

A elaboração de analogias quantitativas para o diâmetro do Sol e de planetas na formação docente inicial de Biologia e Física

The development of quantitative analogies to the diameter of the Sun and planets in the Biology and Physics teacher initial training

Rafael Gustavo Rigolon

Universidade Federal de Viçosa e Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – *Campus* Bauru
rafael.rigolon@ufv.br

Roberto Nardi

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – *Campus* Bauru
nardi@fc.unesp.br

Resumo

Muitas pesquisas têm apontado erros conceituais dos alunos da educação básica em Astronomia, dentre os quais se incluem erros de medidas astronômicas e a falta de noção comparativa entre os objetos celestes. Considerando a importância das estratégias didáticas que possibilitam a visualização discente desses objetos, esta pesquisa pretendeu verificar o uso de analogias quantitativas por licenciandos dos cursos de Biologia e Física para dimensionar macromedidas. Uma amostra de 58 licenciandos do último ano desses dois cursos de duas universidades públicas respondeu a um questionário sobre ensino de Astronomia. A maioria sugeriu analogias para explicar o tamanho do diâmetro jupiteriano e da proporção Sol-Terra, porém boa parte apresentou análogos extremamente pequenos ou de proporções não condizentes. Os resultados sugerem que não há uma reflexão aprofundada por parte dos licenciandos na elaboração de suas práticas para que fosse averiguada a eficácia de suas estratégias didáticas.

Palavras-chave: Analogia quantitativa, Astronomia, Biologia, Física, Formação docente.

Many researches have indicated misconceptions of students of basic education in Astronomy, among them errors of astronomical measurements and the lack of comparative notion of celestial objects. Considering the importance of the teaching strategies that enable the students view of these objects, this study intended to verify the use of quantitative analogies by undergraduate students of Biology and Physics regarding to scale macromedidas. A sample of 58 undergraduates of last year these two undergraduate courses of two public universities responded to a questionnaire on Astronomy teaching. Most of them suggested analogies to explain the size of Jupiter's diameter and the proportion Sun-Earth, but a considerable amount of students showed whether, extremely small similarities or inconsistent proportions. The results suggest that there no is a depth reflection on the part of the future

teachers in the planning of their practices in order to understand the effectiveness of their teaching strategies.

Key words: Quantitative analogy, Astronomy Teaching, Biology and Physics teachers training

Introdução

Não há, atualmente, uma disciplina própria para a Astronomia na Educação Básica brasileira. Em outros tempos, essa área possuiu uma posição privilegiada dentro o conhecimento humano, mas hoje é relegada a uma posição secundária no ensino das disciplinas científicas. Os conteúdos dessa área devem ser abordados, segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) (BRASIL, 1998) no 3º e 4º ciclos do Ensino Fundamental, na área de Ciências Naturais, na temática “Terra e Universo”, um dos quatro eixos da área. No entanto, a Astronomia, em geral, não consta como disciplina específica nos cursos de formação inicial desses professores, sendo um assunto, quando presente, diluído em poucas práticas das disciplinas pedagógicas do curso. Geralmente, para essas séries, os professores são formados em Biologia e, como a Astronomia raramente é contemplada na estrutura curricular do curso, muitos acabam desconsiderando conteúdos desse tema na sua atuação docente (LANGHI; NARDI, 2012).

O ensino de conceitos astronômicos tem características bem peculiares, que necessitam de atenção diferenciada, pois abordam temas que, em sua maioria, não são observáveis, devido a suas enormes dimensões para os padrões humanos. O Sol e a Lua, por exemplo, são diariamente observados, mas suas dimensões e distâncias são comumente negligenciadas. Elias, Araújo e Amaral (2011) verificaram que alunos do Ensino Médio compreendiam o Sol e a Lua como objetos do mesmo tamanho. Langhi e Nardi (2012), por sua vez, verificaram erros de medida de diâmetro e de distância e representações do Sol e dos planetas fora de escala em livros didáticos e até nos PCN.

Cabe aos professores conhecer as ideias sobre as dimensões dos objetos astronômicos que seus alunos apresentam, para que possam, então, utilizar estratégias didáticas para ensiná-los sobre macromedidas, como os diâmetros e as distâncias dos corpos astronômicos. Nesse sentido, o objetivo desta pesquisa é conhecer as estratégias que licenciandos de Biologia e Física utilizam para ensinar essas medidas e, especificamente, verificar sua capacidade de realizar analogias quantitativas para os diâmetros do Sol e da Terra. Desse modo, pretende-se colaborar com a melhoria do ensino de Astronomia e a formação inicial docente desses cursos.

Fundamentação teórica

A literatura da área mostra que o ensino ciências utilizando a analogia como recurso didático vem sendo objeto de estudo de pesquisadores, interessados em estudar sua utilização na formação inicial e continuada de docentes. Bozelli (2005) verificou que os licenciandos de Física, mesmo sem ter estudado o tema analogias durante a graduação, utilizam-nas em suas práticas docentes durante o estágio supervisionado. Esses resultados mostram que os futuros professores possuem saberes docentes pré-profissionais (GAUTHIER *et al.*, 1998), oriundos de sua vida discente, adquiridos como observadores e assujeitados das práticas pedagógicas que sempre tiveram como alunos.

No entanto, Ferraz e Terrazzan (2003) alertam que as analogias, quando utilizadas de forma espontânea, não planejada, podem, não só não atingir o objetivo didático para o qual se propuseram, mas, além disso, imbuir no que é ensinado concepções errôneas, que pertencem ao análogo, mas não ao conceito alvo. Os autores recomendam que, mesmo utilizadas sem prévio planejamento, como em *insights*, os professores devem estabelecer os limites da analogia e verificar que a analogia tem seu papel apenas temporário nesse processo.

Nagem, Carvalhaes e Dias (2001) advertem também que as analogias, se mal-empregadas, podem sugerir ou reforçar falsas associações e levar os alunos a desenvolver erros conceituais. Por isso, entendendo a importância da avaliação docente sobre a prática (SCHÖN, 1997), os autores desenvolveram o Meca (Modelo de Ensino Com Analogias), que estimula o professor à reflexão.

Para as analogias que comparam formas e/ou funções entre os analogados, os modelos de ensino com analogia já foram devidamente estruturados, vêm sendo utilizados em pesquisas educacionais e aos poucos fazendo parte das atividades das disciplinas pedagógicas nos cursos de licenciatura. No entanto, Rigolon (2013) propôs uma nova classificação para as analogias, na qual estão inseridas as comparações entre medidas de grandeza (como distância, comprimento, área, volume, tempo, velocidade, *etc.*) para as quais não foi estabelecido nenhum método estruturado de ensino, tal como o Meca.

Analogias quantitativas são aquelas que comparam a quantidade de objetos, de uma grandeza física ou da proporção entre essas grandezas (RIGOLON, 2013). Na Astronomia, por exemplo, Webber (2008), para mostrar o quão longe a Terra está do Sol, propôs comparar o Sol a uma bola de tênis (10 cm de diâmetro). Nesse caso, a Terra teria o diâmetro de um grão de areia (1 mm) e estaria a 11 m do Sol. O cálculo a ser feito pode ser uma “regra de três”, na qual poderia se estabelecer a razão entre o tamanho da Terra e do Sol como 1/100 (Sol 100 vezes maior em diâmetro). Conhecida a proporção, a analogia quantitativa é feita inserindo-se outros dois objetos conhecidos pelos alunos, preferencialmente esferoides, com medidas visíveis ao olho nu, mas que obedeçam a essa razão 1/100. Essa estratégia visa tornar a relação entre tamanhos e distância astronômica mais inteligível aos alunos.

Objetivos e metodologia

Este pesquisa teve por objetivo conhecer os recursos didáticos que licenciandos de Biologia e Física utilizariam para explicar o tamanho do planeta Júpiter e, posteriormente, verificar a elaboração de uma analogia quantitativa para a proporção de diâmetro entre Sol e Terra. Para tanto, foram investigados quatro turmas de licenciandos no último período do curso de universidades públicas: uma turma de Biologia e outra de Física de uma universidade paulista e outras duas dos mesmos cursos numa universidade mineira, o que totaliza 58 participantes (37 de Biologia e 21 de Física). Os licenciandos responderam a um questionário escrito com várias questões que envolviam o ensino de macromedidas. Dentre estas, tiveram de responder sobre como explicariam o tamanho do planeta Júpiter (143.000 km). Em seguida, depois de serem informados sobre as dimensões da Terra e do Sol, foram solicitados a fornecer dois objetos que pudessem ser análogos à proporção Sol-Terra. Os licenciandos puderam utilizar um espaço específico do questionário para rascunho de possíveis cálculos e tiveram quinze minutos para responder a essas questões. As respostas foram transcritas, analisadas (BARDIN, 2011) e categorizadas pela semelhança do conteúdo das respostas. A análise da primeira pergunta avaliou se a analogia está presente no arcabouço didático dos licenciandos e a segunda, se são capazes de elaborar, sem a consulta prévia de outras fontes de informação, analogias de razão e quais objetos análogos preferem utilizar.

Alguns resultados

Para explicar o tamanho do diâmetro de Júpiter, os 58 licenciandos podiam apresentar mais de um recurso didático. Quatro (10,3%) licenciandos não responderam ou afirmaram não possuir estratégia explicativa (Tabela 1). As estratégias que mais apareceram foram: analogia de grandeza (56%; *e.g.*, comparar com o tamanho da Terra), uso de escala (19,0%; *e.g.*, desenho no quadro-negro) e analogia de proporção (15,5%; *e.g.*, comparação de frutas com mesma proporção entre Júpiter e Terra). Esse resultado mostra como o uso de analogias e representações pictóricas estão presentes nos saberes pedagógicos desses licenciandos (total de 91,4%). São estratégias recomendadas pelos PCN (BRASIL, 1998).

Estratégias	Biologia		Física		Total	
	N	%	N	%	N	%
Analogia de grandeza	19	51,4	14	66,7	33	56,9
Escala	6	16,2	5	23,8	11	19,0
Analogia de proporção	8	21,6	1	4,8	9	15,5
Ênfase em conceitos básicos	4	10,8	2	9,5	6	10,3
Gradação	1	2,7	3	14,3	4	6,9
Sem estratégia	1	2,7	0	0,0	1	1,7
Não responderam	2	5,4	1	0,0	3	8,6
Total de licenciandos	37	100,0	21	100,0	58	100,0

Tabela 1: Estratégias apresentadas por licenciandos de Biologia e Física para o ensino do diâmetro de Júpiter

As respostas classificadas em “Ênfase em conceitos básicos” e “Gradação”, que totalizam 17,2%, não alcançam o objetivo de dar ideia ao aluno do tamanho jupiteriano. No primeiro caso, os licenciandos argumentaram que um reforço (ou revisão) nos conceitos de planeta ou unidades de medida, por exemplo, já seria o suficiente. No segundo, estão as respostas cuja ideia de que fosse aumentando a distância gradativamente ou multiplicando pequenas distâncias bastaria para que o aluno imaginasse o tamanho do planeta, tais como: “Explicaria tentando passar a noção do que seria 1 km (comparando a 1 metro) e de que o diâmetro de Júpiter é 143 mil vezes esse 1 km”.

Nas analogias sugeridas pelos licenciandos, observou-se que os objetos recomendados para a comparação nem sempre são ideais (Tabela 2). Por exemplo, um licenciando respondeu: “Eu pesquisaria o diâmetro de Júpiter pelo da laranja e dividiria o diâmetro de Júpiter pelo da laranja, com isso eu falaria quantas vezes é maior Júpiter é maior que a laranja”. Quando se utilizam objetos pequenos, como frutas ou campo de futebol, a analogia falha, pois o número de vezes que o objeto análogo deve ser multiplicado para equivaler ao alvo não é mentalmente visualizável; logo, não é didático. No caso do exemplo, o diâmetro de Júpiter equivale a $1,6 \times 10^{10}$ laranjas (média de 9 cm de diâmetro).

As analogias de proporção corresponderam a 15,5% de todos os recursos didáticos apresentados (Tabela 1) e a apenas um quinto dos exemplos de analogias (Tabela 2). Os objetos sugeridos são perfeitamente viáveis, desde que respeitem a proporção 11:1 dos diâmetros de Júpiter e da Terra. Um licenciando exemplificou assim sua analogia: “usaria diâmetros cotidianos, tais como rodas de carro, de diversos tamanhos, e até de carrinhos de brinquedos”.

Na primeira questão (Tabela 1), os licenciandos de Biologia e Física tiveram resultados mais ou menos parecidos em todas as categorias, com a pequena exceção de que os de Física foram mais ligados a números, pois se ativeram mais às grandezas numéricas. Na categoria ‘Gradação’, os físicos tiveram 14,3% das respostas, enquanto os biólogos, apenas 2,7%. Observa-se outra diferença entre os licenciandos de cada curso na Tabela 2, onde mostra que apenas um licenciando de Física (5,9% das analogias) apresentou uma analogia de proporção.

A maioria deles preferiu a analogia de grandeza, tendo a Terra como principal análogo (47,1% das analogias).

Análogos	Biologia		Física		Total	
	N	%	N	%	N	%
Analogia de grandeza	24	72,7	16	94,1	40	80,0
Terra (diâmetro)	10	30,3	8	47,1	18	36,0
Distância entre cidades, estados, países ou lugares	5	15,1	4	23,5	9	18,0
Terra (volume)	3	9,1	0	0,0	3	6,0
Bolas ou frutas	2	6,1	1	5,9	3	6,0
Lua	1	3,0	2	11,8	3	6,0
Viagem feita	2	6,1	0	0,0	2	4,0
Sol	1	3,0	0	0,0	1	2,0
Campo de futebol	0	0,0	1	5,9	1	2,0
Analogia de proporção	9	27,3	1	5,9	10	20,0
Bolas ou frutas	4	12,1	0	0,0	4	8,0
Objetos conhecidos	3	9,1	1	5,9	4	8,0
<i>Pizzas</i>	1	3,0	0	0,0	1	2,0
Rodas	1	3,0	0	0,0	1	2,0
Total de analogias	33	100,0	17	100,0	50	100,0

Tabela 2: Análogos apresentados pelos licenciandos de Biologia e Física para o ensino da dimensão do diâmetro de Júpiter

Para se elaborar uma analogia quantitativa de uma determinada grandeza física de dois objetos, é preciso basicamente: conhecer os valores das medidas, achar a proporção entre essas medidas e procurar outros dois objetos do cotidiano dos alunos, preferivelmente de formatos parecidos, que possuam a mesma proporção. Para verificar essas habilidades básicas, os licenciandos tiveram de achar análogos para a proporção Sol-Terra após serem informados sobre a dimensão dos dois (Tabela 3).

Os resultados da segunda questão mostraram que apenas 15,5% dos licenciandos respondentes utilizaram objetos de dimensões próximas às da proporção 100:1 do sistema Sol-Terra. A maioria (34,5%) apresentou objetos com diferença de tamanho pequena, variando de 2:1 (*e.g.*, bola de bilhar:bola de gude) a 50:1 (*e.g.*, pessoa de 50 kg:um quilo de açúcar). Uma parcela de 6,9% dos licenciandos apresentou análogos com diferenças de tamanho muito grandes, como, por exemplo, a relação entre o núcleo atômico e o átomo (10^4 :1). Esses dois tipos de erro das comparações, que juntos somam 41,4%, mostram que os licenciandos não levam à risca a importância de se obedecer à proporção de tamanho dos objetos alvo. Pensar que bastaria apenas correlacionar um objeto grande com um pequeno para representar Sol-Terra mostra que não houve reflexão na ação proposta. Exemplificar para os alunos dois objetos de proporções diferentes de 100:1 (considerando-se uma pequena margem de erro), nesse caso, pode induzir os alunos à aquisição de concepções errôneas, perigo este presente em qualquer analogia, como salientam Ferraz e Terrazan (2003).

Outra parcela de licenciandos utilizou objetos análogos ilógicos (5,2%; *e.g.*, luz:planta) ou objetos sem comprimento definido (8,6%; *e.g.*, rua:passo). São casos em que os licenciandos provavelmente não entenderam a constituição da analogia, que deveria ser baseada em correlações estritamente matemáticas.

Não conseguiu realizar a analogia 15,5% dos licenciandos; uma porcentagem considerável. Entendendo que para se elaborar uma analogia, deve-se utilizar um ou dois objetos conhecidos (NAGEM; CARVALHAES; DIAS, 2001; RIGOLON, 2013), foi considerado que os 13,8% dos licenciandos que apresentaram os próprios números da razão, com unidades de

medida ou não (e.g., 1 m:1 cm), não efetuaram analogias.

Biologia			Física			Total	
Objetos	N	%	Objetos	N	%	N	%
Corretos (100:1) mesa:botão, roda:b. gude, tamanduá:formiga, cd:cabeça de alfinete, gema:grão de areia, elefante:formiga, humano:formiga.	7	18,9	Corretos (100:1) b.basquete:grão de areia milênio:década	2	9,5	9	15,5
Incorretos (<100:1) [2:1] b.bilhar:b.gude, Bauru:Jaú, [3:1] melancia:laranja, [4:1] Bauru:Unesp, [6:1] b.basquete:b.pingue-pongue, [10:1] elefante:coelho, elefante:tatu, [11:1] b.futebol:b.gude, [12:1] b.basquete:b.gude, [15:1] melancia:b.gude, [20:1] b.vinil:b.gude, [37:1] óvulo:espermatozoide, [50:1] pessoa(50kg):açúcar(1kg).	18	48,6	Incorretos (<100:1) [6:1] b.basquete:b.pingue- pongue,	2	9,5	20	34,5
Incorretos (>100:1) [205:1] Júpiter:Marte, [10 ⁶ :1] oceano:poça d'água,	2	5,4	Incorretos (>100:1) [10 ⁴ :1] núcleo atômico:átomo, [10 ⁶ :1] oceano:tubarão	2	9,5	4	6,9
Incorretos (ilógicos) luz:planta humano:magma	2	5,4	Incorretos (ilógicos) pé:tênis	1	4,8	3	5,2
Incorretos (indefinidos) gigante:pessoa	1	2,7	Incorretos (indefinidos) edifício:casa rua:passo grande:pequeno maior:menor	4	19,0	5	8,6
Sem analogia metro:centímetro	2	5,4	Sem analogia metro:centímetro, cem:um	6	28,6	8	13,8
Não responderam	5	13,5	Não responderam	4	19,0	9	15,5
Total	37	100,0		21	100,0	58	100,0

Tabela 3: Objetos análogos à proporção Sol-Terra apresentados por licenciandos de Biologia e Física
 Nota: b. = 'bola de'.

A grande diferença entre as amostra de licenciandos dos dois cursos apareceu na segunda questão (Tabela 3). Independentemente de estarem corretos ou não, os licenciandos de Biologia apresentaram uma variedade de 25 objetos diferentes (0,78 objetos por respondente) enquanto os da Física mostraram-se menos criativos, com 10 objetos (0,59 objetos por respondente). Inclusive, analisando separadamente, observou-se que a maioria dos licenciandos de Física optou por apresentar apenas os números da razão em vez de objetos análogos, o que sugeriria uma preferência dos mesmos em ater-se apenas aos números. Seria essa uma característica própria que o curso de licenciatura em Física imbuí naturalmente nos seus licenciandos? No mais, nos dois cursos, observou-se a preferência por análogos pertencentes às suas esferas de conhecimento, como, por exemplo, óvulo:espermatozoide na Biologia e núcleo atômico:átomo na Física.

Conclusão

O ensino de Astronomia na Educação Básica já passa por problemas estruturais devido ao caráter de importância secundária que tem lhe sido dado no ensino brasileiro. Muitos pesquisadores têm se empenhado na luta pela qualidade da educação em Astronomia no Brasil (ELIAS; ARAÚJO; AMARAL, 2011; LANGHI; NARDI, 2012) e, nesse aspecto, muitas pesquisas e reajustes vêm sendo sugeridas.

Um dos pontos a serem melhorados é a formação docente inicial, que, por não incluir de forma afirmativa o ensino de Astronomia no seu currículo, precisa suprir essa ausência pelo oferecimento de atividades pedagógicas que formem professores aptos a utilizarem metodologias diversas eficientes e estimulantes.

A analogia, que tem se consolidado como recurso didático nas últimas décadas (NAGEM; CARVALHAES; DIAS, 2001; BOZELLI, 2005), apresenta-se ao ensino de Astronomia e extensivamente ao das demais áreas das Ciências Naturais como uma interessante estratégia para tornar os conceitos abstratos e de difícil visualização mais inteligíveis e imagináveis. Para tanto, os professores precisam dominar técnicas mínimas de seu uso e terem o hábito da reflexão sobre suas ações docentes (SCHÖN, 1997; GAUTHIER *et al.*, 1998) para que não haja uma má utilização da analogia e, assim, desenvolva erros conceituais (FERRAZ; TERRAZZAN, 2003).

Neste trabalho, pesquisou-se a utilização de analogias quantitativas como recurso didático por licenciandos de Biologia e Física para entender suas referências metodológicas e sua eficácia didática. Os resultados sugerem que, dentre as estratégias para explicação de medidas astronômicas, os licenciandos (91,4%) optam espontaneamente pelo uso de analogias e escalas, como recomendam os PCN (BRASIL, 1998), mesmo sem terem tido instrução sobre seu uso na graduação. No entanto, ausência de instrução mais adequada nessa área é perceptível quando se verifica mais profundamente as analogias por eles apresentadas. Muitos licenciandos sugeriram objetos análogos muito pequenos (*e.g.*, bolas, frutas, campo de futebol) para explicar o diâmetro jupiteriano como lhes foi solicitado. Essa aparente falta de critério para escolher análogos condizentes com uma analogia quantitativa correta foi percebida também na maioria desses licenciandos (84,5%), pois apresentaram dificuldade em encontrar dois objetos com proporção próxima à de 100:1 do sistema Sol-Terra. Alguns não entenderam que a analogia a ser feita referia-se estritamente à proporção das medidas e apresentaram análogos não condizentes. A maioria dos licenciandos (41,4%) apresentou dois objetos cuja proporção de tamanho em nada se aproxima à do Sol-Terra, o que mostra certa negligência quanto a essa informação. Dá a entender que apresentar um objeto grande e outro pequeno já bastaria.

Outro resultado curioso foi relativo à variedade de objetos análogos apresentados. Os licenciandos de Biologia utilizaram, em conjunto, mais objetos análogos diferentes do que os de Física. Estes últimos focaram-se mais em informações meramente numéricas e não fizeram tanto uso de analogias quanto os da Biologia.

Deve ser ressaltado, apesar de tudo, que estes são professores em formação e que ainda não possuem saberes docentes constituídos como têm os experientes. O uso didático das analogias quantitativas, como outros recursos didáticos diversos, é algo a ser experimentado e, por meio da reflexão sobre a ação, melhorado com o decorrer das práticas docentes em sala de aula. Para isso, é preciso que se tenham cursos de formação docente que ofereçam variadas estratégias de ensino, especialmente aqui no caso da Astronomia, e que habituem seus licenciandos a valorizar mais a elaboração e a avaliação de suas ações pedagógicas.

Agradecimentos e apoios

Agradecimentos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, à Universidade Federal de Viçosa e à Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – *Campus* de Bauru – pelo auxílio financeiro.

Referências

- BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.
- BOZELLI, F. C. **Analogias e metáforas no Ensino de Física**: o discurso do professor e o discurso do aluno. 2005. 234 f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Bauru, 2005.
- BRASIL. Ministério da Educação e do Desporto. Parâmetros curriculares nacionais terceiro e quarto ciclos do ensino fundamental. Brasília: MEC/SEF, 1998.
- ELIAS, D. C. N.; ARAÚJO, M. S. T.; AMARAL, L. H. Concepções de estudantes do Ensino Médio sobre conceitos de Astronomia e as possíveis contribuições da articulação entre espaços formais e não formais de aprendizagem. *Revista de Ensino de Ciências e Matemática*, v. 2, n. 1, p. 50-68, jan./jun. 2011.
- FERRAZ, D. F.; TERRAZZAN, E. A. Uso espontâneo de analogias por professores de Biologia e o uso sistematizado de analogias: que relação? **Ciência & Educação**, v. 9, n. 2, p. 213-227, 2003.
- GAUTHIER, C. *et al.* **Por uma teoria da Pedagogia**: pesquisas contemporâneas sobre o saber docente. Ijuí: Unijuí, 1998.
- LANGHI, R.; NARDI, R. **Educação em astronomia**: repensando a formação de professores. São Paulo: Escrituras, 2012.
- NAGEM, R. L.; CARVALHAES, D. O.; DIAS, J. A.Y. Uma proposta de metodologia de ensino com analogias. **Revista Portuguesa de Educação**, v. 2, n. 14, 2001.
- RIGOLON, R. G. As analogias quantitativas e a nova classificação pela natureza da relação analógica. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 9, Águas de Lindóia, 2013. **Anais...** Águas de Lindóia: Abrapec, 10-14 nov. 2013.
- SCHÖN, D. Formar professores como profissionais reflexivos. *In*: NÓVOA, A. (Org.). **Os professores e a sua formação**. 3. ed. Lisboa: Dom Quixote, 1997.
- WEBBER, M. Se o Sol fosse do tamanho de uma bola de tênis... Mairus Webber's Plutão Designer. Disponível em: <<http://mairus.com/blog/2008/01/30/se-o-sol-fose-do-tamanho-de-uma-bola-de-tenis/>>. Publicado em: 30 jan. 2008. Acesso em: 10 abr. 2015.