

ESTUDO DE IMPACTO DE UMA VISITA A UMA EXPOSIÇÃO DE UM MUSEU DE CIÊNCIAS

Douglas Falcão

Henrique Lins de Barros

Museu de Astronomia e Ciências Afins

Ministério da Ciência e Tecnologia

Resumo

O presente trabalho se situa no campo de avaliações em exposições científicas em museus de ciência. O objetivo foi avaliar o quanto a exposição foi capaz de levar os estudantes visitantes e compatibilizarem seus modelos mentais acerca de fenômenos como o ciclo das estações do ano e do dia e noite. Os resultados admitidos como positivos incluem além de modelos compatíveis com o científico, outros que embora destoantes do modelo científico apontam para um processo de racionalização científica caracterizada pela relação entre parâmetros pertinentes. Neste contexto 37,5% dos estudantes manifestaram a elaboração de modelos positivos, enquanto que para o ciclo das estação do ano 42%.

Introdução

A avaliação de programas educacionais em espaços não-formais, como exposições em museus ou centros de ciências, constitui um dos aspectos mais relevantes para a formulação e/ou reformulação destes espaços. É conhecido o fato da dificuldade observada no ensino de conceitos científicos básicos, por se tratarem de noções abstratas e que exigem certo conhecimento prévio. Por outro lado, diversos fenômenos naturais são comuns e fazem parte do mundo vivenciado pelo visitante e requerem uma explicação para permitir a integração do indivíduo no seu meio. Neste sentido, a pesquisa em espaços interativos tem favorecido elemento indispensável para a montagem de exposição de ciência.

Neste trabalho apresentamos uma análise baseada na interpretação do erro, ou seja, na análise de respostas consideradas inadequadas pelos idealizadores das exposições. Este processo, que chamamos, à semelhança das técnicas experimentais, de espectrocopia do erro, será utilizado para a avaliação do resultado de uma exposição sobre fenômenos astronômicos com particular ênfase no ciclo de claro e escuro (dia e noite) e estação do ano.

A Astronomia tem despertado particular interesse junto ao público pois ela está hoje trabalhando com questões essenciais para a identidade individual. Em particular é na astronomia que se pode tomar consciência da condição planetária do homem e das grandes implicações que a finitude do espaço terrestre tem sobre as noções de meio-ambiente e de esgotamento dos recursos naturais. Junta-se a isso o fato de estarmos entrando no século XXI, e, com isso, despertando toda a sorte de conjecturas no espaço do imaginário social.

A metodologia da pesquisa

A presente pesquisa tem como objetivo determinar o impacto de uma visita a uma exposição didática em um museu de ciências. O público alvo é formado de estudantes de 3^a à 7^a séries do ensino fundamental pertencente à rede pública e privada de escolas que participam regularmente do programa de atendimento escolar coordenado pelo departamento de educação do MAST. Para tal, foi elaborado um questionário que continha questões objetivas e abertas nas quais era possível que o respondente expressasse sua resposta por meio de desenho, escrita ou ambos. Os questionários foram aplicados nas escolas um ou dois dias antes da visita a exposição e reaplicados num período de dois a três meses após. Um total de cento e cinquenta e dois estudantes pertencentes a sete turmas distintas visitaram o MAST e responderam ambos os questionários. Desta forma foi possível comparar cada estudante consigo próprio e a partir de então, estudar as mudanças expressas.

Caracterização da exposição

Pesquisas na área de concepções prévias sobre o tema das estações do ano em diversos países nos mostram que os modelos explicativos desenvolvidos pelo público em geral são bastante destoantes do modelo científico (Guirao e Jaén, 1997; De Manuel, 1995; Camino, 1995). No Brasil, assim como em muitos outros países, existe o problema adicional dos livros didáticos. Tanto em livros de Geografia como de Ciências de 1^o grau, o problema mais grave é o uso do modelo baseado na distância da Terra ao Sol, seja de forma explícita nos textos ou sugerida em desenhos nos quais a órbita de translação da Terra mostra-se excessivamente excêntrica (Canalle et al, 1997; Trevisan et al, 1997 e Bizzo et al, 1996). Um outro aspecto que nos levou a este tema é explicitado por Lins de Barros (1998): “é comum encontrarmos nos centros de ciências exposições sobre os avanços mais espetaculares da ciência. Isto é extremamente agradável para quem faz ciência. Porém, muitas vezes, esquecemos de falar do elementar. O elementar é o fenômeno, não o conceito.”

Baseados nestas dificuldades pensamos em criar uma exposição que abordasse os fenômenos estações do ano e de forma menos central o ciclo dos dias e das noites. Além do enfoque científico, decidiu-se introduzir elementos culturais associados ao ciclo das estações do ano, com o objetivo de humanizar e estabelecer laços de familiaridade com as temáticas científicas.

Foram construídos onze aparatos (nove modelos e dois painéis). Eles foram idealmente pensados para que os visitantes repensem seus modelos mentais acerca dos fenômenos, questionando-os, elaborando-os no sentido de compatibilizá-los com o modelo consensual adotado, saber científico de referência.

Inspirados em Boulter e Gilbert (1996), estudamos como os modelos pedagógicos podem favorecer a reelaboração de modelos expressos a respeito dos ciclos dos dias e noites e das estações do ano. Segundo Gilbert: “Por serem perceptivelmente mais acessíveis que as teorias, modelos jogam um papel chave na condução da inquirição científica. Eles permitem que as consequências das teorias sejam mais prontamente deduzidas e testadas da experimentação.”

O modelo pedagógico, no sentido amplo, caracterizado na exposição é uma adequação do sistema heliocêntrico, no qual a Terra descreve uma órbita de translação virtualmente

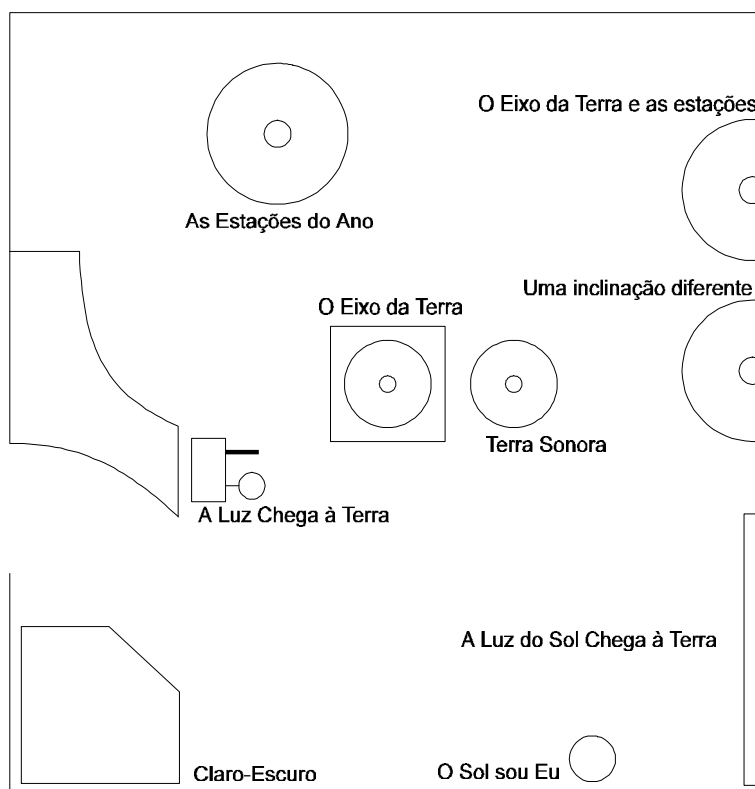
circular, com o Sol ocupando o centro do movimento. Para o fenômeno dos dias e noites, os elementos constitutivos são: a Terra gira ao redor de seu próprio eixo mostrando a alternância de claro e escuro nos hemisférios leste/oeste; o eixo da Terra fisicamente representado e inclinado; a duração dos dias e noites mediante a observação de bonecos dispostos no mesmo meridiano e em latitudes opostas.

Para as estações do ano, os elementos constitutivos são: o Sol como uma fonte de luz paralela face a grande distância da Terra ao Sol em relação aos diâmetros desses astros; o eixo da Terra fisicamente representado e inclinado, mantendo-se paralelo a si mesmo ao longo do movimento de translação; a distribuição da luz solar nos hemisférios a relação entre calor absorvido e o ângulo de incidência da luz; a oposição entre as estações nos hemisférios Norte/Sul.

Sendo assim, são características essências da exposição :

- 1) A exposição é centrada basicamente em um tema;
- 2) Os modelos foram elaborados a partir da identificação dos principais elementos dos modelos pedagógicos;
- 3) Os modelos são complementares ou independentes entre si;
- 4) Os modelos foram desenvolvidos para que proporcionassem diferentes formas de comunicação com o visitante (contemplação, hands-on, interação);
- 5) As placas instrucionais limitam-se a textos sobre o uso e perguntas instigantes sobre o tema abordado

Figura 1- Esquema da Exposição



Avaliação dos questionários

A comparação do questionários de cada estudante sobre o tema dos ciclos dos dias e noites e das estações do ano, foi realizada a partir da proposição de categorias de análise que refletissem a dinâmica das mudanças observadas. As respostas foram analisadas à procura de laços em comum e posteriormente codificadas. Foram propostas para a análise das respostas sobre os dias e as noites as seguintes categorias:

Sem Informação - Respostas que não indicavam informações sobre os modelos explicativos dos estudantes, ou ainda cujo sentido não foi percebido, respostas do tipo não sei, em branco, comentários e desenhos não compreendidos.

Visão Internalista - Agrupa respostas que manifestaram idéias antropocêntricas. No caso em questão, manifestaram que os dias e as noites acontecem para satisfazer necessidades de natureza biológica ou social. Deve-se destacar que este tipo de concepção esteve concentrada em um grupo de adolescentes de uma escola pública do município do Rio de Janeiro. Agregamos a estes estudantes, outros que responderam a questão com comentários e desenhos de natureza descritiva. Entendemos que ambos os grupos percebem os ciclos dos dias e das noites como algo interior ao planeta, sem relação com variáveis externas. Daí, a denominação Visão Internalista.

Racionalidade Científico não Compatível com Modelo Científico - Esta categoria reúne respostas que manifestaram modelos que demonstravam uma clara busca de relacionar o ciclo dos dias e das noites com causas, que não a necessidade do homem e da natureza. São modelos que falam da translação da Terra ou de sua rotação e translação como causas simultâneas dos dias e das noites ou ainda da obstrução do sol por nuvens e ou “astros noturnos”.

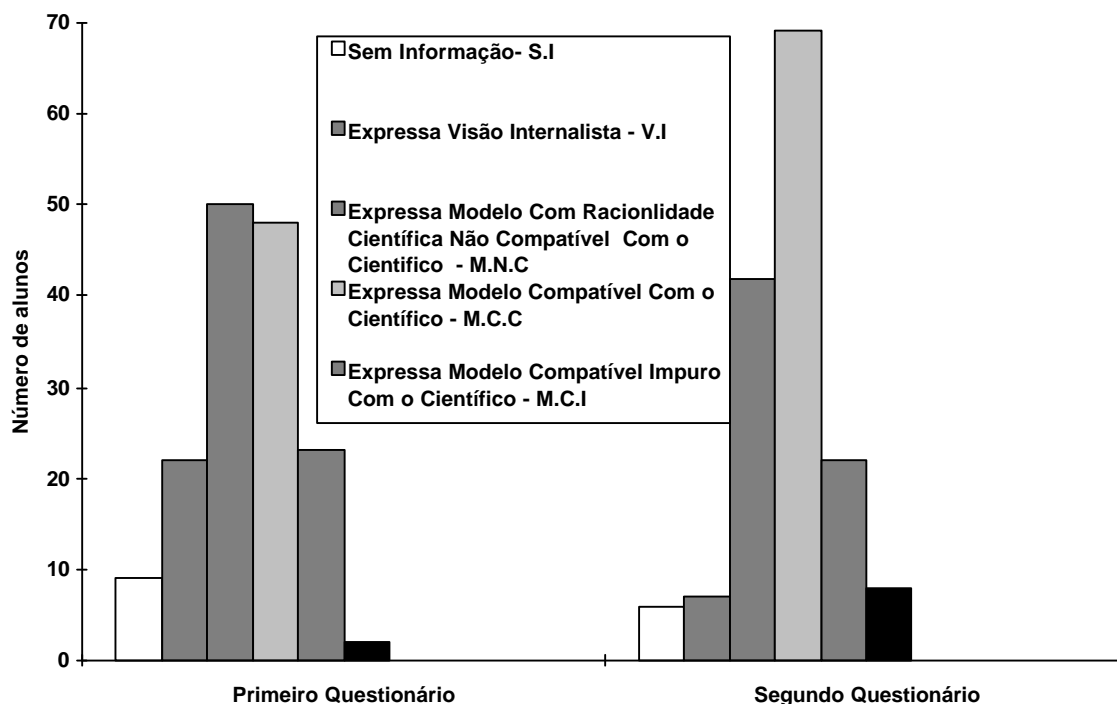
Modelos Compatíveis Com o Científico - Respostas que apresentavam idéias onde a luz do Sol e\ou a rotação da Terra, independentemente da nomenclatura, eram capazes de explicar o ciclo dos dias e das noites.

Modelos Impuros Compatíveis Com o Modelo Científico - Muitos estudantes expressavam modelos que continham os elementos para que fossem classificados como compatíveis com o modelo científico, no entanto, agregado a tais elementos, estava presente a idéia de oposição entre o Sol e “astros noturnos” (Lua e estrelas). Alguns estudantes deixaram transparecer em desenhos ou comentários que a Lua desempenha um papel ativo para a ocorrência do ciclo dos dias e das noites.

Melhora de Modelo Compatível Com o Científico - Uma parcela considerável de estudantes que por ocasião do primeiro questionário manifestou modelos compatíveis com o científico, no segundo questionário expressou um refinamento de suas respostas, mostrando novas relações ou o enriquecimento com a inserção de novos elementos.

Apresentamos a seguir por meio de gráficos os resultados gerais relativos à comparação entre o primeiro e o segundo questionário para o ciclo dos dias e noites :

Fig. 2 - Comparação Entre o Primeiro e Segundo Questionário - Ciclos dos dias e das Noites



Pode-se observar o decréscimo da categoria *Visão Internalista* e o aumento das categorias *Expressa Modelo Compatível Com o Científico* e *Expressa Refinamento do Modelo Compatível Com o Científico*.

Na comparação das respostas destacamos que 79 estudantes externalizaram respostas que migraram¹ para categorias diferentes. Outros 73 estudantes não migraram, ou seja, tiveram as respostas do segundo questionário associadas as mesmas categorias que no primeiro. Dentro do grupo que demonstrou mudanças a partir dos parâmetros definidos pelas categorias propostas, interpretamos 57 delas como mudanças positivas, o que corresponde a 37,5% do total de estudantes. O critério básico para considerar determinada *migração* como positiva ou não, consistiu em determinar se o “deslocamento” observado, compatibilizava a resposta externalizada pelo estudante em relação ao modelo científico; ou se indicava um outro processo que denominamos de *racionalização científica*. Neste caso, assumimos que tais estudantes interagiram com a exposição, se apropriaram de alguns elementos importantes e buscaram estabelecer relações de causa e efeito entre as variáveis. Admitimos que embora não tenham elaborado modelos compatíveis com o científico, eles ingressaram num “pensar científico” com relação ao tema proposto. A migração de respostas categorizadas como *Expressa Visão internalista* ou *Sem Informação* para *Expressa Modelo Não Compatível Com o Científico*, porém com racionalidade científica, foi então tomado como uma migração positiva. A tabela 1 que discrimina as migrações que foram interpretadas como positivas:

¹Estamos chamando de migração, `asemelhança do vôo das aves, a passagem de uma categoria para outra.

Tabela 1 - Migrações Positivas Para o Ciclo dos Dias e Noites

1 ^o Quest	2 ^o Quest				Total
	M.N.C	M.C.C	M.C.I	R.M.C	
S.I	4	1	1	-	6
V.I	3	9	1	-	13
M.N.C	-	18	3	-	21
M.C.C	-	-	-	8	8
M.C.I	-	9	-	-	9
Total	7	37	5	8	57

Propomos a compatibilização ao modelo científico para aquelas migrações que expressaram a apropriação por parte dos estudantes de importantes elementos do modelo científico. A tabela 1 nos mostra² que neste caso, as migrações positivas (42) caracterizaram-se majoritariamente pela manifestação de modelos compatíveis com o científico a partir de respostas categorizadas como *Sem Informação*, *Expressa Visão Internalista*, ou ainda *Expressa Modelo Com Racionalidade Científica Não Compatível Com o Científico*. Constatam-se ainda migrações positivas que expressaram melhora de modelos já compatíveis e racionalização científica (15).

Com relação às respostas referentes ao ciclo das estações do ano propusemos categorias análogas as anteriores:

Sem Informação - Respostas que não indicavam informações sobre os modelos explicativos dos estudantes, ou ainda cujo sentido não foi percebido, respostas do tipo não sei, em branco, comentários e desenhos não compreendidos.

Visão Internalista - São respostas que se limitaram a descrever as estações do ano mediante desenhos e/ou escrita, explicações de natureza antropocêntrica, explicações que expressavam a idéia de que as estações estão na atmosfera da Terra e à medida em que o planeta gira no seu movimento de rotação as estações chegam nos diferentes lugares. Um quarto tipo de explicação internalista proposta reúne um conjunto de respostas que vêem as estações do ano simplesmente como associadas com o transcorrer do tempo.

Racionalidade Científica não Compatível com Modelo Científico - Esta categoria reúne respostas que manifestaram modelos que demonstravam uma clara busca de relacionar o ciclo das estações com causas, que não a necessidade do homem e da natureza. Foram respostas que justificavam as estações do ano como decorrência da *rotação* da Terra, respostas que fizeram uso da argumentação da *distância Terra / Sol*, respostas nas quais as quatro estações ocorrem simultaneamente associadas a translação, etc.

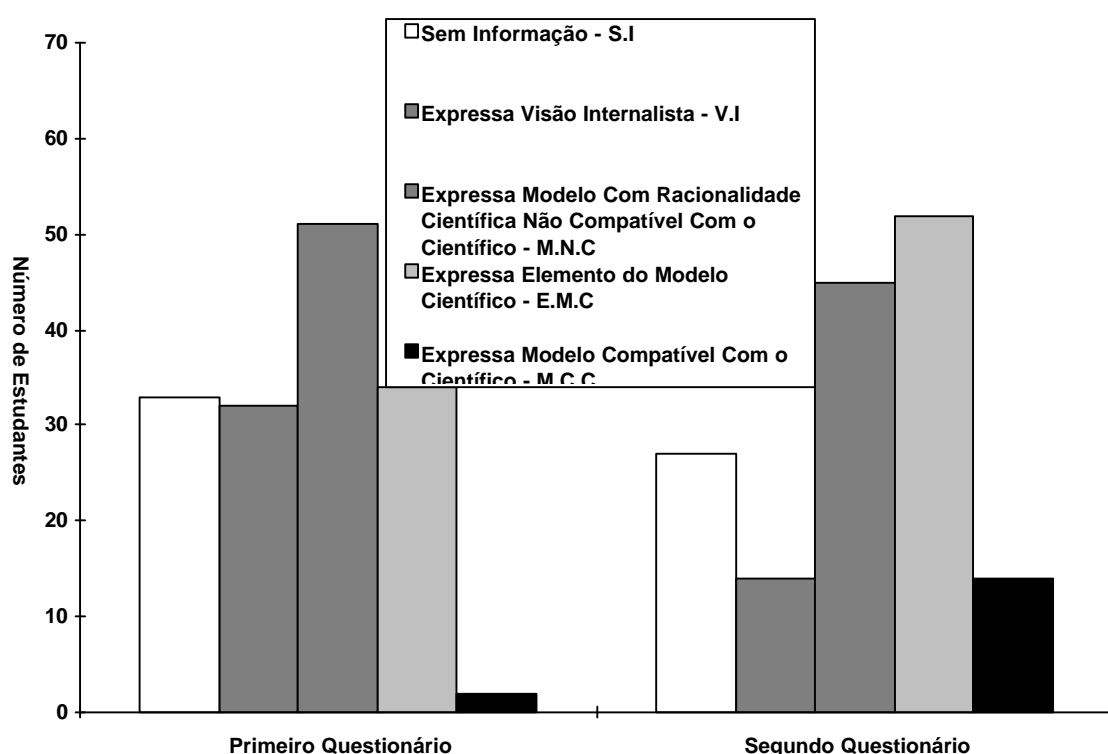
Expressa Elemento do Modelo Científico - Respostas na quais os estudantes expressaram um dos elementos do modelo Científico, geralmente a translação, e com menos frequência a inclinação do eixo da Terra ou ainda o conceito de iluminação.

²A fim de facilitar ao leitor exemplificamos a leitura da primeira linha de tabela : dentre os seis estudantes que no primeiro questionário tiveram sus respostas categorizadas como *Sem Informação*, no segundo questionário quatro migraram para *Expressa Modelo Não Compatível Com o Científico*, um para *Expressa Modelo Compatível Com o Científico* enquanto outro para *Expressa Modelo Compatível Impuro*

Expressa Modelo Compatível Com o Científico - Algumas respostas combinaram importantes elementos do modelo Científico sobre o ciclo das estações do ano. O movimento de translação e a inclinação do eixo da Terra, outros associaram a inclinação do eixo da Terra e a iluminação diferenciada dos hemisférios e ainda o movimento de translação e iluminação dos hemisférios.

Expressa Refinamento de Modelo Compatível - Mudança análoga a expressa para o caso do ciclo dos dias e das noites, ou seja, percebe-se um refinamento de modelo compatível anteriormente expresso.

Figura 3- Comparação Entre o Primeiro e Segundo Questionários - Ciclo das Estações do Ano



A comparação entre as respostas do primeiro e segundo questionários na questão aberta sobre o ciclo das estações do ano revela que dos 152 estudantes, 65 não manifestaram migrações a partir do processo de categorização proposto. Dentre os 87 restantes que manifestaram migrações, 64 delas foram interpretadas como positivas. O que corresponde a 42% do número total de estudantes. A tabela 2, a seguir, discrimina tais tipos de migrações.

Tabela 2 - Migrações Positivas - Ciclo das Estações do Ano

1 ^o Quest	2 ^o Quest			Total
	M.N.C	E.M.C	M.C.C	
S.I	11	7	1	19
V.I	8	9	-	17
M.N.C	-	17	1	18
E.M.C	-	-	10	10
Total	19	33	12	64

O parâmetro usado para a qualificação de determinada migração como positiva, foi o modelo científico sobre o ciclo das estações do ano. De forma análoga ao que foi aplicado às respostas sobre o ciclo dos dias e das noites, a migração foi considerada positiva quando a comparação entre o primeiro e segundo questionário, apontava para um processo de compatibilização com relação ao modelo científico ou em casos nos quais os estudantes no primeiro questionário expressaram modelos *Internalistas* ou *Sem Informação* e no segundo questionário expressaram *Modelos Não Compatíveis Com o Científico*.

As mudanças dos modelos expressos pelos estudantes nos questionários permite uma análise panorâmica com relação à compatibilização dos modelos mentais dos estudantes a partir da visita a exposição. A tabela seguinte apresenta a distribuição das frequências das categorias relativas as questões abertas sobre dias e noites e estações do ano, no primeiro questionário, agrupadas em respostas *Sem Informação* e *Visão Internalista*, *Modelos Com Racionalidade Científica não Compatíveis* e *Modelos Compatíveis*.

Tabela 3 - Comparação das Categorias de Análise Para os Ciclos dos Dias e das Noites e das Estações no Primeiro Questionário

Categoria	Dia e Noite	Estações
Sem Informação e Expressão de Visão Internalista	19,7%	42,7%
Modelos Com Racionalidade Científica Não Compatíveis	32,2%	33,6%
Modelos Compatíveis	48%	23,7%

Como pode ser observado, as frequências de respostas categorizadas como *Sem Informação* e *Visão Internalista*, no ciclo das estações do ano, alcançam uma frequência maior do que o dobro da frequência no ciclo dos dias e as noites. O inverso acontece com relação as frequências dos modelos compatíveis. Enquanto que os modelo não compatíveis com racionalidade científica aconteceram praticamente com a mesma frequência.

As tabelas de migração positiva com relação ao fenômeno dos dias e as noites (tab.1), mostra que das 57 migrações positivas, 50 foram de compatibilização ao modelo científico e 7 expressaram racionalização científica. Enquanto que com relação ao fenômeno das estações (tab.2), das 64 migrações positivas, 45 foram de compatibilização e 19 de racionalização. Com relação as migrações de compatibilização, os resultados foram similares aos dois temas. No entanto, no que diz respeito ao processo de racionalização, o tema das estações do ano foi mais frutífero. O que pode ser explicado por fatores como: a maior frequência de respostas desprovidas de informação e modelos não compatíveis expressos no primeiro questionário, a diferença de complexidade entre os fenômenos, a diferença de domínio dos temas por parte dos professores associado ao fato de que o ciclo dos dias e das noites é um fenômeno experimentado milhares de vezes ao longo da vida dos estudantes, enquanto que o ciclo das estações do ano, por ser um fenômeno de ciclo anual, foi vivenciado algumas poucas vezes, e de forma um tanto quanto difusa por vivermos nos trópicos.

Considerações Finais

Particularmente no contexto da aprendizagem em espaços de educação não-formal como museus de ciência, os resultados positivos não podem ser restritos somente à elaboração de modelos corretos do ponto de vista dos modelos científicos vigentes. Face às características desses ambientes de aprendizagem (não sequenciada, não cobrada, e conduzida pelo aprendiz) faz-se pertinente uma estratificação de resultados que além de incluir os “bons” modelos, também inclua resultados que expressem modelos parciais e ainda outros destoantes em relação ao científico, desde de que tenham a relação de parâmetros relevantes como característica. O processo que chamamos de racionalização científica a partir do enfoque dos modelos mentais é indicativo de uma sensibilização frutífera. Em uma perspectiva na qual a aprendizagem é vista como um processo de elaboração, os modelos não compatíveis não podem ser interpretados como arremedos dos modelos científicos. Nesta perspectiva, a aprendizagem de ciências passa a ter compromisso com o processo de modelagem, isto é, o processo de construção de modelos. Daí, ser importante a busca da identificação de relações entre parâmetros no modelo do aprendiz. Neste sentido destacamos na presente avaliação a noção de migração, aqui definida a partir da comparação das respostas dos estudantes. Percebe-se que a aproximação ao modelo científico não se dá exclusivamente nas respostas corretas do ponto de vista científico. O que qualifica o processo de modelagem do aprendiz são as mudanças observadas. Um exemplo neste sentido pode ser dado no caso de um estudante que no primeiro questionário justificou a ocorrência do ciclo das estações como intrínsecas ao planeta ou não expressou modelo algum, e no segundo questionário tenha expressado um modelo no qual as estações acontecem como causa da rotação da Terra associada à iluminação do Sol. Queremos destacar que nesta nova explicação, evidentemente errônea do ponto de vista científico, é fruto de uma elaboração que articula relações que caracterizam um processo de modelagem que guarda similaridades com o pensar científico.

Um outro aspecto revelado na pesquisa é a variedade de significados de respostas aparentemente idênticas. Tomemos como exemplo afirmações do tipo “dias e noites acontecem porque a Terra gira”. Os desenhos que acompanhavam este tipo de resposta, bem como esclarecimentos solicitados após a entrega dos questionários, mostravam que tal expressão possui um significado bastante amplo. Pode estar indicando rotação, translação ou ainda ambos. Muitos estudantes que no primeiro questionário explicavam o ciclo das estações unicamente como função da translação da Terra sugeriam que o planeta “passava” pelas estações que seriam regiões do espaço, ou seja, o espaço onde a Terra se desloca seria dividido em quatro partes, cada um com as características de uma estação. Assim as estações seriam propriedades inerentes do espaço.³

A análise do erro, ou seja, a espectroscopia do erro, possível a partir da comparação das respostas consideradas erradas no contexto do conhecimento do indivíduo, associada a noção de migração, permite compreender como um determinado visitante sofre o impacto da visita e busca, com seus próprios meios, adequar as novas informações ao seu quadro de pensamento. O erro é dessa forma mais elucidativo do que o acerto, embora seja este último o que se deseja obter.

³Podemos citar dois exemplos para mostrar como uma resposta não fornece um esclarecimento a pergunta:

- Por que ocorre dia e noite ?

- Porque a Terra gira → Em um segundo momento percebemos que o estudante diz que a Terra gira e passa pelo dia e pela noite.

- Por que ocorre as estações ?

- Por que a Terra gira → Percebemos que o estudante fala do movimento do centro de massa em torno do Sol, e que ?????, na nossa discussão cotidiana, a dizer que a Terra gira em torno do Sol.

Os resultados da pesquisa apontam para os efeitos frutíferos que uma exposição dessa natureza pode ter desencadeado nos estudantes. Muitos deles expressaram mudanças de qualidade em suas respostas. Houve mudanças onde os estudantes mostraram ganho de conteúdo, outros resignificaram respostas declarativas e outros como vimos elaboraram modelos que embora errôneos do ponto de vista científico, atestam uma modelagem que remete o seu idealizador para um pensar científico.

Deve ser mencionado ainda que as migrações que expressaram compatibilização dos modelos expressos envolve aprendizagem no sentido estrito do termo, vale lembrar que literatura aponta para a dificuldade da mudança conceitual até mesmo para no contexto da educação sistemática (Franco, 1993) , portanto, as mudanças aqui observadas não devem ser menosprezadas. Os estudantes passam em média, 30 minutos na exposição.

Referências

BARROS, H.L., em CRESTANA, S., CASTRO, M.G., PEREIRA, G.R.M (org.), Centros e Museus de Ciência – visões e experiências - subsídios para um programa nacional de popularização da ciência, Editora Saraiva , p. 197-203,1998.

BIZZO, Z., et al, Graves Erros de Conceito em Livros Didáticos de Ciências, Ciência Hoje, nº 121, (21), 26-35, 1996.

BUCKLEY, B. & BOULTER, C. J. Taking models apart: towards a framework for analysing representations in teaching and learning science. In: THE FIRST CONFERENCE OF THE EUROPEAN SCIENCE EDUCATION RESEARCH ASSOCIATION, 1997, Roma. *Perspectives on models and modelling*, London: University of Reading, 1997.

CAMINO, N. Ideas previas y cambio conceptual en astronomía. Un estudio con maestros de primaria sobre el día y la noche, las estaciones y las fases de la Luna, Enseñanza da las Ciencias, 13 (1), pp. 81 - 96, 1995.

CANALLE, J.B.G., TREVISAN, R.H. e LATTARI, C.J.B., Análise do Conteúdo de Astronomia dos Livros de Geografia de 1º Grau, Cad. Cat. Ens. Fis., v.14, nº 3,p.254-263, dez.1997.

DE MANUEL BARBARÍN, J. Por qué hay veranes e invernos ? Representaciones de Estudiantes (12 - 18) y de Futuros Maestros sobre Alguns aspectos do modelo sol - tierra, Enseñanza da las Ciencias, 13 (2), pp. 227 - 226, 1995.

FRANCO, Creso. *Individual and historical development in science*. Tese de Doutorado, University of Reading, 1993

TREVISAN, R.H., LATTARI, C.J.B. e CANALLE, J.B.G., Acessoria na Avaliação do Conteúdo de Astronomia dos Livros de Ciências do Primeiro Grau, Cad. Cat. Ens. Fís., v.14, nº 1, p.7,1997.