

A METODOLOGIA DE ENSINO COM ANALOGIAS (MECA) APLICADA AO ENSINO DE EVOLUÇÃO: A ÁRVORE DA VIDA DE CHARLES DARWIN¹

M. Marcelos
FUNEC

A.S Ferry
UFMG

RESUMO: Analogias são muito usadas no ensino de Ciências sem metodologia adequada, provocando equívocos de assimilação. Buscamos contribuir para o ensino de Ciências verificando, por meio da Metodologia de Ensino Com Analogias – MECA –, que relações estudantes de Ensino Médio estabelecem entre o *veículo* árvore e o *alvo* Evolução, tendo como base o texto da *Árvore da Vida*, de Darwin. Apresentamos conceitos e significados de analogias e termos afins, importância e emprego na Ciência e no ensino, enfatizando metodologias específicas para o ensino com analogias, em especial a MECA. O estudo foi realizado com alunos do ensino médio de escolas públicas da cidade de Contagem, MG, Brasil, observando os passos propostos pela MECA. Os resultados apontam que estudantes estabelecem relações pertinentes entre os domínios, validando a metodologia empregada.

PALAVRAS-CHAVES: Analogias, Árvore da Vida, Darwin, Ensino de Ciências, Evolução.

OBJETIVO

Contribuir para o ensino de Ciências verificando, por meio da Metodologia de Ensino Com Analogias – MECA –, que relações estudantes de Ensino Médio estabelecem entre o *veículo* árvore e o *alvo* Evolução, tendo como base o texto da *Árvore da Vida*, de Charles Darwin.

MARCO TEÓRICO

Muitos são os conceitos de analogia e os termos para designar os domínios comparativos DUARTE (2005). Nesse trabalho, analogia é tratada como *processo mental* em que se é capaz de estabelecer relações de semelhanças e diferenças entre dois domínios diferentes, visando o entendimento de um novo conhecimento ancorado em conhecimentos prévios, sendo explícitos os aspectos comparados (DUIT, 1981; VOSNIADOU & ORTONNY, 1989).

1. Trabalho realizado em parte com auxílio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES e da Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais – FAPEMIG.

Quanto aos termos para designar os domínios comparados, alvo (*target*) parece ser consensual para o domínio desconhecido, enquanto para o domínio conhecido usa-se: foro, base ou fonte, veículo, análogo e âncora. Empregaremos *alvo*, por ser consensual, e *veículo*, por dar a noção de transporte de ideias.

Antes meros recursos lingüísticos, hoje que as analogias são importantes na construção da Ciência e nos processos de ensino e de aprendizagem, auxiliando a compreender o novo baseado em conteúdos familiares.

Na ciência, levam às descobertas, sendo usadas para explicar e transmitir teorias. Exemplos: a teoria ondulatória se originou na observação de mudanças regulares, rítmicas das ondas na água; a Lei Periódica de Mendeleiev, em 1869, baseada em cartas de baralho; a *Árvore da Vida* de Darwin contida em *A Origem das Espécies* (1859).

Têm sido representadas, algumas vezes, sob a figura de uma grande árvore, as afinidades de todos os seres da mesma classe, e creio que essa imagem é assaz adequada sob certos pontos. Os ramos e os gomos representam as espécies existentes; as ramificações produzidas durante os anos precedentes representam a longa sucessão das espécies extintas. A cada período de crescimento, todas as ramificações tendem a estender os ramos por toda parte, a superar e destruir as ramificações e os ramos ao redor, da mesma forma que as espécies e os grupos de espécies têm, em todos os tempos, superado outras espécies na grande luta pela sobrevivência. As bifurcações do tronco, divididas em grossos ramos, e estes em ramos menos grossos e mais numerosos, tinham outrora, quando a árvore era nova, apenas pequenas ramificações com rebentos. Ora, esta analogia entre os velhos e os novos rebentos no meio dos ramos crescidos representa bem a classificação de todas as espécies extintas e vivas em grupos subordinados a outros grupos. Sobre as numerosas ramificações que cresciam quando a árvore era apenas um arbusto, duas ou três apenas, transformadas hoje em grossos troncos, sobreviveram e sustentam as ramificações subseqüentes; da mesma maneira, sobre as numerosas espécies que viviam durante os períodos geológicos afastados por longo tempo, muito poucas deixaram prole modificada. Desde o crescimento inicial da árvore, mais de um ramo deve ter murchado e caído; ora, estes ramos caídos, de espessura diferente, podem representar as ordens, as famílias e os gêneros inteiros, que não têm exemplares vivos e que apenas conhecemos no estado fóssil. Da mesma maneira que vemos na árvore um ramo delicado, abandonado, que surgiu de qualquer bifurcação inferior e, em consequência de felizes circunstâncias, permanece ainda vivo e atinge o cume da árvore, encontramos também casualmente algum animal, como o ornitorrinco ou a lepidossereia que, pelas suas afinidades, liga sob quaisquer relações duas grandes artérias da organização, e que deve provavelmente a uma situação isolada ter escapado do extermínio. Da mesma forma que os gomos produzem novos gomos, e estes, se forem vigorosos, formam ramos que eliminam de todos os lados os ramos mais fracos, da mesma forma julgo eu que a geração atua igualmente para a grande árvore da vida, cujos ramos mortos e quebrados são sepultados nas camadas da crosta terrestre, enquanto que as suas suntuosas ramificações, sempre vivas e incessantemente renovadas, cobrem a superfície (DARWIN, 1859).

A *Árvore da Vida* é uma descrição analógica com metáforas e analogias (MARCELOS, 2006) em que a árvore é o *veículo* e o processo evolutivo é o *alvo*. MARCELOS & NAGEM (2010), baseando-se na MECA, elaboraram quadros comparativos entre *veículos* e *alvos* encontrados na *Árvore da Vida*, que foram chamados de “Modelos de Estrutura Comparativa entre *Veículo* e *Alvo*”, tornando evidente a riqueza do texto darwinista.

Há estreita relação entre analogias, teorias do conhecimento e processos de ensino e aprendizagem, uma vez que elas permitem ligar o desconhecido ao conhecido, promovendo interação entre os conhecimentos prévios e o novo, dando significado ao conhecimento científico em sua assimilação. No processo criativo, as analogias podem expandir perspectivas cognitivas, facilitando procedimentos heurísticos.

É comum o uso de analogias para explicar conteúdos científicos, porém sem metodologia específica, o que pode levar a equívocos na assimilação. Existem muitas metodologias para o ensino com

analogias e nesse processo é necessária atenção aos conhecimentos prévios do aluno. Embora reconheçamos a validade de todas, destacamos *TWA – Teaching With Analogies* (Glynn, 1991), a mais conhecida e difundida e *MECA – Metodologia de Ensino Com Analogias* – (Nagem, Carvalhaes & Dias, 2001). O QUADRO 01, baseado em MARCELOS & NAGEM (2012), compara as duas, apontando seus passos e as vantagens da *MECA* sobre *TWA*:

Quadro 1.
Comparação entre *MECA* e *TWA* (2013)

Passo	MECA	TWA	Vantagem MECA sobre TWA
1	Introduz o <i>veículo</i>	Introduz o <i>alvo</i>	Leva os alunos a desenvolver suposições sobre a natureza do alvo, citando possíveis relações analógicas que o educador não considerou e que muitas vezes extrapolam o conteúdo a ser ensinado.
2	Introduz o <i>alvo</i>	Introduz o <i>veículo</i> que a autora chama <i>analog</i>	Desperta a curiosidade dos alunos sobre a natureza do <i>alvo</i> , incentivando a participação.
3	Características de <i>veículo</i> e <i>alvo</i> são listadas e comparadas, verificando semelhanças e diferenças	Características do <i>veículo</i> e do <i>alvo (analog)</i> são listadas	Encoraja a reflexão e permite que o raciocínio analógico se desenvolva.
4	Professor e os alunos listam limites e validades da analogia comparando-as simultaneamente, verificando onde pode vir a falhar a analogia, e quão apropriado é o conteúdo proposto.	Identifica os limites da validade do análogo utilizado.	Incentiva uma atitude crítica e reflexiva do aluno, auxiliando-o a não permanecer fixado no <i>veículo</i> , considerando-o como se fosse o <i>alvo</i> .
5	Solicita a construção de uma nova analogia para explicar o <i>alvo</i> em questão	Síntese conclusiva do <i>alvo (analog)</i>	Estimula o raciocínio analógico e pode utilizá-lo como forma de avaliação

Fonte: original baseado em (Marcelos e Nagem, 2012)²

Dessa forma, afirmamos nossa opção pela *MECA*.

METODOLOGIA

A coleta de dados ocorreu em 5 turmas do último ano do Ensino Médio de duas escolas públicas da cidade de Contagem - MG, Brasil, contendo cerca de 15 alunos em cada uma delas. Foram seguidos os passos da *MECA*:

1. foi ministrada uma aula sobre o *veículo* árvore, indicando suas características morfológicas e fisiológicas, distinguindo Angiospermas de Gimnospermas e apresentando ilustrações de diferentes tipos de árvore;
2. alunos levantaram características do processo evolutivo, baseados em seus conhecimentos iniciais sobre o tema. O texto da *Árvore da Vida*, de Darwin, foi apresentado, bem como a ilustração contida em caderno de rascunho de Darwin semelhante a um vegetal arbustivo;

2. Tradução nossa


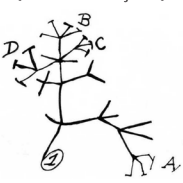

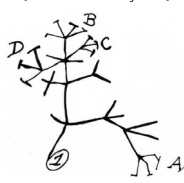
3. em duplas, alunos tiveram o prazo de uma semana para apresentar quadro de semelhanças e diferenças entre os domínios;
4. os quadros foram analisados em conjunto por alunos e professora;
5. foi solicitada a elaboração de nova analogia para explicar o *alvo* Evolução.


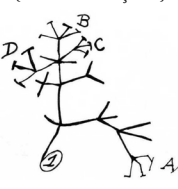

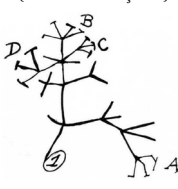
RESULTADOS

Foram entregues 34 quadros, totalizando 122 semelhanças e 116 diferenças. Dessas, 46 semelhanças (38%) e 33 diferenças (28%) eram pertinentes, sendo o restante ideias equivocadas, cópias do texto darwinista ou relações em que os animais constituíram o alvo, não a Evolução em si. Segundo os alunos, o grande número de relações não pertinentes se deve à dificuldade de trabalhar sistematicamente com analogias, algo novo para eles.

O QUADRO 02 aponta as relações de semelhanças e diferenças pertinentes listadas pelos alunos e o número de vezes que elas são citadas.

Quadro 2.
Semelhanças e diferenças entre árvore (*veículo*)
e evolução (*alvo*) pertinentes apontadas por alunos de ensino médio– 2012.

Semelhanças {XE “Semelhanças”}				Diferenças {XE “Diferenças”}		
Nº {XE “Veículo”} {XE “Árvore”}	<i>Veículo</i> Árvore ³	<i>Alvo</i> {XE “Alvo”} Evolução ⁴ {XE “Evolução”}	Nº de vezes em que foi citada	<i>Veículo</i> {XE “veículo”} Árvore {XE “Árvore”}	<i>Alvo</i> {XE “alvo”} Evolução {XE “Evolução”}	Nº de vezes em que foi citada
						
1	Possui ramos	Possui ramos (espécies)	2	Possui frutos, folhas, flores	Não possui frutos, folhas, flores	4
2	Ramos ligados aos anteriores	Seres ligados aos ancestrais evolutivos	1	Cortados os galhos, outros crescerão para substituí-los	Extintas as espécies, outras não surgirão para substituí-las	3
3	Tronco comum	Ancestral comum	14	Pode sofrer poda	Não pode sofrer poda	8
4	Raízes distantes do topo	Ancestral original distante dos atuais	1	Mudanças rápidas	Mudanças lentas	4
5	Galhos mais próximos e mais distantes	Espécies mais próximas e mais distantes	4	Vegetal	Teoria	1
6	Necessita de fatores para sobreviver	Necessita de fatores para ocorrer	1	Morre	Não morre	1
7	Deixa descendentes	Deixa descendentes	5	É ser vivo	Não é ser vivo	1
8	Novos frutos	Novas espécies	2	Há períodos de dormência das gemas	Não há períodos de “dormência” evolutiva	1

Semelhanças {XE “Semelhanças”}				Diferenças {XE “Diferenças”}		
Nº {XE “Veículo”} {XE “Árvore”}	<i>Veículo</i>	<i>Alvo</i> {XE “Alvo”}	Nº de vezes em que foi citada	<i>Veículo</i> {XE “veículo”}	<i>Alvo</i> {XE “alvo”}	Nº de vezes em que foi citada
	Árvore ³	Evolução ⁴ {XE “Evolução”}		Árvore {XE “Árvore”}	Evolução {XE “Evolução”}	
						
9	Morte e substituição de células, tecidos e partes da árvore	Extinção de espécies e aparecimento de outras	2	Morrendo o tronco, morrem os galhos	Extinto o ancestral comum, descendentes não se extinguem	2
10	De um galho surgem vários galhos	De uma espécie surgem várias espécies	3	Galhos de uma árvore são da mesma espécie	Galhos da árvore evolutiva são diferentes espécies	2
11	Crescimento não cessa	Evolução não cessa	3	Árvore é um único indivíduo	Vários indivíduos na árvore evolutiva	1
12	O crescimento da árvore leva a ampliar o número de galhos	A ocorrência da evolução leva a ampliar o número de espécies	2	Ramos da árvore são ligados fisicamente	Ramos evolutivos não são ligados fisicamente	3
13	Alguns galhos se desprendem e não formam outros galhos	Algumas espécies não deixam descendentes	2	Vegetal	Compreende todos os reinos	1
14	Os galhos ligados se parecem, mas não são idênticos	Espécies ligadas se parecem, mas não são idênticas	3	Constituído por ramos, caule, raiz, folhas	Constituída por seres vivos	1
15	Ramos crescem	Espécies aumentam	1			

3. A ilustração corresponde a um exemplar de Angiosperma: *Michelia champaca* L. (Magnólia). Fonte: VIDAL & VIDAL (1986, p.89).

4. A ilustração corresponde ao diagrama para ilustrar as ramificações da Evolução, do Notebook B de Darwin, pg 36. [Entre 1837 e 1839].

Fonte: dados da pesquisa

Os aspectos apontados indicam que os alunos distinguem claramente o *veículo* do *alvo*, o que poderia não ocorrer ao usar analogias de forma não metodológica. Consideramos que algumas semelhanças e diferenças apontadas são facilmente perceptíveis (semelhanças/diferenças nº 1, 5, 7, 11; semelhanças nº 2, 3, 4, 8, 9, 10, 12, 13, 15; diferenças nº 6, 13, 14) e outras requerem um raciocínio mais elaborado (semelhanças nº 6, 13; diferenças nº 2, 3, 4, 8, 9, 10, 12). A diferença nº 8 indica que algumas relações apresentadas podem também ser empregadas para ministrar outros temas dentro da Evolução, pois a mesma está de acordo com Darwin, mas se opõe à teoria do Equilíbrio Pontuado.

Destaca-se que tais idéias não são encontradas em manuais didáticos, sendo elaboradas pelos alunos, e dificilmente seriam percebidas sem o emprego de uma metodologia específica para o uso de analogias no ensino. Igualmente, a apresentação e a discussão das relações em sala de aula favoreceram o raciocínio analógico, tornando válida a atividade, mesmo que inicialmente alunos tenham apresentado algumas relações não pertinentes. Na medida em que o conhecimento dos alunos se amplia, novas relações podem ser estabelecidas, aumentando o quadro e preenchendo espaços vazios nele contidos.

Nenhum aluno conseguiu elaborar nova analogia utilizando outro *veículo* para explicar o *alvo* Evolução. Ressaltamos que a elaboração de novas e pertinentes analogias é tarefa complexa. Manter o desafio de estabelecer outro *veículo* para explicar o *alvo* Evolução se constitui na formulação de um novo modelo científico e de ensino.

CONCLUSÕES

Sendo o raciocínio analógico importante na ciência, deve-se desenvolvê-lo nos alunos. Assim, é necessário que o uso sistemático e metodológico das analogias ocorra com frequência.

O emprego da MECA tornou as aulas mais instigadoras para os alunos, permitindo novo olhar sobre os *veículo* e *alvo* em questão e possibilitando que os mesmos pensassem em aspectos não encontrados nos manuais didáticos.

Consideramos que o objetivo desse trabalho foi alcançado e sugerimos que a MECA seja também aplicada em outras áreas do ensino de ciências.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Grupo de Estudos de Metáforas, Modelos e Analogias na Tecnologia, na Educação e na Ciência – GEMATEC – pelas contribuições oferecidas. Website: www.gematec.cefetmg.br

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Darwin, C. [1837 - 1839], *Notebook B*.
- Darwin, C. (1859), *On The Origin of The Species*. 517 p.
- Duarte, M. C. (2005), Analogias na Educação em Ciências: Contributos e Desafios. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, Instituto de Física da UFRS, Brasil, V. 10, n. 1, març.
- Duit, R. (1991), On the role of analogies and metaphors in learning science. *Science Education*, 75, 6, 649-672.
- Glynn, S. (1991), Explaining Science Concepts: A Teaching-with-Analogies Model. In: Glynn, S.M., Yeany, R.H. & Britton, B.K. (Eds.). *The Psychology of Learning Science*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associate, 219-240.
- Marcelos, M. de F. (2006), *Analogias e Metáforas da “Árvore da Vida”, de Charles Darwin, na Prática Escolar*. Dissertação, Mestrado em Educação Tecnológica, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Brasil.
- Marcelos, M. F; Nagem, R. L. (2010), Comparative Structural Models of Similarities and Differences Between *Vehicle* and *Target* in Order to Teach Darwinian Evolution. *Science & Education*, 19 (6-8), 599-623. ISSN: 0926-7220, DOI: 10.1007/s11191-009-9218-2.
- Marcelos, M. F; Nagem, R. L. (2012), Use of the “Tree” Analogy in Evolution Teaching by Biology Teachers. *Science & Education*, 21 (4), 507-541. ISSN: 0926-7220, DOI: 10.1007/s11191-011-9370-3
- Nagem, R.; Carvalhaes, D.; Dias, J. (2001), Uma Proposta de Metodologia de Ensino com Analogias. *Revista Portuguesa de Educação*, Braga - Portugal, v. 14 , nº 1, 197-213.
- Vidal, W. N.; Vidal, M. R. R. (1986), *Botânica: Organografia*. 3ª ed. Viçosa: Imprensa Universitária UFV, Brasil.
- Vosniadou, S. & Ortony, A. (1989), Similarity and Analogical Reasoning: a Synthesis. In: Vosniadou, S. & Ortony, A. (Eds.). *Similarity and Analogical Reasoning*. Cambridge: Cambridge University Press, 1-17.