorrem a cada 500 milhões de anos. Já um imenso objeto de 50 km provocaria uma cratera de 850 km. Um choque como esse pode ocorrer a cada 4 bilhões de anos. Ainda assim, a Terra não sofreria mudanças significativas em seu período de rotação e nem em sua órbita. Evidentemente, não podemos dizer o mesmo da vida sobre o planeta, que sofreria danos incalculáveis.

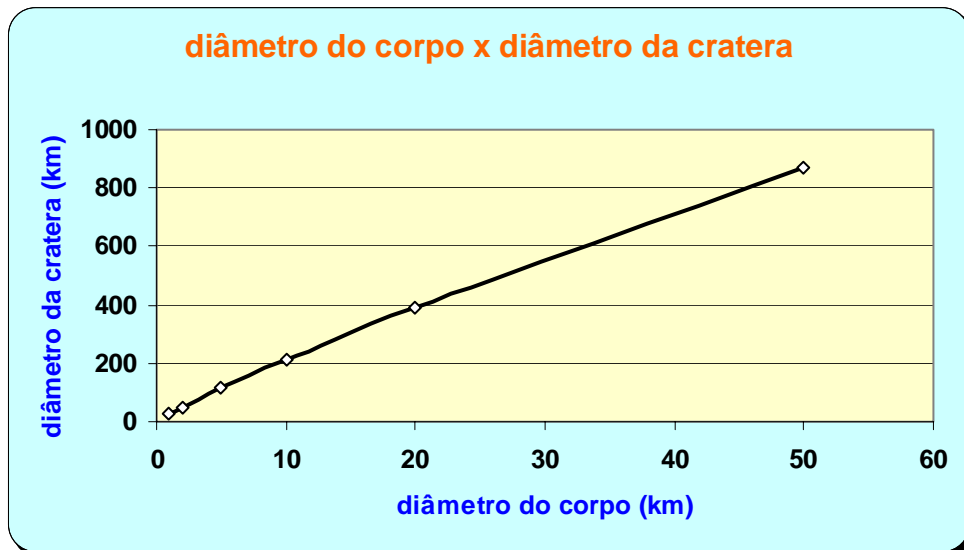


Gráfico 3: variação do diâmetro da cratera em função do diâmetro do objeto (corpos grandes).

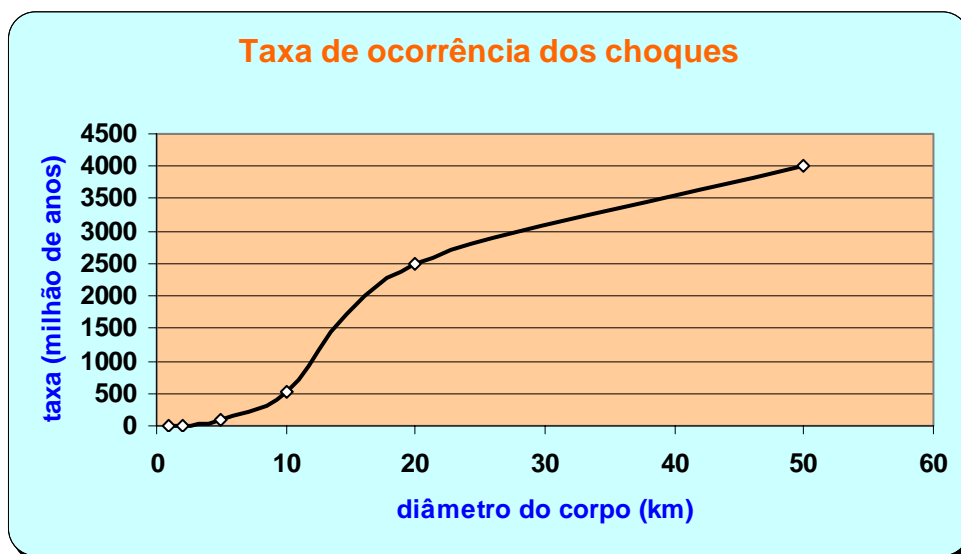


Gráfico 4: taxa de ocorrência de impactos em função do diâmetro do objeto (corpos grandes).

Mais do que analisar esses gráficos, sugerimos que o leitor consulte o *site* da Universidade do Arizona e faça suas próprias simulações.

A NASA mantém um projeto chamado [NEO \(Near Earth Objects\)](#) que mantém registros dos objetos próximos à Terra com um potencial perigo (9), e que pode ser consultado pelos interessados através da Internet. O Laboratório de Propulsão a Jato (JPL) também disponibiliza um serviço semelhante (7).

Para tornar mais claras as informações sobre possíveis colisões com corpos celestes e suas possíveis consequências, foi criada a [escala de Torino](#). Com números entre 0 e 10, classificam-se os novos cometas e asteróides descobertos conforme sua maior ou menor probabilidade de chocar-se com a Terra, bem como sua maior ou menor capacidade de causar danos. Para maiores informações sobre a escala de Torino, sugerimos uma visita ao *site* (10) que trata do assunto.

Embora não haja motivos para alarme, quando se trabalha com amostragens de um universo com eventos imprevisíveis, não se pode apostar em nenhuma hipótese. Mas não convém perder o sono. Afinal, temos que apostar na raridade do fenômeno e na tecnologia que nos permitirá, em caso de necessidade, defender nossas fronteiras do espaço.

### Fontes

(1) Cratera Meteorítica no estado do Arizona - USA

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

(2) Meteoróides e Meteoritos – Instituto de Física da UFRGS

<http://www.if.ufrgs.br/ast/solar/portug/meteor.htm>

(3) Revista Ciência Hoje *online*

<http://www2.uol.com.br/cienciahoje/>

- (4) Site dedicado ao Premio Nobel  
<http://nobelprize.org/physics/laureates/1968/alvarez-bio.html>
- (5) Laboratório de Propulsão a Jato – Nasa - USA  
<http://www2.jpl.nasa.gov/sl9/>
- (6) Site com informações sobre Eugene Shoemaker  
<http://www.agu.org/inside/awards/geneshoemkr.html>
- (7) Near – site com referências a patrulhamento de objetos que apresentam riscos de colisão com a Terra  
<http://near.jhuapl.edu/>
- (8) Simulação de Impactos – Universidade do Arizona  
<http://www.lpl.arizona.edu/impacteffects/>
- (9) Projeto NEO  
<http://impact.arc.nasa.gov/>
- (10) Informações sobre a escala Torino - NASA  
<http://128.102.32.13/impact/torino.cfm>