

# ANÁLISE DO CONTEXTO DE CRIAÇÃO DE APARATOS INTERATIVOS EM MUSEUS DE CIÊNCIA

## ANALYSES OF THE CONTEXT OF CREATION OF INTERACTIVE EXHIBITS IN SCIENCE MUSEUMS

**Douglas Falcão**

Museu de Astronomia e Ciências Afins/Coordenação de Educação em Ciências, [douglas@mast.br](mailto:douglas@mast.br)

### **Resumo**

O presente estudo trata do processo de decisão de idealizadores na criação de aparatos interativos em museus de ciência e tecnologia. Foram entrevistados seis profissionais de áreas diversas com ampla experiência na criação de aparatos em dois museus de ciência no Rio de Janeiro. Cada idealizador escolheu um aparato de sua criação. Os resultados evidenciam que o processo de criação é em grande parte determinado pela história pessoal do idealizador na relação com o tema; pela a motivação de criar algo original; guarda profunda relação com a respectiva área do conhecimento; é um palco de divergência entre divulgadores e cientistas. Os idealizadores têm preferência pelo uso de exemplares em relação ao uso de analogias e no caso de usá-las, optam por aquelas que permitem relações de causa e efeito entre os elementos do objeto e do alvo. As noções de representação e realidade no aparato são motivos de divergência entre os idealizadores.

**Palavras-chave:** museus de C & T, tomada de decisão, aparatos interativos, analogias

### **Abstract**

This study focuses on the process of decision making of designers in creating interactive exhibits in science museums. It was carried out six interviews with experienced designers from a range of fields in two science museums in Rio de Janeiro. They choose an exhibit of his/her invention. The outcomes show that it depends on the personal history of learning of the topic addressed in the exhibit, the motivation in creating something new and the field of knowledge. The process can split scientists and educators. They prefer to use exemplars rather than any sort of representation. But if it is necessary, they prefer to use analogies, which putt together the elements from the target and the object, an in addition, the relationship between them. Designers disagree about the notions of representation and reality in the exhibits.

**Keywords:** science museums, decision-making, interactive exhibit, analogies

### **Introdução**

Museus e centros de ciência se transformaram em instituições que fazem parte da agenda de pesquisas em educação em ciências no Brasil e no mundo. Estudos que tentam contribuir para a compreensão da natureza da aprendizagem que ocorre nesses espaços apontam para de variáveis, que atuando conjuntamente em uma complexa ecologia, forjam o entendimento do visitante das situações que ele experiência nessas instituições. Uma das variáveis envolvidas neste contexto de relações diz respeito às unidades expositivas constitutivas das exposições (aparatos interativos; instrumentos científicos; painéis; vídeos; etc.). Nesse particular, as características das unidades expositivas se constituem em elementos chaves na composição da experiência do visitante. A interatividade promovida por meio de aparatos tem se constituído

uma marca dos museus e centros de ciência ou das novas exposições de museus centenários. No entanto, há poucos estudos que tenham como foco o contexto de criação deste tipo de mídia de comunicação. Assumir a perspectiva de aprendizagem em museus de ciência e tecnologia permite tomar os aparatos interativos como modelos com finalidade didática embebidos em uma pedagogia específica a estes espaços. Entendidos como modelos pedagógicos, os aparatos interativos são ferramentas voltadas para a aprendizagem e neste sentido, uma parte significativa dos aparatos interativos é baseada em analogias.

A pesquisa aqui apresentada tem como foco o contexto de criação de aparatos interativos sob a luz de analogias. Para tal, foram entrevistados seis idealizadores de aparatos interativos em dois museus de ciências da cidade do Rio de Janeiro, a saber; o Museu de Astronomia e Ciências Afins e o Museu da Vida.

### **Analogias e Museus de Ciências**

Muitos são os estudos focados no papel das analogias no ensino de ciências (Curtis & Reigeluth, 1984; Duit, 1991; Harrison & Treagust, 2006). Porém, o mesmo não pode ser dito sobre o uso de analogias em museus e centros de ciências. Gentner (1983) desenvolve uma tipologia de analogias que se mostra operacional no contexto dos museus.

Uma parcela considerável de aparatos em museus e centro de ciências é baseada em analogias, apesar dos profissionais de museus não necessariamente estarem consciente disso. Se o aparato não é baseado em analogia, ele é um exemplar, ou seja, um dispositivo deliberadamente criado para apresentar um fenômeno particular; uma estrutura viva ou objeto inanimado, como por exemplo um instrumento. Embora aparatos exemplares não sejam necessariamente concebidos originalmente com propósitos educativos, uma vez exibidos em museus, eles passam a tê-lo. Por outro lado, aparatos baseados em analogias são concebidos desde seus estagias iniciais como modelos pedagógicos. Eles são construções didáticas concebidas por meio de analogias. As analogias podem ser de três tipos (Gentner, 1983):

Mera aparência: só as entidades são representadas - a analogia limita-se às semelhanças estabelecidas entre as entidades da fonte e do alvo a ser representado, mas não contempla as relações entre elas, como por exemplo uma representação em 3D de uma célula.

Analogia por similaridade: só as relações são representadas - a analogia é construída entre as relações das entidades da fonte e as relações entre as entidades do alvo, como por exemplo um aparato sobre circuito elétrico, constituído de válvulas e tubos de água.

Analogia literal: entidades e suas relações estão representadas - a analogia é construída entre entidades e suas relações de causa e efeito, como em por exemplo; um aparato sobre a cor do céu na qual a luz é difundida em uma solução de água e própolis.

Em ambos os museus estudados, aparatos baseados em analogias ou exemplares correspondem a quase 80% das situações de interações vivenciadas pelos visitantes, o que aponta para a relevância do estudo do contexto de criação dos aparatos interativos nos centros e museus de ciência.

## O estudo

Foram entrevistados seis idealizadores de aparatos interativos, em dois museus de ciências da cidade do Rio de Janeiro, o Museu de Astronomia e Ciências Afins e o Museu da Vida. Cada entrevista foi precedida por uma introdução na qual seu propósito foi explicado, bem como o contexto das perguntas a serem formuladas: uma investigação sobre a natureza dos aparatos sob o enfoque de analogias. Embora o referencial teórico não fora explicado formalmente, algumas idéias principais sobre as noções de aparatos exemplares e baseados em analogias segundo enfoque proposto por Gentner (1983), fora apresentado por meio de exemplos em Biologia, Física ou ambos, dependendo da formação do entrevistado. Cada entrevistado escolheu um aparato de sua criação para abordar na entrevista.

A entrevista incluiu seis perguntas abordando questões sobre o contexto da criação dos aparatos, a diferença entre o número de aparatos exemplares e baseados em analogias e adicionalmente, sobre as frequências dos diferentes tipos de analogias. As questões formuladas foram as seguintes: Questão 1 - Como ocorreu a idéia de criação desse aparato?; Questão 2 - O que você espera que o visitante ganhe ao interagir com o aparato?; Questão 3 - Aparatos baseados diretamente em exemplos de fenômenos tendem a ser o tipo mais comum no museu (por exemplo,----). Por que?; Questão 4 - Aparatos de biologia baseados em analogias de mera aparência são os mais comuns no museu, como por exemplo----. Porém, há poucos aparatos baseados nesse tipo de analogia em física. Por que?; Questão 5 - Aparatos baseados em analogias que cobrem a aparência das entidades bem como as relações de causa-efeito entre elas são comuns em física, como por exemplo----, mas não em biologia. Por que?; Questão 6- Aparatos baseados somente em analogias entre as relações de causa-efeito entre as entidades da fonte e do alvo são raras, por exemplo----. Por que?

A Tabela 1 mostra uma descrição sumária dos aparatos escolhidos pelos idealizadores.

**Tabela 1 - Descrição dos aparatos focados nas entrevistas**

<b>Tamanhos relativos no mundo microscópico</b>	Representações 3D de um glóbulo branco circundado de vírus e bactérias, pendurados em um teto piramidal
<b>Biodiversidade animal</b>	Mesa oval com a um mapa mundi mostrando a distribuição de animais nos continentes.
<b>O começo das estações</b>	Modelo 3D que mostra o ângulo entre o plano do equador da Terra e o raio vetor Terra-Sol.
<b>O movimento aparente do Sol</b>	Modelo 3D que mostra o percurso do Sol no céu em diferentes latitudes (RJ, pólo e equador).
<b>O Sistema Solar em escala</b>	Modelo do Sistema Solar em escala de diâmetros e distâncias montados em área aberta, com 200m de extensão.

## Resultados

As questões concernentes ao contexto de criação dos aparatos são constituídas de três aspectos. O motivo de sua criação, o que se espera que o visitante ganhe a partir da interação com ele e finalmente, sobre o processo de seleção dos elementos do respectivo modelo científico que representados no aparato. As tabelas 2 e 3 apresentam um sumário das respostas dos seis idealizadores. Com exceção de um dos entrevistados, a historiadora, todos os outros se referem a profissionais com sólida experiência na concepção de aparatos interativos. A Tabela 1 se refere às questões 1 e 2, enquanto a Tabela 2 sumariza as questões de 3 a 6, que tratam do uso de aparatos exemplares e baseados em analogias.

**Tabela 2- Sumário das respostas dos idealizadores nas questões 1 e 2**

	<i>Aspecto 1: Contexto de criação dos aparatos</i>	<i>Aspecto 2: O que é esperado que os visitantes ganhem?</i>	<i>Aspecto 3: Sobre o processo de tomada de decisão na seleção dos elementos do respectivo modelo científico</i>
Entrevistado 1: Bióloga Aparato: ➤ Tamanhos relativos no mundo microscópico ➤ Mera Aparência	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acaso (o grupo percebeu um grande espaço disponível sob o teto piramidal da sala de exibição)</li> <li>• Inspirado pela série Cosmos de Carl Sagan.</li> <li>• Desejo de mostrar ao público imagens que normalmente são vistas somente por cientistas.</li> <li>• Museus e escolas valorizam diferentes aspectos do conhecimento biológico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Forma não usual de interação.</li> <li>• Conscientizar os visitantes sobre o conceito de célula, bactéria, vírus e o sistema imunológico por meio de discussões suportadas por mediadores.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exigência de alto grau de representatividade.</li> <li>• Conhecimento conceitual é necessário para dar sentido a informação.</li> </ul>
Entrevistado 2: Ecologista Aparato: ➤ O começo das estações ➤ Analogia Literal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desejo de resolver um problema.</li> <li>• A inspiração é guiada pela solução do problema.</li> <li>• O idealizador deve ter uma clara visão do propósito do aparato.</li> <li>• As dificuldades encaradas pelo idealizador na aprendizagem do tópico ajuda a definir os elementos chave que orientam a criação do aparato.</li> <li>• A criação do aparato constitui-se de fases lógicas e não lógicas.</li> <li>• O aparato foi criado para complementar um outro já existente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Os professores podem aprender com o aparato, os mais habilidosos podem fazê-los em suas aulas.</li> <li>• Esse aparato representa uma experiência posterior para aprendizes que já são familiarizados com os aspectos básicos sobre o ciclo das estações.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Procura por uma abordagem complementar aos tradicionais aparatos sobre o ciclo das estações.</li> <li>• Compromisso em usar elementos abstratos em detrimento dos concretos.</li> <li>• Comunicadores em ciência sempre lidam com a idéia de representações equivocadas.</li> <li>• Problemas de escala impõem um baixo nível de representação.</li> </ul>
Entrevistado 3: Astrônomo ➤ Aparato: O movimento aparente do Sol ➤ Analogia literal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Focar uma típica concepção alternativa sobre o movimento aparente do Sol em pessoas de áreas urbanas em latitudes tropicais.</li> <li>• Apresentar uma abordagem fenomenológica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Explicar para visitantes locais como o Sol se movimenta no céu de uma cidade como o Rio de Janeiro.</li> <li>• Prover uma experiência desestabilizadora para os visitantes.</li> <li>• Alguns visitantes poderão desenvolver uma compreensão geométrica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O idealizador considera que fez que deveria ter sido feito.</li> </ul>
Entrevistado 4: Biofísico ➤ Aparato: Sistema Solar em escala ➤ Mera aparência	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Longa experiência pessoal na criação de modelos miniaturizados.</li> <li>• A astronomia do séc. XX demonstrou que os tempos humano e histórico são curtos em relação ao que existe fora do planeta.</li> <li>• A astronomia tem um papel a desempenhar nas questões ambientais.</li> <li>• Relutância de astrônomos e educadores em aceitar o aparato.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A singularidade de planeta Terra.</li> <li>• O fato do Sistema Solar ser basicamente composto de espaço vazio.</li> <li>• As pessoas podem obter uma variedade de informações por meio de atividades variadas.</li> <li>• A idéia da modelagem como um recurso intrínseco a ciência.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desafiar uma tradicional crença entre divulgadores de ciência: a virtual impossibilidade de representar o Sistema Solar em uma única escala de diâmetros e distâncias.</li> </ul>
Entrevistado 5: Bióloga ➤ Aparato: A biodiversidade animal no mundo ➤ Mera aparência	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Juntamente com todos os outros aparatos da sala, esse aparato deveria surpreender o visitante, ao invés de dar informação.</li> <li>• Ele foi adaptado para crianças pequenas.</li> <li>• A representação foi concebida para ser diferente da abordagem escolar.</li> <li>• Tudo foi feito com a consultoria permanente de especialistas.</li> <li>• A equipe tentou evitar o lugar comum na abordagem desse tema.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Surpreender os visitantes.</li> <li>• Mostrar a biodiversidade animal no mundo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fora decidido não levar em conta a biodiversidade de insetos e da flora na realização desse aparato.</li> <li>• A equipe de idealizadores tentou tanto quanto possível se aproximar da verdade.</li> </ul>
Entrevistado 6: Historiadora Aparato: ----- ➤ Não concebe aparatos, sua experiência é na coordenação de equipes de idealizadores	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Qualquer aparato ou exibição é um produto de um dado contexto num tempo específico.</li> <li>• Idealizadores tendem usar as analogias que foram importantes na sua própria aprendizagem.</li> <li>• Idealizadores não são os únicos a determinar como será o aparato.</li> <li>• No MAST os idealizadores foram guiados inicialmente por uma abordagem empírica.</li> </ul>	---	---

**Tabela 3 – Resumos das questões 3 a 6**

	<b>Questão3: Aparatos baseados diretamente em exemplares de fenômenos são os tipos mais comuns no museu. Por que isso acontece?</b>	<b>Questão 4: Aparatos baseados em analogias somente na aparência dos objetos são comuns em biologia. No entanto, existem poucos aparatos baseados nesse tipo de analogia em física. Por que?</b>	<b>Questão 5: Aparatos baseados em analogias cobrindo a aparência de objetos e suas respectivas relações são comuns em física, mas não em biologia. Por que isso acontece?</b>	<b>Questão 6: Aparatos baseados em analogias somente nas relações de causa e efeito são muito raras. Por que isso acontece?</b>
Entrevistado 1: Bióloga	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fenômenos são mais adequados para exposições na área de física.</li> <li>• Em biologia, o fenômeno repousa na prática da mediação (monitores).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mostrar estruturas é uma tradição em biologia. É a coisa mais fácil a ser feita em biologia.</li> <li>• A biologia é complexa, bem como são as condições para a observação dos processos biológicos.</li> <li>• Mostrar estruturas tem alguma vantagem: permite aumentar e dar destaque a detalhes; aumenta a interatividade (monte/desmonte de partes, tatear texturas). As estruturas dão pistas sobre os processos biológicos.</li> </ul>	A resposta anterior contempla essa questão.	Foi decidido não interrogá-la sobre essa questão.
Entrevistado 2: Ecologista	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fenômeno envolve o público mais efetivamente.</li> <li>• Fenômeno tem um grande impacto educacional no visitante.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biologia é de longe mais complexa que física.</li> <li>• O tempo biológico não é compatível com o contexto do museu.</li> <li>• A física permite que elementos de um fenômeno sejam selecionados para fins de representação.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aparatos baseados nesse tipo de analogia ainda preservam muito do fenômeno.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• É difícil usar esse tipo de analogia porque ela requer um profundo conhecimento anterior, se o visitante o tem, não há problemas.</li> </ul>
Entrevistado 3: Astrônomo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mostrar o fenômeno é um elemento chave no processo ensino/aprendizagem.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aparatos baseados em analogias de mera aparência tem um baixo poder explanatório. Tal tipo de analogia tende a causar problemas de interpretação.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A escolha por esse tipo de analogia é uma decorrência natural.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• É difícil porque as analogias devem ser tão próximas quanto possível do objetivo.</li> </ul>
Entrevistado 4: Biofísico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aparatos exemplares são objetos intrínsecos aos museus.</li> <li>• Usar o fenômeno em si é mais fácil do que representá-lo.</li> <li>• Os profissionais de museus são mais inclinados a usar os fenômenos do que representações.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A unidade fundamental da biologia é muito complexa e microscópica.</li> <li>• Museus de ciências evitam lidar com o mundo microscópico da física. Eles (museus) basicamente lidam com a física macroscópica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O alto nível de complexidade dos fenômenos biológicos torna não factível a criação de analogias “completas”.</li> <li>• Museus de ciências lidam com os tópicos mais simples em física. Algumas analogias em física são suportadas por teorias, o que não acontece em biologia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Este tipo de analogia tende a produzir quebra-cabeças ao invés de explicações.</li> <li>• Em caso de uso, a fonte da analogia não deve ser distante da compreensão do público.</li> </ul>
Entrevistado 5: Bióloga	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aparatos exemplares é a forma de demonstrar a vida e equipamentos científicos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelos 3D podem lidar com aspectos os quais não podem ser abordados em representações planas.</li> </ul>	Foi decidido não interrogá-la sobre essa questão.	Foi decidido não interrogá-la sobre essa questão.
Entrevistado 6: Historiadora	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ela não respondeu a pergunta como fora intencionado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A forma com que a biologia e a física são abordadas em museus reflete diferenças entre esses campos. A física permite a seleção de elementos de um fenômeno para a construção de um aparato, enquanto que a biologia, não.</li> <li>• Somente recentemente, a biologia moderna chegou aos museus de ciências.</li> <li>• Idealizadores têm um propósito explanatório em mente, por isso eles evitam aparatos baseados em analogias somente das aparências.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Na física, esse tipo de analogia é mais apropriada aos objetivos explanatórios que idealizadores normalmente têm em mente.</li> <li>• Na biologia, os objetivos explanatórios são baseados em gráficos ao invés de aparatos.</li> </ul>	Ela não respondeu a questão como for a intencionado.

As respostas dos idealizadores, sumarizadas na Tabela 2, serão analisadas em relação a cada um dos três aspectos que compreendem a criação dos aparatos.

### **Aspecto 1: O Contexto de criação dos aparatos**

As entrevistas apontam para cinco pontos chave que cercam o contexto de criação de um aparato: as razões para a proposição de um aparato; a experiência prévia do idealizador com relação ao tema; o processo de negociação entre divulgador de ciência e cientistas; o combate às concepções errôneas e finalmente, a intenção em desenvolver uma abordagem original.

#### *As razões para a criação de um aparato*

As razões variam de um acaso inicial, como na criação do aparato sobre tamanhos relativos no mundo microscópico, a uma situação na qual o aparato teve de se ajustar a um contexto preciso e pré-determinado, como o aparato sobre o começo das estações. O aparato sobre biodiversidade animal no mundo mostra uma situação na qual a intenção principal era produzir um aparato que diferísse da abordagem habitual em biologia e, ao mesmo tempo, se ajustasse aos outros aparatos disponíveis na sala de exibição.

#### *O processo de negociação envolvido na criação do aparato*

A descrição apresentada por ambos os biólogos do Museu de Vida mostra um cenário no qual a visão do cientista desempenha um papel central no processo de seleção daquilo que deve ou não ser representado no aparato.

O grupo de idealizadores envolvidos na criação do aparato sobre tamanhos relativos no mundo microscópico decidiu não levar em conta a opinião de cientistas da Fundação Oswaldo Cruz, que argumentavam a utilização de cores intensas nas representações dos microrganismos poderia levar os visitantes a interpretações equivocadas. Foi necessário encontrar pesquisadores fora da instituição que concordassem com o uso de cores fortes. Mas ainda assim, outros aspectos foram duramente negociados. Por sua vez, o biofísico, apesar da discordância com os divulgadores, realizou o aparato sobre o Sistema Solar em escala conforme seu planejamento, apesar das críticas dos divulgadores. Tais fatos indicam que as visões de cientistas podem ser determinantes no processo de tomada de decisão na criação de aparatos em museus de ciências.

#### *A intenção de desenvolver uma abordagem original*

É interessante destacar que embora os tópicos abordados pelos aparatos integram a grade curricular do ensino formal, a forma na qual os tópicos foram contemplados traz aspectos complementares ou adicionais em relação à abordagem escolar. Todas os aparatos mostram aspectos que normalmente não são contemplados na educação escolar. A bióloga do Museu da Vida declara que escolas e museus avaliam o conhecimento biológico diferentemente, segundo ela, as escolas estariam mais dispostas a fazer os estudantes identificarem e nomearem organelas. Enquanto que no museu, o propósito principal é conceituar a célula. É possível argumentar que tal diferença de expectativa reflete diferenças intrínsecas entre museus e escolas e o que a sociedade espera de cada um deles. Escolas precisam promover aprendizagem estruturada, enquanto que museus e centros de ciências promovem aprendizagem não formal.

Todos os idealizadores expressaram desejo em conceber aparatos que viessem a diferir das abordagens habituais. O biofísico estava motivado em fazer algo que desafiava as visões vigentes entre divulgadores de ciência. O ecologista e o astrônomo estavam empenhados em realizar aparatos que embora focassem tópicos tradicionais, fossem originais. As biólogas também perseguiram uma abordagem original em relação aos respectivos tópicos abordados.

Tal enfoque desempenha um importante papel em museus e centros de ciências. Qualquer análise superficial de exposições mostra que a taxa de criação de novos aparatos é muito lenta. Portanto, iniciativas que criam novos aparatos, são bem-vindas.

### *O combate a concepções errôneas*

Três entre cinco entrevistados sugerem que os aparatos têm o objetivo de confrontar concepções alternativas. Este é o caso de todas os aparatos que abordam tópicos astronômicos. O aparato sobre o começo das estações do ano faz referência ao contexto de ensino de ciências, uma vez que pretende cobrir lacunas na compreensão de professores. O aparato sobre o Sistema Solar e o aparato sobre o caminho do Sol também convergem para um contexto semelhante, uma vez que ambos os tópicos recorrem ao currículo de ciências do ensino fundamental e tratam de aspectos insuficientemente difundidos.

### *A experiência pessoal do idealizador*

Três entrevistados mostram evidências de que suas experiências pessoais positivas ao lidar com os temas abordados nos aparatos os levaram a assumir que os visitantes também poderiam tirar proveito de experiências semelhantes.

Um dos eventos que motivaram a idealizadora do aparato sobre tamanho relativo no mundo microscópico foi a experiência de observar imagens de vírus e bactérias através microscópios eletrônicos. Foi declarado que todo o grupo envolvido deleitava-se com a estética das imagens. Ao que parece, o grupo assumiu que se as imagens tiveram um impacto positivo sobre eles, o mesmo aconteceria com visitantes.

O ecologista do Museu de Astronomia vai mais adiante. Ele afirma claramente que ao criar um aparato, usa como estratégia de criação, pensar como ele próprio aprendera aquele conteúdo. Ele declarou que este processo o ajuda a decidir quais os elementos do modelo científico a serem selecionados e também no estabelecimento de limites que o ajudam a construir o aparato. O biofísico declarou que a proposta do aparato do Sistema Solar foi apoiada pela sua experiência e prazer em lidar com modelos em escala de aeronaves. Tais comentários estão de acordo com o entendimento da historiadora. Ela aponta para um cenário no qual as analogias escolhidas pelos idealizadores tendem a refletir suas respectivas histórias pessoais de aprendizagem dos tópicos. Porém, o que vem a ser frutífero no contexto de aprendizagem pessoal do idealizador, não é necessariamente frutífero para um visitante. O que significa dizer que o processo de criação de aparatos deveria acontecer de uma maneira mais integrada com referenciais teóricos e estudos na área.

## **Aspecto 2 - As expectativas dos idealizadores sobre o que o visitante ganha na interação com o aparato**

Os idealizadores têm dois tipos principais de expectativas com relação ao que os visitantes podem ganhar com a interação com os aparatos. O primeiro refere-se aos conteúdos e o segundo contempla a experiência vivenciada.

#### *Quanto ao conteúdo*

As respostas dos idealizadores sugerem quatro subtipos de conteúdos esperados. O primeiro refere-se ao conhecimento diretamente abordado no aparato. Este é o caso dos aparatos sobre a duração do dia em latitudes diferentes e do aparato sobre a diversidade animal, uma vez que aquilo que é esperado que o visitante entenda, representa uma compreensão linear em relação ao tópico abordado.

O aparato sobre o início das estações sugere um contexto no qual a expectativa do idealizador representa um passo posterior em relação ao conteúdo básico do aparato. Neste caso é requerido que o visitante já seja familiarizado com o conteúdo do aparato. O aparato sobre o Sistema Solar mostra um terceiro tipo de expectativa. O idealizador tem em mente que o visitante perceba o vazio do Sistema Solar e as diferenças entre os planetas, ambos num contexto de preocupações ecológicas. Tal tipo de expectativa é melhor caracterizada como conexão, uma vez que se espera uma ligação entre idéias de campos diferentes (astronomia e ecologia). Finalmente o quarto tipo de expectativa é revelado no aparato sobre proporções no mundo microscópico, onde se espera que o visitante derive conceitos e idéias gerais.

#### *Quanto à experiência*

Três entre cinco dos idealizadores esperavam que o visitante devesse experimentar algo sem igual ao interagir com os aparatos. A bióloga envolvida na concepção do aparato sobre a diversidade animal espera que o visitante se sinta extasiado. O astrônomo espera que o aparato crie uma experiência surpreendente que desafie concepções alternativas e, finalmente, a bióloga envolvida no aparato sobre tamanhos relativos no mundo microscópico deseja oferecer uma forma incomum de interação. Em todos esses casos, conteúdo e experiência estão lado a lado.

### **Aspecto 3 - O processo de tomada de decisão na seleção de elementos do modelo científico**

Idealizadores selecionam elementos a serem representados nos aparatos em função de seu conceito pessoal de representação. Três abordagens diferentes podem ser propostas.

#### *Aparatos como ferramentas de representação*

Aqui, os idealizadores expressam a noção na qual os aparatos são ferramentas de representação. Este é o caso dos aparatos que tratam do Sistema Solar; o início das estações do ano e do aparato sobre os tamanhos relativos no mundo microscópico. Nestes aparatos estão representados somente aspectos específicos de seus respectivos alvos. O ecologista do MAST declarou que os idealizadores lidam inexoravelmente com o erro, sendo portanto necessário que haja plena consciência desse fato. A discordância entre a equipe de idealizadores e cientistas descrita pela bióloga do Museu da Vida representa um aspecto complementar da mesma questão. Os idealizadores entendem que estes devem ser vistos no contexto de aprendizagem do museu ao invés de exclusivamente circunscritos à lógica de conhecimento, como reivindicavam os cientistas. Por sua vez, o biofísico acentuou a noção do aparato como ferramenta de representação. Ele argumenta que o aparato sobre o Sistema Solar pode ser usado para abordar a



noção de modelos em ciência. Em todos estes casos, o baixo nível de representação dos aparatos é uma escolha deliberada por parte dos idealizadores e reflete valores relacionados ao contexto do museu.

#### *O aparato deve representar a verdade*

Esta abordagem apresenta uma visão na qual o aparato deve ser tão perto quanto possível da realidade e deve representar a verdade. Baixos níveis de representatividade não são desejados, sendo vistos somente como resultados de limitações que não permitem uma representação completa do respectivo alvo. O aparato sobre biodiversidade animal é um exemplo dessa concepção.

#### *O aparato é o que deve ser*

A terceira abordagem revela que o nível de representação do aparato foi contemplado de forma tácita. Aqui, embora a falta de representação não seja vista como intrinsecamente negativa, não há indicações de preocupações relativas à natureza de representação ou considerações relativas à aprendizagem. O contexto da criação do aparato sobre o caminho aparente do Sol exemplifica tal visão.

As próximas perguntas a serem abordadas correspondem a aquelas que tentaram descobrir em que medida os idealizadores estão conscientes sobre o uso de analogias na concepção dos aparatos. As respostas estão sumarizadas na Tabela 3.

#### *O uso de aparatos exemplares*

As respostas dos idealizadores apontam para o fato de que exemplares tendem a ser a primeira escolha. Idealizadores têm uma concepção na qual aparatos exemplares oferecem uma experiência “em primeira mão” com os fenômenos, promovendo uma qualidade de experiência de aprendizagem melhor do que qualquer tipo de representação.

#### *O uso de analogias de mera aparência*

Foi discutido que levando em conta os obstáculos que se colocam para o desenvolvimento de aparatos exemplares e baseados em analogia literal em biologia, a analogia de mera aparência surge como a solução conveniente. Por outro lado, idealizadores em física evitam sempre que possível tal tipo de analogia, argumentando que ela tem um baixo poder explanatório.

#### *O uso de analogias literais*

A intenção é discutir até que ponto a noção de simplificação – propor algo menos complicado e, portanto, mais fácil de fazer ou entender - pode explicar o processo de criação de aparatos baseados em analogia literal.

Entre os argumentos que justificam o uso de aparatos baseados em analogia literal, o mais frequente é baseado na afirmação de que fenômenos biológicos têm maior nível de complexidade em relação aos fenômenos físicos, daí uma maior facilidade da abordagem da física em museus

de ciência, em relação à biologia. Todos os respondentes expressaram tal argumento. Tal visão parece ser lugar comum entre aqueles que tratam da inserção de temas de biologia e a física em museus de ciência. Argumenta-se que fenômenos físicos permitem que os idealizadores usem exemplares (os próprios fenômenos) ou selecionem parâmetros de interesse para a construção de aparatos que funcionam em termos de representações simplificadas do fenômeno abordado (analogia literal). Porém, um dos entrevistados sugere que esta seria somente uma explicação parcial. Argumentou-se que a 'macro-física' torna possível simplificar o fenômeno e representá-lo em um aparato, o que criaria uma falsa imagem de que a física como um todo seria de fácil abordagem nos museus e centros de ciência.

Porém quando alguns tradicionais aparatos baseados em analogia literal são analisados, algumas questões emergem. Uma experiência popular sobre dia e noite será analisada. É amplamente aceitado por professores e estudantes que uma simples laranja e uma lanterna, adequadamente dispostos, podem representar o fenômeno dos ciclos de dia e noite no planeta Terra. E adicionalmente, permite explicar porque o período de claro e escuro muda de acordo com a latitude. Porém, quando analisada com mais cuidado, tal representação não explica porque o céu de dia é luminoso. Na realidade, esta experiência explica o ciclo dos dias e noites na Lua ou Mercúrio, mas não em um planeta com atmosfera, como a Terra. Naturalmente essa questão refere-se ao limites de qualquer modelo. Porém é necessário destacar que a ausência desses aspectos são cruciais no entendimento dos ciclos dos dias e noites. É possível tecer comentários dessa natureza sobre muitos outros aparatos ou experiências didáticas em física em relação às razões as quais são consideradas boas representações, é em parte, obscuro. Portanto uma pergunta pode ser colocada: o que a princípio torna mais fácil a construção de aparatos baseados em analogia literal em física?

É proposto neste estudo que aparatos baseados em analogia literal são factíveis em física não necessariamente porque os fenômenos físicos são menos complexos quando comparados com fenômenos biológicos, mas na realidade porque partes dos fenômenos físicos podem ser reduzidos em sua complexidade nas representações didáticas, e ainda assim há um fenômeno acontecendo em tempo real. O fenômeno que acontece na representação varia no grau de similaridade em relação ao fenômeno alvo. O que determinará a qualidade de um experimento didático baseado em analogia literal ou aparato são as visões das partes envolvidas, ou seja, o aprendiz e o educador, ambos embebidos no contexto de sua aplicação, seja ele formal ou não formal. Na física, um aparato baseado em analogia literal é sempre uma reconstrução de um fenômeno alvo, este com um maior ou menor grau de complexidade. Nessa reconstrução, algumas variáveis são removidas, outras são mantidas enquanto outras são acrescentadas.

Denominaremos de redução, o procedimento da transformação de um fenômeno ou processo em uma versão reduzida baseada em analogia literal. Tal redução pode acontecer no contexto de pesquisa ou aprendizagem/ensino. Com esta abordagem, é possível argumentar que há duas razões principais para que haja mais aparatos baseados em analogia literal em física do que em biologia nos museus de ciência envolvidos neste estudo. O primeiro refere-se ao fato de que há fenômenos mais redutíveis em física do que em biologia. O segundo diz respeito à possibilidade de que educadores em biologia parecem ser menos dispostos a aceitar drásticas reduções, tais como aquelas empreendidas por educadores na área da física.

## *O uso de analogias baseadas somente nas relações*

O terceiro tipo de analogia, baseada somente nas relações, é deliberadamente evitada na física. Idealizadores prevêm que aparatos baseados neste tipo de analogia são fadados ao fracasso, a menos que o visitante seja familiarizado com a fonte da analogia. Por outro lado, os biólogos entrevistados não expressaram nenhum comentário relativo a este tipo de analogia, parecendo ser uma ilustre desconhecida entre eles. Os argumentos propostos por aqueles afirmam que este tipo de analogia tende a não alcançar resultados positivos mostram uma percepção apropriada, uma vez que a analogia baseada somente nas relações requer que o aprendiz tenha um olhar quase que profissional para interpretá-la. O conhecimento prévio do visitante é sempre um aspecto importante. Porém aqui, o conhecimento prévio sobre a fonte da analogia é crucial. No entanto, no caso de haver um alto grau de familiaridade por parte do visitante, é possível prever um lugar para aparatos baseados neste tipo de analogia. É possível um cenário na qual analogias baseadas somente nas relações podem abrir um novo caminho para o desenvolvimento de aparatos de biologia ou nos temas da física nas quais os processos de redução do fenômeno são difíceis.

### **Comentários Finais**

A temática da aprendizagem em museus de C & T tem se constituído em uma das principais questões na área de educação em museus (Pedretti, 2004). Neste contexto estudos sobre o processo de decisão na construção de aparatos ainda são poucos na literatura (Carliner, 1998) e pouco mudou nestes últimos dez anos. Assim sendo, estudos que focam o processo de criação dos aparatos em museus de C&T são de fundamental importância. Nesta pesquisa, alguns resultados merecem uma revisita.

O processo de negociação entre os profissionais de museus e cientistas demonstra como é delicada a questão do nível de representação do fenômeno no aparato. Tal problemática pode colocar em lados opostos divulgadores de ciência e cientistas. Entendemos que tal tensão pode ser útil para os museus e centros de ciência. Na realidade, tal tensão poder ser frutífera. As visões de cientistas trazem a atualização em termos do conhecimento científico. Por outro lado, divulgadores de ciência lidam melhor com questões relativas a comunicação e aprendizagem. Assim, o melhor resultado deve contemplar a negociação entre ambos os lados.

A preferência dos idealizadores pelo uso de exemplares pode estar associada à tradição no ensino de ciências e nas experiências pessoais positivas que os idealizadores têm no contexto de ensino e aprendizagem de conteúdos científicos. Com relação às áreas de conhecimento, na física, aparatos exemplares tendem a focalizar os fenômenos enquanto que em biologia, até mesmo quando são superadas as limitações as quais os idealizadores estão submetidos, os exemplares são usados como evidências sobre os fenômenos. Porém, a biologia e a física compartilham o uso de aparatos exemplares como uma forma de expor categorias de objetos.

A visão na qual aparatos de mera aparência têm um baixo poder explicativo, apresentada pelos idealizadores da área de física e astronomia é justificável, uma vez que as relações de causa e efeito estão ausentes. Sobre o uso de analogias baseadas somente nas relações é possível especular exemplos desse tipo de analogia onde temas de biologia sejam indiretamente abordados. São exemplos, a comparação entre o processo de digestão de alimentos e o consumo de combustível por um motor; entre uma célula e suas organelas com uma cidade ou uma fábrica; entre espalhamento de câncer e um dente-de-leão ao vento; entre o efeito do fumo e a

poluição em um lago; entre o processo de fotossíntese e a preparação de um pão. Talvez a questão repouse na percepção que educadores na área de biologia têm sobre este tipo de analogia e a sua inclinação em lidar com analogias de tal natureza nos museus de ciência.

Comentários sobre o papel de mediadores em aparatos de biologia merecem atenção. Idealizadores declaram que os mediadores, mais do que os próprios aparatos devam explicitar os fenômenos, cabendo aos mediadores explorar as características e pistas dos aparatos. Embora estes comentários tenham surgido no contexto de análise de aparatos de biologia, é possível supor que o mesmo aconteça sempre que um fenômeno, independente da área de conhecimento, seja apenas sugerido ou ocorra de forma não perceptível, isto é, seja muito lento ou rápido ou ocorra numa escala microscópica ou macroscópica. Loureiro e Falcão (2007) propõem que uma exposição é uma obra aberta no sentido das possibilidades de interpretação do visitante, e neste sentido, o papel do mediador em uma exposição de ciência passa a ter um papel crucial.

A percepção de que aparatos baseados em analogia literal possam ser mais facilmente construídos em física tem como causa o fato de que alguns campos na área de física como mecânica, ótica, eletricidade e magnetismo e alguns tópicos de termodinâmicas (desde que os aspectos microscópicos não sejam abordados) são propícios a processos de redução. Tal facilidade no entanto, não se estende a campos da física moderna.

Por ultimo, sugerimos que o a criação de aparatos para museus de C &T deve acontecer em um contexto no qual teoria e prática formem um amalgama. Entendemos que analogias, sob as suas várias vertentes, é inexoravelmente um aspecto fundamental na criação de aparatos em museus.

### **Referências:**

Carliner, S. How designers make decisions: a descriptive model of instructional design for informal learning in museums. *Performance improvement quarterly*. 11(2), 72-92, 1998.

Curtis, R. V., & Reigeluth, C. M. The Use of Analogies in Written Text. *Instructional Science*, 13, 99-117, 1984.

Duit, R. On the role of analogies and metaphors in learning science. *Science Education*, 75, 649-672, 1991.

Gentner, D. Structure-mapping: a theoretical framework for analogy. *Cognitive Science*, 7, 155-170, 1983.

Harrison, A. G. & Treagust, D. F. Teaching and Learning with Analogies: Friend or foe? In: P. J. Aubusson, A. G. Harrison & S. M. Ritchie (Eds.). *Metaphor and Analogy in Science Education*. Dordrecht: Springer, 11-24, 2006.

Loureiro, M. L. N. M ; Falcão, D. A exposição como 'obra aberta': breves reflexões sobre interatividade. In: *X Reunion de la Red de Popularización de la Ciencia y la Tecnologia en America Latina y el Caribe*, San Jose, Costa Rica. *X Reunión de la Red Pop y el IV Taller Ciencia, Comunicación y Sociedad*, 2007 Disponível em: <http://www.cientec.or.cr/pop/2007/br-marialucialoureiro.pdf>

Pedretti, E. Perspectives on learning through critical issues-based science centre exhibitions. *Science Education* 88: S34-47, 2004.