

Uma análise de modelos científicos e alternativos em uma exposição de ciências

An analysis of scientific and alternative models in a science exposition

Gabriela Fasolo Pivaro

Instituto de Física, Unicamp
g081472@g.unicamp.br

Maurício Urban Kleinke

Instituto de Física, Unicamp
kleinke@ifi.unicamp.br

Resumo

A ciência, de modo geral, costuma utilizar modelos, tanto mentais quanto conceituais, para auxiliar a explicação de fenômenos e sistemas que são impossíveis, ou muito difíceis, de serem manipulados pessoalmente. Quando um modelo é compartilhado pela comunidade científica, este é aceito como modelo científico. Porém, chamamos os modelos mentais que indivíduos possuem, e que não são compatíveis com os científicos, de modelos alternativos (ou concepções alternativas). Neste estudo, buscamos abordar se um modelo conceitual físico, presente em uma exposição de ciências, auxilia os visitantes a montarem um modelo mental condizente com o modelo científico, tratando especificamente de algumas concepções alternativas no ensino de óptica. Utilizamos questionários para uma análise quali-quantitativa, mostrando que, apesar da estação estudada ser bem atraente aos visitantes, a sua maioria sai da exposição sem assimilar o conceito científico que ela se propõe a trazer.

Palavras chave: modelo mental, concepção alternativa, óptica, exposição de ciências.

Abstract

Science generally uses models, both mental and conceptual, to aid in the explanation of phenomena and systems that are impossible, or very difficult, to manipulate in person. When a model is shared by the scientific community, it is accepted as a scientific model. However, we call the mental models that individuals have, and that are not compatible with the scientists, of alternative models (or alternative conceptions). In this study, we sought to address whether a physical conceptual model, present in a science exposition, assists visitors to build a mental model consistent with the scientific model, dealing specifically with some alternative conceptions in optical teaching. We used questionnaires for a qualitative-quantitative analysis, showing that, although the station studied was very attractive to visitors, most of them left the exposition without assimilating the scientific concept that it proposes to bring.

Key words: mental model, alternative conception, optics, science exposition.

Modelos no ensino aprendizagem de Ciências

Na impossibilidade de conseguirmos tratar diretamente com certos fenômenos, objetos ou ideias, os representamos recorrendo ao uso de modelos para nos ajudar a melhor ensiná-los ou entendê-los.

Segundo Ornek (2008), um modelo científico é aquele compartilhado pela comunidade científica, podendo ser de duas categorias: mental ou conceitual. O autor considera modelos mentais como aqueles que acontecem no pensamento do sujeito, ou seja, são imateriais, cognitivos e internos. Já os conceituais, segundo ele, são ferramentas externas, representações simplificadas e idealizadas de algum sistema, algo para o qual podemos olhar ou tocar. Apesar de na literatura ser possível encontrarmos uma divisão diferente na classificação de modelos (por exemplo, em Herbert, 2008), o sentido da ramificação entre mentais e conceituais continua se aplicando. De certo modo, todo modelo que não é mental é conceitual. Ao olharmos o mundo e vivenciá-lo, vamos aos poucos criando modelos para explicar aquilo que ainda não compreendemos. No ensino e aprendizagem de ciências não poderia ser diferente. Para melhor entender a influência que o uso de modelos causa nessa área, vamos primeiro compreender melhor cada uma de suas categorias. A começar pelos conceituais.

Dentro da categoria de conceitual, os modelos podem assumir diversas formas. Como classifica Ornek (2008), podem ser tanto matemáticos, computacionais ou físicos (no sentido de palpáveis). Um modelo matemático, como diz o próprio nome, utiliza da matemática como linguagem simbólica para representar o comportamento de um sistema. Ao fazermos suposições de um problema real, os transformamos em um problema matemático, ou seja, transportamos algo presente no mundo real para o mundo matemático. É nesse mundo que o problema vai ser resolvido, e uma vez resolvido, transportamos novamente essa resposta para o mundo real e a damos uma interpretação. "Interpretações são essenciais para um modelo pois sem elas as equações de um modelo não dizem nada. As equações são abstratas por si só" (ORNEK, 2008, p. 39, tradução livre). Ou seja, na essência, a resposta de um modelo matemático precisa ser interpretada por nós, precisamos confirmar que seus resultados fazem sentido no mundo real. Já os modelos computacionais são tipos de modelos em que um programa de computador simula um sistema e apresenta resoluções analíticas para tal. Essas resoluções são formuladas com base em modelos matemáticos, que permitem fazermos previsões de comportamento de sistemas complexos, uma vez tendo os parâmetros e condições iniciais (ORNEK, 2008).

Sobre os modelos conceituais físicos, associamos a versão de Herbert (2008) com a de Ornek (2008), em que modelos físicos são representações de situações, fenômenos ou objetos reais que podem ser vistas, tocadas e/ou carregadas. Em síntese, que possuem uma forma material, mesmo que essa forma seja expressa em formas pitorescas ou de diagramas. Podemos citar, como exemplos no ensino de ciências, o uso de representações de desenhos de células (por não conseguirmos, no dia a dia, enxergamos uma ao olho nu); representações esquemáticas para explicar cadeias alimentares utilizando pirâmides e colocando predadores no topo; o uso de maquetes para alunos conseguirem compreender noções de escalas utilizando representações do mundo real; etc.

Por fim, debruçamo-nos sobre os modelos mentais. Ao decorrer das percepções de um indivíduo sobre o que acontece ao seu redor, vão se conceituando em sua mente formulações psicológicas de situações reais ou imaginárias (ORNEK, 2008 apud FRANCO e COLINVAUX, 2000). Ao longo do tempo, observando e pensando sobre essas formulações, cria-se um modelo mental para explicar o fenômeno vivenciado ou visto.

Esse modelo não é montado espontaneamente. O sujeito é confrontado com diferentes visões de parte e todo, o que faz com que "[...] um fenômeno, objeto, aspecto seja contextualizado, situado espaço-temporalmente e comparado com outros a partir de sua localidade, acentuando-se as particularidades, singularidades e relações na busca de padrões" (COMPIANI, 2007, p. 34). É na busca desses padrões que o modelo mental se edifica. É através da horizontalidade, do partir do local e particular rumo a uma contextualização e padronização, que formulamos nossos modelos. É através da vivência, experimentação e observação do que acontece em nossa volta que formulamos modelos para explicar o porquê de acontecer. Uma vez formulado o modelo mental, ele é utilizado pelo sujeito para explicar outros eventos que considera relacionados, verticalizando seu uso.

Segundo Franco e Colinvaux (2000), modelos mentais possuem quatro características específicas. São *gerativos*, no sentido de ser possível fazer previsões e produzir novos conhecimentos a partir deles; envolvem *conhecimento tácito*, ou seja, a pessoa que usa não está completamente ciente de todos os seus aspectos envolvidos, pois não são conscientes ou algo que se pense sobre, é um conhecimento implícito e já abstraído; são *sintéticos*, significando que não reproduzem inteiramente uma situação ou fenômeno, onde algumas de suas características são deixadas de lado; e são *restritos pela visão de mundo* do sujeito pensante, uma vez que são desenvolvidos através das crenças daquele que cogita. Essas características vão ser retornadas mais a frente, onde as abranjamos junto com o exemplo de modelo mental foco desse estudo.

Por serem formulados através dos olhos de quem os formula, modelos mentais podem ser os mais variados possíveis. Pessoas diferentes, com vivências diferentes, podem ter criado modelos para explicar um mesmo fenômeno que em nada se parecem. Como começamos indicando, modelos científicos são aqueles compartilhados pela comunidade científica. Sendo assim, quando se tem um modelo mental que não é o mesmo compartilhado por essa comunidade, ele se torna um modelo alternativo.

A “brecha” dos modelos alternativos

Colocamos brecha entre aspas porque aqui, nesse contexto, estamos considerando esses modelos como alternativos aos modelos científicos. Essa é nossa visão adotada, mas nada impede que uma análise diferente, com um olhar não científico, não os considere alternativos, mas sim o padrão a ser seguido.

Como vimos, a vivência de mundo corrobora para a criação de modelos mentais, utilizados pelo sujeito para explicar o que acontece ao seu redor. Buchweitz e Alves (2001) trabalham a questão de concepções alternativas (o que viemos chamando de modelos alternativos), afirmando que:

Essas concepções podem originar-se de representações próprias que os indivíduos desenvolvem para descrever as suas experiências cotidianas, de significados a elas atribuídos pela linguagem utilizada ou de entendimento equivocado transmitido por uma situação de ensino. De maneira geral, chamam-se de concepções alternativas àquelas concepções que possuem significados diferentes daqueles atribuídos pela comunidade científica e que se formam pelos motivos acima mencionados, ou por outro qualquer. (BUCHWEITZ, ALVES, 2001, p. 92)

É dessa linha de pensamento que damos o nome de "brecha" para os modelos alternativos. Por modelos mentais serem construídos pelo sujeito, não podemos esperar que todos tenham uma visão científica. Se não houver contato com a ciência, se não houver um desenvolvimento cognitivo científico, e se não houver uma visão de mundo na qual o

conhecimento científico é, de certo modo, superior aos demais (por mais problemática que essa frase seja, é necessária, uma vez que modelos mentais são *restritos pela visão de mundo*), os modelos alternativos tomam espaço e se proliferam na mente da população. É uma brecha.

De todo modo, não devemos esquecer que um modelo mental é um modelo complexo. A sua construção envolve vivências pessoais, e como comentam Gircoreano e Pacca:

Adotando uma concepção construtivista da aprendizagem, os indivíduos aplicam seus modelos disponíveis para resolver os problemas com que se deparam; tais modelos são mais amplos e completos do que mostram numa simples aplicação à resolução de um problema. A resposta certa ou errada tem como suporte uma estrutura, uma rede de relações que dificilmente é explicitada e que não pode ser imediatamente reconhecida na sua aplicação local e particular. (GIRCOREANO, PACCA, 2001, p. 27)

Ou seja, há muito por trás dos modelos mentais empregados por um indivíduo. As concepções alternativas que um possui não são à toa e, estudando-as, pode-se tentar compreender a visão de mundo que ele se baseou para formulá-las.

Os Modelos e os Museus

Segundo Valente, o museu caracteriza-se “[...] por ocupar um espaço, possuir uma coleção e estar aberto ao público, podendo pertencer tanto ao setor público quanto privado” (2003, p.21). Um museu de ciências não se limita à descrição e observação de elementos, mas sim à exploração e ao aprofundamento dos processos e do conhecimento (Van-Praet, 2003). Isto é, não apenas expõe objetos, mas sim busca trazer as ideias por trás destes.

Muitos dos objetos em exposição em museus de ciências podem se enquadrar no que chamamos de modelos conceituais físicos, que trazem modelos mentais científicos como suas bases.

Exposição “Cor da Luz”

No Museu Exploratório de Ciências da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), está atualmente em exposição a chamada “Cor da Luz: o código das cores¹”. Tem o intuito de apresentar a relação entre luzes e cores de uma maneira lúdica e divertida, em dois ambientes separados: um voltado aos conceitos de luz (LUZ) com uma abordagem voltada mais à física; o outro referente à cor (COR), com estações de viés mais interdisciplinar entre física e biologia. Dentre todas as estações da exposição, destacamos aqui a que foi objeto de estudo dessa pesquisa:

- O Modelo Ampliado do Olho: primordialmente, a intenção dessa estação é mostrar que tudo que enxergamos é luz. Para isso, logo no começo da COR, há um modelo de tamanho ampliado, cerca de um metro de diâmetro, de um olho humano. Como modelos são representações, aqui se busca apenas representar como é formada a imagem na retina, de modo que o olho ampliado se resume a ser uma grande esfera

¹ A Exposição “a Cor da Luz: o código das cores” foi desenvolvida em referência ao ano internacional da Luz sob a Curadoria da Profa. Dra. Maria José Santos Pompeu Brasil (IFGW) em parceria dos três Centros de Pesquisa, Inovação e Difusão (Cepids) coordenados pela Unicamp e apoiados pela FAPESP, são eles: o Centro Multidisciplinar de Pesquisa em Obesidade e Doenças Associadas (Cepid-OCRC), o Centro de Engenharia e Ciências da Computação (Cepid-eScience) e o CEPID Brainn, Instituto brasileiro de neurociências e neurotecnologia, todos com apoio da FAPESP. < <http://www.mc.unicamp.br/index.php/Atividades/CorDaLuz> > acesso em 15/12/2016

oca, com dois furos – claro que devidamente pintada e montada para parecer de fato um olho – e omitindo-se outras características de um olho real, ou seja, não retrata por completo o processo de formação de imagem. O primeiro furo (cerca de 10 centímetros de diâmetro) representa a pupila, por onde a luz entra no órgão; o segundo furo (30 centímetros de diâmetro) fica do lado da esfera, de modo que os visitantes podem olhar o que acontece dentro e ver a imagem refletida no fundo do olho, invertida (a inversão ocorre devido à propagação retilínea da luz). Do lado de fora do modelo, há dois botões que os visitantes podem apertar para projetar imagens dentro do olho. O primeiro aciona uma luz direta em direção ao olho, não formando imagem alguma em seu interior, apenas se vê um clarão branco. O segundo botão aciona uma luz que é refletida numa imagem de um contorno humano, para representar uma pessoa. A luz sai, então, da fonte acionada, reflete na imagem, entra no olho e é refletida, por fim, na retina – representada pelo fundo da esfera. A imagem que chega na retina é a processada pelo cérebro.

Além dessa mencionada, também se pode encontrar estações que falam sobre a evolução do olho nos seres vivos; painéis contendo ilusões de óptica; uma sala mostrando a diferença entre materiais fluorescentes e fosforescentes e jogos eletrônicos, onde o visitante pode controlar a direção de um feixe de luz refletindo-o com espelhos; ou ainda em um ambiente computacional simular a combinação de fontes coloridas e ver o resultado da cor final; entre outros. Ou seja, a exposição conta tanto com modelos conceituais físicos quanto computacionais, com o potencial de auxiliar os visitantes a formarem seus modelos mentais condizentes com o modelo científico de que se tratam.

Análise dos modelos alternativos

Falcão et al (2004) levantam o questionamento de o quanto exposições de ciência conseguem atingir seu propósito educacional. De forma semelhante, tivemos o intuito de analisar se a exposição Cor da Luz contribuía para a divulgação dos modelos científicos ou se os visitantes saíam da exposição ainda com conceitos alternativos. Para isso, formulamos um questionário para que os visitantes o respondessem, de forma anônima, logo após suas visitas. Esse questionário foi aplicado com o auxílio da equipe do Museu, sendo comunicado aos visitantes que se tratava de uma pesquisa sobre a exposição, e que seu preenchimento era um ato voluntário. Desse modo, não houve uma seleção prévia dos visitantes que responderam, mas sim coletamos as respostas daqueles que se habilitaram a tal.

Aplicado em maio de 2016, durante a Semana Nacional de Museus, o questionário continha 11 estações catalogadas da exposição, pedindo para que se respondesse, em escala Likert de cinco pontos, o quanto o visitante achava que aprendeu em e o quanto gostou de cada uma. Desse modo, as respostas variavam entre "não gostei (1)" e "gostei muito (5)", e "não aprendi (1)" e "aprendi muito (5)".

Além dessa parte, também elaboramos perguntas envolvendo conceitos alternativos comuns no ensino de óptica, visão e cores, buscados na literatura (BUCHWEITZ, ALVES, 2001; GOULART, DIAS, BARROS, 1989). Entre elas, destacamos três em especial, a ideia do "banho de luz", dos "raios visuais" e que "a luz se vê".

O conceito alternativo dos raios visuais consiste na ideia de que a visão não depende da existência de luz no ambiente. Podemos enxergar no escuro, por causa da existência de raios visuais que saem do nosso olho e vão até o objeto. É compreensível que se tenham esse pensamento se pensarmos na dificuldade de nos encontrarmos num ambiente de escuridão total. Estamos rodeados de fontes luminosas, mesmo durante a noite, e qualquer sinal luminoso se destaca, nos dando a sensação de que não precisamos de luz para enxergarmos.

A ideia de que a luz se vê consiste em acreditar que a luz pode ser vista mesmo se não incidir sobre os olhos, o que curiosamente se contrapõe ao conceito de raios visuais, e mesmo assim um sujeito pode possuir ambos modelos mentais consigo. Para finalizar, a ideia do banho de luz se respalda em acreditar que a luz ocupa todos os lugares e é por isso que enxergamos. Por exemplo, ao acendermos a luz em um cômodo, a luz se espalha por todo o volume do local, nos permitindo enxergar tudo que está naquele ambiente.

O modelo científico nos diz que só enxergamos a luz que vem em direção ao nosso olho e enxergamos objetos porque estes, ao serem iluminados, absorvem certos comprimentos de onda e refletem outros. Esses refletidos, se chegarem até nós, são os que vimos e nos permitem a visão. Todos os modelos alternativos mencionados não contemplam essa explicação.

Sabendo disso, nos baseamos num teste aplicado por Goulart, Dias e Barros (1989) e o adaptamos na seguinte questão:

Faça um X na situação que melhor representa como enxergamos a árvore.

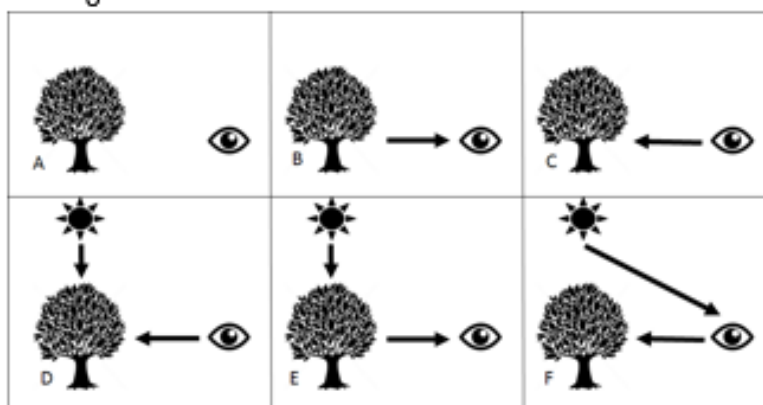


Figura 1: pergunta sobre modelos de visão apresentada no questionário

De modo geral, obtivemos 173 respostas, classificadas em:

	A	B	C	D	E	F
Nº visitantes	19	5	12	38	66	33
Porcentagem	11	3	7	22	38	19

Tabela 1: dados dos questionários aplicados em relação à pergunta do olho

Numa concepção científica, a resposta correta corresponde ao modelo conceitual descrito na letra E, que mostra a fonte luminosa do sol chegando até um objeto (no caso, a árvore), refletindo essa luz e fazendo com que esta chegue ao nosso olho. De fato, podemos ver que essa é a alternativa com a maior porcentagem de escolha (38%). Porém, isso implica que 62% dos visitantes marcaram uma alternativa diferente. Vamos particularizar o que cada uma das outras alternativas pode responder sobre os modelos mentais de quem a respondeu. Para isso, organizamos as respostas numa ordem que consideramos crescente rumo ao modelo científico. Por exemplo, a alternativa A é a que menos apresenta conceitos científicos, seguida da C e assim por diante:

- Alternativa A: das alternativas que não apresentam a necessidade de uma fonte luminosa (A, B e C), essa foi a que mais recebeu respostas. Os visitantes que a marcaram não possuem o modelo mental alternativo dos raios visuais, mas acreditam que podemos enxergar mesmo sem a presença de uma fonte luminosa. É quase um conceito de banho de luz, contudo sem a fonte para essa luz. Ou seja, para esses visitantes, ou a luz está, inerentemente, presente em todos os lugares, ou a visão acontece automaticamente uma vez que temos olhos.
- Alternativa C: é o modelo dos raios visuais, onde, além de não ser necessária uma fonte de luz, a visão é resultado de raios que saem do nosso olho e chegam até o objeto.
- Alternativa B: O sujeito identifica que é necessário que a luz venha até o nosso olho (e não o contrário), mas falha ao negar a necessidade de uma fonte luminosa. Desse modo, como não é comum que as pessoas pensem que os objetos como árvores emitam luz, essa foi a alternativa que menos recebeu respostas, talvez justamente por ser um modelo incompleto. Um primeiro questionamento de "de onde vem a luz que a árvore emite?" já faz com que esse modelo seja superado.
- Alternativa F: além do conceito dos raios visuais, aqui o visitante considera necessário que a fonte de luz não ilumine o objeto, mas sim aquele que observa. Então, contanto que o observador esteja iluminado, ele é capaz de visualizar qualquer coisa. Um questionamento possível de ser feito para criar um confronto com esse modelo é o de perguntar "se você está escondido no escuro, olhando uma casa iluminada, você não vê essa casa?".
- Alternativa D: o visitante reconhece a necessidade de uma fonte luminosa, mas o mesmo está limitado pelo conceito alternativo de raios visuais.

Quando destacamos, em algumas alternativas, questionamentos possíveis de serem feitos para quebrar o modelo mental que os visitantes possuem, nos baseamos no modelo de Mudança Conceitual proposto inicialmente por Posner (1982). Nele, para que um sujeito mude de ideia é necessário que ele, primeiro, experiencie alguma insatisfação em relação ao seu modelo mental. Uma vez que seu modelo não consegue mais explicar algum fenômeno visto, parte-se para a construção de um novo modelo, onde este consegue resolver as anomalias conhecidas, é consistente com os outros conhecimentos e permite que se façam novas descobertas (VILLANI, 2001).

Dito isso, será então que essa exposição consegue causar insatisfação com o modelo atual dos visitantes (considerando que esse não seja científico) permitindo meios para que eles desenvolvam um novo?

Mais do que as respostas do modelo da árvore, também analisamos o que os visitantes responderam sobre "gostar" e "aprender" na estação do modelo do olho ampliado, e fizemos uma análise estatística relacionando a frequência com que dizem gostar e aprender, e qual alternativa de árvore marcam. Separamos essa estação justamente por, nela, haver potencialidade para a quebra de um paradigma alternativo, uma vez que todos os elementos para o entendimento de que só vemos a luz que chega até nosso olho (fonte direta ou refletida) estão ali contidos.

Nas tabelas abaixo podemos ver, em porcentagem, a frequência com que os visitantes escolhem as opções da árvore junto com o quanto dizem gostar e aprender na estação do modelo ampliado do olho. Lembrando que a escala de 1 a 5 corresponde a "não gostei (1)" até "gostei muito (5)", e "não aprendi (1)" até "aprendi muito (5)". Em uma coluna separada, estão inclusos os visitantes que não responderam à pergunta.

O quanto o visitante disse aprender na estação Modelo Ampliado do Olho						
Alternativa	Sem Resposta	1	2	3	4	5
A	12,5	0,0	0,0	25,0	25,0	37,5
B	20,0	0,0	0,0	20,0	20,0	40,0
C	18,2	0,0	0,0	18,2	9,1	54,5
D	10,7	0,0	7,1	25,0	39,3	17,9
E	17,7	0,0	7,8	13,7	23,5	37,3
F	29,6	0,0	0,0	7,4	25,9	37,1

Tabela 2: Relação dos visitantes que escolheram a alternativa junto com a frequência com que afirmaram aprender na estação Modelo Ampliado do Olho, em porcentagem.

O quanto o visitante disse gostar da estação Modelo Ampliado do Olho						
Alternativa	Sem Resposta	1	2	3	4	5
A	5,3	0,0	10,5	26,3	15,8	42,1
B	20,0	0,0	0,0	20,0	0,0	60,0
C	8,3	0,0	0,0	16,7	8,3	66,7
D	5,3	2,6	5,3	31,6	21,0	34,2
E	3,0	3,0	3,0	13,7	25,8	51,5
F	9,1	0,0	3,0	6,1	27,3	54,5

Tabela 3: Relação dos visitantes que escolheram a alternativa junto com a frequência com que afirmaram gostar da estação Modelo Ampliado do Olho, em porcentagem.

Comparando as informações das tabelas 2 e 3 podemos ver fatos interessantes. A começar, destacamos que a maior porcentagem dos visitantes, independentemente de qual alternativa escolheu, afirma ter gostado muito (5) da estação do olho ampliado. O curioso é, agora, notar que mesmo 51,51% dos respondentes da afirmativa cientificamente correta (E) afirmando terem gostado muito da estação, esse número cai para 37,25% nos que afirmam terem aprendido muito (5). Tal situação acontece ao olharmos para todas as alternativas. A porcentagem dos que dizem gostar muito é sempre maior do que a porcentagem dos que dizem aprender muito.

Podemos, também, comparar nossas respostas com as de Harres (1993), que do mesmo modo se baseou no teste anteriormente aplicado por Goulart, Dias e Barros (1989) e, para 152 alunos que já haviam tido aulas sobre óptica geométrica, aplicou um questionário onde havia a seguinte questão:

2) As figuras abaixo representam uma fonte de luz S (Sol), um objeto A (árvore) e um observador O (menino). Qual das alternativas abaixo melhor representa o modo pelo qual podemos enxergar um objeto?

(adaptada de Barros et alii, 1989).

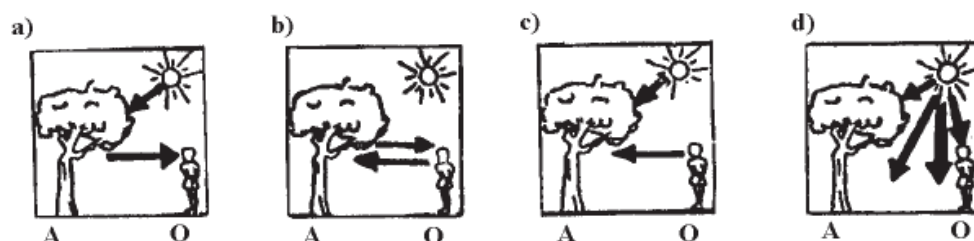


Figura 2: questão retirada do questionário aplicado por Harres (1993), que, como nós, também se baseou na pesquisa anterior de Goulart, Dias e Barros (1989)

Diferentemente de Goulart, Dias e Barros (1989), Harres (1993) publicou seus resultados com uma análise estatística relacionando a quantidade de alunos que respondeu a cada letra. A porcentagem de estudantes que respondeu a cada letra do teste de Harres se encontra abaixo:

	a)	b)	c)	d)
Porcentagem	65	11	13	11

Tabela 4: porcentagem dos respondentes da questão exposta na Fig. 2

Apesar de termos mais alternativas de resposta do que Harres, os conceitos são os mesmos: se baseiam nos mesmos modelos alternativos. Como podemos perceber, sua letra *a*) é referente ao modelo científico (assim como nossa letra E), contudo, enquanto apenas 38% de nossos respondentes marcaram essa questão, Harres obteve uma porcentagem de acerto de 65%. Sua letra *b*) corresponde à junção de nossas letras B e C, e a diferença percentual entre nossos resultados foi, nesse caso, de 1%. Já a letra *c*) é idêntica a nossa letra D, porém obtemos uma frequência de 22% de respondentes nessa questão, contra 13%. E, por último, a letra *d*) (11%) é análoga à nossa letra F (19%).

Em hipótese, a diferença percentual entre nossos respondentes e os alunos de Harres pode estar relacionada às suas instruções formais. Uma vez que os alunos pesquisados por Harres já haviam estudado o tema, nós não possuímos informações acerca dos conhecimentos prévios dos visitantes.

Considerações finais

Como podemos notar, avaliando os resultados das duas últimas tabelas, a estação do Modelo Ampliado do Olho é bem vista pelos visitantes, onde muitos deles afirmam no questionário terem gostado. Ao nosso ver, tais avaliações positivas são suficientes para uma boa introdução ao mundo científico. No entanto, mesmo sendo uma atração que desperte interesse, e mesmo possuindo o potencial de construção de um modelo mental científico para explicar como enxergamos a luz, o número de visitantes que sai da exposição com o modelo acurado é de 38%.

Podemos levantar algumas hipóteses para isso. Uma delas é que a estação não é eficiente em alavancar questionamentos internos nos visitantes, e desse modo não os fazem abandonar modelos alternativos. A outra, é que apenas uma visita a uma exposição, de período breve – considerando que os visitantes passam apenas alguns minutos em cada estação - não é suficiente para uma modificação tão grande em seus modelos mentais. Coerente, diríamos, considerando que modelos mentais são construídos ao longo de muitas observações e por muitos ângulos de avaliação distintos.

Procuramos identificar qual a visão geral que os visitantes têm da exposição e aqui, em particular, da estação do Modelo Ampliado do Olho. Por esse motivo, não buscamos agir de forma ativa na interação com os visitantes, nos limitando a colher informações com base das respostas de questionários e não realizando entrevistas individuais.

Além disso, para que fosse mais efetiva a apropriação dos conhecimentos expostos no Museu, seria importante haver uma inter-relação maior com a escola e a exposição, para que as ideias exibidas nesse espaço não-formal não ficassem desarmoniosas com aquelas vistas comumente nos espaços formais.

Agradecimentos e apoios

Agradecemos a equipe do Museu Exploratório de Ciências da Unicamp pela colaboração, juntamente a CAPES pelo apoio financeiro.

Referências

- BUCHWEITZ, B; ALVES, V. M. Concepções alternativas sobre luz, cor e visão. *Cad. Educ. FaE/UFPEL*, Pelotas (16): 91 -107, jan./jun. 2001
- COMPIANI, M. O lugar e as escalas e suas dimensões horizontal e vertical nos trabalhos práticos: implicações para o ensino de ciências e educação ambiental. *Ciência & Educação*, v. 13, n. 1, p. 29-45, 2007
- FALCÃO, D. et al. A model-based approach to science exhibition evaluation: A case study in a Brazilian astronomy museum. *International Journal of Science Education*, v. 26, n. 8, p. 951-978, 2004
- FRANCO, C. COLINVAUX, D. Grasping mental models. In J. K. Gilbert & C. J. Boulter (Eds.), *Developing models in science education*, p. 93-118, 2000.
- GIRCOREANO, J. P, PACCA, J. L. A. O ensino da óptica na perspectiva de compreender a luz e a visão. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 18, n.1: p. 26-40, abr. 2001.
- GOULART, S. M; DIAS, E. C. N; BARROS, S. L. S. Conceitos espontâneos de crianças sobre fenômenos relativos à luz: análise qualitativa. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 6 (1): p. 9-20, abr. 1989.
- HARRES, J. B. S. Um teste para detectar concepções alternativas sobre tópicos introdutórios de óptica geométrica. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v.10, n.3: p.220-234, dez. 1993.
- HERBERT, B. E; The role of scaffolding student metacognition in developing mental models of complex, Earth and environmental systems. Em: *International Workshops on Research and Development in Mathematics and Science Education*, Washington D.C., 2003

ORNEK, F; Models in Science Education: Applications of Models in Learning and Teaching Science. *International Journal of Environmental & Science Education*, 3 (2), p. 35 - 45, 2008

POSNER, G. J. Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. *Science Education*, v. 66, n. 2, p. 211-227, 1982

VALENTE, M. E. A conquista do caráter público do museu. In: GOUVÊA, G; MARANDINO, M; LEAL, M. C. (Org.). *Educação e Museu: A Construção Social Do Caráter Educativo Dos Museus De Ciência*. Rio de Janeiro: Access, p. 21-46, 2003

VAN-PRAET, M. A Educação no Museu, Divulgar 'Saberes Verdadeiros' com 'Coisas Falsas'? In: GOUVÊA, G; MARANDINO, M; LEAL, M. C. (Org.). *Educação e Museu: a construção social do caráter educativo dos museus de ciência*. Rio de Janeiro: Access, p. 47-62, 2003.

VILLANI, A. Filosofia da Ciência e Ensino da Ciência: uma analogia. *Ciência e Educação*, v. 7, n. 2, p. 169-181, 2001.