

# UMA PROPOSTA DO USO DE REPRESENTAÇÕES SEMIÓTICAS NO ENSINO DE ASTRONOMIA: LEIS DE KEPLER E ESTAÇÕES DO ANO

## A PROPOSAL OF USING SEMIOTICS REPRESENTATIONS IN TEACHING OF ASTRONOMY: KEPLER'S LAWS AND SEASONS

Daniel Trevisan Sanzovo<sup>1</sup>, Vanessa Queiroz<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual do Norte do Paraná/Campus de Jacarezinho/CCHE/Colegiado de Matemática/dsanzovo@uenp.edu.br

<sup>2</sup> Colégio Objetivo-Maranata/Jacarezinho(PR)/vqf2001@yahoo.com.br

### Resumo

*O Ensino de Astronomia atrai cada vez mais pessoas e vem tendo cada vez mais publicações na área. Entre as dificuldades encontradas neste ramo do saber, destacamos a falta de conhecimento científico por parte dos professores e erros recorrentes encontrados em materiais didáticos. Além desses fatores, acreditamos que exista uma parcela devido à falta de conhecimento matemático. Baseados na teoria de registros de representações semióticas de Raymond Duval (2004), apresentamos uma proposta do uso desses registros no Ensino de Astronomia, em particular nos conteúdos Leis de Kepler e Estações do Ano.*

**Palavras-chave:** Ensino de Astronomia, Representação Semiótica, Leis de Kepler, Estações do Ano.

### Abstract

*The Teaching of Astronomy attracts more people and is getting more publications in the area. Among the difficulties encountered in this branch of knowledge, we highlight the lack of scientific knowledge by teachers and recurrent errors found in textbooks. Besides these factors, we believe that there is a portion due to lack of mathematical knowledge. Based on the semiotic representation's registers of Raymond Duval (2004), we present a proposal for the use of such records in the Teaching of Astronomy, particularly in content Kepler's Laws and Seasons.*

**Keywords:** Astronomy Teaching, Semiotic Representation, Kepler's Laws, Seasons.

### INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, pode-se perceber um aumento no número de trabalhos publicados em Ensino de Astronomia, mostrando o crescimento dessa área ao longo do tempo. Além do caráter multi e interdisciplinar, envolvendo a Física, Química, Matemática, Geografia, História, Filosofia, entre outros, este ramo do saber também instiga a curiosidade de praticamente toda a sociedade, incluindo-se os acadêmicos e professores dos ensinos fundamental, médio, como pode ser visto em trabalhos recentes (TREVISAN SANZOVO & QUEIROZ, 2008; QUEIROZ et al. 2007), e superior.

Os professores de ciências, em sua maioria biólogos e pedagogos, sentem muitas dificuldades para trabalhar conteúdos de Astronomia, devendo-se, principalmente, à falta de conhecimento científico sobre o tema (CARVALHO & GIL PÉREZ, 2001). Isso é devido, em parte, do mau preparo dos professores (LIMA, 2006; PUZZO, 2005; LANGHI, 2004, LEITE, 2002), que não tiveram estes conteúdos em sua formação, ou foram “apresentados” a eles alguns destes, porém não aprenderam seus conceitos mais básicos, pois este tema, assim como a Física, apresenta-se para muitos como uma ciência abstrata, que requer grande reflexão e interpretação para ser compreendida (BATISTA, 2004). Temos muitos outros fatores, como por exemplo, a utilização de livros didáticos recheados de conceitos errôneos (LANGHI & NARDI, 2007; BIZZO, 2000, 1996; CANALLE et al., 1997; TREVISAN et al., 1997), além de que os professores desconhecem, ou não têm consciência, das concepções alternativas usadas por eles e pelos alunos, muitas vezes incorretas, para explicar os fenômenos astronômicos (LIMA, 2006; PUZZO, 2005; LANGHI, 2004, LEITE, 2002), o que prejudica de maneira definitiva o aprendizado.

Somados a esses fatores, temos ainda que, assim como a Física, a Astronomia utiliza-se de uma ferramenta de difícil compreensão, mas fundamental, chamada Matemática. Para um mesmo objeto utilizam-se diferentes representações, os chamados registros semióticos.

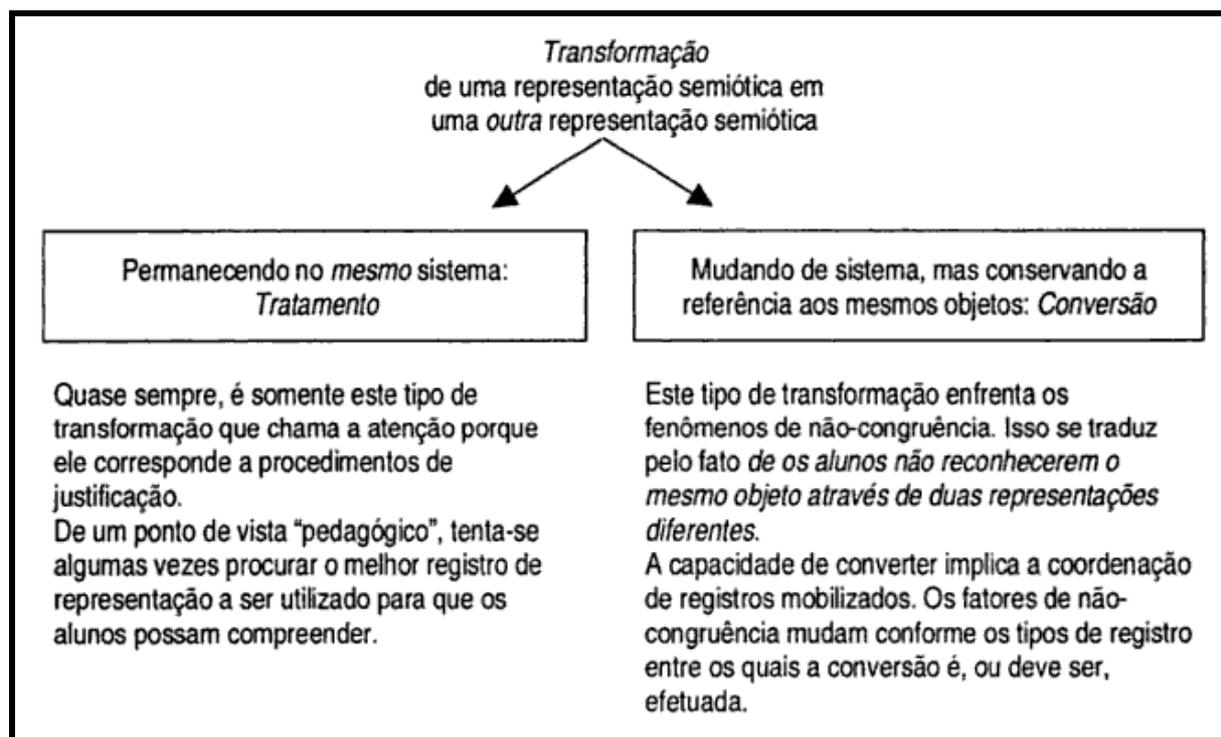
Para Raymond Duval (2004), existe uma grande variedade de representações semióticas utilizados em Matemática: sistemas de numeração, figuras geométricas, escritas algébricas e formais, representações gráficas, língua natural, entre outras. Este autor ainda classifica (Duval 2003, p.14) os diferentes registros em multifuncionais (de tratamento não algoritmizáveis) - discursivos (língua natural, associações verbais) e não-discursivos (figuras geométricas planas ou em perspectiva) - e monofuncionais (de tratamento feitos principalmente por algoritmos) – discursivos (sistemas de escritas numéricas, algébricas, simbólicas; cálculo) e não-discursivos (gráficos cartesianos), conforme mostrado na Tabela 01.

**Tabela 01:** *Classificação dos diferentes registros mobilizáveis no funcionamento matemático (fazer matemático, atividade matemática); DUVAL (2003, p.14).*

	Representação Discursiva	Representação não-discursiva
REGISTROS MULTIFUNCIONAIS: Os tratamentos não são algoritmizáveis	Língua Natural Associações verbais (conceituais). Formas de raciocinar: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ argumentação a partir de observações, de crenças ...;</li> <li>▪ dedução válida a partir de definição ou de teoremas.</li> </ul>	Figuras geométricas planas ou em perspectivas (configurações em dimensão 0, 1, 2 ou 3). <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ apreensão operatória e não somente perceptiva;</li> <li>▪ construção com instrumentos.</li> </ul>
REGISTROS MONOFUNCIONAIS: Os tratamentos são principalmente algoritmos	Sistemas de escritas: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ numéricas (binária, decimal, fracionária...);</li> <li>▪ algébricas;</li> <li>▪ simbólicas (línguas formais).</li> </ul> Cálculo	Gráficos cartesianos. <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ mudanças de sistema de coordenadas;</li> <li>▪ interpolação, extrapolação.</li> </ul>

Para ele, existem dois tipos de transformações de representações semióticas: os tratamentos, que são transformações dentro de um mesmo registro, e as conversões, que consistem na mudança de registro conservando os mesmos objetos denotados (Figura 01).

Figura 01: Tipos de transformação de representações semióticas; DUVAL (2003, p.15)..



Ainda segundo Duval (Ibid., p.15), a compreensão matemática supõe a coordenação de ao menos dois tipos de registros de representações semióticas. Portanto, a dificuldade nessa compreensão pode ser um dos fatores cruciais para o não entendimento de conteúdos de Astronomia e, conseqüentemente, no ensino deste ramo do saber.

A proposta básica deste trabalho é proporcionar ao acadêmico e/ou professor a utilização de várias representações semióticas para um mesmo objeto, de modo que ele possa coordenar ao menos duas delas e, segundo Duval, compreender a Matemática envolvida no processo. Para se entender as Estações do Ano, por exemplo, devemos primeiramente olhar para as Leis de Kepler. O fato das órbitas serem elípticas, regidas pela primeira Lei de Kepler, surge a questão de que a Terra não está a uma distância fixa do Sol, e (muito frequentemente difundido e/ou entendido) que, quando esta está em seu periélio (menor distância Terra-Sol) temos o verão e quando ela se encontra em seu afélio (maior distância Terra-Sol) temos o inverno. Se analisarmos por essa óptica, como se explicaria o fato de que quando é verão no hemisfério Sul, é inverno no Norte e vice-versa? Diversas pesquisas mostram essa questão estampada em livros didáticos como, por exemplo, Langhi e Nardi (2007), Lima (2006), Paula e Oliveira (2002), Trevisan, Lattari e Canalle (1997) e Bizzo (1996). Para verificarmos essa questão, temos que a excentricidade da órbita da Terra em torno do Sol é de aproximadamente 0,017, ou seja, quase circular, resultando numa diferença de distâncias entre o periélio e o afélio da ordem de 3%, causando uma diferença da energia absorvida entre esses pontos de  $\sim 6\%$ , não sendo, portanto, a causa das diferenças de temperatura entre Verão e Inverno. Agora, sabendo-se que o eixo de rotação da Terra é inclinado de aproximadamente  $23,5^\circ$  em relação à normal ao plano de translação do nosso planeta em torno do Sol, temos, por exemplo, para a cidade de São Paulo, uma diferença de  $\sim 45\%$  na

iluminação recebida durante o Verão e Inverno (HORVATH, 2008) e esta sim é a real causa das Estações do Ano. Visando uma aprendizagem significativa (MOREIRA, 1999, p. 153) deste tema astronômico, propomos, neste trabalho, três atividades envolvendo as Leis de Kepler e as Estações do Ano que podem ser realizadas tanto para acadêmicos do ensino superior, quanto aos professores já formados em Ciências e áreas afins.

### PROPOSTA: LEIS DE KEPLER E ESTAÇÕES DO ANO

Através da representação discursiva de registro multifuncional - língua natural - as Leis de Kepler podem ser escritas da seguinte forma:

- Primeira Lei de Kepler: as órbitas planetárias descrevem elipses em torno do Sol, com este situado num dos focos.
- Segunda Lei de Kepler: o raio vetor que une o planeta ao Sol varre áreas iguais em tempos iguais.
- Terceira Lei de Kepler: o quadrado dos períodos orbitais é proporcional aos cubos dos semi-eixos das órbitas.

Temos, também, que o eixo de rotação da Terra é inclinado de aproximadamente vinte e três graus e meio em relação à normal ao plano de translação dela em torno do Sol.

Partindo-se dessa forma de registro semiótico, seguem algumas atividades.

### ATIVIDADES: OUTRAS FORMAS DE REPRESENTAÇÕES SEMIÓTICAS

#### Atividade 01

Esta atividade tem por objetivo trabalhar várias representações semióticas da Terceira Lei de Kepler:

- O acadêmico deve, após “relembrar” as Leis de Kepler representadas através do registro multifuncional – língua natural acima, observar a **Tabela 02**;
- Escrever a Terceira Lei de Kepler na forma monofuncional discursiva (relação matemática algébrica);
- Tentar traçar um paralelo entre essas três formas de representações semióticas;

**Tabela 02:** Alguns dados Orbitais<sup>1</sup>

Planeta	Período Orbital	Distância média ao Sol (UA <sup>2</sup> )	Período de Rotação (dias)	Excentricidade da Órbita
Mercúrio	0,241	0,387	58,6	0,206
Vênus	0,615	0,723	243,0	0,007
Terra	1,000	1,000	1,0	0,017
Marte	1,881	1,524	1,03	0,093
Júpiter	11,86	5,204	0,41	0,048
Saturno	29,45	9,58	0,44	0,054

<sup>1</sup> Fonte: site da Nasa <<http://www.nasa.gov>> Acesso em: 01 Maio de 2011.

<sup>2</sup> 1UA = 1 Unidade Astronômica (distância média Terra-Sol = 150.000.000 km).

Urano	84,02	19,14	0,72	0,047
Netuno	164,79	30,2	0,67	0,009

- Observar o Gráfico 01 (ANEXO I), onde temos a variação do período orbital com a distância média ao Sol dos planetas, e tentar traçar um paralelo entre as duas representações anteriores;
- Através da análise linear do Gráfico 01, obter a relação matemática da terceira Lei de Kepler (registro monofuncional discursivo - escrita numérica).

Analisar todos os registros semióticos vistos nesta atividade.

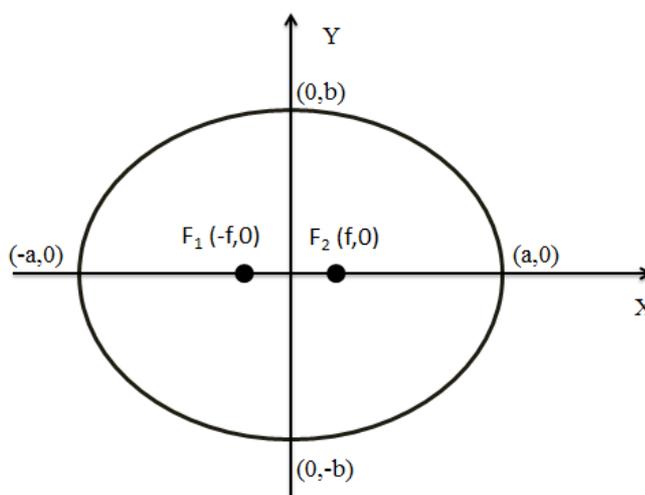
### Atividade 02

Esta atividade tem por objetivo trabalhar várias representações semióticas da órbita da Terra em torno do Sol:

- Primeiramente, deve-se desenhar a elipse que corresponde à órbita da Terra em Torno do Sol. Para desenhá-la, é imprescindível que se conheça as propriedades básicas das elipses, como sua excentricidade “ $e$ ” (vide **Tabela 02**), e que se escolha a dimensão apropriada para o semi-eixo maior “ $a$ ” da elipse.
- Resumo das Propriedades da Elipse:

A elipse (**Figura 02**) é definida como sendo o lugar geométrico do plano cuja soma das distâncias a dois pontos fixos (chamados de focos) é constante e cujo valor é  $2a$ , onde  $a$  é o semi-eixo maior da elipse (metade da maior distância ente dois pontos da elipse). O semi-eixo menor é comumente denominado  $b$ . Define-se, também, distância focal  $f$  como sendo a distância entre o centro e um dos focos da elipse. Chama-se excentricidade  $e$  (medida do achatamento da elipse) ao quociente

$$e = \frac{f}{a}$$



**Figura 02:** Representação da Elipse.

- Cálculo da distância focal  $f$  da elipse

Deve-se calcular o valor da distância focal  $f$  da elipse que irá ser desenhada. Para isso, deve-se adotar um valor de  $a$ . Sugerimos valores entre 30 e 50 cm. Para o cálculo de  $f$  temos:

$$e = \frac{f}{a} \Rightarrow f = e \times a$$

Por exemplo, para a Terra ( $e = 0,017$ ), adotando-se  $a = 45$  cm, temos:

$$f = 0,017 \times 45 = 0,765 \text{ cm.}$$

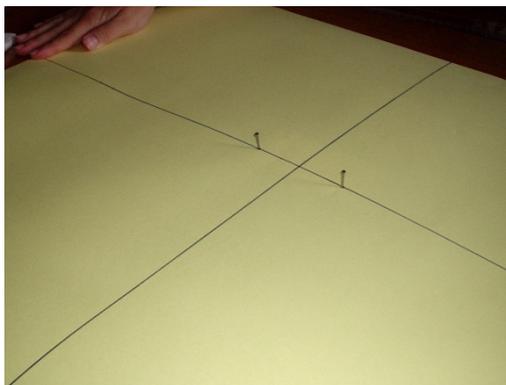
- Desenhando a elipse

Fixando-se, com cuidado, um prego (ou taxinha) em  $F_1$  e  $F_2$  (**Figuras 02 e 03**), amarre um barbante com comprimento  $L$ , equivalente a:

$$L = 2 \times (f + a)$$

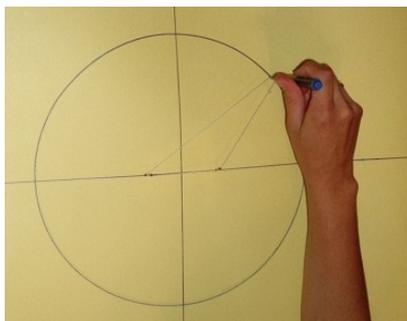
No caso do nosso exemplo (Terra, com  $a = 45$  cm):

$$L = 2 \times (0,765 + 45) = 91,53 \text{ cm}$$



**Figura 03:** Preparo para desenho da Elipse.

Amarre as duas pontas do barbante (mantendo o comprimento interno em  $L=91,53$  cm, neste caso). Coloque o barbante em volta dos pregos, estique-o com um lápis ou lapiseira e desene a elipse com este objeto sempre reto e o barbante esticado (**Figura 04**). Sua elipse esta pronta.



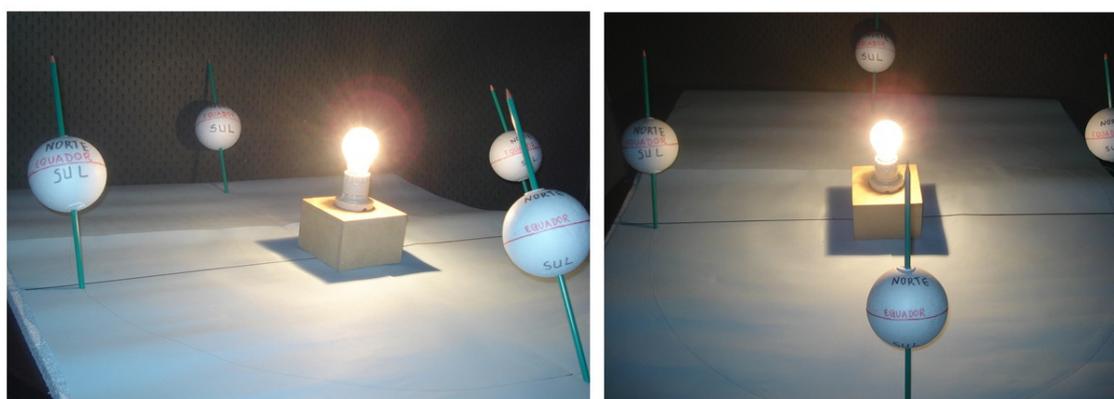
**Figura 04:** *Desenho da Elipse.*

- Compare a elipse da órbita da Terra em Torno do Sol resultante com as representadas nos principais livros de graduação de física utilizados no Brasil (ANEXO II). O que se pode dizer em relação ao achatamento das mesmas?
- Faça o desenho da órbita de mais dois planetas, conforme feito para Terra. Sugere-se o mais excêntrico (Mercúrio) e um terceiro de livre escolha.
- Faça um paralelo entre a representação da excentricidade feita através da **Tabela 02** e as construídas nesta atividade (registro multifuncional não-discursivo).

### **Atividade 03**

Esta atividade tem por objetivo trabalhar com as Estações do Ano utilizando-se o desenho da órbita da Terra realizada na atividade anterior, construindo uma maquete representando a posição da Terra no movimento de translação em torno do Sol em pelo menos quatro posições: os Equinócios e os Solstícios.

- Coloque uma lâmpada incandescente, **tomando-se cuidado para não se queimar durante esta atividade**, que irá representar o Sol, na posição de um dos focos;
- Faça quatro Terras utilizando bolas de isopor e espetos de churrasco ou lápis, **tomando cuidado para não se machucar**;
- Indique nas Terras os hemisférios Norte e Sul;
- Construa, sob uma placa de isopor, as quatro posições mencionadas, levando-se em conta a inclinação do eixo de rotação da Terra (**Figura 05**).



**Figura 05:** *Maquete das Estações do Ano.*

- Fazer uma análise geral de todas as atividades realizadas, tentando relacioná-las.

### Considerações Finais

Nos últimos anos temos trabalhado com Oficinas de Astronomia aplicadas a diversos alunos e professores do Ensino Fundamental e Médio, obtendo resultados interessantes no ensino de vários conteúdos de Astronomia. Por entendermos que, além dos diversos problemas enfrentados no Ensino de Astronomia, abordados ao longo deste trabalho, a dificuldade da compreensão matemática pode ser um dos fatores cruciais para o não entendimento de alguns conteúdos de Astronomia indicamos, portanto, a utilização de diferentes representações semióticas baseados na teoria de Raymond Duval (2004), onde propõe que a compreensão matemática supõe a coordenação de ao menos dois tipos de registros de representações semióticas. Ao fazer esta mediação entre registros semióticos, o estudante pode ter um entendimento significativo do conteúdo matemático envolvido e, conseqüentemente, uma aprendizagem significativa dos conteúdos astronômicos. Essa proposta faz parte de uma pesquisa em andamento que utiliza essa metodologia em disciplinas de graduação em Licenciatura dos cursos de Ciências Biológicas e Matemática e de um projeto de extensão de Astronomia de uma universidade estadual da região sul do Brasil. Ressaltamos ainda que, por se tratar de uma pesquisa em andamento, a utilização deste método pode resultar em possíveis dificuldades do público alvo em questão como, por exemplo, a obtenção da relação linear do gráfico da atividade 01, mas que pode ser suplementada com a disponibilização da mesma.

### Referências Bibliográficas

BATISTA, I.L. O Ensino de Teorias Físicas mediante uma estrutura Histórico-Filosófica. **Ciência & Educação**, v.10, nº3, p.461-476, 2004.

BIZZO, N. Falhas no ensino de ciências. **Ciência Hoje**, 159 (27): 26-31, abril, 2000.

\_\_\_\_\_. Graves erros de conceitos em livros didáticos de ciência. **Ciência Hoje**, 121 (21): 26-35, junho, 1996.

CANALLE, J. B. G.; TREVISAN, R. H.; LATTARI, C. J. B. Análise do conteúdo de astronomia de livros de geografia de 1º grau. **Caderno Brasileiro de Ensino de Ciências**, Vol 14, N3, 1997.

CARVALHO, A. M. P.; GIL PÉREZ, D. **Formação de professores de Ciências**. São Paulo: Cortez, 2001.

DUVAL, R. **Semiosis y Pensamiento Humano: Registros Semióticos y Aprendizajes Intelectuales**. Universidade del Valle: PeterLang, 2004.

\_\_\_\_\_. **Registros de Representações Semióticas e Funcionamento Cognitivo da Compreensão em Matemática**. In: MACHADO, S. D. A. (Org.). Aprendizagem em Matemática. Registros de Representação Semiótica. Campinas: Papyrus, 2003.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física, v.2: gravitação, ondas e termodinâmica**. 7ª edição. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

HORVATH, J. E. **O ABCD da Astronomia e Astrofísica**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2008, p.35.

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

LANGHI, R. **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. **Os professores de ciências e suas formas de pensar a astronomia**. 160 p. Dissertação (Mestrado em física). Universidade de São Paulo, Instituto de Física, São Paulo 2002.

LIMA, E. J. M. **A visão do professor de ciências sobre as estações do ano**. 2006; 119f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2006.

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

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica - vol. 1**. 4ª edição. São Paulo: Edgard Blücher, 2002.

PAULA, A. S.P.; OLIVEIRA, H. J. **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 13 Maio de 2011.

PUZZO, D. **Um estudo das concepções alternativas presentes em professores de ciências de 5ª série do ensino fundamental sobre fases da Lua e eclipses**. 2005. 121f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2005.

QUEIROZ, V.; TREVISAN SANZOVO, D.; TREVISAN, R.H. Oficinas de Astronomia para alunos no II Educação Com Ciência. **Boletim da Sociedade Astronômica Brasileira**, v.27, p.126. 2007.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. **Física para cientistas e engenheiros, v.1: mecânica, oscilações e ondas**. 5ª edição. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

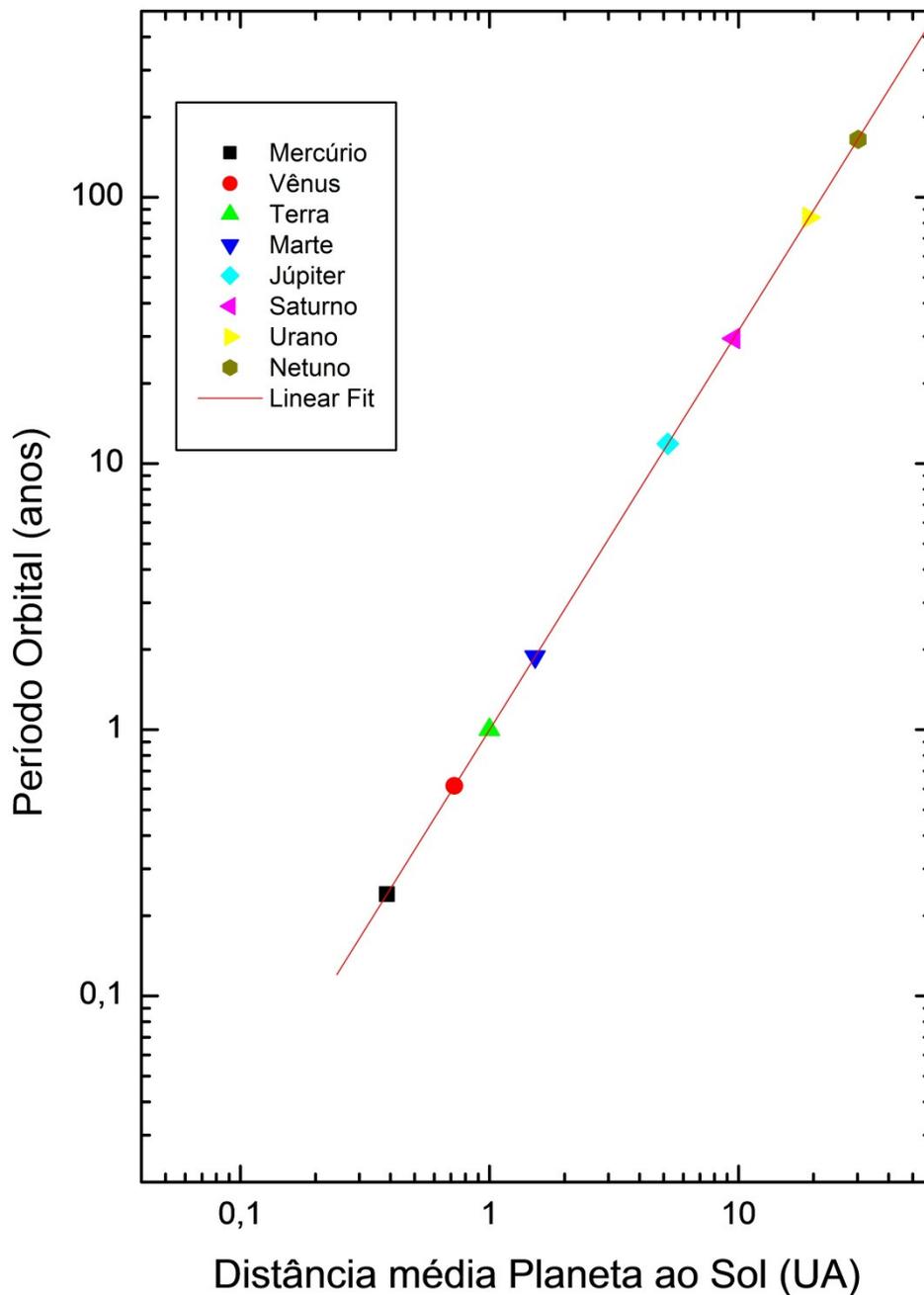
TREVISAN, R. H.; LATTARI, C. J. B.; CANALLE, J. B. G. Assessoria na avaliação do conteúdo de Astronomia dos livros de ciências do primeiro grau. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.14, n.1, p.7-16, 1997.

TREVISAN SANZOVO, D.; QUEIROZ, V. Os professores do III Educação Com Ciência 2007 e sua relação com as observações do céu. **Boletim da Sociedade Astronômica Brasileira**, v.28, p.127. 2008.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. **Física II: Termodinâmica e Ondas**. 12ª edição. São Paulo: Addison Wesley, 2008.

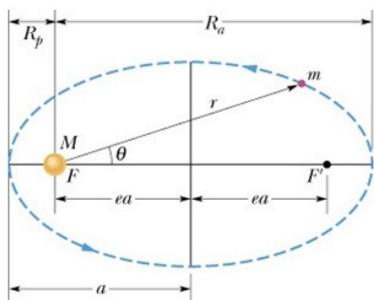
### ANEXO I

Gráfico 01: Variação do Período Orbital com a distância média ao Sol dos Planetas do Sistema Solar.

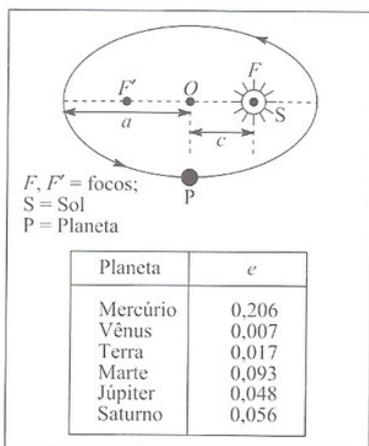


## ANEXO II

Figuras de órbitas planetárias encontradas em quatro livros muito utilizados em graduação de Física no Brasil.

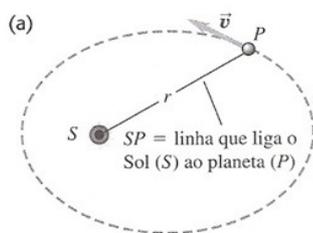


Halliday, Resnick e Walker, Fundamentos de Física, v.2, figura 13.13 da página 42.

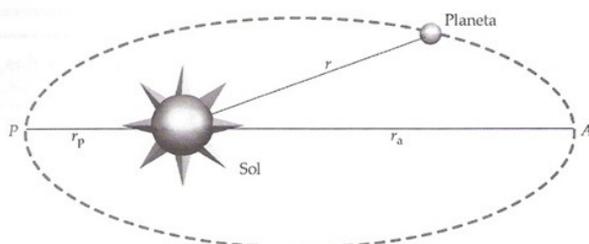


Nussenzveig, Curso de Física Básica, v.1, figura 10.13 da página 194.

Figura 10.13 Órbitas elípticas.



Young, Freedman, v.2, figura 12.20 da página 13.



Tipler, Mosca, v.1, figura 11.3 da página 190.