

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - FACULDADE DE EDUCAÇÃO

***MUSEUS E CENTROS DE CIÊNCIAS -  
CONCEITUAÇÃO E PROPOSTA DE UM  
REFERENCIAL TEÓRICO***

**ALBERTO GASPAR**

**Tese para obtenção do título de doutor na área de Didática**

**Orientador: Ernst W. Hamburger**

**S. PAULO, 1993**

## ÍNDICE

IV. MUSEUS E CENTROS DE CIÊNCIAS: .....	3
CONCEITUAÇÃO E PESQUISAS .....	34
1. Introdução .....	34
2. A "alfabetização" em ciências .....	35
2.1 - Conceito .....	35
2.2 - O papel da escola .....	38
2.3 - O papel da mídia impressa e eletrônica .....	39
2.4 - O papel dos museus e centros de ciências .....	41
3. Ensino e aprendizagem em museus e centros de ciências .....	43
3.1 - A análise do comportamento dos visitantes .....	44
3.2 - Objetos e experimentos - formas de expor e apresentar .....	47
3.3 - A avaliação das atividades dos museus de ciências .....	50
3.4 - Os museus como laboratórios de pesquisa em educação e comunicação .....	51
3.5 - Os centros de ciências e as teorias de aprendizagem .....	52
4. A necessidade de um referencial teórico .....	54
V. UM REFERENCIAL TEÓRICO PARA A APRENDIZAGEM EM MUSEUS E CENTROS DE CIÊNCIAS .....	55
1. Introdução .....	55
2. A teoria sociointeracionista de Vygotsky .....	56
2.1 - Introdução .....	56
2.2 - A formação de conceitos .....	58
2.3 - O desenvolvimento dos conceitos científicos na infância .....	63
2.4 - O conceito de zona de desenvolvimento proximal .....	66
3. Implicações da teoria de Vygotsky ao processo ensino-aprendizagem em museus e centros de ciências .....	72
VI. O CENTRO INTERDISCIPLINAR DE .....	84
CIÊNCIAS DE CRUZEIRO: RELATO DE .....	84
EXPERIÊNCIA E PESQUISAS .....	84
1. Pequeno histórico .....	84
2. A análise de uma demonstração experimental .....	88
2.1. Introdução .....	88
2.2. Descrição .....	88
2.3. Conclusões da análise .....	90
3. A Análise de uma visita ao CIC .....	93
3.1. Objetivo e Planejamento .....	93
3.2. Descrição .....	93
3.3. Avaliação .....	95
3.4. Análise .....	96
4. Reflexões .....	103

## I - INTRODUÇÃO

Ensinar é tarefa da escola. Este é um consenso em todo o mundo, que chamamos civilizado. À família, à sociedade, cabe educar: transmitir a língua materna, hábitos e costumes, valores morais e cívicos. Até há algum tempo atrás era possível supor que, dessa forma, todo conhecimento humano seria alcançado e transmitido de geração a geração. Hoje, entretanto, isso não é mais verdade. Mesmo que a escola fosse, por hipótese, uma instituição eficiente, fiel a seus objetivos, livre das críticas e queixas que atualmente se voltam contra ela até nos países desenvolvidos, ser-lhe-ia impossível abarcar todo esse conhecimento. Não há tempo, não há espaço em seus limitados currículos e programas e, mais ainda, não há como acompanhar o vertiginoso progresso científico e tecnológico dos nossos dias.

Dessa forma a distância entre o saber abrangido pela escola e aquele gerado e acumulado pelo homem cresce assustadoramente. Cada vez mais a humanidade, em sua imensa maioria, está alheia às suas próprias conquistas. A insatisfação, a inconformidade com esta realidade tem levado muitos, indivíduos, instituições, empresas e governos, a procurar formas alternativas de acompanhar e transmitir todo este acervo científico-cultural. A educação formal, escolar, tem sido complementada ou acrescida de uma educação não-formal e informal, extra-escolar, que tem de certa forma oferecido à sociedade o que a escola não pode oferecer. É o caso, entre muito outros, dos livros de

divulgação científica e dos meios de comunicação através de revistas, jornais, rádio e televisão.

Infelizmente, nem sempre os meios de comunicação, e mesmo alguns autores de livros de divulgação científica têm consciência da importância do seu trabalho, do seu papel essencial no preenchimento das inúmeras lacunas deixadas pela educação formal. Momentos de vivo interesse despertado pela ocorrência de algum raro fenômeno natural, alguma nova descoberta científica ou coisa semelhante são, via de regra, pouco ou mal aproveitados sob o ponto de vista de uma educação informal, sobretudo em relação ao que poderia realizar uma instituição educacional voltada para esse fim, como um museu ou centro de ciências.

É claro que o alcance dos museus e centros de ciências não pode ser comparado aos meios de comunicação de massa, embora em alguns países desenvolvidos ele já seja considerável, mas o impacto de sua atuação e a credibilidade de suas propostas pode compensar essa aparente desvantagem, além da possibilidade de influir direta ou indiretamente nesses meios de comunicação. Há, ainda, muito por saber a respeito destas instituições: seus objetivos, sua contribuição para a aprendizagem de ciências, a fundamentação pedagógica que orienta suas atividades educacionais, a avaliação dessas atividades, são exemplos de questões que merecem maior estudo e para as quais este trabalho vai propor algumas respostas.

Para tanto vamos, inicialmente, apresentar um breve relato crítico sobre a história dos museus desde suas origens até nossos dias. Complementando esse relato apresentaremos, a seguir, um pequeno histórico dessa instituição no Brasil voltado especificamente à área de ciências, o que nos dará indicações valiosas tanto em relação à concepção como em relação às funções educacionais dessas instituições.

Em seguida apresentaremos uma proposta de conceituação para um determinado tipo de museu ou centro de ciências a partir de uma discussão sobre educação formal, não-formal, informal e do conceito de alfabetização em ciências e, a seguir, uma revisão

geral das diversas pesquisas realizadas nessa área, a partir das quais pretendemos encontrar subsídios para o nosso trabalho. Prosseguindo apresentaremos nossa proposta de adotar, como referencial teórico para a aprendizagem nestas instituições, a teoria de Vygotsky acrescida da contribuição de trabalhos mais recentes de alguns de seus seguidores. Finalmente apresentaremos o relato de nosso trabalho e nossas pesquisas no centro de ciências que dirigimos a luz das idéias até então expostas e, como conclusão, a seguir, uma antevisão de um museu ou centro de ciências que orientasse seu projeto e suas atividades em consonância com os pressupostos aqui apresentados.

## II. MUSEUS DE CIÊNCIAS — BREVE RELATO HISTÓRICO<sup>□</sup>

Há um preconceito muito forte em relação à palavra museu. Ela é associada a tudo que é ultrapassado, sem vida - a expressão "peça de museu", por exemplo, pode designar qualquer coisa velha e imprestável. Esse preconceito, infelizmente, existe também junto a professores e pesquisadores que se interessam pela educação informal que, quase sempre, procuram evitar a denominação museu às instituições voltadas a essa área de atuação, sobretudo quando dirigidas ao ensino de ciências. Mesmo quando utilizada ela é acrescida com algum adjetivo como, por exemplo, "museu vivo" ou "museu dinâmico" o que obviamente reforça o preconceito.

Se nos reportarmos, entretanto, às origens do termo encontraremos um significado muito mais rico e sugestivo que, a nosso ver, deve ser resgatado. O termo museu vem do latim "museum" que por sua vez se origina do grego "mouseion", denominação, na antiga Grécia, do templo ou santuário das musas. Segundo a mitologia grega havia nove musas que presidiam as chamadas artes liberais: história, música, comédia, tragédia, dança, elegia, poesia lírica, astronomia e a poesia épica e a eloquência. O termo estava mais ligado ao clima ou à atmosfera do local do que às suas características físicas. Era sobretudo um lugar de inspiração onde a mente podia se desligar da realidade cotidiana (1).

---

<sup>□</sup> Este breve relato histórico baseia-se sobretudo nos textos de Alexander, Wittlin, Lewis e Binni procurando se restringir aos aspectos que de alguma forma se relacionem aos objetivos deste trabalho.

Dentro deste espírito foi criado por Ptolomeu I a primeira instituição de que se tem notícia com essa denominação, o Museu de Alexandria. Embora tivesse algumas características que se assemelham à idéia atual de museu, como a guarda de algumas espécies de objetos, entre os quais, instrumentos cirúrgicos e astronômicos, peles de animais, trombas de elefantes e estátuas de filósofos, abrigava ainda um parque botânico e zoológico, além da sua notável biblioteca. Era, sobretudo, uma instituição de ensino e pesquisa com bolsistas residentes mantidos através de subvenção oficial, para os quais o bibliotecário chefe era uma espécie de "regius professor", muitas vezes um poeta que desempenhava para eles a função de um tutor vitalício.

Entre os grandes nomes que passaram pelo Museu de Alexandria destaca-se Euclides, que fundou lá sua grande escola de matemática e escreveu seu "Elementos de Geometria", além de Arquimedes, Apolônio de Perga e Eratóstenes. Como destaca Alexander: "Alguns dos atuais estudiosos do movimento dos museus, que enfatizam sua função de pesquisa e preferem definir o museu como uma comunidade de pesquisadores, olham para a instituição de Alexandria com muita afeição e nostalgia" (2). Um aspecto particularmente interessante, por sua relação com o trabalho de muitos museus e centros de ciências atuais, foi a grande produção de artefatos mecânicos desenvolvida ao longo de três séculos por pesquisadores do museu, entre eles Arquimedes, Ctesíbio e Herão. Embora alguns tenham sido invenções extremamente úteis, inclusive como armas de guerra, a maioria era constituída de brinquedos ou instrumentos misteriosos, quase mágicos, destinados, aparentemente, apenas ao entretenimento. Muitos, entretanto, como Ronan, acreditam que a finalidade dessas invenções era demonstrar princípios físicos (3). Segundo ele, Herão, por exemplo, escreveu uma série de trabalhos abordando fenômenos e princípios da Física e, ao que tudo indica, os aparelhos que criou, e provavelmente os de seus antecessores, tinham a finalidade de verificar esses princípios ou demonstrá-los para audiências maiores. Ronan acrescenta que, na época, não havia ainda a tradição de experimentações formais de laboratório, o que teria levado os cientistas a utilizar este tipo de procedimento.

O termo museu só viria a ser utilizado séculos depois com um outro significado, associado a coleções. O hábito de fazer coleções remonta ao homem primitivo. Arqueólogos encontraram cristais de quartzo muito bonitos entre os pitecantropos, guardados em buracos cavados especificamente para esse fim e que, ao que parece, não tinham qualquer outra utilidade além da beleza (4). Há inúmeras referências a respeito de coleções particulares entre gregos e romanos e muitas delas não tinham finalidade contemplativa nem eram de objetos de arte. Muitos estudiosos possuíam coleções com finalidades científicas como Aristóteles, que tinha até observadores participando das campanhas de Alexandre e lhe traziam espécimens dos locais por onde passavam (5).

Durante a Idade Média, ao menos na Europa Ocidental, estas coleções passaram a ter tanto ou mais valor do que o dinheiro. Reis, senhores feudais e o alto clero possuíam tesouros cujo conteúdo era constituído de vasos de ouro e prata, jóias, armas, roupas e substâncias mágicas ou medicinais. Eram estas coleções, estes tesouros, que garantiam poder e atestavam fortuna numa época em que não havia sistema bancário e moeda estável. Compreensivelmente estas coleções ficavam escondidas embora pudessem ser exibidas em ocasiões especiais. Obras de arte já eram apresentadas ao grande público através da Igreja, que as utilizava para propagar mensagens de fé em seus templos. Mosaicos, vitrais, gravações em madeira e bordados tinham o objetivo de inspirar e educar para a religião os seus freqüentadores.

Na renascença, refletindo o clima de desenvolvimento intelectual da época e a maior estabilidade econômica, as coleções começam a voltar-se mais para a cultura e o prazer. Seus possuidores passavam então a exibi-las para que pudessem ser estudadas e admiradas. Muitos estudiosos eram convidados a examiná-las e elaborar inventários descritivos de seu conteúdo que passou a crescer muito, tanto em quantidade como em qualidade. Não havia ainda exposições ao público que continuava a contar apenas com as igrejas para apreciar obras de arte e raridades. Entretanto, o interesse pela Antigüidade Clássica provocou o resgate e a recuperação de antigas esculturas do Império Romano

que, por suas dimensões, foram sendo colocadas em lugares públicos, ampliando o acesso popular a esse acervo.

O contínuo crescimento dessas coleções criou, para os seus possuidores, a necessidade de encontrar um local onde pudessem guardá-las e expô-las adequadamente a seus amigos e convidados. Surgiram então as galerias (do italiano, galleria), salas compridas e estreitas para que pudessem ser bem iluminadas, destinadas sobretudo às obras de arte. Essas galerias logo se tornaram um local de estudo para novos artistas e também um recanto onde alguns nobres encontravam a tranqüilidade necessária para o estudo e reflexão. Presume-se que, redescobrimo a idéia do templo das musas, passam por analogia a denominar esses locais de museus. Com o tempo o significado da palavra passou do clima, lugar de inspiração, estudo e reflexão, para o conteúdo, lugar onde se guardam coleções (6).

Outra versão (7) afirma que o nome museu teria sido, de certa forma, esquecido ou rejeitado com o advento do cristianismo, já que estava ligado a divindades pagãs. A própria igreja, entretanto, acabou por resgatar a denominação quando o papa Xisto IV, em 1471, criou um museu a partir de coleções de objetos não religiosos denominando-o Museu Capitolino.

Os primeiros museus públicos, como instituição, surgiram nos séculos XVII e XVIII, conseqüência do crescente interesse pela cultura e pelas ciências, por uma necessidade de organizar o conhecimento existente, expressa particularmente pelos enciclopedistas franceses, acrescida da reivindicação cada vez maior da sociedade em participar desse conhecimento, o que implicava no acesso do público às coleções. Filósofos e cientistas sugeriam, já nessa época, a criação de museus voltados às ciências. Francis Bacon, filósofo inglês, propunha "o estabelecimento de um museu de invenções e de uma galeria com retratos dos inventores do século XVII, para destacar a importância prática das emergentes artes e ciências mecânicas"(8). Mais tarde, ainda nesse século, "René Descartes, filósofo, matemático e cientista propunha um museu contendo instrumentos

científicos e ferramentas dos ofícios mecânicos"(9). Em 1675, Wilhelm Leibniz, filósofo e matemático alemão, "advogava o estabelecimento de uma exposição ou museu de máquinas e outras invenções, para esclarecer e entreter o público"(10). Além disso, fazia parte de sua proposta realizar demonstrações experimentais com água, ar e vácuo, realizar testes para vários tipos de máquinas, utilizar um telescópio para mostrar a Lua e outros astros celestes, exibir plantas raras e painéis sobre a anatomia humana e outras exposições que, como lembra Danilov, "são comuns nos centros de ciências e tecnologia contemporâneos (11).

Essas idéias não foram avante mas, em 1683, a partir da doação de Elias Ashmole de sua coleção à Universidade de Oxford, surgiu o Museu Ashmoleano, primeiro museu público de que se tem notícia, ainda um local de pesquisa destinado prioritariamente aos alunos da universidade. Só bem mais tarde, em 1759, abriu-se um novo museu público, o Museu Britânico, originário da coleção de Sir Hans Sloane, naturalista e médico da corte, adquirida pelo Parlamento Britânico. Aproximadamente na mesma época outros monarcas europeus começaram a permitir um acesso limitado do público às suas coleções de arte.

Em 1794, em Paris, a Assembléia Nacional criou o "Conservatoire de Arts e Metiers", uma instituição de ensino de ciências e artes aplicadas que possuía um depósito público de máquinas, invenções, modelos, ferramentas, projetos, descrições e livros de artes aplicadas e comércio. Inicialmente com objetivos práticos, voltado à aprendizagem de técnicas e ofícios e à promoção do desenvolvimento industrial, transformou-se, bem mais tarde, já no século XX, no "Musée National de Techniques".

Muitos outros museus foram criados nessa época tanto na Europa como nos Estados Unidos. A avaliação desse movimento entretanto nem sempre é favorável. Segundo Wittlin, muito pouco se conseguiu, em relação ao que se esperava na época, em termos de divulgação ou popularização do patrimônio cultural então existente. A imponência das edificações, a desorganização na apresentação das coleções e o despreparo dos visitantes para usufruir o que lhes era apresentado levaram o público a se

afastar dos museus: "a primeira visita era também a última" (12), ressalta Wittlin. O próprio Louvre, em Paris, primeiro museu de arte do mundo, criado em 1793 em consequência da nacionalização dos bens da coroa ocorrida durante a Revolução Francesa, por razões ideológicas e políticas, teve pouca repercussão popular. Como afirma León: "no fundo, para as camadas sociais de menor nível cultural, aquelas obras frias e distantes não ofereciam satisfação nem ensino e o Louvre manteve-se reduzido ao seu público habitual" (13).

Estas dificuldades, porém, não impediram que o número de museus em todo mundo continuasse a crescer. Seus curadores, pesquisadores e museólogos passaram a enfrentá-las procurando encontrar formas mais eficientes de apresentar suas coleções e preservar seus acervos. O intercâmbio de idéias se intensificou, os museus foram se diversificando, refletindo as condições sociais e políticas e a evolução das tendências intelectuais da época. Surgiram os museus históricos ou nacionais, estimulados pela ascensão do nacionalismo e os museus etnológicos, fruto da expansão colonial. A Revolução Industrial e o progresso científico deu origem aos museus de ciências e tecnologia, enquanto que o impacto da teoria de Darwin influenciou fortemente na proliferação de museus de história natural por todo o mundo.

Nessa época eram comuns exposições e feiras industriais cujas "coleções e, em alguns casos, seus prédios, foram usados para dar origem a museus" (14). Uma delas, a Exposição da Indústria de Todas as Nações" ocorrida em Londres em 1851, com uma frequência extraordinária de 6 milhões de pessoas em 120 dias, originou o Museu de Ciências de Londres. Os lucros, as instalações e o material dessa exposição possibilitaram a criação e abertura do museu em 1857, então "South Kensington Museum of Industrial Arts" que só veio a se tornar o "Science Museum" em 1909, com a separação das coleções de arte e decoração.

A educação passou a ser entendida como a principal função dos museus públicos. Seu papel na divulgação científica teve grande destaque nos Estados Unidos, onde

associações e academias de ciências foram criadas para que, entre outras coisas, fundassem museus com essa finalidade numa mobilização tão forte que chegou a provocar reações contrárias: Joseph Henry, um dos maiores físicos americanos, quando da criação do Instituto Smithsonian, em 1846, opôs-se a que a instituição destinasse verbas para divulgação científica sob a alegação de que, nos Estados Unidos, havia centenas de instituições destinadas a esse fim, mas não havia uma só que apoiasse a produção e o incremento científico (15). Apesar de reações desse tipo, o movimento de popularização prosseguiu voltado especialmente para os museus de história natural. O intercâmbio entre escolas e museus com aulas, visitas, palestras, etc, se intensificou com alguns programas especiais estendidos também ao público.

É interessante notar que, quando foram criados, os primeiros museus de história natural eram centros de pesquisas. Seus pesquisadores estavam ao nível de qualquer outra instituição de pesquisa ou universidade (16). Entretanto, o desenvolvimento e a diversidade das ciências naturais, a partir do final do século passado, trouxeram a necessidade da utilização de laboratórios, sobretudo no trabalho com organismos vivos, o que reduziu a importância desses museus como centros de pesquisas em favor de uma função voltada predominantemente à educação.

No final do século XIX e início do século XX, a ênfase na educação que marcava os museus americanos começou a se disseminar também pela Europa, e um dos marcos dessa tendência é a criação do Museu de Ciências de Munique em 1908. Introduzindo inúmeras inovações, procurava tornar acessíveis ao público as conquistas mais modernas da ciência e da tecnologia. Apresenta réplicas e equipamentos em tamanho natural, modelos animados acionados pelo visitante através de botões ilustrando o funcionamento de máquinas ou princípios físicos, entre outras coisas. A mineração, por exemplo, é apresentada numa seqüência didática que vai desde noções básicas de geologia até os mais atualizados detalhes técnicos. Sua preocupação com a apresentação da tecnologia contemporânea, sem se prender a retrospectivas históricas, foi uma prática inovadora que influenciou outras instituições importantes, como o Palácio das Descobertas, criado em

1937, em Paris, e o Museu de Ciências de Londres, que adotaram, com maior ou menor ênfase, o mesmo procedimento. Nos Estados Unidos, desencadeou o processo de criação do Museu da Ciência e Indústria de Chicago: impressionado com o impacto que uma visita ao Museu de Ciências de Munique, em 1911, provocou em seu filho, Julius Rosenwald, empresário e filantropo de Chicago, passou a se empenhar na criação, em sua cidade, de um museu semelhante. Argumentava que um centro industrial como Chicago deveria contar com uma instituição desse tipo para o "entretenimento e a instrução das pessoas" (17). O museu foi aberto em 1933, marcando o início de um movimento de criação de museus de ciência e tecnologia nos Estados Unidos.

Essas inovações, entretanto, ainda se restringiam a alguns museus. A maior parte se mantinha desatualizada e pouco receptiva em relação ao grande público, embora isso não detivesse o seu crescimento, particularmente depois da Primeira Grande Guerra. Na União Soviética, como consequência da revolução comunista, o número de museus cresceu significativamente (de 114 em 1917 para 738 em 1934) e a ênfase na educação passou a ser prioritária. Os museus soviéticos mantinham uma estreita colaboração com as escolas, e muitos funcionavam como laboratórios abertos a quem pudesse utilizá-los. Em Moscou, um museu de brinquedos já apresentava as características interativas de alguns museus atuais.

Segundo Danilov (18), essa nova postura de relegar a segundo plano objetos históricos enfatizando as exposições interativas voltadas a educação do público em ciências firmou-se depois da Segunda Guerra Mundial. Ao invés de focalizar o passado, a maioria dos novos museus e centros de ciências passou a se preocupar com o presente e o futuro, e muitos deles não têm qualquer acervo histórico. Substituíram as coleções de objetos por exposições e experimentos destinados a um maior envolvimento e aprendizagem dos visitantes, além da preocupação em fornecer informações atualizadas em ciências e tecnologia de uma forma educativa e agradável. Dentro desse espírito, Danilov destaca algumas instituições criadas nas décadas de 50 a 70: o Oregon Museum of Science and Industry, o Fernbank Science Center, o Lawrence Hall of Science e o

Exploratorium, nos Estados Unidos. Fora dos Estados Unidos destaca o Evoluon na Holanda, o Ontario Science Centre no Canadá, o Science Museum de Tóquio e o Nagoya Municipal Science Museum, no Japão, e o Singapore Science Centre de Singapura.

Atualmente, há em todo mundo cerca de 35.000 museus dos mais variados tipos, e esse incremento quantitativo tem levado a uma intensa busca para um aprimoramento qualitativo. A preocupação em desligar-se da imagem elitista tradicional tem prevalecido desde as próprias edificações até o acervo, além da tendência de uma ligação maior com a realidade cotidiana, com o meio ambiente e a divulgação científica. Muitos museus de ciências, para melhor explicitar essa tendência, adotaram a denominação "centros de ciências" ou denominações equivalentes. Criou-se nos Estados Unidos, em 1973, em consequência desse movimento, a ASTC, Associação dos Centros de Ciência e Tecnologia, destinada a proporcionar tanto subsídios prático-teóricos como a promover projetos cooperativos, à qual são filiados boa parte dos 200 centros de ciências que, se avalia, lá existem. Esses centros de ciências recebem anualmente mais de 50 milhões de visitantes e procuram adotar práticas inovadoras que, em geral, têm como modelo alguns museus ou centros de ciências mais notáveis.

Segundo Saunier, (19) a partir da realidade norte-americana pode-se definir três grandes modelos de museus de ciências na atualidade:

- (I) o Exploratorium, fundado em São Francisco em 1969 "um museu inter e multidisciplinar que integra ciências, tecnologia e artes", na definição de Shaw(20). Na descrição de outros pesquisadores, Orchiston e Bhathal(21), no Exploratorium a ênfase é "predominantemente colocada em experimentos participativos que, em geral, não têm qualquer material de apoio". Seu criador, Frank Oppenheimer, queria algo mais que o modelo interativo do "apertar botões" que predominava na época. Para ele, uma fundamentação racional viável para um museu de ciências deve se basear na percepção sensorial humana. É necessário a interação física do usuário com o objeto exposto tendo

como veículo a percepção. O museu deve ter, por exemplo, "cinco seções principais baseadas respectivamente na audição, na visão, no paladar e no olfato, nas sensações tácteis (incluindo a percepção de quente e frio) e nos controles sensitivos que são a base do equilíbrio, da locomoção e da manipulação" (22). Saunier observa ainda que no Exploratorium "uma visita começa por uma ação ao invés da formulação de uma pesquisa, pela manipulação de coisas que mostram fenômenos como a refração, som e interferência numa variedade de contextos compreensíveis nos mais diferentes níveis de conhecimentos, ligados às situações da vida cotidiana" (23).

(II) o Centro de Ciências de Ontário, inaugurado em Toronto em 1969, numa edificação inovadora, representa o modelo que predomina entre os atuais centros de ciências. Tem, além da preocupação com a divulgação e popularização da ciência, o objetivo de apoiar a educação formal possibilitando inclusive a frequência regular de alunos, em convênio com as escolas, às suas instalações. Combina entretenimento e sistemas não-formais de instrução com uma grande variedade de atividades e demonstrações de todos os tipos, procurando familiarizar as pessoas com os conceitos físicos. Na descrição de Omand, no Centro de Ciências de Ontário "os visitantes podem observar hologramas, demonstrações com laser, jogar jogos de computador de complexidade variável, aprender como se faz papel, assistir um videotape sobre anticoncepcionais, manipular uma garra mecânica usada em tecnologia nuclear, pesquisar diferenças entre machos e fêmeas, centros de gravidade, examinar uma colmeia seccionada, descobrir princípios básicos de ecologia e adaptação e verificar, eles próprios, o que aprenderam" (24).

(III) o Epcot — "Experimental Prototype of the Community of Tomorrow", na Flórida é o terceiro modelo, bem diferente dos dois anteriores, mas que tem sido o precursor de uma nova geração de parques de diversões voltados à ciência e tecnologia. Para Saunier a tecnologia aqui "aparece em duas formas: ela está

tanto no instrumento utilizado - um computador de um quartel general subterrâneo dirige centenas de humanóides e robôs com forma de animais - como no tema apresentado: a comunicação de amanhã, biotecnologia e agricultura do futuro, novas formas de energia, transporte e conquista do espaço. Mas a magia tecnológica destina-se ao entretenimento, como um produto de Hollywood, é um objeto de pura curiosidade" (25).

Saunier mostra ainda que estes três modelos se reproduzem também na Europa, em particular na França. O primeiro através da Cidade das Ciências e da Indústria, em La Villette, Paris. Inaugurada em 1986, é o maior centro de comunicação da Europa voltado à divulgação da cultura científica e tecnológica, com uma grande variedade de atividades num só local: uma exposição permanente de ciência e tecnologia de 30000 m<sup>2</sup> de área, além de exposições temporárias, a Casa da Indústria, a Casa das Regiões da França, uma biblioteca que dispõe dos mais modernos e informatizados meios de consulta, um planetário, um "Inventorium" para crianças, etc. Assim como o Exploratorium, tem sua ênfase na síntese do conhecimento e na interação dos sentidos - ver, tocar, compreender - procurando levar os visitantes a pensar e agir por si próprios e fazer conexões com sua vida cotidiana. De acordo com análise de Roqueplo, "um museu como este deve servir como uma ferramenta para tornar indivíduos e a população mais amadurecidos, mais aptos a enfrentar a presença permanente da ciência e tecnologia em suas vidas diárias, a estar à altura do desenvolvimento da ciência e tecnologia atuais" (26).

O segundo modelo é representado pelo Palácio das Descobertas, criado em 1937, que se assemelha muito à maior parte dos grandes museus de ciências do mundo. Como os outros tem uma preocupação específica com a educação formal. Hamburger (27) observa que "a exposição é um excelente laboratório didático, mais completo do que qualquer escola pode ter, mas que exige do visitante um interesse prévio pela ciência e pelas experiências, porque já começa num nível razoavelmente avançado". Para Saunier, a popularização da ciência é apresentada de forma equilibrada, sem a preocupação exagerada com o espetáculo. Citando seu diretor Michel Hulin, para quem um dos

objetivos das exposições é "perturbar o equilíbrio entre os fatos diários e as novas formas de pensamento propostas", destaca o desejo de mostrar que o progresso da ciência e tecnologia se baseia numa mudança radical da nossa forma natural e espontânea de observar a realidade. (28)

O terceiro modelo, o parque das ciências da França, é o "Futuroscope", aberto em 1987, e que ocupa uma área de 1200 hectares. Concebido como um símbolo de um mundo em transformação, o objetivo do projeto é dar às pessoas uma experiência viva do século XXI. Procura colocar o público em contato com as novas tecnologias industriais, conscientizá-lo das transformações na sociedade e criar um ambiente que mostre os efeitos das inovações tecnológicas na nossa vida diária. Embora haja muitos pontos em contato com o EPCOT nos temas abordados e nos pavilhões que focalizam a tecnologia do futuro, para Saunier o conceito global foi inteiramente reformulado como um anteprojetado para uma sociedade futura: "Aqui o entretenimento é uma forma de atrair o interesse do público: o objetivo principal do projeto é a familiarização da sociedade com a tecnologia" (29).

Embora ainda haja atualmente em todo mundo museus que mantêm características antigas e ultrapassadas, o panorama atual mostra uma tendência de renovação que parece irreversível. Paradoxalmente, esta renovação nos leva às origens, ao clima e ambiente de inspiração que originou a própria palavra museu. Como afirma Bazin, "o museu do futuro vai se parecer cada vez mais com a academia de aprendizagem, o "museion" dos gregos"(30). Dentro deste movimento é inegável o papel desempenhado pelos museus e centro de ciências, que não só contribuíram para o resgate do significado de uma palavra — museu — como também deram a ela um sentido mais amplo. Os museus de ciências tendem a se tornar não só um lugar onde as pessoas têm um encontro com as conquistas passadas da humanidade mas também com a realidade dos dias atuais, e sobretudo com as perspectivas do mundo futuro.

### III) MUSEUS E CENTROS DE CIÊNCIAS NO BRASIL

No Brasil os museus de história natural sempre foram conhecidos como museus de ciências. Nesse sentido temos um dos mais antigos museus de ciências do mundo, o Museu Nacional. Criado por D. João VI a 6 de junho de 1818, com a denominação de Museu Real, dava continuidade à Casa de História Natural apelidada popularmente de "Casa dos Pássaros", criada pelo décimo-segundo vice-rei do Brasil, Luiz de Vasconcelos e Souza, e abandonada pelo seu sucessor. Seu acervo básico era constituído por uma coleção de mineralogia comprada a Werner, eminente professor de Friburgo, e mais tarde foi acrescido da coleção de zoologia de sábios naturalistas que viajaram pelo Brasil, como Langsdorff, Natterer e Von Sellow (1).

Seu objetivo inicial era essencialmente prático, como se pode notar no seu ato de criação: "Querendo propagar os conhecimentos e os estudos das Ciências Naturais do Reino do Brasil que encerram em si milhares de objetos dignos de observação e exame e que podem ser empregados em benefício do Comércio, da Indústria e das Artes, que muito desejo favorecer, como grandes mananciais de riqueza, hei por bem nesta corte que se estabeleça um Museu Real ..." (2).

Dessa forma, como afirma Ribeiro, "além de depositário das riquezas do Brasil, que lhe cabia identificar, científica e utilitariamente, o Museu se tornaria consultor do governo imperial para assuntos de interesse econômico, fossem eles mineralógicos, agrícolas ou industriais" (3). Durante a primeira metade do século XIX o acervo do museu se amplia com o recebimento de coleções antropológicas, mineralógicas, zoológicas e biológicas, formando um conjunto respeitável. Entretanto, na opinião de Schwarcz, sofrendo "de um

mal semelhante ao de outras instituições criadas por D. João, consideradas "efeitos de civilização", ou estabelecimentos sem raízes profundas, o museu conservava-se longe dos "padrões científicos" das instituições européias. O Museu Nacional parecia cumprir, naquele momento, papel antes de tudo comemorativo: espécie de depositário de coleções e curiosidades, expostas sem qualquer classificação ou delimitação científica" (4).

Além disso, só em 1821 a instituição é aberta ao público, com reservas, "na quinta-feira de cada semana, desde as dez horas da manhã à uma da tarde, não sendo dia santo, a todas as pessoas, assim estrangeiras como nacionais, que se fizerem dignas pelos seus conhecimentos e qualidades" (5).

A partir de 1876 o museu é reformado para tentar se equiparar aos mais avançados museus do mundo. É criada a revista "Archivos do Museu Nacional" uma publicação trimestral destinada ao relato dos trabalhos produzidos na instituição por pesquisadores nacionais ou estrangeiros convidados que, de certa forma, foi o símbolo dessa nova fase. É interessante destacar a definição dos objetivos do museu que o primeiro número de "Archivos" apresenta: "O Museu Nacional é destinado ao estudo da história natural, particularmente do Brasil e ao ensino das ciências físicas e naturais sobretudo em suas aplicações à agricultura, indústria e arte" (6).

O museu, então, oferece, além da revista, conferências sobre os diversos ramos da ciência, cursos públicos gratuitos e a ampliação do período de visitas para três dias por semana. Foi o seu apogeu, que perdurou até meados da década de 1920, que marca o fim do que alguns chamam "era dos museus" no Brasil.

É dessa época a criação de outro importante museu de ciências brasileiro, o Museu Paulista, inaugurado oficialmente em 26 de julho de 1894. A idéia inicial que levou à criação do museu estava ligada à construção de um monumento comemorativo à Independência do Brasil. Essa era uma pretensão que já havia surgido logo após as comemorações do segundo aniversário da independência e só começou a se concretizar em 1885, quando o projeto foi iniciado. O edifício, que era o próprio monumento, foi concluído em 1890 e

permaneceu desocupado até que nele se resolveu instalar um museu, reflexo da transformação cultural por que São Paulo passava na época, fruto do crescimento do comércio cafeeiro. O museu teve como ponto de partida a aquisição das coleções pertencentes a Joaquim Sertório, milionário paulistano, constituída de espécimens de história natural sem qualquer classificação, peças dos mais variados gêneros, objetos indígenas, quadros, mobiliário, etc.

Para dar ao museu um caráter científico e profissional, seguindo os moldes europeus, foi contratado como diretor, no mesmo ano de sua inauguração, o zoólogo alemão Hermann von Ihering que definiu como objeto do novo museu "estudar a história natural da América do Sul e em particular do Brasil, por meios científicos" (7). Em 1895 publicou-se o primeiro número da Revista do Museu Paulista onde, como lembra Schwarcz, se destaca "a preocupação com padrões de "cientificidade", apenas capazes de serem conseguidos a partir de regras de classificação corretas e de métodos pautados em modelos estrangeiros; e a alusão a uma espécie de "missão dos museus", enquanto órgãos com papéis de destaque, em função, no caso, da carência de universidades no país".(8)

Ihering dirigiu o museu até 1915 procurando sempre aproximá-lo dos modelos dos museus americanos e europeus. Seu substituto, Affonso D'Escrangnolle Taunay, até os anos 30, pelo menos, mantém a característica básica do museu como local de estudos e pesquisas em ciências naturais. Entretanto, assim como o Museu Nacional, o Museu Paulista também sofreu, a partir da década de 20, um processo de decadência como museu de ciências, tendo redefinidos seus projetos e pesquisas iniciais. Sua seção de biologia foi transferida, a partir de 1927, para o Instituto Biológico, recém-criado, e em 1939 sua seção de zoologia é transferida à Secretaria da Agricultura tornando-se mais tarde o Museu de Zoologia da USP. O Museu Paulista, a partir de 1935, é integrado à USP como instituição complementar.

Outro dos nossos museus de ciências que floresceu na "era dos museus" foi o Museu Paraense. Fundado em 6 de outubro de 1866, exerceria, segundo Ferreira Penna, seu mentor inicial, o papel de uma academia, já que Belém, cidade onde se localizava, não tinha escolas superiores ou entidades de cunho científico. Seu principal objetivo era "o estudo da natureza amazônica, de sua flora e fauna, da constituição geológica, rochas e minerais, da geografia da imensa região bem como assuntos correlatos com a história do Pará e da Amazônia" (9). Depois de algumas dificuldades que levaram à sua extinção, em 1888, o museu é reinaugurado em 1891 e ganha novo impulso em 1893, com a contratação, para dirigi-lo, do zoólogo suíço Emílio Goeldi que, assim como Ihering no Museu Paulista, procura fazer do seu museu uma cópia fiel dos museus europeus. Segundo La Penha, Goeldi deu também a essa instituição uma vocação divulgadora: "Ele tinha essa idéia de transmitir o conhecimento para a grande população. Dizia que o dinheiro que sustentava a instituição vinha do povo (na época o Museu era estadual), conseqüentemente, aquele grupo seletivo de cientistas que vivia do dinheiro do povo tinha a obrigação de repartir com este mesmo povo o conhecimento que ele adquiria sobre a floresta amazônica. Ele tentou várias atividades: foi o primeiro a montar uma exposição permanente (obviamente em estilo que lembra um gabinete de curiosidades do século XVIII); inaugurou palestras públicas, oportunas pelo interesse despertado pelo debate da borracha. Tudo isso se esvaiu em cinzas aí por volta de 1920 e só voltamos a pegar no assunto em 1985" (10).

Emílio Goeldi ficou no museu até 1907. Em 1931 o museu passa a se denominar Museu Paraense Emílio Goeldi, em razão não só do seu trabalho no museu, mas sobretudo pela contribuição que deu ao Barão do Rio Branco na questão de delimitação de fronteiras entre o Amapá e a Guiana Francesa, nos anos 1897/99.

A partir da década de 20, como o Museu Nacional e o Museu Paulista, o Museu Paraense também entra em decadência. Esse fenômeno deveu-se, entre outros fatores, ao sucesso da ciência aplicada, como aquela praticada, por exemplo, em institutos como o Agrônomo de Campinas e o de Manguinhos. Para Schwartzmann, "na experiência da

educação técnica, nos sucessos alcançados na cultura de saúde pública por alguns feitos expressivos na área da agricultura e pecuária, a ciência aplicada brasileira parece ter atingido seu auge nas primeiras décadas do século" (11). Nesse sentido a produção dos museus, de resultados de difícil aplicação imediata, era pouco valorizada, o que se refletia nos seus cada vez mais poucos recursos. Schwarcz lembra ainda que "o novo momento impunha aos museus a dura condição de desmembramento e perda de autonomia com a concomitante vinculação a outros institutos e, no caso paulistano, à recém-criada universidade" (12).

Da década de 20 até a década de 80 destaca-se, em termos de museus de ciências, apenas a criação do Museu do Instituto Butantan, em 1957. O Instituto Butantan originou-se do trabalho de Vital Brazil, mineiro de Campanha, médico no interior de São Paulo que, por volta do final do século XIX, preocupava-se com a necessidade de atender os casos de envenenamento por animais peçonhentos; na época, só no estado de S. Paulo, o número desses casos chegava a 3.000 por ano. Trabalhava na fazenda Butantan, onde "dispunha de um laboratório improvisado, uma cocheira adaptada para enfermaria, uma sangria de cavalos imunizados e um pavilhão para acondicionamento e distribuição de soros" (13). Em 1901, o presidente Rodrigues Alves criou oficialmente o Instituto Butantan que, além do estudo de animais peçonhentos se tornou um dos principais produtores de soros e vacinas do Brasil. O Museu do Instituto Butantan, uma unidade do instituto, além de divulgar o seu trabalho, "é um museu de história natural voltado à exibição de ofídios, artrópodes peçonhentos (aranhas e escorpiões) e tópicos de saúde pública abrangendo, principalmente, doenças causadas por animais". (14). Provavelmente devido à grande presença de público visitante, o Museu do Instituto Butantan adquiriu uma característica que, ao mesmo tempo que o distingue da maior parte dos museus nacionais, tende a colocá-lo em pé de igualdade com os modernos museus de ciências de todo mundo: a preocupação com sua função educativa. Essa preocupação se acentuou a partir de 1984, desencadeada por um episódio aparentemente corriqueiro: uma doença de pele numa anaconda (sucuri), ocorrida durante a semana da criança, obrigou o pessoal do museu a

medicá-la sem poder retirá-la da exposição. Preocupados com a reação dos visitantes, sobretudo as crianças, foi elaborado um texto em linguagem coloquial, informando que ela estava doente, precisando de tratamento e solicitando ao público que colaborasse não a perturbando e que voltasse a visitá-la "para ver se estamos tratando dela direitinho" (15). O resultado foi surpreendente: crianças que visitavam o museu com suas escolas durante a semana voltavam no fim de semana com seus familiares para ver como estava se desenvolvendo o tratamento. O corpo técnico do museu percebeu, então, a necessidade de modificar a forma de comunicação com o público, já que a linguagem científica era distante, fria, e dificilmente compreendida pelo leigo, porque era escrita por "homens de ciência" (16). A partir de então a comunicação com o visitante passou a ser reformulada - além da linguagem técnica adotou-se também uma linguagem coloquial, e o que é mais interessante, partindo da perspectiva do próprio animal exposto. Uma cobra (cobra verde ou boiubu), por exemplo, está colocada num "diorama vivo", ou seja, um terrário com arranjos de pedras, vegetação e cenários pintados ao fundo que reproduzem as condições naturais, inclusive refúgios onde pode se esconder obrigando o visitante a procurá-la. Junto a esse diorama, através de um texto escrito propositalmente em letras manuscritas semelhantes às usadas em histórias em quadrinhos, a cobra dialoga com o visitante: "Eu sou a filó. Sou verde porque ainda não amadureci (foi só uma piadinha! hi! hi! hi!). Olha bem para mim! Você tem olhos? Eu, também! Você tem boca e nariz? Eu, também! Puxa, somos parecidos !!! E, ouvidos, você tem? Pois eu não tenho! Como toda cobra eu sou surda. Eu não ouço coisa alguma, mas sinto quando você chega perto de mim porque o chão treme. Eu sinto esse tremor pelo meu esqueleto em contato com o chão. Minha língua é bífida (dividida na ponta) e, com ela, consigo sentir cheiros que seu nariz humano não consegue. Ah! só um pouco de aula de anatomia: nós, as cobras, temos cérebro, coração, pulmão, rins, fígado, pâncreas, intestino. Mas, tudo isso é bem comprido para caber em nosso corpo cilíndrico, tá?" (17).

Este é o tom dos textos da exposição, destinada ao público infanto-juvenil e voltada à educação ambiental, sob o lema "Na natureza não existem vilões"; compõe-se de

dioramas vivos, modelos, desenhos e fotos, procurando valorizar todos os seres vivos, e objetivando a interação harmônica do homem com o meio, natural ou artificial. Procura ainda desmistificar os animais peçonhentos que, por não serem bem conhecidos ou considerados "vilões", são vítimas de descaso e matança indiscriminada, colocando em risco a diversidade de espécies e o equilíbrio ecológico.

Além dessa exposição básica, o museu mantém ainda exposições de curta duração, atividades educativas especiais dentro e fora do museu, realizando, ainda, pesquisas nessa área, como uma análise do processo ensino-aprendizagem desenvolvida durante as visitas às suas exposições, que abordaremos no capítulo seguinte.

A reformulação sofrida pelo Museu do Instituto Butantan, na década passada, coincide com um movimento de criação de museus, centros de ciências e iniciativas do gênero em todo Brasil. O Museu Goeldi criou, em 1985, sua Divisão de Educação Científica, e o Observatório Nacional, no mesmo ano, criou o Museu de Astronomia e Ciências Afins. A Universidade de S. Paulo criou, em seu câmpus de S. Carlos, em 1981, a CDCC — Coordenadoria de Divulgação Científica e Cultural, e em S. Paulo passou a desenvolver, em colaboração com Instituto de Física, um programa de grandes exposições iniciado em 1986, com a aproximação do cometa Halley, e que hoje apresenta a exposição "Física - do Caleidoscópio ao Carrossel". Incorporou ainda a "Estação Ciência", criada em 1987 pelo Ministério da Ciência e Tecnologia. Surgiram ainda o CIC - Centro Interdisciplinar de Ciências, criado pelo IBCEC no câmpus da USP, o Museu Dinâmico de Campinas, criado pelo Núcleo Interdisciplinar para a Melhoria do Ensino de Ciências, na Unicamp, o Espaço Ciência Viva no Rio de Janeiro, a Estação Ciência da Paraíba e muitos outros de menor porte, entre os quais o Centro Interdisciplinar de Ciências de Cruzeiro que coordenamos, e que é objeto de um estudo específico no capítulo VI deste trabalho.

Boa parte destas iniciativas teve como ponto de partida a criação, em S. Paulo, em 1950, do IBCEC- Instituto Brasileiro de Educação Ciência e Cultura, vinculado a Universidade de São Paulo e à UNESCO. "O IBCEC foi criado com a finalidade de

estimular professores e alunos a "praticar" Ciências. Para tanto, se propunha a desenvolver atividades tais como: feiras, museus, clubes de Ciências, pesquisa, treinamento de professores, produção de material didático, etc." (18). Desde a sua criação, portanto, dois foram os objetivos prioritários do IBCEC: a melhoria do ensino de Ciências e a introdução do método experimental nas escolas de 1º e 2º graus. Nesse sentido, o instituto voltou-se à produção de um material instrucional que enfatizasse a experimentação e a familiaridade com uma verdadeira atividade científica. "Ainda na década de 50, o IBCEC iniciou um projeto denominado Iniciação às Ciências, que se constitui na produção de kits para os alunos de 1º e 2º graus. Os kits eram compostos por uma caixa, contendo material para a execução de experimentos, um manual com instruções para a sua execução e um folheto com leitura suplementar sobre assuntos de Física, Química e Biologia. O objetivo dos kits era capacitar os alunos, mesmo fora do ambiente escolar, a realizar experimentos e encontrar soluções por si próprios, desenvolvendo, dessa forma, uma atividade científica" (19).

No final da década de 50, o impacto do lançamento do primeiro satélite artificial pelo soviéticos, o Sputnik, levou os países ocidentais, sobretudo os Estados Unidos e a Inglaterra a questionar e repensar o ensino de ciências em suas escolas o que resultou na criação de alguns novos projetos curriculares. O IBCEC engajou-se nessa tarefa, traduzindo e adaptando essas propostas e produzindo o material experimental que elas exigiam, contando, entre outros, com o apoio do CECISP- Centro de Ciências de São Paulo <sup>☒</sup>, criado em 1965, e da FUNBEC- Fundação para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências, fundada em 1966.

O IBCEC-FUNBEC desenvolveu, assim, até o final da década de 60, um total de 15 projetos para o ensino de 1º e 2º graus. Merecem destaque alguns projetos originais: além da Iniciação às Ciências, já citada, a Coleção Mirim com 30 kits, a Coleção Cientistas de Amanhã com 21 kits e o Projeto Ciências para o Curso Primário, com quatro livros-textos para o aluno e quatro guias para o professor.

---

<sup>☒</sup> Nos livros-texto a sigla CECISP aparece como Centro de Treinamento de Professores de Ciências.

A partir de 1971, com o impacto da promulgação da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, o então Ministério da Educação e Cultura criou o Projeto de Expansão e Melhoria do Ensino (PREMEN), em 1972, dando grande impulso à produção de materiais didáticos de ciências em nosso país e, como consequência, às atividades do IBEC-FUNBECC. Nessa época, além de novas coleções de kits e de um Laboratório Portátil de Física, Biologia e Química que permitia o desenvolvimento de atividades experimentais em sala de aula surgiu, ainda em 1972, o projeto "Os Cientistas", sem dúvida a mais importante iniciativa voltada à divulgação científica desenvolvida no Brasil até os nossos dias. Segundo Krasilchik (20), uma das convicções dos professores do IBEC, na época, era a de que seria possível modificar a atitude do professor em relação ao ensino de ciências, tornando-o mais efetivo e relevante, através do aluno. Acreditavam que as crianças e adolescentes que tinham acesso a um material experimental poderiam, através de seu interesse e entusiasmo, contagiar professores e outros estudantes. Além disso eles "acreditavam também que era importante que a população em geral tivesse uma visão apropriada do processo de desenvolvimento científico".

Estas foram algumas das idéias básicas que levaram à elaboração de "Os Cientistas" que se constituiu numa coleção de 50 kits contendo cada um a biografia de um cientista, um manual de instrução e material para a realização de experimentos. A escolha do cientista-tema de cada kit dependia de sua importância na história da ciência, da possibilidade de realização de experiências em casa e da preocupação em abordar as principais áreas da Física, Química e Biologia. Uma associação entre a FUNBEC e a Editora Abril viabilizou o projeto que, sob o ponto de vista editorial, foi um grande sucesso: sua primeira edição, Newton, vendeu 200.000 kits, as outras edições tiveram uma redução, normal nesse tipo de empreendimento, até atingir um patamar estável de vendas de 50.000 kits. Para Krasilchik, "este fato indica um interesse latente pela ciência, que nem sempre é adequadamente explorado pelos educadores na explicação do que realmente constitui o verdadeiro papel da ciência"(21).

A partir de 1980, o IBECC e a FUNBEC tiveram suas atividades gradativamente reduzidas, destacando-se apenas a publicação, iniciada ainda em 1980, da Revista de Ensino de Ciências, hoje extinta, e o projeto de difusão de Centros Interdisciplinares de Ciências, a que vamos nos referir mais adiante. De qualquer, forma o impacto de sua atuação propiciou, certamente, o aparecimento de outras iniciativas do gênero. Uma delas é a CDCC — Coordenadoria de Divulgação Científica e Cultural, do Instituto de Física e Química de São Carlos, da Universidade de São Paulo.

A CDCC tem sua origem no I Simpósio de Integração Universidade - Escolas de 1º e 2º Graus realizado em São Carlos, em novembro de 1979, "com o objetivo de contribuir para romper, a nível regional, a barreira que tradicionalmente separa o ensino básico do universitário" (22). Nele, professores dos três níveis de ensino de diferentes especialidades e instituições puderam participar de uma ampla discussão, de grupos de trabalho e recomendações. O grupo de trabalho da área de ciências experimentais apresentou um total de seis recomendações, sugerindo, basicamente, que professores de Física, Química e Biologia do Instituto de Física e Química de São Carlos e do Departamento de Biologia da Universidade Federal de São Carlos oferecessem cursos de instrumentação a professores e preparassem um conjunto de protótipos e roteiros para as práticas experimentais do 1º e 2º graus. Essas proposições resultaram na criação subsequente da CDCC em 27 de janeiro de 1981, instalada no prédio onde a USP iniciou suas atividades em São Carlos, um casarão histórico de 1750 m<sup>2</sup> de área construída e três pavimentos, no centro da cidade. São seus objetivos:

I - Promover a integração Universidade - Comunidade facultando a esta o acesso aos meios e resultados da produção científica e cultural da Universidade.

II - Motivar o cidadão, em especial o jovem, promovendo e orientando atividades planejadas, que visam despertar o interesse para a Ciência e para a Cultura.

III - Programar e realizar pesquisa de meios educacionais alternativos" (23)

Para a consecução desses objetivos a CDCC tem contado com o apoio do CNPq, CAPES/PADCT, Vitae e Secretaria de Educação do Estado de S. Paulo, dispõe de professores universitários envolvidos institucionalmente, funcionários e bolsistas. Desenvolve um trabalho de treinamento de professores de ciências e atua também diretamente junto ao aluno, oferecendo a ele atividades que não pode desenvolver na escola. Para tanto dispõe de oficina, uma biblioteca muito procurada, com uma boa quantidade de meios auxiliares, como mapas e vídeos, um observatório astronômico e um "museu vivo" de ciências, com experimentos nas áreas de Física e Biologia. Desenvolve um projeto de educação ambiental na Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Lobo, que tem contado com a participação de 8.000 crianças por ano, em visitas através de excursões.

O investimento maior da CDCC, entretanto, tem sido a chamada "experimentoteca". Trata-se de "um conjunto de experimentos veiculados pelos programas curriculares de ciências das quintas às oitavas séries do 1º grau. Os vários experimentos, para fins de seu uso prático, são apresentados sob a forma de kits acompanhados de folhas de instruções tanto para alunos como para professores" (24). O nome "experimentoteca" foi escolhido porque os kits são retirados para a utilização nas escolas da mesma forma que o são os livros de uma biblioteca. Os protótipos desses kits começaram a ser produzidos em 1984 e tiveram seu uso iniciado parcialmente em 1985. Sua utilização, inicialmente restrita a S. Carlos, estende-se hoje a 13 localidades de todo o Brasil, do Pará à Santa Catarina. É, sem dúvida, uma inovação didático-pedagógica com possibilidade de dar condições efetivas para que a experimentação seja utilizada de forma corriqueira e continua em sala de aula. Os experimentos, concebidos com material de boa qualidade, são projetados para serem utilizados em salas de aula comuns, dispensando instalações especiais; e nesse sentido lembram o Laboratório Portátil criado pela FUNBEC em 1976. A avaliação desse projeto por uma equipe da Universidade Federal de São Carlos, está em andamento, entretanto, pode-se adiantar que a ampliação constante do número de usuários desse material ao longo destes anos mostra que ele tem atingido seus objetivos.

É interessante notar que a CDCC seria, de acordo com a abordagem de Saunier, a que nos referimos no capítulo anterior, um centro de ciências que se aproxima do modelo do Centro de Ciências de Ontário, sobretudo por sua preocupação com o ensino formal. Aliás, na CDCC essa é a preocupação básica, o que a distingue um pouco desse modelo onde o museu tem um grande destaque e é entendido também como um elemento de apoio à educação formal. Na CDCC, como afirma seu coordenador, Dietrich Schiel, "o museu não é essencial, o museu é um chamariz" (25).

Outras iniciativas dão prioridade ao museu e têm, nessa abordagem, um modelo mais próximo do Exploratorium. É o caso da Estação Ciência. Instalada em antigos galpões que já abrigaram uma fábrica têxtil e armazéns ferroviários construídos na década de 30, tem entre seus objetivos iniciais "ampliar a cultura científica dos cidadãos, envolvendo-os no processo de elaboração da ciência, estabelecendo contato com os fenômenos naturais, com os princípios físicos e com novas fenomenologias, num ambiente lúdico que anima a participação" (26). Num amplo espaço, possui seções de Geografia e Astronomia, com destaque para um painel da via Láctea <sup>☒</sup>, holografia do Sistema Solar e um globo terrestre, todos de grandes dimensões. No espaço reservado à meteorologia há uma maquete de uma estação meteorológica completa; em História grandes painéis, as cortinas do tempo, contam a história da cidade de S. Paulo, do final do século XIX até nossos dias. Em Física, a preocupação é desmistificá-la "como ciência afastada do cotidiano e de difícil compreensão. Os visitantes deixam de "ouvir falar" para visualizar o experimento, tocá-lo, fazendo com que as coisas aconteçam" (27). Dispõe para isso de máquinas eletrostáticas, experimentos de eletromagnetismo, instrumentos mecânicos e óticos, laser, etc. A Matemática está relacionada com a computação, utilizando jogos em microcomputadores. A Biologia voltou-se a um tema pouco abordado,

---

<sup>☒</sup> Os experimentos, demonstrações, objetos, etc., aqui citados, tanto em relação à Estação Ciência como em relação a outros museus ou centros de ciências a que vamos nos referir mais adiante, foram vistos pessoalmente ou se baseiam em relatos de artigos, textos e folhetos de divulgação.

as aves urbanas, além de uma seção do Instituto Butantan com gaveteiros, que podem ser manipulados pelos visitantes.

Dirigidas prioritariamente para crianças e jovens, as exposições têm um caráter interativo, são orientadas por monitores e atingiam, já no ano de sua inauguração (1987), uma frequência diária de 2.000 visitantes (28).

Assim como a Estação Ciência, outras instituições centram sua atividade no chamado museu vivo ou interativo. É o caso do CIC — Centro Interdisciplinar de Ciências, localizado no câmpus da USP, em S. Paulo. Por iniciativa do IBECC - Instituto Brasileiro de Educação Ciência e Cultura, Seção S. Paulo, foi inaugurado em 1984 e instalado inicialmente em antigos e abandonados vestiários do CEPEUSP (Centro de Práticas Esportivas da USP). Apresenta exposições de Física, Química, Biologia e Matemática, enfatizando seu caráter interativo e a possibilidade da reprodução dos experimentos expostos pelos visitantes, em geral construídos com material acessível, de baixo custo, além de oferecer suas instalações a alunos e professores do 1º e 2º graus para o desenvolvimento de projetos e atividades experimentais. A partir de 1989, todas as exposições passam a se localizar num só espaço, "um espaço colorido e bonito, que lembra um circo. Na verdade é um grande laboratório, onde você aprende Ciência, e, ao mesmo tempo passa algumas horas se divertindo" (29). Contando com dois pisos, o superior para exposições permanentes e o inferior para manipulações, o CIC tem dirigido sua atenção prioritariamente às crianças da pré-escola e do 1º grau, promovendo visitas monitoradas que aliam ensino a lazer.

Ainda no câmpus da USP, a exposição permanente "Física - Do Caleidoscópio ao Carrossel", localizada no prédio do Departamento de Energia Mecânica da Escola Politécnica é, na prática, um museu interativo de ciências. Originada de um programa de divulgação científica iniciado em 1986, com a exposição "Halley em Máxima Aproximação", realizada pelo IFUSP em colaboração com IAG, foi seguida da "1ª Exposição de Tecnologia: Energia" em 1987, que contou com a participação de 12

unidades da USP e das companhias CESP e CPFL, e culminou com a exposição "Ondas, Campos e Partículas", organizada pelo "Programa Ciência e Educação", em 1988. Esta exposição, reformulada e ampliada, foi reinaugurada em 1990 com a nova e atual denominação. Voltada à Física, procura não só familiarizar o visitante com seus conceitos básicos mas, sobretudo, fazer com que ele os vivencie concretamente. É o que ocorre, por exemplo, através da máquina eletrostática que arrepiava seus cabelos, ou do carrossel onde se sente os efeitos resultantes da conservação do momento angular. Merecem destaque ainda as exposições "40 anos de Méson Pi", inaugurada em 1988, "Descoberta dos Chuveiros Penetrantes nos Raios Cósmicos", inaugurada em 1990 e "Uma História da Física Nuclear" inaugurada em 1992. Segundo o prof. Ernst Hamburger, que as promoveu, o seu objetivo principal foi "resgatar a memória científica nacional" (30). Na primeira destacou-se a importante participação de um físico brasileiro, César Lattes, na segunda há a primeira pesquisa em Física de importância internacional, realizada no Brasil, e a terceira é destinada "a resgatar a história da Física Nuclear no país nos seus primeiros dias e que se confunde com o início da história da Física no Brasil" (31).

Outras iniciativas merecem destaque. O Espaço Ciência Viva no Rio de Janeiro, por exemplo, que além de manter um museu vivo "onde as pessoas podem se envolver diretamente no processo de experimentação científica, num ambiente em que as atividades embora sérias e concretas, possuem também o aspecto lúdico e mágico" (32), tem um programa de treinamento e reciclagem de professores. Realiza ainda eventos de divulgação científica para o público em praças, ruas e escolas que mereceu destaque num polêmico artigo publicado pelo professor Michael Shortland, na revista Nature, como exemplo a ser seguido em propostas de divulgação científica: "O professor Bazin leva sua trupe para as favelas e convida moradores a observar as estrelas, examinar a poluição das águas, e analisar amostras de fezes trazidas para diagnóstico por trabalhadores e compositores. Este é um grito distante por uma noção de ciência como entretenimento, aventura e correto divertimento" (33).

Atividades semelhantes são desenvolvidas pelo Museu Goeldi através de sua Divisão de Educação Científica, junto às comunidades carentes da periferia de Belém, além

do programa "O Museu vai à praia" desenvolvido a partir de caixas ou gaveteiros levados às praias, que podem ser manipulados pelas pessoas, e cujo conteúdo tem priorizado a preservação ambiental. Foi inspirado num programa semelhante criado pelo MAST - Museu de Astronomia e Ciências Afins, do Rio de Janeiro, um museu que desde a sua criação voltou-se para a divulgação científica, para um modelo inspirado nos centros de ciências internacionais. No primeiro plano diretor do MAST destaca-se "uma concepção de Museu vivo e atuante, uma instituição educativa interdisciplinar dinâmica, capaz de atuar, concomitantemente, como um centro de estudos para a preservação da identidade de nossa cultura científica. Longe de caracterizar-se como depósito de peças antigas, expostas estaticamente, o museu deve buscar sempre arrojadas soluções estéticas e pedagógicas de modo a motivar o público visitante, estimulando-o intelectualmente para participar ativamente nas demonstrações dos fenômenos naturais básicos e dos encadeamentos do pensamento científico" (34).

O MAST foi criado em 8 de março de 1985, como uma unidade de pesquisa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, CNPq. Tendo como ponto de partida o Observatório Nacional, era, originalmente, um Museu de Astronomia; hoje pretende ser um museu de ciência e tecnologia num sentido mais amplo. Dispõe de laboratórios de ótica e mecânica, "constituídos de forma a provocar um envolvimento direto do público visitante, e que servem de apoio experimental para o ensino de ciências para alunos de 1º e 2º graus". Promove exposições onde tem "procurado explorar, através de módulos interativos aplicados a situações simplificadas, o uso de instrumentos técnico-científicos, assim como trabalhar noções básicas das ciências, através de jogos especialmente elaborados para um microcomputador. Mais do que isto, as exposições expressam elas mesmas, uma dimensão educativa na medida em que revelam aspectos históricos das ciências e das instituições" (35). Criou o "Parque da Ciência", um conjunto de brinquedos distribuídos ao longo dos jardins do museu, que procuravam explorar princípios da Física, hoje desativado por dificuldades técnicas. Também desativou o programa "O Museu vai à praia", a que nos referimos anteriormente, mas criou um programa periódico de atividades realizado nos jardins do museu, destinado à crianças, denominado "Brincando com a Ciência", que procura motivá-las para a compreensão de fenômenos físicos através de uma interação lúdica com os experimentos apresentados.

Além dessas atividades, o museu oferece um programa de observação do céu, promove cursos, seminários e publica cadernos de ciência e astronomia.

Há ainda outras instituições que poderiam ser citadas, mas acreditamos que estas aqui apresentadas representam um panorama significativo do que se realiza nessa área no Brasil. É importante lembrar ainda que, ao contrário do que acontece nos continentes norte-americano e europeu, onde museus e sobretudo centros de ciências são denominações que, ao menos em nossas pesquisas, sempre se referem a instituições semelhantes, no Brasil isto não ocorre. Há um grande número de instituições denominadas Centro de Ciências que não têm as características que aqui temos apresentado. Essa denominação, além de ser utilizada para centros de pesquisa em algumas universidades, surgiu no Brasil com a criação, no período de 1963 a 1965, por iniciativa do então Ministério da Educação e Cultura, de seis instituições: o Centro de Ciências do Rio Grande do Sul - CECIRS, o Centro de Ciências de S. Paulo - CECISP, o Centro de Ciências da Guanabara - CECIGUA, o Centro de Ciências de Minas Gerais - CECIMIG, o Centro de Ciências da Bahia - CECIBA e o Centro de Ensino de Ciências do Nordeste - CECINE.

Estas instituições, originalmente ligadas às universidades, estão voltadas à assessoria de professores, com a realização de cursos, palestras, produção de material instrucional, publicação de revistas, e atividades afins. O antigo CECIGUA, hoje CECIRJ (Centro de Ciências do Rio de Janeiro), talvez o mais atuante desses Centros de Ciências, é um exemplo significativo. Vinculado à Secretaria de Estado de Ciência e Tecnologia, orienta as suas atividades à melhoria do ensino de ciências, sobretudo em escolas de 1<sup>o</sup> grau do Estado do Rio de Janeiro. Tem, atualmente, como principal projeto, a formação continuada de professores, destinado a professores vindos de cursos de magistério. Embora estas instituições, eventualmente, desenvolvam alguma atividade na área da difusão científica, não é esse o foco de sua atuação. Não são estes os "centros de ciências" a que nos referimos neste trabalho, pois faltam a eles o compromisso com a educação informal e, principalmente, o espaço, o ambiente, o "templo das musas".

## IV. MUSEUS E CENTROS DE CIÊNCIAS: CONCEITUAÇÃO E PESQUISAS

### 1. Introdução

Museus de ciências ou centros de ciências são denominações utilizadas por instituições de todo mundo e que, excetuando-se a preocupação com as ciências de um modo geral, não as caracterizam de forma clara ou definida, como acontece por exemplo com museus de arte ou zoológicos. Os objetivos, atividades, funções, instalações, público-alvo, etc., variam de instituição para instituição, sobretudo no Brasil: torna-se necessário, então, definir o que, entendemos, seja um museu ou centro de ciências ou, pelo menos, estabelecer claramente que características tem a instituição que é objeto deste trabalho.

Para tanto parece-nos conveniente, de início, adotar uma conceituação de educação formal, não-formal e informal proposta por Dib. Nesta conceituação a educação formal está ligada à escola, "corresponde a um modelo sistemático e organizado de ensino, estruturado segundo determinadas leis e normas, apresentando um currículo relativamente rígido em termos de objetivos, conteúdo e metodologia" (1). A educação não-formal se caracteriza por processos educativos com currículos e metodologias flexíveis, centrado no estudante, geralmente voltados ao ensino individualizado, auto-instrutivo, como o ensino por correspondência, ensino à distância, universidade aberta, etc.. Coombs (2) acrescenta ainda que a educação não-formal é conscientemente organizada, opera fora da estrutura formal e se destina a servir a grupos particulares da população. A educação informal distingue-se tanto da educação formal como da não-formal, uma vez que não contempla necessariamente a estrutura dos currículos tradicionais, não oferece graus ou diplomas, não tem caráter obrigatório de qualquer natureza e não se destina exclusivamente aos estudantes, mas também ao público em geral.

Estas características da educação informal são, em síntese, as características básicas do que entendemos como museu ou centro de ciências, ou seja, museus e centros de ciências são, essencialmente, instituições de educação informal. Este é o ponto de

partida para a sua conceituação, entretanto, esta conceituação nos leva inicialmente a duas questões ainda polêmicas: I) É possível o ensino informal de ciências se ele implica, com raríssimas exceções, numa abordagem superficial que não permite uma compreensão mais aprofundada de seus conceitos básicos? II) É viável o processo ensino-aprendizagem num ambiente informal como um museu ou centro de ciências?

Dessa forma, a nosso ver, só se pode conceber uma instituição de educação informal voltada para o ensino de ciência se tivermos respostas válidas a estas questões, ou seja, se é viável e relevante uma abordagem superficial em ciências e se essa abordagem pode ser feita, de forma produtiva, num ambiente informal. É a estas respostas que dedicamos este capítulo. Em relação à primeira questão vamos introduzir o conceito de "alfabetização" em ciências, discutindo não só a sua necessidade, que parece consensual, mas também que instituições podem se encarregar adequadamente dessa tarefa e, em relação à segunda questão, apresentamos um panorama crítico das pesquisas realizadas na área, seus resultados e as indicações que elas oferecem para a compreensão do processo ensino-aprendizagem em museus e centros de ciências.

## **2. A "alfabetização" em ciências**

### **2.1 - Conceito**

O conceito de alfabetização em ciências (science literacy) tem merecido, nos últimos anos, a atenção de muitos educadores e pesquisadores. Inúmeras pesquisas realizadas em países desenvolvidos têm chegado à conclusão de que a maior parte de sua população não pode ser considerada "cientificamente alfabetizada". Um trabalho (16) apresenta, como exemplo, as respostas obtidas de adultos, em 48 estados americanos, à pergunta: o que é DNA?. Apenas 2% do total de entrevistados deu a resposta correta, 27% acertaram parcialmente, 63% não responderam e 2% afirmaram "é um veneno...". É claro que apenas estes dados não permitem avaliar qual parcela da população americana é alfabetizada em ciências, sobretudo porque este é um conceito recente que ainda não tem critérios definidos. Entretanto, algumas abordagens tem sido propostas. Uma delas, sugerida por Shen (4) e que tem tido boa aceitação, apresenta como idéia principal a

classificação da alfabetização em ciências em três espécies: (I) *prática*: tipo de conhecimento técnico ou científico que ajuda a resolver problemas práticos, de uso imediato, (II) *cívica*: conhecimento científico que permite ao cidadão atuar politicamente, de forma consciente, e (III) *cultural*: conhecimento cuja motivação reside no desejo de estar a par das conquistas científicas da humanidade.

Outra abordagem foi proposta numa pesquisa da National Science Foundation dos Estados Unidos, realizada em 1979, que tinha, implícitos, três critérios para definir uma pessoa como alfabetizada em ciências:

- 1) Compreensão da abordagem científica
- 2) Compreensão dos conceitos científicos básicos
- 3) Compreensão das questões de política científica (5)

Para a Royal Society da Grã-Bretanha, a alfabetização em ciências é importante para:

- "(i) indivíduos, para sua satisfação pessoal e bem estar;
- (ii) cidadãos, para participarem de uma sociedade democrática;
- (iii) trabalhadores especializados ou semi-especializados, cujos empregos têm, atualmente, algum envolvimento científico;
- (iv) executivos de empresas ou associações profissionais e sindicatos, para auxiliá-los a tomar decisões num ambiente científico;
- (v) os responsáveis pelas decisões mais importantes da nossa sociedade, particularmente da indústria ou governo, onde poucas questões, se é que existem, deixam de ter aspecto técnico ou científico" (6).

Um relatório da AAAS, Associação Americana para o Progresso da Ciência, "Ciência para Todos os Americanos", de 1990, afirma que a alfabetização em ciências implica em "estar familiarizado com a natureza e reconhecer tanto sua diversidade como unidade; compreender conceitos chaves e princípios da ciência; estar consciente de algumas das formas importantes pelas quais a ciência, a matemática e a tecnologia interagem; saber que ciência, matemática e tecnologia são criações do homem, do que decorrem sua força e suas limitações; capacitar-se para uma forma científica de pensamento e usar o conhecimento científico e hábitos mentais para propósitos sociais e individuais".(7)

Outras abordagens procuram estabelecer quais conhecimentos e habilidades são necessários para que alguém seja considerado alfabetizado em ciências como, por exemplo, o conhecimento dos seus princípios básicos e a consciência do impacto da ciência e da tecnologia na sociedade (8). Outros acrescentam a habilidade de aplicar conceitos científicos à vida cotidiana, usando uma metodologia científica (9).

Há ainda outros critérios, como a capacidade de compreender criticamente um artigo científico numa revista ou jornal (10), mas a compreensão da realidade em que se vive, a capacidade de compreender e enfrentar os desafios do mundo atual, quer seja em relação à problemas de saúde, à preservação do meio ambiente ou a questionamentos de ordem política e social são, em linhas gerais, os critérios consensualmente mais aceitos para se considerar alguém "alfabetizado" em ciências.

## 2.2 - O papel da escola

A questão que nos parece relevante e que deve ser enfrentada é quem deve se encarregar dessa tarefa, da alfabetização em ciências, e como. É óbvio que uma parcela substancial caberá à escola: é ela que dá as noções básicas, desde a alfabetização propriamente dita às primeiras operações aritméticas, que permitirão às pessoas a aquisição de uma cultura científica básica. Entretanto, é preciso refletir se a escola, com sua estrutura institucional, seus currículos, programas e horários e, mais do que isso, seu compromisso com a formação do técnico, profissional ou cientista, pode acompanhar o explosivo desenvolvimento científico atual. A escola tem como matéria prima o conhecimento organizado, sistematizado, o que forçosamente retarda a sua atualização, já que as conquistas da ciência e da tecnologia obviamente não acompanham a seqüência curricular. Por outro lado, a inclusão de um novo conceito ou uma nova descoberta nessa estrutura curricular exige um certo tempo, não só em função de dificuldades materiais e até mesmo burocráticas, como também em razão da prudência que faz necessário esperar até que o novo conhecimento se consolide. O episódio da fusão a frio é, entre muitos, um exemplo recente que torna evidente a necessidade dessa prudência. Além disso, o professor, nem sempre preparado ou atualizado é, freqüentemente, um sério obstáculo à introdução de novos conteúdos ou estratégias que permitam um ensino voltado à realidade ou aos acontecimentos do dia-a-dia.

Outra limitação da escola reside em suas instalações, equipamentos e laboratórios, sempre restritos e orientados à suas aplicações pedagógicas. Mesmo que existam, sejam adequados e atualizados, dificilmente permitirão ou oferecerão espaço para atividades puramente qualitativas, informativas ou mesmo voltadas apenas para o encantamento e a emoção. Tanto experimentos que demonstrem ou evidenciem as mais recentes conquistas da ciência como hologramas, fenômenos de supercondutividade, aplicações de fibras óticas, como também outros ligados à história da ciência ou até mesmo curiosidades científicas como máquinas eletrostáticas, dispositivos hidráulicos, caleidoscópios e carrosséis, etc., raramente têm lugar no rol de práticas experimentais escolares, porque

fogem à possibilidade de uma utilização didática tradicional ou à seqüência curricular previamente programada.

Podemos concluir, portanto, que a alfabetização em ciências não pode depender apenas da escola, não só por todas estas razões como também porque muitos já não mais a freqüentam. A maioria das pessoas passa a maior parte de suas vidas fora da escola e, particularmente nos países subdesenvolvidos, ela é ineficiente e nem sempre está ao alcance da população.

### **2.3 - O papel da mídia impressa e eletrônica**

O papel da mídia impressa e eletrônica na alfabetização ou na popularização da ciência tem sido quase sempre considerado insatisfatório, tanto a nível nacional como internacional. Em relação à imprensa, sobretudo o jornalismo diário, destacam-se a superficialidade, a ausência de crítica, a mitificação e supervalorização da ciência e dos cientistas. Nelkin ressalta a freqüente utilização de metáforas, classificando os cientistas como magos capazes de operar milagres, descobridores da verdade e dos segredos do conhecimento. São pioneiros na luta contra a doença ou na conquista das forças da natureza, estão engajados na revolução da biotecnologia, da informática e na produção de novas formas de energia. A ciência, por sua vez, é apresentada como "a solução para dilemas espinhosos, um meio para alcançar a certeza num mundo de incertezas" (11).

É interessante notar que, embora os jornalistas tenham essa postura idealizada em relação aos cientistas, a recíproca não é verdadeira - os cientistas, em geral, são extremamente críticos em relação ao trabalho dos jornalistas. Na realidade o que ocorre é um impasse quase insolúvel de interesses e objetivos entre ambos. Para um jornalista, se os resultados de uma pesquisa científica dão indicações de interesse do seu público leitor, como a cura de uma doença grave, por exemplo, eles devem ser divulgados independentemente de maiores confirmações. Um jornal não é uma publicação científica e, como afirma Petit, "não é gravado nas tábuas do Sinai" (12): se houver erro eles podem ser corrigidos. Outro jornalista, Wilkie, afirma sem rodeios que a função dos jornalistas é

vender jornais; eles não têm o objetivo de educar o público (13). Para ele a responsabilidade pela divulgação científica deveria ser assumida pela própria comunidade científica, que deveria, antes de tudo, preocupar-se em aprender a se comunicar com o público - nas raras vezes que tenta fazê-lo produz textos desinteressantes, pouco objetivos e compreensíveis.

Dessa forma temos, de um lado, aqueles que dominam a técnica da comunicação mas não entendem o objeto dessa comunicação e, de outro, os que dominam esse objeto mas não sabem comunicar-se. É importante lembrar que esta é uma situação que ocorre predominantemente na área científica. Em outros campos da atividade humana como artes, esportes, política e até mesmo economia, há jornalistas especializados capazes de desenvolver um trabalho de boa qualidade, que têm condições de entender, analisar e criticar o objeto de suas matérias. Em ciências, o jornalista, mesmo tendo uma boa formação científica, o que é raríssimo, depende sempre do relato do cientista, de noções ou informações que lhe são passadas em algumas horas, ou até minutos, sobre trabalhos que levaram anos para serem realizados. Como agravante eles dispõem, via de regra, de um número limitado de palavras para elaborar seu texto e freqüentemente são obrigados ainda a sintetizá-lo, por razões editoriais, uma tarefa quase impossível de ser realizada adequadamente por quem mal domina o seu conteúdo.

Do jornalismo diário a publicações de periodicidade mais esparsa, como revistas, por exemplo, acreditamos que haja uma melhora significativa, embora ainda assim se observem críticas ácidas de boa parte da comunidade científica. Essas críticas, é claro, não se referem às publicações editadas por essa comunidade, mas a revistas de informação ou de divulgação científica destinadas ao grande público. De qualquer forma, neste caso, o espaço maior destinado às matérias, a menor concorrência com eventos diários de maior apelo, entre outros fatores, permitem o aparecimento, vez por outra, de textos de boa qualidade.

Quanto à televisão, o quadro se assemelha ao do jornalismo diário. Encontramos desde críticas como as de Weiner, que não poupa nem os programas educativos que, a seu ver, costumam deixar nos espectadores "confusas lembranças de supernovas, delfins e pigmeus" (14), às ponderações de La Follete que praticamente estende à televisão todas as restrições aqui enunciadas em relação ao jornalismo diário, às quais acrescenta a veiculação de "uma multidão de imagens imprecisas e exageradas" (15). É importante ainda notar que a televisão, assim como o rádio, não aborda a ciência apenas em programas específicos, praticamente restritos às chamadas emissoras educativas. Pelo contrário, certamente a maior parte das informações de natureza científica que estes veículos difundem é transmitida ao longo de sua programação normal: novelas, noticiários, entrevistas, etc. Nelas, astrólogos ou astrônomos, todos são cientistas, e a ciência do senso comum se difunde livremente na voz dos apresentadores, na graça dos comediantes ou no faz-de-conta das novelas. Também aqui vale lembrar, o objetivo é conquistar audiência, não ensinar ciências, o que implicaria impor novas idéias e conhecimentos, rever pré-concepções e preconceitos, desafiar o raciocínio. Provavelmente não é isso o que a maioria das pessoas espera ao sintonizar um programa de rádio ou televisão.

Parece-nos claro, finalmente, que a mídia impressa e eletrônica, mais do que promotora de uma cultura ou de uma alfabetização em ciências, é um reflexo do ambiente cultural que retrata. Na medida em que esse ambiente cultural se enriqueça, o nível de exigência do seu público será maior e, obrigatoriamente, melhor será a qualidade do seu trabalho.

#### **2.4 - O papel dos museus e centros de ciências**

Desde que se entenda um museu ou centro de ciências como uma instituição de educação informal, parece-nos óbvio que ela deva voltar-se à alfabetização em ciências, como seu objetivo principal. Da mesma forma, museus e centros de ciências certamente poderão desenvolver essa tarefa em condições mais favoráveis que a escola, pois não têm as limitações de uma instituição de ensino formal, e com maior competência que a

mídia impressa e eletrônica pois, entre outros fatores, estão livres das imposições de seus empresários em busca de lucro e audiência.

Para quem vive no nosso país, entretanto, esta idéia pode parecer uma ficção: como esperar o desenvolvimento de uma função tão relevante por um tipo de instituição que praticamente não existe? Não há resposta a esta pergunta, o que se pode fazer é proporcionar condições para que essas instituições sejam criadas. Uma dessas condições é justificar de forma convincente a necessidade de sua existência, e este é um dos objetivos deste trabalho.

Além disso, é importante notar que a demanda da nossa população em relação à ciência e tecnologia é considerável. Uma pesquisa realizada pelo Instituto Gallup para o Ministério da Ciência e Tecnologia, o CNPq e o MAST, durante os meses de janeiro e fevereiro de 1987, em cerca de 200 cidades brasileiras revelou, entre outras coisas, que 40% da população tem "algum interesse" por ciência, 31% tem "muito interesse" e 20% dos brasileiros adultos, um número que supera os 10 milhões de habitantes, "estudam ou procuram conhecer algum ramo da Ciência" (16). Infelizmente a pesquisa não abordou crianças e jovens com menos de 18 anos, público preferencial dos museus e centros de ciências; a nosso ver, isso poderia trazer resultados mais expressivos, já que o percentual no "perfil do público de alto interesse" cresce a medida que decresce a faixa etária, atingindo o índice máximo de 25% na faixa dos 18 aos 24 anos. De qualquer forma pode-se afirmar que há um amplo mercado inexplorado por esse tipo de instituição em nosso país.

Esta situação não é a mesma em outros países, como nos Estados Unidos, onde a freqüência a centros de ciências supera a casa de 50 milhões de pessoas anualmente, número que se torna pelo menos três vezes maior se incluirmos outros tipos de museus e zoológicos(17).

Deve-se lembrar ainda que a influência das atividades dos museus e centros de ciências não se limita aos seus visitantes; ela tem ação indireta também sobre os próprios

meios de comunicação, que neles podem encontrar o material necessário para desenvolver sua função e, reciprocamente, divulgar essas atividades.

É claro que existe aqui, implícito, o pressuposto de que a ação educacional nessas instituições seja efetiva, o que nos parece pode ser confirmado pelas inúmeras pesquisas realizadas nessa área em todo mundo e das quais apresentamos, a seguir, uma síntese.

### **3. Ensino e aprendizagem em museus e centros de ciências**

Um dos objetivos comuns a todos os museus e centros de ciências é ensinar ciências. Desde que ensinar não implica necessariamente em aprender, o alcance desse objetivo só pode ser verificado se alguma forma de avaliação for realizada. Entretanto, as características dessa instituição têm, nesse sentido, oferecido dificuldades ainda não superadas. Robert Semper, diretor do Exploratorium, sintetiza com muita propriedade esta situação: "Educadores, cientistas e "designers" que trabalham em centros de ciências sentem, instintivamente, que uma educação significativa está ocorrendo e muitos educadores têm um impressionante repertório de relatos de casos que evidenciam que ela de fato ocorre. Mas a exata natureza do processo de aprendizagem em centros de ciências não é inteiramente compreendida". (18)

É importante ressaltar que o número de pesquisas realizadas em museus e centros de ciências é significativo. Mais de 100 artigos foram publicados nos últimos cinco anos, em revistas como *Science Education*, *Journal of Research in Science Teaching*, *Curator*, *Museum News*, *Visitor Studies Conference Proceedings* e *ILVS*; entretanto como relata Serrel, "quando se procura respostas específicas sobre ensino e aprendizagem há muito mais suposições e teorias do que dados" (19). Esta é, na nossa opinião, uma situação que não surpreende. Museus e centros de ciências são instituições relativamente recentes; não encontraram ainda um referencial teórico adequado. As teorias pedagógicas, desde as mais antigas propostas pelos filósofos gregos às mais recentes, têm sido sempre vinculadas à educação formal, ou seja, à escola. Só ultimamente é que se observa a procura de modelos adequados ao processo ensino-aprendizagem que ocorre, ou pode

ocorrer, nos museus e centros de ciências, e esta é também uma contribuição que este trabalho pretende oferecer.

Parece-nos essencial aqui, inicialmente, traçar um panorama do que tem sido realizado nesta área mais recentemente. Procuramos dar um ordenamento nesta revisão, reunindo as tendências mais comuns que encontramos nas pesquisas examinadas. Vamos abordar primeiro aquelas que enfocam o comportamento dos visitantes(3.1), em seguida as que abordam e discutem as formas de expor e apresentar objetos e experimentos(3.2), a seguir as que discutem a avaliação das suas atividades(3.3) e, a seguir, as que discutem a sua utilização como laboratórios de pesquisa(3.4). Finalmente, como conclusão, apresentamos algumas relações, implicações ou tendências encontradas entre teorias de aprendizagem e afins e os museus e centros de ciências (3.5).

### **3.1 - A análise do comportamento dos visitantes**

A idéia básica destas pesquisas é obter indicações a respeito da eficiência de um objeto ou experimento exposto, principalmente em relação à aprendizagem, a partir do comportamento dos visitantes. Um interessante estudo realizado por Falk (20) procurou avaliar a aprendizagem cognitiva do visitante de uma forma "inobstrusiva" (sem dar na vista). Estabeleceu a hipótese de que dois elementos, comportamento observável e tempo de observação de um objeto ou experimento exposto, analisados simultaneamente, podem oferecer indicações de aprendizagem sem que haja necessidade de se interagir diretamente com o visitante. O estudo foi realizado em 1978 no salão de biologia humana do Museu Britânico, devido a possibilidade de se utilizar o circuito fechado de televisão lá existente. Foram selecionados estudantes de 12 a 13 anos, que costumavam freqüentar o museu para realizar trabalhos escolares, submetidos a um pré-teste na chegada e um pós-teste ao passarem pela lanchonete, em média uma hora depois terem passado pela exposição sobre nervos e hormônios escolhida pelos pesquisadores como objeto do estudo. A avaliação foi feita a partir de gravações em vídeo, utilizando como instrumento uma complexa análise quantitativa do tempo de observação e do comportamento observado durante esse tempo. Segundo o autor, os resultados mostraram a viabilidade de

sua hipótese, havendo uma concordância de 83% entre as previsões realizadas através dos seus instrumentos de avaliação e os resultados obtidos a partir dos testes. Foi possível concluir, desta forma, que a aprendizagem existe e pode ser avaliada à distância.

Ainda nesta linha, há um outro trabalho do mesmo autor (21), realizado no Museu de História Natural da Flórida, procurando estabelecer de que forma os profissionais de museu podem prever o mais precisamente possível a aprendizagem do visitante. Segundo seus autores, essa aprendizagem pode ser vista a partir de três perspectivas: (I) a do objeto ou experimento exposto, segundo a qual o fator determinante do comportamento e conseqüente aprendizagem do visitante é o que está exposto, a sua apresentação, iluminação, textos informativos, etc; (II) a do visitante, pela qual o fator mais relevante é sua experiência e conhecimento anterior, e (III) a da locação (setting), segundo a qual o comportamento e conseqüente aprendizagem do visitante é determinado, basicamente, por fatores sócio-ambientais e independe da qualidade dos objetos expostos ou de sua bagagem cultural (algo como o comportamento de uma pessoa num teatro ou cinema, que não depende do espetáculo nem da bagagem cultural de cada um).

Para verificar qual das perspectivas é dominante, os pesquisadores seguiram os visitantes ao longo de toda a sua estada no museu, utilizando, sobretudo, os instrumentos de observação a que nos referimos no trabalho anterior. A pesquisa mostrou que praticamente todos os visitantes comportam-se da mesma maneira: partem de uma certa desorientação inicial, quando às vezes recorrem ao auxílio de outros, até encontrar a exposição onde sua atenção se fixa. Durante cerca de 30 a 45 minutos o nível de atenção permanece uniforme quando passa a se desviar dos objetos expostos para o ambiente. Estas observações, após uma cuidadosa análise, permitiram aos pesquisadores concluir que a perspectiva dominante é a da locação, ou seja, o que está exposto ou a bagagem cultural do visitante tornam-se irrelevantes em relação ao comportamento do visitante, devido à predominância das características do ambiente.

Ainda nesta linha encontramos uma das poucas pesquisas nacionais sobre aprendizagem em museus de ciências, uma análise do aprendizado do visitante do Museu do Instituto Butantan, em S. Paulo (22). Numa pesquisa, definida pelos autores como "naturalística", fundada num referencial teórico associacionista, procurou-se avaliar o aprendizado do visitante em relação a cinco objetivos instrucionais definidos pelos pesquisadores: "reconhecimento de semelhanças e diferenças de serpentes com outros animais e de animais do mesmo grupo (classe); identificação do Instituto Butantan como centro de pesquisa biológica e biomédica e produtor de imunobiológicos; reconhecimento (citação) dos tipos de reprodução que se encontra nos ofídios; conhecimento da fosseta loreal em serpentes; reconhecimento de aranhas brasileiras de interesse médico". Estabeleceu-se como condição principal de aprendizagem o tempo de observação das exposições. Para isso, foi estabelecido um "tempo ótimo de observação", tempo médio gasto por seis visitantes de 15 a 20 anos, escolhidos ao acaso, para a inteira compreensão de cinco exposições correspondentes aos objetivos propostos, verificada posteriormente através de um pós-teste.

Estabelecidos estes valores, foram observados e avaliados 120 visitantes em quatro faixas etárias de 30 visitantes cada: de 7 a 12 anos, 13 a 17 anos, 18 a 23 anos e de mais de 24 anos. Verificou-se que um tempo de observação maior ou igual ao tempo ótimo de observação "é uma condição importante de aprendizado em um museu", detectando-se ainda fatores que podem ter influenciado positiva ou negativamente nesse tempo como o "poder de atração" da exposição, sua adequação ao público e a adequação das legendas informativas. Observou-se também que a interação entre os visitantes "aumenta o interesse, o poder de atração, o tempo de observação das exposições". Em relação aos "resultados da aprendizagem" formulados pela teoria de Gagné, os autores verificaram "aprendizado em graus diversos, correlacionados com algumas condições museológicas que não são unicamente determinantes". Concluem ainda que a transmissão de informações no museu "nos leva à pesquisa museográfica, para a atratividade e

adequabilidade das exposições, mas fazendo parte do processo museológico da integração visitante-objeto-museu".

O comportamento de crianças em excursões a zôos, museus e centros de ciências também tem sido objeto de diversas pesquisas. Uma delas, de Carlisle (23), por exemplo, procura obter indicações sobre o que a criança vê, quanto tempo permanece olhando e que nível de interação ela desenvolve com cada objeto ou experimento exposto. Os resultados são pouco conclusivos, mas dão indicações interessantes. O centro de ciências proporciona às crianças uma experiência ao mesmo tempo solitária e social. Muitas fazem observações sozinhas para depois partilhar sua experiência com os colegas e, de forma geral, essa partilha e outros comportamentos cooperativos são dominantes. A interação social com seus pares é o comportamento que prevalece.

O comportamento de visitas de famílias também tem despertado muito interesse. Um estudo de Diamond (24), realizado em dois grandes museus, o Exploratorium e o Lawrence Hall, dá indicações interessantes na mesma direção do trabalho anterior. Sua autora conclui que há fortes evidências de que a interação entre os visitantes, na aprendizagem, é muito importante, e, além disso, que a interação espontânea entre familiares, nesse sentido, tem papel decisivo e deve merecer maiores investigações.

### **3.2 - Objetos e experimentos - formas de expor e apresentar**

Há pouco tempo, o maior número de pesquisas realizadas nos centros de ciências se relacionava aos objetos e experimentos expostos, procurando formas de os construir, expor e apresentar de maneira mais eficiente, em termos de aprendizagem. Dentro dessas pesquisas, há uma linha que adota um ponto de vista extremamente prático, e que pode ser sintetizada nas palavras de MacNamara: "Apesar da ausência de teorias úteis sobre como os visitantes aprendem em museus, nós podemos melhorar nossas exposições através de metodologias pragmáticas e empíricas, pesquisando cuidadosa e sistematicamente o relacionamento entre visitantes e o que está exposto em nosso próprios museus" (25). Esta é, em princípio, uma técnica de construir experimentos ou

montar exposições, denominada *avaliação formativa*, que consiste numa ação desenvolvida em parceria com o visitante, num processo de ajustes sucessivos. Partindo da idéia ou protótipo do criador da exposição ou do experimento, vai sendo modelado pelas reações dos visitantes, durante uma fase de testes que se confunde com a própria concepção final. Um trabalho de Linn (26), denominando esse processo de "informed decision making", descreve como esse procedimento foi desenvolvido na construção e instalação de um telescópio no Lawrence Hall of Science da Califórnia. Outro, de Jarret (27), descreve o mesmo processo, na elaboração de uma exposição sobre mutações no Museu Britânico. A característica principal desse processo é que os dados obtidos através das avaliações realizadas durante a construção são aproveitados imediatamente, sem que haja um questionamento ou preocupação específica em compreender porque uma abordagem ou forma é mais eficiente do que outra.

A forma de apresentação do material exposto também é objeto de diversas pesquisas. Algumas, como é o caso de McManus (28), ainda na linha empírico-pragmática, recomendam maior atenção na elaboração de etiquetas ou pequenos textos, pois mostram que os visitantes lêem mais do que aparentam. Os resultados obtidos permitem à autora afirmar que, embora seja improvável que todos os visitantes leiam todos os textos, é certo que isso ocorre quase sempre parcialmente, em geral até que o visitante tenha uma idéia do que é ou do objetivo do material ao qual o texto se refere. Há ainda trabalhos que focalizam as apresentações de experimentos por monitores. Um deles, exposto por Chambers (29), crítica o excesso de explicações baseadas em respostas prontas e verdades definidas. Segundo sua autora, isto prejudica a compreensão, por parte do visitante, de como se desenvolve o processo científico.

Entretanto, a tendência mais forte que se observa atualmente nesta área são os materiais interativos ou "hands-on experiences". Trata-se, em síntese, de objetos ou experimentos que podem ser manipulados pelos visitantes, tanto no sentido de ver um fenômeno ou fazer uma verificação, como desenvolver uma atividade lúdica. Não são simplesmente dispositivos acionados por botões, que se limitam a ligar ou desligar

equipamentos, motores, luzes, etc. e que têm respostas pré-determinadas, mas dispositivos que dão ao visitante a oportunidade real de experimentar, verificar, sentir ou divertir-se com fenômenos ou princípios científicos. Segundo Quin (30), eles são uma resposta ou uma reação aos materiais estáticos dos museus de ciências tradicionais, e a motivação dos que os projetam é conseguir um nível de compreensão da ciência mais amplo e aprofundado. Muitos museus já apresentavam há muito tempo materiais deste tipo, como o Museu de Ciências de Munique e o Palácio das Descobertas de Paris, mas foi o Exploratorium quem os utilizou maciçamente. Entretanto, muitos pesquisadores lembram as dificuldades práticas que aparecem na sua elaboração. Danilov ressalta que "os experimentos são geralmente projetados para explicar um princípio científico ou aplicação tecnológica, e freqüentemente utilizam partes móveis que são caras, quebram muito e exigem atenção constante. Muitas vezes, ainda, são feitos em tamanhos inadequados e as atividades não levam em consideração a capacidade de compreensão, a força física e o nível de interesse dos visitantes mais jovens" (31).

A eficiência em termos de aprendizagem, e mesmo de atração de público destes dispositivos, entretanto, parecem compensar as dificuldades. Inúmeras pesquisas mostram que eles de fato promovem a aprendizagem dos conceitos e idéias para os quais foram projetados, embora o nível de interatividade que promove essa aprendizagem seja discutível. Uma pesquisa de Eason e Linn (32) mostra que dois materiais abordando o mesmo tema, princípios de ótica geométrica, sendo um interativo e outro apenas demonstrativo, operado por botões, promoveram o mesmo nível de aprendizagem, o que mais uma vez ressalta a dificuldade de determinar que variáveis realmente são críticas no processo de aprendizagem em centros de ciências.

Muitos centros de ciências têm procurado criar recintos destinados especificamente ao material interativo, que costumam ser denominados "salas de descoberta". A Academia de Ciências da Califórnia, por exemplo, tem uma sala de descoberta descrita num trabalho de Diamond et al (33) de aproximadamente 50 m<sup>2</sup> onde os visitantes dispõem de 18 "caixas de descoberta", 4 gavetas de espécimens, 80 tipos de peles, ossos, fósseis,

objetos naturais, montagens, trajes de 11 países, dispositivo demonstrativo das fases da Lua, globo terrestre, esqueleto, aquário, quebra-cabeças, jogos e biblioteca infantil, com fichário de informação, cabines, mesas e bancos. Uma cuidadosa pesquisa de observação do comportamento dos freqüentadores numa dessas salas, relatada por White e Barry (34), mostrou que elas proporcionam um ambiente onde os visitantes efetivamente manipulam e pesquisam através do material oferecido, e que a exploração possibilita uma aprendizagem significativa. O resultado mais importante dessa pesquisa é a sua conclusão de que a aprendizagem não depende apenas do material mas também das interações sociais que o ambiente propicia. Segundo White, porém, "embora haja dezenas de salas de descoberta em centros de ciências americanos, falta ainda um estudo comparativo do comportamento dos seus freqüentadores, além de poucos dados e certezas sobre seus usos, usuários, impacto e relação custo-benefício" (35).

### **3.3 - A avaliação das atividades dos museus de ciências**

As características peculiares dos museus e centros de ciências tornam a avaliação de suas atividades uma tarefa muito difícil, embora intensamente pesquisada. Pode-se dizer que toda pesquisa neles realizada tem componentes direta ou indiretamente ligados à sua avaliação. Quando se observa o comportamento de um visitante, ou se verifica a eficiência de um objeto exposto, estão sendo avaliados também, indiretamente, o ambiente em que os visitantes e os objetos se encontram, ou seja, os museus e centros de ciências.

Embora haja quem não acredite que essa seja uma tarefa essencial, como Bettleston, diretor do Cardiffs New Techniques, que afirma: "A principal coisa que eu quero que meus visitantes digam é "eu gostei, foi divertido". Se eles não o disseram, estou perdendo meu tempo" (36), a nosso ver este não é o ponto de vista da grande maioria dos pesquisadores, e sobretudo daqueles que têm a responsabilidade de gerir recursos para instituições educacionais. O que parece importante é distinguir a aprendizagem informal da aprendizagem escolar, formal, e buscar instrumentos para esta avaliação. Nesse sentido, além dos processos quantitativos, como estatísticas de freqüência, questionários de

opinião, pré e pós-testes e o acompanhamento controlado de indivíduos ou grupos, há ainda tentativas alternativas, como obter indicações através da lembrança ou memória dos visitantes como um trabalho de Stevenson (37), ou ainda a tentativa de obter dados à distância, sem interação direta com os visitantes. Com isto se pretende evitar a alteração que a presença e a ação de pesquisadores provoca no ambiente e, é claro, no resultado final da avaliação. Um exemplo típico é o trabalho de Lucas e McManus (38), realizado por um grupo de pesquisadores no Museu Britânico e no Parque de La Villete, através de gravações em vídeo do comportamento e de diálogos dos visitantes, e posterior análise. Os autores reconhecem as dificuldades que este procedimento oferece para obtenção de resultados conclusivos, mas acreditam que é um caminho promissor.

Esta aliás tem sido, com variações, a conclusão na maioria das pesquisas de avaliação em centros de ciências. Como bem coloca Smith: "É possível avaliar cientificamente o impacto de um museu? Será mesmo possível saber realmente que influência uma exibição teve na vida de uma criança? A resposta a estas questões é um sonoro talvez" (39).

### **3.4 - Os museus como laboratórios de pesquisa em educação e comunicação**

A presença de um grande número de pessoas de idades e níveis de escolaridade diferentes, num ambiente repleto de estímulos projetados para promover o ensino e a aprendizagem dos mais variados aspectos da ciência, torna os museus e centros de ciências um local extremamente adequado para o estudo de como as pessoas aprendem. Não estamos nos referindo aqui às pesquisas que relatamos anteriormente, mas às pesquisas que apenas utilizam o ambiente dos centros de ciências para verificar hipóteses não ligadas especificamente a eles. Um exemplo característico é um trabalho realizado por Feher (40), destinado a verificar e modificar as pré-concepções que as pessoas, principalmente crianças, têm sobre a luz. Explora duas pré-concepções sobre a formação de sombras, a primeira em que a sombra é explicada como sendo projetada pelo objeto que a produz sobre um anteparo quando a luz nele incide, e a segunda, o chamado modelo holístico, segundo o qual cada ponto de uma fonte de luz emite apenas um raio e a

forma da fonte se propaga, como um todo, projetando-se no anteparo. Através do conjunto de experimentos denominado "Sombras Sofisticadas", criado pelos projetistas do Exploratorium, foi possível trabalhar criticamente estas concepções e promover a sua mudança conceitual. Há diversos trabalhos realizados em centros de ciências nessa linha de pesquisa. Entretanto outros pesquisadores utilizam o ambiente do centros de ciências não só para pesquisa em aprendizagem, mas também para avaliar hipóteses ligadas à psicologia e à sociologia.

Esta possibilidade oferecida pelos centros de ciências é muito importante e deve ser estimulada. Segundo Feher: "Além do seu efeito nos materiais e programas de nossas instituições, as atividades de pesquisa produzem o cruzamento de idéias e o envolvimento de profissionais de outras disciplinas nas atividades do museu". Acrescenta ainda que esse trabalho de cooperação "eleva a estatura intelectual dos museus de ciências e seu papel de centros voltados para a inovação" (41).

### **3.5 - Os centros de ciências e as teorias de aprendizagem**

Como vimos neste breve relato, a preocupação com a aprendizagem em centro de ciências é uma constante. Pode-se afirmar que todo objeto ou experimento exposto é pensado e projetado com o objetivo de transmitir algum tipo de informação ou conteúdo, mas nem sempre, como vimos, esse projeto segue indicações de alguma teoria pedagógica. Às vezes ele é desenvolvido através do processo pragmático-empírico da avaliação formativa, ou ainda é fruto apenas da experiência e intuição do seu criador.

Algumas teorias, entretanto, têm tido forte influência na concepção de exposições e experimentos, e dos próprios centros de ciências. É o caso de idéias pedagógicas muito em voga nos anos 60, como as de Dewey (42) e Bruner (43), que deram grande impulso ao chamado ensino por descoberta e levaram muitos museus a criar materiais projetados para a redescoberta de alguns princípios ou conceitos científicos. De forma mais ampla pode-se dizer que toda atividade aberta, sem uma orientação definida para o visitante,

baseada na esperança de estimular o raciocínio indutivo, está fundamentada nessas idéias.

A idéia da aprendizagem afetiva proposta por Bloom (44) segundo a qual o processo de aprendizagem cognitiva é melhorado quando seguido de um envolvimento emocional favorável, tem influenciado projetos de materiais e programas de centros de ciências. Para Roberts, "o papel da afetividade na aprendizagem deve ter um interesse particular para os profissionais de museus, uma vez que a natureza do nosso meio é profundamente afetiva. É a natureza de nossa instituição - multisensorial, tridimensional, interativa - que apela tão fortemente para a parte do cérebro ligada ao espaço, imagem e afeto" (45). Pode-se dizer que atividades lúdicas, agradáveis, objetos e experimentos expostos ou projetados para produzir impacto ou emoção fundamentam-se na idéia da aprendizagem afetiva.

A teoria de Piaget tem influenciado decisivamente a tendência mais difundida nos centros de ciências ultimamente, a dos experimentos interativos ou "hands-on experiments". Segundo Piaget, a aprendizagem é fruto da interação ativa entre o aprendiz e os objetos, e esta é a base teórica de todas estas iniciativas, que se torna evidente quando observamos a significativa simultaneidade entre a difusão de sua teoria nos Estados Unidos e o incremento de centros de ciências interativos americanos. Outros aspectos da teoria piagetiana, como o respeito aos estágios de desenvolvimento cognitivo da criança, tem influenciado as atividades propostas. Em síntese, como afirma Black, "Sua teoria está sendo aplicada quando o ambiente de aprendizagem em ciências envolve muitas habilidades motoras e sensoriais, apresenta instrumentos e objetos reais e proporciona oportunidades de manipulação de conceitos concretos e abstratos. Embora alguns pesquisadores questionem a idéia de que as pessoas passem por estágios em idades pré-determinadas, eles ainda aceitam seu conceito de que o desenvolvimento se processa seqüencialmente. Seu trabalho sugere que, mesmo quando adultos, muitos de nós retrocedemos ao estágio das operações concretas quando nos confrontamos com situações não familiares, o que pode explicar porque muitos adultos são vistos em museus de ciências envolvidos animadamente com experimentos concebidos para crianças" (46).

Há ainda tendências teóricas mais recentes que começam a influenciar o trabalhos dos pesquisadores. Black relaciona, entre outras, a teoria de Vygotsky, com sua ênfase na aprendizagem como fruto da interação social, o conceito de aprendizagem cooperativa, as teorias sobre aprendizagem interdisciplinar, o conceito de "apprenticeship learning" e a teoria de Howard Gardner sobre inteligências múltiplas. Essas teorias têm ocasionado, ainda, iniciativas isoladas, pioneiras, mas devem se disseminar com mais intensidade futuramente. O que se verifica é que parece não haver, entre os pesquisadores, a convicção de que possa existir um referencial teórico específico para aprendizagem nos museus e centros de ciências. A tendência pragmático-empirista tem prevalecido ao lado de formulações teóricas que, muitas vezes, surgem para justificar procedimentos e atividades ditados apenas pela experiência e intuição.

#### **4. A necessidade de um referencial teórico**

Acreditamos que ao longo deste capítulo alguns pontos básicos foram colocados: a conceituação dos museus e centros de ciências como instituições de educação informal, a necessidade de uma alfabetização em ciências e o papel relevante que estas instituições podem desempenhar nesse sentido e, finalmente, a possibilidade de que nelas o processo ensino-aprendizagem ocorra de forma efetiva.

Entretanto, apesar das inúmeras pesquisas realizadas, parece-nos indispensável buscar para estas instituições um referencial teórico específico em relação ao processo ensino-aprendizagem que nelas ocorre. Não basta, a nosso ver, sentir ou mesmo verificar efetivamente que lá a aprendizagem existe, e que seus visitantes de alguma forma adquirem noções e conceitos científicos. É preciso procurar entender melhor de que maneira esse processo se desenvolve e, talvez mais importante ainda, de que forma essa aprendizagem informal interage com a aprendizagem formal, mais rigorosa e aprofundada, dessas mesmas noções e conceitos científicos. Não basta conceituar ou definir os objetivos de uma instituição educacional, é preciso entender e avaliar suas potencialidades, qual é, enfim, sua proposta pedagógica. A este objetivo, à busca de indicações válidas a essa proposta, vamos dedicar os capítulos restantes deste trabalho.

## **V. UM REFERENCIAL TEÓRICO PARA A APRENDIZAGEM EM MUSEUS E CENTROS DE CIÊNCIAS**

### **1. Introdução**

A aplicação de uma teoria pedagógica ou psicológica ao ensino não é uma tarefa trivial. Entre a formulação de seus princípios, idéias e propostas e sua aplicação à realidade da sala de aula, por exemplo, há um longo caminho intermediado por pesquisadores e professores que os interpretam, adaptam e às vezes promovem extrapolações que chegam até a contrariar sua própria fundamentação teórica. Propostas como o ensino pela redescoberta ou a formulação de "métodos piagetianos de ensino" são exemplos que mostram como uma deficiente compreensão da teoria, aliada a disseminação de chavões ou slogans que acabaram por se tornar verdades doutrinárias, redundaram em práticas pedagógicas equivocadas, frustrando esforços de inúmeros educadores.

O que nos parece razoável é buscar, numa teoria, indicações que validem procedimentos pedagógicos específicos. Se não se pode falar em uma didática piagetiana, por exemplo, é possível fundamentar-se esses procedimentos em aspectos ou determinados princípios dessa teoria. É claro que estas indicações devem estar inseridas num contexto coerente, dentro da mesma linha pedagógica. Seria inconcebível, por exemplo, propor-se práticas de inspiração piagetiana num contexto de ensino behaviourista.

Estas considerações nos parecem particularmente pertinentes em relação ao processo ensino-aprendizagem em museus e centros de ciências, devido às peculiaridades destas instituições. Sua ênfase no ensino informal, a liberdade de abordagem de conteúdos sem compromisso com currículos pré-estabelecidos, a diversidade do público-alvo, tanto em relação à idade como ao nível de escolaridade, implicam na necessidade de um referencial teórico específico, que contemple indicações de caráter mais abrangente. Em outras palavras, é razoável supor que tanto as teorias pedagógicas aplicáveis à sala de aula não dão indicações que possam ser facilmente transpostas ao ambiente dos museus, como também esse ambiente exige indicações que nem sempre essas teorias podem oferecer.

Como afirmamos na conclusão do capítulo anterior, essas indicações devem voltar-se a três pontos básicos: a possibilidade da ocorrência efetiva do processo ensino-aprendizagem num ambiente informal, a viabilidade do ensino informal de ciências e a interação entre esse ensino informal de ciências com o ensino formal. Embora o conceito de alfabetização em ciências e os resultados das inúmeras pesquisas em relação ao processo ensino-aprendizagem nos museus e centros de ciências sejam, para muitos, suficientes para justificar a existência e o trabalho destas instituições, podemos afirmar que, nesse sentido, estamos ainda longe de ter chegado a um consenso. São muito freqüentes as manifestações de ceticismo, sobretudo de membros da própria comunidade científica, em relação ao ensino informal de ciências, às quais se acrescentam ainda, por vezes, a preocupação com possíveis prejuízos que esse ensino possa causar em relação ao seu ensino formal, a que vamos nos referir mais adiante.

Por essa razão acreditamos ser necessário buscar uma teoria que possa fornecer um referencial teórico a essas instituições, e que dê indicações válidas aos pontos básicos aqui destacados.

## **2. A teoria sociointeracionista de Vygotsky**

### **2.1 - Introdução**

De acordo com uma nota biográfica de Luria (1), Lev Semenovich Vygotsky nasceu a 5 de novembro de 1896 em Orsha, na Bielorrússia. Graduou-se na Universidade de Moscou com especialização em Literatura. De 1917 a 1923 lecionou Literatura e Psicologia numa escola de Gomel, onde dirigia também a seção de teatro do centro de educação de adultos. Publicou nessa época sua primeira pesquisa em literatura, mais tarde reeditada com o título "A Psicologia da Arte". Criou também um laboratório de psicologia no Instituto de Treinamento de Professores, onde dava um curso de Psicologia.

Em 1924 Vygotsky mudou-se para Moscou, trabalhando inicialmente no Instituto de Psicologia e depois no Instituto de Estudos das Deficiências por ele criado. Entre 1925 e 1934 reuniu em torno de si um grande grupo de jovens cientistas, que trabalhavam nas áreas da Psicologia e do estudo das anormalidades físicas e mentais. Simultaneamente, o interesse pela Medicina o levou a fazer um curso estudando, inicialmente, no Instituto Médico de Moscou e posteriormente em Kharkov, onde também ministrava um curso de Psicologia na Academia de Psiconeurologia da Ucrânia. Pouco antes de sua morte foi convidado a dirigir o Departamento de Psicologia do Instituto Soviético de Medicina Experimental. Morreu de tuberculose em 11 de junho de 1934.

Em linhas gerais, a teoria de Vygotsky é uma teoria sociointeracionista: postula que o desenvolvimento mental do ser humano parte do inter para o intrapsíquico, ou seja, da interação social para interiorizar-se no indivíduo, em função, basicamente, da interiorização da fala. Segundo Bruner (2) é uma teoria em que "o desenvolvimento é uma responsabilidade coletiva e a linguagem uma das maiores ferramentas da humanidade".

Vamos aqui nos restringir a uma síntese dos aspectos dessa teoria que, a nosso ver, fornecem as indicações que buscamos em relação ao processo ensino-aprendizagem em museus e centros de ciências. Baseamos nossa síntese sobretudo na obra "Pensamento e linguagem" que, embora tenha como tema a relação entre o pensamento e a linguagem, apresenta, a nível mais profundo, na opinião de Bruner, "uma teoria extremamente original

e bem fundamentada do desenvolvimento intelectual", acrescentando ainda que "a concepção de Vygotsky sobre o desenvolvimento é também uma teoria da educação" (3).

## **2.2 - A formação de conceitos**

Segundo Vygotsky, o processo cognitivo de formação de conceitos no ser humano tem início na fase mais precoce da infância, mas só se estabelece na adolescência. Entre esses dois estágios há um longo processo de desenvolvimento, em que aparecem determinadas formações intelectuais que equivalem ou exercem, provisoriamente, o papel de conceitos verdadeiros. Nesse processo, o fator preponderante, além de outras funções intelectuais, é "o uso do signo, ou palavra, como meio pelo qual conduzimos nossas operações mentais, controlamos o seu curso e as canalizamos em direção à solução do problema que enfrentamos" (4). A presença de um problema, representada em geral pelas tarefas que o jovem enfrenta ao ingressar no mundo dos adultos, é necessária para o surgimento de um pensamento conceitual, mas não suficiente. É preciso que o meio ambiente o desafie, faça novas exigências a seu intelecto, caso contrário o seu pensamento não atingirá os níveis cognitivos mais elevados ou os atingirá com grande atraso.

A ação cultural, entretanto, por si só não explica o mecanismo de desenvolvimento que resulta na formação de conceitos no adolescente. É necessário compreender as relações intrínsecas entre as tarefas externas e a dinâmica do seu desenvolvimento cognitivo. A formação de conceitos é "uma função do crescimento social e cultural global do adolescente, que afeta não apenas o conteúdo, mas também o método do seu raciocínio. O novo e significativo uso da palavra, a sua utilização *como um meio para a formação de conceitos*, é a causa psicológica imediata da transformação radical porque passa o processo intelectual no limiar da adolescência" (5).

Essas conclusões foram tiradas por Vygotsky a partir de um estudo experimental que realizou com seus colaboradores e que lhes possibilitaram uma descrição das fases e estágios do desenvolvimento cognitivo de uma criança até a adolescência. Para melhor

entender essa descrição é indispensável conhecer o método utilizado que transcrevemos a seguir:

"O material utilizado nos testes de formação de conceitos consiste em 22 blocos de madeira de cores, formas, alturas e larguras diferentes. Existem cinco cores diferentes, seis formas diferentes, duas alturas (os blocos altos e os baixos) e duas larguras da superfície horizontal (larga e estreita). Na face inferior de cada bloco, que não é vista pelo sujeito observado, está escrita uma das quatro palavras sem sentido: LAG, BIK, MUR, CEV. Sem considerar a cor ou a forma, LAG está escrita em todos os blocos altos e largos, BIK em todos os blocos baixos e largos, MUR nos blocos altos e estreitos, e CEV nos blocos baixos e estreitos. No início do experimento todos os blocos, bem misturados quando às cores e formas, estão espalhados sobre uma mesa à frente do sujeito(...). O examinador vira um dos blocos (a "amostra"), mostra-o e lê o seu nome para o sujeito e pede a ele que pegue todos os blocos que pareçam ser do mesmo tipo. Após o sujeito ter feito isso o examinador vira um dos blocos "erradamente" selecionados, mostra que aquele bloco é de um tipo diferente e incentiva o sujeito a continuar tentando. Depois de cada tentativa, outros blocos erradamente retirados são virados. À medida que o número de blocos virados aumenta, o sujeito gradualmente adquire uma base para descobrir a que características dos blocos as palavras sem sentido se referem. Assim que faz essas descobertas as palavras passam a referir-se a tipos definidos de objetos(...) e assim são criados novos conceitos para os quais a linguagem não dá nomes. O sujeito é então capaz de completar a tarefa de separar os quatro tipos de blocos indicados pelas palavras sem sentido. Dessa forma, o uso de conceitos tem um valor funcional definido para o desempenho exigido por este teste. Se o sujeito realmente usa o pensamento conceitual ao tentar resolver o problema(...) é o que se pode deduzir a partir da natureza dos grupos que ele constrói e de seu procedimento ao construí-los: praticamente cada passo de seu raciocínio reflete-se na manipulação dos blocos. A primeira abordagem do problema, o manuseio da amostra, a resposta à correção, a descoberta da solução - todos esses

estágios do experimento fornecem dados que podem servir de indicadores do nível de raciocínio do sujeito" (6).

A partir de uma pesquisa realizada com esse material onde mais de trezentas pessoas foram estudadas, entre crianças, adolescentes e adultos, inclusive alguns com distúrbios patológicos das atividades intelectuais e lingüísticas, Vygotsky estabeleceu fases e estágios de desenvolvimento cognitivo das crianças até a adolescência. A criança ainda pequena (não há referência à idade) inicia seu processo de desenvolvimento, na sua primeira fase, pela *agregação desorganizada* ou *amontoado*. Os grupos ou conjuntos de blocos são formados por objetos desiguais, agrupados sem qualquer fundamento. Segundo Vygotsky, nessa fase "o significado das palavras denota, para a criança, nada mais que um *conglomerado vago e sincrético* de objetos isolados que, de uma forma ou de outra, aglutinaram-se numa imagem em sua mente" (7). A criança forma relações sincréticas agrupando um grande número de objetos sob o significado de uma só palavra, que refletem também relações objetivas ligadas às suas percepções e impressões. Desta forma muitas palavras têm, em parte, o mesmo significado para crianças e adultos, garantindo a sua compreensão mútua.

A segunda fase compreende uma grande variação de um tipo de pensamento que Vygotsky denomina *pensamento por complexos*. "Em um complexo os objetos isolados associam-se na mente da criança não apenas devido à impressões subjetivas da criança mas também devido a *relações que de fato existem entre esses objetos*. Trata-se de uma nova aquisição, uma passagem para um nível mais elevado" (8). Essas associações são factuais, concretas e não abstratas e lógicas. Qualquer conexão pode levar a inclusão de um elemento em um complexo. Pode ser, num primeiro estágio, *associativa*, ligada a qualquer característica comum entre o primeiro bloco e os demais (cor, forma, tamanho, etc). Num segundo estágio a criança procura agrupar objetos diferentes que se complementam como se fossem *coleções* que adquirem critérios de composição que variam com o tempo. Num terceiro estágio surge o *complexo em cadeia* onde os grupos são compostos a partir de uma seqüência de formas, cores, tamanhos, etc., numa junção

dinâmica e consecutiva de elos de uma única corrente, em que o significado passa de um para o outro. Na medida em que o complexo em cadeia adquire uma qualidade vaga e flutuante, em que os vínculos podem mudar, chega-se ao quarto estágio, o *complexo difuso* que se caracteriza pela própria fluidez do atributo que une os seus elementos.

Finalmente, o último estágio do pensamento por complexos é o *pseudoconceito*. Essa denominação se deve à sua semelhança com o conceito dos adultos. Uma análise experimental, entretanto, mostra que isso não é verdadeiro. Para Vygotsky, os pseudoconceitos são a forma predominante do pensamento da criança em idade escolar "pela simples razão que, na vida real, *os complexos que correspondem ao significado das palavras não são espontaneamente desenvolvidas pela criança: a trajetória seguida por um complexo encontra-se pré-determinada pelo significado que cada palavra já possui na linguagem dos adultos*" (9). Em outras palavras, o adulto transmite ou mesmo impõe à criança o significado de uma palavra mas não o seu modo de pensar. Dessa forma a criança começa a operar com conceitos antes de adquirir o pensamento conceitual, sem ter consciência dessas operações. Através de suas experiências Vygotsky constatou que, se o significado das palavras não restringisse ou dirigisse o pensamento das crianças, os pseudoconceitos não surgiriam e a comunicação verbal entre adultos e crianças seria impossível. O pseudoconceito, portanto, é uma ponte que estabelece a ligação entre o pensamento por complexos da criança e o pensamento por conceitos dos adultos, possibilitando a comunicação verbal entre ambos, o que se torna um poderoso fator no desenvolvimento infantil. É importante notar que o pensamento por pseudoconceitos não é exclusivo das crianças ou adolescentes, sendo usado, também com muita frequência, pelos adultos.

Na terceira fase do desenvolvimento aparecem novas formações que, a rigor, de forma rudimentar, já são observadas muito antes dos pseudoconceitos. Em relação ao desenvolvimento mental da criança têm uma função genética específica, diferente dos complexos, cuja principal função é estabelecer elos e relações, numa tendência à unificação. São os chamados *conceitos potenciais*, que resultam de uma forma de

abstração isolante, de natureza tão primitiva que está presente, em certo grau, até mesmo em crianças muito novas. Podem se formar tanto a partir de um pensamento perceptual, com base em impressões semelhantes, como a partir de um pensamento prático, voltado para a ação, ligado a significados funcionais semelhantes, num processo de abstração que consiste em isolar esses traços comuns, dando-lhes uma espécie de tratamento preferencial. Segundo Vygotsky "somente o domínio da abstração combinado com o pensamento por complexos em sua fase mais avançada permite à criança progredir até a formação dos conceitos verdadeiros" (10).

É interessante notar que, nos adolescentes, as formas primitivas de pensamento gradualmente desaparecem em favor da formação de conceitos verdadeiros; entretanto elas perduram ainda por muito tempo, predominando em muitas áreas do pensamento. O pensamento do adolescente tem um caráter essencialmente transitório, o que se torna claro através da maneira como ele utiliza conceitos recém-adquiridos. Vygotsky observa que o adolescente é capaz de formar e utilizar um conceito numa situação concreta com muita propriedade, "mas achará estranhamente difícil expressar esse conceito em palavras, e a definição verbal será, na maioria dos casos, muito mais limitada do que seria de se esperar a partir do modo como utilizou o conceito" (11). Essa mesma dificuldade, aliás, ocorre também com adultos, mesmo em níveis muito avançados. Outra dificuldade, embora menor, ocorre na transferência, quando ele procura aplicar um conceito formado numa determinada situação a uma outra situação diferente. Essa dificuldade se agrava se o conceito é aprendido e formulado a nível abstrato e deve ser aplicado a situações concretas diferentes - a transição para o concreto mostra-se tão difícil para o jovem como a transição primitiva do concreto para o abstrato.

Em síntese, os processos que levam à formação de conceitos desenvolvem-se em duas linhas principais: a primeira é a da formação de complexos, baseada no agrupamento de objetos sob uma característica ou nome comum. A segunda linha é a da formação dos conceitos potenciais, através da abstração e isolamento de traços comuns. "Em ambos os casos o emprego da palavra é parte integrante dos processos de

desenvolvimento, e a palavra conserva sua função diretiva na formação dos conceitos verdadeiros, aos quais esses processos conduzem" (12).

### **2.3 - O desenvolvimento dos conceitos científicos na infância**

Além deste estudo experimental sobre a formação de conceitos, Vygotsky apresenta ainda um estudo específico sobre a formação de conceitos científicos na infância, extremamente relevante para o nosso trabalho. Adotando uma denominação já utilizada, na época, por Piaget, ele chama de "espontâneos" aqueles conceitos adquiridos informalmente através da experiência pessoal da criança e "não-espontâneos", entre eles os científicos, aqueles adquiridos formalmente pela criança no aprendizado em sala de aula. Para Vygotsky esses conceitos se formam em condições externas e internas totalmente diferentes. "A mente se defronta com problemas diferentes quando assimila os conceitos na escola e quando é entregue aos próprios recursos. Quando transmitimos à criança um conhecimento sistemático, ensinamo-lhe muitas coisas que ela não pode ver ou vivenciar diretamente. Uma vez que os conceitos científicos e espontâneos diferem quanto à sua relação com a experiência da criança e quanto à atitude da criança para com os objetos, pode-se esperar que o seu desenvolvimento siga caminhos diferentes desde o seu início até a sua forma final" (13). Quando opera com conceitos espontâneos, a criança tem sua atenção centrada no objeto ao qual o conceito se refere, mas não está consciente, não está atenta ao seu próprio ato de pensamento. Isto não ocorre com os conceitos científicos que, desde o seu início, têm sua relação mediada por algum outro conceito. Um conceito científico está sempre relacionado com outros conceitos, ocupando um lugar dentro de um sistema. Dessa forma, segundo Vygotsky, as idéias iniciais de sistematização "entram na mente da criança através do seu contato com conceitos científicos e são depois transferidas para os conceitos espontâneos mudando sua estrutura de cima para baixo" (14).

Enquanto o desenvolvimento de um conceito científico, em geral, começa conscientemente a partir de sua definição verbal e aplicações a situações artificiais, não espontâneas, a criança só adquire consciência de seus conceitos espontâneos, ou seja,

torna-se capaz de defini-los por meio de palavras e operar com eles à vontade, muito tempo depois de ter adquirido o conceito. Isto mostra que estes conceitos se desenvolvem em sentidos opostos: os conceitos espontâneos devem evoluir para atingir o nível de conscientização em que se iniciam os conceitos científicos que, por sua vez, devem evoluir para atingir o nível da realidade concreta. Vygotsky exemplifica esta afirmação através do conceito espontâneo de "irmão" e do conceito científico de "exploração". Embora a criança tenha uma ampla vivência do conceito de irmão ela pode se confundir e afirmar, como nos experimentos de Piaget, que ela tem um irmão mas o seu irmão, não. Por outro lado, embora ela possa definir o que seja exploração, terá dificuldade de aplicar essa idéia à sua vida cotidiana porque esse conceito carece da riqueza de conteúdo de sua vivência pessoal. Assim, o conceito espontâneo de irmão tende a evoluir adquirindo características de um conceito científico, enquanto o conceito científico de exploração deve evoluir, adquirindo a riqueza de conteúdo de um conceito espontâneo. Nesse sentido, Vygotsky afirma que "o desenvolvimento dos conceitos espontâneos da criança é ascendente enquanto que o desenvolvimento dos seus conceitos científicos é descendente" (15)

Entretanto, apesar de se desenvolverem em sentidos opostos, esses conceitos estão intimamente relacionados. "É preciso que o desenvolvimento de um conceito espontâneo tenha alcançado um certo nível para que a criança possa absorver um conceito científico correlato" (16), afirma Vygotsky. Uma criança só pode entender conceitos históricos quando tiver bem diferenciados os conceitos espontâneos de passado e presente, só pode entender conceitos de Geografia a partir de idéias cotidianas de "aqui" e "um outro lugar", só pode entender o conceito científico de velocidade se dispuser dos conceitos espontâneos de distância e tempo, etc. Por outro lado, os conceitos científicos fornecem estruturas para o desenvolvimento ascendente dos conceitos espontâneos, que adquirem mais rigor e coerência.

Uma situação semelhante ocorre no aprendizado formal de uma língua estrangeira. Para que ele seja possível é necessário um certo grau de maturidade na língua materna

que permita à criança transferir à nova língua os significados que ela já possui de sua própria. Por outro lado, o conhecimento de uma língua estrangeira facilita o domínio das formas mais elevadas da língua materna, levando a criança à conscientização de suas operações lingüísticas. Vygotsky, a propósito, cita Goethe que afirmava: "aquele que não conhece nenhuma língua estrangeira não conhece a própria língua" (17).

É interessante acrescentar, ainda, que a relação entre conceitos científicos e espontâneos está contida na relação que Vygotsky estabelece entre a aprendizagem e o desenvolvimento cognitivo, que se fundamenta numa série de pesquisas que realizou ligadas à instrução escolar em determinadas áreas: leitura e escrita, gramática, aritmética, ciências sociais e ciências naturais. O resultado desse trabalho levou-o a concluir que quase sempre a instrução precede o desenvolvimento. Em relação à escrita, por exemplo, seus estudos mostraram que "as funções psicológicas sobre as quais se baseia a escrita nem começaram a se desenvolver de fato quando o ensino da escrita tem início e este tem que se basear em processos rudimentares que mal começaram a surgir" (18). Não obstante a criança aprende a escrever.

Da mesma forma, em relação as operações aritméticas ou a algum outro conhecimento científico, o que seus estudos mostraram é que quando do seu ensino formal a compreensão dessas operações ou conceitos apenas se inicia. "A criança não aprende o sistema decimal como tal, aprende a escrever números, a somar e a multiplicar, a resolver problemas; a partir disso algum conceito geral sobre o sistema decimal acaba por surgir" (19). Vygotsky resgata, assim, princípios do ensino tradicional agora sob uma nova ótica, a da promoção do desenvolvimento. Idéias tão criticadas como a imitação são vistas sob uma nova perspectiva. Para Vygotsky a imitação, juntamente com o aprendizado, "trazem à tona qualidades especificamente humanas da mente e levam a criança a novos níveis de desenvolvimento. Na aprendizagem da fala, assim como na aprendizagem das matérias escolares, a imitação é indispensável. O que a criança pode fazer hoje em cooperação, será capaz de fazer sozinha amanhã. Portanto o único tipo positivo de ensino é aquele que caminha à frente do desenvolvimento, servindo-lhe de

guia; deve voltar-se não tanto para as funções já maduras, mas principalmente para as funções em amadurecimento. Continua sendo necessário determinar o limiar mínimo em que, digamos, o ensino da aritmética possa ter início, uma vez que este exige um grau mínimo de maturidade das funções. Mas devemos também considerar o limiar superior: o ensino deve ser orientado para o futuro, não para o passado" (20).

#### **2.4 - O conceito de zona de desenvolvimento proximal**

O conceito de zona de desenvolvimento proximal é o conceito mais original e de maior repercussão, em termos educacionais, da teoria de Vygotsky. Para a sua formulação, Vygotsky, exemplificando, supõe que duas crianças tenham o nível de desenvolvimento mental de 8 anos, ou seja, que elas possam independentemente realizar tarefas com um grau de dificuldade padronizado para essa idade. Isto levaria as pessoas a acreditar que essas crianças teriam um desenvolvimento mental, subsequente, igual. Mas, se outras tarefas de nível mental superior são propostas a estas crianças, e se lhes oferecermos alguma espécie de assistência ou apoio, verifica-se que o desempenho não é o mesmo. Uma criança, por exemplo, torna-se capaz de realizar tarefas de nível mental de 12 anos, enquanto a outra realiza tarefas de nível mental de 9 anos. Conclui-se então que crianças com o mesmo nível de desenvolvimento mental têm desempenhos diferentes para aprender, sob a orientação de alguém mais capacitado. Como afirma Vygotsky, "tornou-se claro que estas crianças não estão na mesma idade mental e que o subsequente curso de sua aprendizagem será obviamente diferente. Esta diferença entre 12 e 8 anos e entre 9 e 8 anos é que nós chamamos de *zona de desenvolvimento proximal*. É a distância entre o nível de desenvolvimento atual, determinado pela resolução independente de problemas, e o nível de desenvolvimento potencial, determinado através da resolução de problemas sob a orientação de adultos ou em colaboração com seus pares mais capazes" (21).

Embora inicialmente ligado a essa diferença de níveis de desenvolvimento da criança, o conceito de zona de desenvolvimento proximal apresenta diversas implicações que têm sido objeto de inúmeras pesquisas. A nosso ver, a sua implicação mais rica reside

no papel da interação social no processo ensino-aprendizagem. Se a criança consegue ir além do seu nível de desenvolvimento através da interação com o professor ou colega mais capaz, pode-se inferir que esse salto no desenvolvimento poderia ser maior ou menor em função dessa interação ser mais ou menos rica ou eficiente.

Inúmeros pesquisadores têm procurado estender e elucidar melhor o conceito de zona de desenvolvimento proximal e, dentre eles, vamos destacar inicialmente o trabalho de James V. Wertsch, que propõe alguns construtos teóricos adicionais que permitem compreender melhor o mecanismo desse conceito. Segundo Wertsch, embora Vygotsky tenha feito inúmeros comentários adicionais à formulação do conceito de zona de desenvolvimento proximal, em nenhum lugar de seus escritos ele fornece, por exemplo, um relato do que significa ou se constitui a resolução de problemas sob a orientação de um adulto, ou em colaboração com parceiros mais capazes (22). Procurando preencher essa lacuna é que ele propõe seus construtos teóricos adicionais: a *definição de situação*, a *intersubjetividade* e a *mediação semiótica*.

A definição de situação é a forma como o contexto da interação é visto ou entendido pelos seus participantes. "Eu uso o termo definição porque eu quero enfatizar que as pessoas criam a representação da situação, eles não são receptores passivos desta representação" (23), afirma Wertsch. Isto significa que, quando um adulto e uma criança interagem num mesmo contexto, a resolução de um problema ou o desenvolvimento de uma tarefa, por exemplo, cada um entende a situação de uma forma diferente ou, em outras palavras, tende a resolver o problema ou realizar a tarefa de uma forma diferente. Para exemplificar, Wertsch propõe uma situação em que um adulto e uma criança estão envolvidos na montagem de um quebra-cabeça de acordo com um modelo fornecido. Segundo suas pesquisas e de seus colaboradores, o que se nota é que a criança inicia seu trabalho escolhendo peças sem olhar o modelo, sem verificar se a peça é necessária ou onde colocá-la, ao contrário do adulto que sempre tem o modelo como ponto de partida. É interessante notar que os pesquisadores concluíram que a criança não age aleatoriamente, mas simplesmente entende a tarefa de outra maneira. Se o adulto não interfere ela termina

a sua montagem, embora diferente do modelo, ou seja, ela "define a situação" como sendo a de montagem de um objeto qualquer, independentemente do modelo. Nesta, como em qualquer outra interação, a definição de situação não é formulada explicitamente, mas percebida, implicitamente, através da forma como cada participante atua ou utiliza os objetos.

Durante a interação, entretanto, o adulto faz prevalecer seu ponto de vista e, em consequência, a criança, através de uma mudança qualitativa, "redefine" a situação. Em outras palavras, através de uma ação "intersubjetiva" (entre os sujeitos), a criança muda sua forma de pensar ou seu funcionamento intrapsicológico. Surge daí mais um construto teórico para explicar o mecanismo da zona de desenvolvimento proximal, a "intersubjetividade".

A intersubjetividade existe até onde os participantes da interação têm a mesma definição de situação e têm consciência disso. Dessa forma há níveis diferentes de intersubjetividade: ela pode ser precária quando, por exemplo, só há acordo quanto ao local onde se realiza a tarefa, ou completa quando o entendimento da tarefa e das formas de realizá-la são os mesmos, e a própria ação do adulto torna-se dispensável. Para que a criança atinja a definição de situação do adulto, ou seja, para que a intersubjetividade seja completa há, em geral, uma espécie de negociação. O adulto freqüentemente aceita um nível de intersubjetividade parcial, uma definição de situação provisória ou intermediária, como uma ou mais etapas para promover a completa redefinição de situação da criança.

O mecanismo que permite essa negociação é o terceiro construto teórico estabelecido por Wertsch, a mediação semiótica. O uso de formas adequadas de mediação semiótica na comunicação entre o adulto e a criança é que possibilita o estabelecimento da intersubjetividade. Segundo Wertsch, os processos nela envolvidos "são às vezes conceituados operacionalmente como independentes da fala, um ponto de vista que, erradamente, supõe que a fala simplesmente dá nome ou reflete uma definição de situação previamente existente. Essa visão subestima o fato de que a intersubjetividade

é freqüentemente criada através do uso de linguagem" (24). Dependendo da orientação que o adulto dá à criança durante a realização de uma tarefa, e da forma como a criança entende ou interpreta essa orientação é que se criam novos níveis de definição de situação.

Em síntese, para Wertsch, muitas questões conceituais devem ser esclarecidas se quisermos entender e utilizar o conceito de zona de desenvolvimento proximal e, entre elas, a idéia básica é a definição de situação: "Uma vez reconhecida a importância do fato de que a mesma situação pode ser entendida ou representada de diferentes maneiras, nós podemos proceder de uma forma mais objetiva em outras questões" (25).

Outro trabalho que merece destaque é o do grupo do Instituto de Psicologia de Belgrado, que tem se dedicado "ao estudo, interpretação, elaboração e extensão da teoria de Vygotsky e sua verificação empírica" (26). Uma das preocupações desse grupo, segundo Ivic, é definir corretamente o conceito de interação social que freqüentemente é reduzido ao conceito de relação interpessoal, o que, para ele, "leva à perda da originalidade da teoria de Vygotsky" (27). Recorrendo ao trabalho de Henri Wallon, ele apresenta três níveis de interação social que reproduzimos a seguir.

O primeiro nível seria o nível da interação interorganismos que ocorre entre animais ou crianças muito pequenas, ou ainda entre seres de espécies diferentes (homem e cachorro, por exemplo). Reduzem-se a mecanismos rudimentares ligados à emoção, imitação, etc. O segundo nível, específico de seres humanos, seria o do relacionamento interpessoal, que utiliza mecanismos cognitivos e comportamentais muito mais complexos. Consiste, como regra geral, na comunicação entre indivíduos da mesma cultura, num local de padrões culturalmente definidos, e que têm aproximadamente o mesmo nível de desenvolvimento cognitivo (Ivic considera que possa ocorrer também com pessoas de diferentes níveis). A dinâmica desta interação admite tanto a cooperação como o conflito.

O terceiro nível seria o da verdadeira interação social, com as seguintes características básicas:

- a) os parceiros desempenham diferentes papéis sociais (pais x filhos professor x alunos, etc.);
- b) os parceiros diferem por possuírem, ou não, diferentes sistemas de comunicação (semióticos);
- c) os parceiros diferem na medida em que são, ou não, detentores de sistemas de conhecimento, valores, etc.

De acordo com Ivic, este último nível expressa a forma de interação social a que Vygotsky se refere em sua teoria, o que se pode inferir de "seus trabalhos fundamentais na aquisição da linguagem como sistema semiótico social básico, no desenvolvimento do sistema de conceitos científicos e, mais genericamente, na colocação da cultura, em seu sistema, como um fenômeno supra-individual" (28).

Dessa forma, o conceito de zona de desenvolvimento proximal está vinculado a este nível de interação social, ou seja, só a partir deste nível de interação social é possível atingir-se a zona de desenvolvimento proximal de seus participantes menos capazes.

Procurando entender melhor este conceito, pesquisadores do grupo de Belgrado chegaram a importantes conclusões que constam de um relato de Ignjatovic - Savic et al, apresentadas por Ivic, e das quais citamos dois itens básicos:

- I) Todos os comportamentos de um adulto durante uma interação social com uma criança podem ser divididos em comportamentos dirigidos à zonas de desenvolvimento do passado, presente, proximal e futuro dessa criança.
- II) Interações dirigidas à zona de desenvolvimento proximal são as mais significativas em termos de desenvolvimento cognitivo, mas há uma profícua coatuação de todas as formas de interação prospectiva (presente, proximal e futura), contra as interações dirigidas à zona de desenvolvimento do passado(29).

Em síntese, segundo Ivic, as conclusões do grupo mostraram que o maior impacto no desenvolvimento cognitivo é alcançado através de interações sociais (de terceiro nível) na forma de uma atividade compartilhada e dirigida à zona de desenvolvimento proximal.

Finalmente, é importante notar que a interação social verdadeira e, como consequência, a possibilidade de se atingir zonas de desenvolvimento proximal, não se restringem a relações entre duas pessoas (díades) ou a pequenos grupos, mas podem ter um campo de atuação muito mais amplo. Para Bruner, sendo Vygotsky um psicólogo marxista, seus conceitos refletiam sua ideologia, sobretudo o conceito de zona de desenvolvimento proximal. "Aqueles que sabem mais, que têm um maior nível de conscientização, compartilham-no com aqueles que sabem menos, que têm uma conscientização e domínio intelectual menos desenvolvidos. Cada um em seu tempo tem a mente modelada pelas circunstâncias históricas e econômicas da época (e da história em geral, por extensão), mas a transmissão da mente através da história é efetuada não por forças materiais ocultas, mas sob a forma de uma partilha mental que conhecemos como a zona de desenvolvimento proximal" (30), afirma Bruner que, lembrando o engajamento de Vygotsky no processo revolucionário soviético, acrescenta ainda: "A realização do potencial de um indivíduo através da utilização do conhecimento e da partilha da consciência não dependia da criança mas da capacidade da sociedade prover a criança das ferramentas simbólicas que ela necessitava para crescer. Proporcionar oportunidades à criança de se relacionar com alguém mais sábio ou capaz, que lhe fornecesse os conceitos e a conscientização que a capacitariam a dar o salto epistêmico para a frente é que Vygotsky viu como promessa da Revolução. A zona de desenvolvimento proximal era o seu instrumento" (31).

Dessa forma, um conceito formulado inicialmente a partir de uma diferença de níveis de desempenho de uma criança na realização de uma tarefa, sozinha ou acompanhada, assume uma dimensão muito maior. Mais importante que essa diferença de níveis é o processo pelo qual ela é atingida e, sobretudo, a possibilidade do crescimento intelectual de alguém através da sua interação social com outros mais competentes e capazes.

Pode-se afirmar então que, à medida que se criam condições para o desenvolvimento de interações sociais, criam-se também condições para o desenvolvimento cognitivo das pessoas participantes dessas interações. Um ambiente que estimula o aparecimento de interações sociais é um ambiente onde o processo ensino-aprendizagem pode, efetivamente, se desenvolver, e um museu ou centro de ciências pode ser esse ambiente.

### **3. Implicações da teoria de Vygotsky ao processo ensino-aprendizagem em museus e centros de ciências**

Na introdução deste capítulo colocamos as indicações básicas que, a nosso ver, uma teoria pedagógica deve oferecer aos museus e centros de ciências: a possibilidade da ocorrência efetiva do processo ensino-aprendizagem num ambiente informal, a viabilidade de um ensino informal em ciências e a forma de interação entre esse ensino informal de ciências e o seu ensino formal.

Em relação à primeira indicação parece-nos claro que, à luz da teoria de Vygotsky, a condição necessária para que haja aprendizagem num museu ou centro de ciências é que nele, entre seus visitantes ou entre monitores e visitantes, haja interações sociais. A condição suficiente é que essas interações se dirijam às zonas de desenvolvimento proximal de seus participantes. Quanto à ocorrência de interações sociais e sua provável influência em relação à aprendizagem em museus e centros de ciências, podemos, além do relato de nosso trabalho, que será apresentado no próximo capítulo, citar alguns depoimentos de dirigentes e pesquisadores de museus e centros de ciências de todo mundo.

I) Robert Semper, diretor do Exploratorium de S. Francisco, afirma:

"É importante notar que a experiência de aprendizagem no museu freqüentemente ocorre dentro de um contexto social. As pessoas vêm com outras pessoas, amigos, famílias, colegas. Elas interagem com outros visitantes, consciente ou inconscientemente. Os agrupamentos sociais freqüentemente incluem pessoas de idades, experiências e "backgrounds" diferentes. Uma exibição pode servir como um suporte para uma discussão entre dois estudantes ou entre pai e filho. As exposições proporcionam uma oportunidade

para a experimentação conjunta, na qual o papel do professor e do aluno pode alternar-se entre os participantes" (32).

- II) Judy Diamond, diretora do "International Environmental Studies" do "World College West" da Califórnia, num cuidadoso trabalho de pesquisa realizado no Exploratorium de São Francisco e no Lawrence Hall of Science de Berkeley, concluiu como primeiro resultado de seu estudo que:

"...parece que a aprendizagem em museus de ciências não ocorre somente, ou talvez primariamente como resultado da interação entre os visitantes e as exposições. Há uma substancial evidência de que as interações sociais entre visitantes devem ser importantes no estímulo à aprendizagem junto às exposições. Os visitantes, em geral, vêm aos museus de ciências em grupos que se mantêm juntos e proporcionam uma extensa e recíproca influência em suas interações com as exposições.

O ensino ocorre como um aspecto fundamental dessas interações espontâneas entre familiares nos museus de ciências. Elas são utilizadas como uma ajuda à aprendizagem, servindo para tornar mais acessíveis tanto o "feedback" sensorial dos objetos e fenômenos apresentados nas exposições, como a informação simbólica (escrita ou figurativa) dos cartazes. Não somente proporcionam informações sobre as exposições como também influenciam na disposição das pessoas enquanto interagem, e finalmente aprendem, através dos objetos e fenômenos.

A interação social no museu ocorre como uma atividade recíproca, e todas as partes parecem beneficiar-se dela. A natureza da informação comunicada pode, entretanto, variar muito. Os membros da família comunicam-se de formas diferentes e também experimentam objetos diferentemente. Os pais lêem mais os cartazes e tendem a transmitir mais informações simbólicas. As crianças manipulam mais as exposições e tendem a transmitir informações sobre a localização, operação e descrição dos fenômenos exibidos. Esta troca de informações é um importante aspecto do processo de aprendizagem no museu de ciências, e deve ser pesquisada mais adiante" (33).

- III) John H. Falk e Lynn D. Dierking do Departamento de Pesquisa Educacional do Instituto Smithsonian e John J. Koran Jr. da Universidade da Flórida, num trabalho que procura discutir o potencial de aprendizagem dos museus de ciências, no quinto de cinco itens em que procuram distinguir a aprendizagem em museus da aprendizagem nas escolas, afirmam:

"Museus são locações ("setting") sociais que encorajam a aprendizagem em grupos. De fato, quase todas as atividades dentro dos museus são altamente mediadas socialmente, e envolvem agrupamentos sociais da escolha *do visitante*" (34).

- IV) R. C. Carlisle, do departamento de Matemática e Educação em Ciências da Universidade da Colúmbia Britânica, no Canadá, a partir de uma pesquisa sobre o comportamento de crianças num centro de ciências realizada no Centro de Tecnologia, Ciências e Artes de Vancouver, assinala entre suas conclusões:

"A visita a um centro de ciências é, ao mesmo tempo, uma experiência social e individual. Muitas crianças observam as exposições individualmente e depois partilham sua experiência. Algumas crianças assumem o papel de monitor apresentando a exposição a outra criança. Um compartilhamento global e outros comportamentos cooperativos predominam" (35).

- V) Elizabeth Zolcsak e equipe de pesquisadores do Museu do Instituto Butantan, em São Paulo, num trabalho de análise do aprendizado do visitante do Museu, observam que:

"A interação entre visitantes com parentes, amigos, professores, alunos, consistindo em ler em voz alta, exclamar, conversar, comentar, mostrar, indagar, aumenta o interesse, o poder de atração e o tempo de observação das exposições". Destaca ainda que no grupo de visitantes de 7 a 12 anos "a interação com parentes/amigos/professores é constante" e que o acerto nas respostas de questões estabelecidas como padrões para a avaliação da aprendizagem durante a visita, nesse grupo, "foram devidos à interação com professores".

No grupo de visitantes de mais de 24 anos o baixo percentual de rendimento em algumas questões "foi de indivíduos que não demonstraram interação com outros visitantes"(...). "Constatamos que, entre jovens e adultos, o grau de interação com parentes/amigos é maior à medida que aumenta o número de pessoas dentro do Museu, aumentando o interesse e o tempo de observação das exposições" (36).

A análise destes depoimentos nos mostra claramente a possibilidade de se criarem, durante as visitas a museus e centros de ciências, interações sociais que se dirijam à zona de desenvolvimento proximal de seus participantes, o que, à luz da teoria de Vygotsky, torna possível a ocorrência efetiva do processo ensino-aprendizagem nestas instituições. Observamos que a maioria desses depoimentos descrevem exatamente as chamadas interações sociais verdadeiras ou de terceiro nível que Ivic, entre outros, mostrou ser o tipo de interação social a que Vygotsky se refere em seu trabalho: os parceiros desempenham diferentes papéis sociais, possuem diferentes sistemas de comunicação sociais (semióticos), e detêm diferentes sistemas de conhecimentos e valores. São interações entre professores e alunos, pais e filhos, adultos e jovens que são, como afirma Ivic, "necessariamente assimétricas, e esta assimetria é a origem de seu impacto no desenvolvimento" (37).

Encontramos aí, também, a descrição de construtos teóricos estabelecidos por Wertsch para melhor compreensão do conceito de zona de desenvolvimento proximal: a definição de situação e a mediação semiótica. Semper assinala os diferentes "backgrounds" de cada visitante e Diamond destaca que os membros das famílias "experimentam os objetos diferentemente", o que implica, a nosso ver, em diferentes "definições de situação". A mediação semiótica fica clara quando tanto Diamond como Zolcsak destacam o papel dos adultos, pais ou professores nas interações, procurando tornar mais acessíveis os fenômenos ou exposições aos jovens, filhos ou alunos. O fato, descrito por Carlisle, de algumas crianças se anteciparem às outras em relação a alguma exibição para depois partilharem a sua experiência com os demais, assumindo o papel de adultos, nos parece particularmente significativo. Mostra que a riqueza do ambiente de um

museu de ciências propicia uma diferenciação entre participantes durante a própria visita, possibilitando interações sociais entre visitantes inicialmente iguais, condição para que entre estes também possam se criar interações sociais verdadeiras.

É importante lembrar ainda a ampla dimensão que Bruner dá a este conceito, que o torna particularmente adequado a ambientes culturalmente ricos, como museus e centros de ciências. Wertsch e Rogoff ressaltam a esse respeito que, embora a preocupação inicial de Vygotsky fosse o ensino escolar formal, "a pesquisa atual sobre o conceito de zona de desenvolvimento proximal que estende suas idéias a um amplo espectro de funções mentais, idades e locais está totalmente coerente com suas idéias" (38). Não encontramos ainda, entretanto, com exceção do nosso trabalho, nenhuma pesquisa específica sobre esse conceito em museus e centros de ciências, embora já existam referências à possível aplicação das idéias de Vygotsky a essas instituições, como é o caso de Black, que lembra que "muitos aspectos de sua teoria são pertinentes aos museus" (39).

De qualquer forma, é preciso reconhecer que estamos adotando um conceito que mesmo pesquisadores vygotkianos ainda consideram "embrionário" (40) aplicado a um ambiente informal que, por sua própria natureza, não tem características rigorosamente bem definidas. Por esta razão, nossa conclusão é, sobretudo, indicativa: se a ocorrência de interações sociais dirigidas à zona de desenvolvimento proximal de seus participantes é essencial à aprendizagem, e se os museus e centros de ciências são ambientes onde essas interações ocorrem, pode-se afirmar que o conceito de zona de desenvolvimento proximal é um referencial teórico válido para a compreensão do processo ensino-aprendizagem nessas instituições.

Quanto à viabilidade dessa aprendizagem informal em relação ao ensino de ciências, é necessário, a nosso ver, inicialmente, conhecer ou rever as críticas e restrições feitas a respeito, sobretudo pela própria comunidade científica. Talvez a objeção mais antiga a uma educação informal de ciências seja a de Joseph Henry, a que nos referimos no

capítulo II, que, em meados do século XIX, se opunha à destinação de verbas à divulgação científica pelo Instituto Smithsonian, propondo a priorização da pesquisa científica. Entretanto, as críticas mais sérias e explícitas têm sido as mais recentes, algumas das quais destacamos a seguir.

Michael Shortland, da Universidade de Oxford, embora ligado a um projeto de alfabetização em ciências, manifesta sérias dúvidas quanto a algumas propostas de educação informal de ciências. "Quando a educação e o entretenimento são apresentados juntos, num mesmo nível, a educação será a perdedora", afirma, em relação a certos programas educativos de televisão. Em relação aos centros de ciências ele acredita que "em centros interativos de ciências as crianças se divertem participando de uma série de "experimentos", mas elas aprendem pouca ciência e podem adquirir muitas concepções errôneas que, no mínimo, não combinam com o que é proposto na sua apresentação". Apesar de aceitar o papel dos centros de ciências na promoção de uma alfabetização em ciências, questiona: "Que idéias e imagens da ciência (e, por extensão, do cientista) estão sendo cultivadas aqui? Ciência como um simples jogo, como um inocente entretenimento?" (41).

Uma preocupação semelhante é manifestada por Leon Tratchman, da Universidade de Purdue, que teme que a informação científica, quando não adequada, além de inútil, possa causar mais prejuízos que benefícios, acreditando até ser preferível omitir esse tipo de informação. "Quando há um consenso científico, não há necessidade de informar o público, exceto como agir adequadamente. Quando não há consenso porque inundar o público com ambíguos e contraditórios relatos sem oferecer nenhum meio de avaliá-los?... Na realidade uma pessoa imersa em informações sobre ciências pode não estar em melhor situação do que uma pessoa quase totalmente desinformada" (42).

Outra opinião que manifesta preocupações semelhantes é exposta pelo professor Henrique Lins de Barros, diretor do MAST, quando afirma: "Eu não tenho certeza de que tipo de ciência nós pretendemos divulgar, pois o método científico não é passível de

divulgação. Nós podemos divulgar os resultados da ciência mas isso não é divulgar ciência. Tentar conciliar um aspecto lúdico com um aprendizado extremamente abstrato, que é o que a ciência oferece hoje, eu, pessoalmente, considero impossível". Sobre museus e centros de ciências, referindo-se especificamente à Cidade das Ciências de Paris, acrescenta: "o La Vilette não pretende divulgar ciência mas pretende fazer uma ode à indústria francesa (...) um visitante pode se esforçar muito mas ele pouco vai entender do que está ali. No La Vilette tudo é muito bonito e bem montado mas ali, ou o visitante já entende previamente o assunto ou sai dali sem entendê-lo" (43).

Estas opiniões representam, ao que nos parece, uma amostra do ponto de vista de uma parcela significativa da comunidade científica em todo o mundo. Depreende-se desse ponto de vista que o ensino de disciplina científica deve levar em conta a sua estrutura formal, com um currículo que tenha como diretriz básica uma seqüência lógica de conteúdos e, nesse sentido, um ensino de ciências lúdico, informal, torna-se inaceitável. Alguns, como Tratchman, chegam, como citamos há pouco, a contestar até a idéia da própria alfabetização em ciências, aceitando com naturalidade, ao que tudo indica, que uma pessoa possa ser quase totalmente desinformada em ciências. Acreditamos que esta visão decorre de uma concepção equivocada do processo ensino-aprendizagem que privilegia o conteúdo ao invés do aprendiz, o que contradiz a tendência pedagógica dominante atualmente. Graças sobretudo aos trabalhos de Piaget, essa tendência, expressa nas palavras de Halbwachs, parte "da idéia geral de que a inteligência do aluno funciona de acordo com processos específicos, distintos do professor, cujo conhecimento é essencial se pretendemos que o conteúdo e a organização do ensino estejam adaptados aos mecanismos espontâneos do pensamento do aluno" (44).

É importante notar que essa concepção do processo ensino-aprendizagem, tendo como foco o nível de desenvolvimento cognitivo do aluno, não é privilégio de uma pedagogia piagetiana. David Ausubel, por exemplo, autor de uma teoria pedagógica cognitiva de grande repercussão em todo mundo, afirma: "Se tivesse que reduzir toda

psicologia educacional a um só princípio, enunciaria este: o fator isolado que mais influi na aprendizagem é o que o aluno já sabe. Descubra isso e ensine-o de acordo" (45).

Em síntese, embora com pressupostos orientadores diversos, tanto as teorias de Piaget e Ausubel como outras teorias, sobretudo as chamadas teorias cognitivas, colocam no aluno, na sua estrutura cognitiva, o ponto de partida de suas propostas pedagógicas. É claro que só o deslocamento do centro do processo ensino-aprendizagem do conteúdo para o aprendiz não contradiz a parcela da comunidade científica que encara com ceticismo o ensino informal de ciências - o que pode contradizê-la é a concepção teórica sobre a forma como essa estrutura cognitiva se desenvolve e se organiza e, nesse sentido, a teoria de Vygotsky proporciona indicações valiosas.

A primeira indicação está ligada ao último estágio do pensamento por complexos, o estágio dos pseudoconceitos, quando a criança passa a operar com palavras ou conceitos sem ter plena consciência dos seus significados. Apesar disso, segundo Vygotsky, a criança consegue comunicar-se com o adulto e, através de um processo de mediação semiótica, adquirir com o tempo o significado adulto dessa palavra ou conceito. Como vimos anteriormente, é dessa forma que o adolescente ou mesmo um adulto adquire um pensamento conceitual, a partir de um pensamento por complexos. Entendemos então que, dentro da concepção vygotskyana, as exposições de um museu ou centro de ciências podem ser entendidas como uma forma de ampliar o repertório de pseudoconceitos do visitante, que poderão vir a se tornar conceitos verdadeiros por um processo de mediação semiótica que pode ocorrer com o tempo, tanto na escola como fora dela. É importante notar que sem os pseudoconceitos essa mediação não ocorre e, obviamente, os conceitos correlatos não encontram pontos de apoio para o seu desenvolvimento.

Da mesma forma, o modelo de Vygotsky para o processo de desenvolvimento de conceitos científicos na criança dá indicações na mesma direção - na medida em que os conceitos científicos e espontâneos se desenvolvem em sentidos opostos, num processo de enriquecimento cognitivo mútuo, é possível admitir-se que a ampliação do universo de

conceitos, quer sejam espontâneos ou científicos, proporciona uma intensificação desse processo. Novamente, aqui, tem-se o museu ou o centro de ciências voltado ao incremento cultural do visitante.

Nesse sentido, parece-nos claro que indagações sobre que tipo de ciência se pretende divulgar, dúvidas a respeito da possível aquisição de concepções errôneas, ou ainda preocupações em relação a prejuízos que uma abordagem lúdica possa provocar, são irrelevantes. Isto porque, sob o ponto de vista da teoria de Vygotsky, o processo de aquisição da ciência ou dos conceitos científicos é um processo cognitivo que, obviamente, não se completa numa visita a um centro de ciências. É possível que um visitante do La Vilette saia de lá convencido do poderio da indústria francesa e que este seja o real objetivo dessa instituição. Isto, entretanto, não impede que ele tenha adquirido também noções ou informações que se tornem pseudoconceitos, podendo ser o ponto de partida de futuras concepções verdadeiramente científicas. O mesmo se pode dizer a respeito de abordagem lúdicas, certamente um campo fértil ao desenvolvimento de concepções espontâneas.

Quanto à preocupação com a possibilidade, ou mesmo o "perigo" da aquisição de concepções errôneas, acreditamos que esta se deve, da mesma forma, à não compreensão desse processo construtivo de formação de conceitos científicos. A aprendizagem de qualquer conceito científico, mesmo partindo de seu enunciado formal, contextualmente correto, não garante a eliminação de concepções errôneas correlatas que podem se originar, tanto a partir da interferência de concepções espontâneas prévias, como comprovam inúmeras pesquisas nessa área, como a partir de dificuldades cognitivas, deficiências de comunicação, etc. O que importa é estarmos conscientes de que concepções errôneas não são privilégio da educação informal nem são, obrigatoriamente, definitivas.

É importante notar que não estamos preconizando aqui uma postura cômoda em relação à educação informal de ciências, partindo do princípio que qualquer atividade é

válida na medida em que sempre é possível oferecer pontos de partida à aquisição de conceitos científicos. Esta seria uma extrapolação inadequada das indicações da teoria de Vygotsky. Numa interação social dirigida à zona de desenvolvimento proximal de seus participantes, por exemplo, o professor, adulto ou parceiro mais capaz tem, implicitamente, um papel de orientação ou direção, já que é ele quem tem a consciência do objetivo da tarefa, demonstração ou conceito que está sendo trabalhado. Entretanto, o ponto de partida da interação, de acordo com Wertsch, é a definição de situação criada a partir da representação que cada participante faz do objeto dessa interação. Na medida em que essa definição de situação por parte dos aprendizes seja mais homogênea, pode-se afirmar que essa interação será, não só viável, como mais produtiva. Em outras palavras, uma tarefa, ou no caso de um museu ou centro de ciências, uma exposição, deve ser planejada e apresentada de forma a evitar que se crie uma variedade muito grande de definições de situação. Da mesma forma, o "roteiro" da interação vai depender não só do parceiro mais capaz, mas da adequação do material exposto em relação ao seu objetivo. Pretendemos retomar e aprofundar esta discussão mais adiante; citamos aqui este exemplo procurando mostrar que uma postura responsável em relação à educação informal demanda planejamento, pesquisa, análise e reflexão e, portanto, jamais poderá ser considerada cômoda ou mesmo descompromissada quanto aos seus objetivos.

Finalmente, em relação à última indicação básica de que a teoria pedagógica que elegemos como referencial teórico dos museus e centros de ciências deve oferecer, ou seja, a compreensão da forma como a educação informal interage com educação formal, sobretudo no que se refere ao ensino de ciências, podemos afirmar que ela está implícita essencialmente na compreensão da relação entre os conceitos espontâneos e científicos. Na medida em que os conceitos espontâneos são fruto da educação informal e os conceitos científicos da educação formal, a interação entre essas duas formas de educação depende basicamente da interação entre esses conceitos. Se essa interação é, como já discutido anteriormente, mutuamente enriquecedora, assim também será a interação entre a educação formal e informal. Em outras palavras, sob o ponto de vista do

desenvolvimento cognitivo, o aluno tanto pode se beneficiar, na escola, do que aprendeu numa visita a um museu ou centro de ciências, como essa visita pode lhe ser muito mais produtiva em função do que tiver aprendido na escola.

Uma outra relação entre a educação informal e a educação formal pode ser obtida através do conceito de zona de desenvolvimento proximal e de sua extensão proposta pelo grupo de Belgrado, que inclui, nas interações sociais, a possibilidade destas se dirigirem a zonas de desenvolvimento do passado, presente, proximal e futuro de seus participantes menos capazes. Como vimos, a conclusão do trabalho desse grupo afirma que as interações mais produtivas, em termos de desenvolvimento cognitivo, são dirigidas ao proximal, mas há uma profícua coatuação de todas interações prospectivas (presente, proximal e futura), o que nos leva a concluir que a educação informal deve se voltar preferencialmente a conteúdos diversos ou complementares àqueles abordados na educação formal. Isto porque os conteúdos abordados na escola podem já estar incorporados à estrutura cognitiva das pessoas e, conseqüentemente, vinculados a uma zona de desenvolvimento do passado, o que, de acordo com as pesquisas desse grupo, produziria um impacto menor em termos de interação social no caso dessas pessoas serem, por exemplo, visitantes de um museu ou centro de ciências. Dessa forma estas instituições devem ser entendidas como complementares à escola, procurando oferecer aquilo que ela não pode oferecer, não só em termos de conteúdo como também em formas de abordagem, o que possibilitaria criar nos museus e centros de ciências um ambiente capaz de desencadear interações sociais dirigidas às chamadas zonas de desenvolvimento prospectivas.

A este respeito, aliás, é interessante destacar a semelhança entre esta conclusão e a opinião de Frank Openheimer, fundador do Exploratorium: "Certamente, muitas pessoas de todas as idades, incluindo físicos, tornam-se mais familiarizados com as idéias da Física através de visitas do que através de cursos tradicionais de ciências das escolas. O Exploratorium não é uma alternativa à escola, ele é um acréscimo e é concebido para alcançar objetivos educacionais e culturais que são difíceis de alcançar na escola" (46).

Esta é mais uma dentre as muitas opiniões, depoimentos e conclusões de pesquisadores de museus e centros de ciências que, embora muito provavelmente

desconheçam ou não relacionem a teoria de Vygotsky a suas instituições, se aproximam de forma muito estreita às indicações aqui expostas a partir dessa teoria. Na realidade, essa é uma coincidência que também ocorreu conosco - as idéias intuitivas que aos poucos formávamos durante nosso trabalho na coordenação de um centro de ciências foram se consolidando à medida que conhecíamos a teoria de Vygotsky, num processo que culminou com uma pesquisa específica à qual dedicamos o próximo capítulo deste trabalho.

## **VI. O CENTRO INTERDISCIPLINAR DE CIÊNCIAS DE CRUZEIRO: RELATO DE EXPERIÊNCIA E PESQUISAS**

### **1. Pequeno histórico**

Nosso trabalho em centros de ciências teve início em outubro de 1984. Trabalhávamos então na rede oficial de ensino do Estado de São Paulo, exercendo o cargo de professor efetivo de Física em Cruzeiro, cidade de cerca de 70000 habitantes localizada do Vale do Paraíba, a 220 quilômetros da capital. Nessa ocasião o professor Fuad D. Saad, vice-presidente do IBCEC - Instituto Brasileiro de Educação Ciência e Cultura - Seção S. Paulo, nos convidou para implantar naquela cidade um centro de ciências nos moldes de uma exposição permanente de ciências, que na época funcionava nos galpões do IBCEC localizados no câmpus da USP, em São Paulo. Para tanto fomos afastados pela Secretaria da Educação junto ao IBCEC e iniciamos nosso trabalho.

Optamos por localizar o centro de ciências nas instalações então abandonadas dos laboratórios da escola em que trabalhávamos, EESG Prof. José Sant'Ana de Castro, atendendo a sugestão do seu diretor, professor Paulo Pinto de Carvalho. Obtivemos o apoio da prefeitura municipal para a reforma de suas instalações e, com o auxílio de dois monitores, começamos por recuperar parte do material do laboratório lá existente. Com esse material, constituído de alguns conjuntos experimentais, incompletos, de Física, vidraria e alguns reagentes de Química, dois microscópios, lâminas de Biologia e alguns livros, revistas e enciclopédias voltados às ciências, cedidos pela direção, montamos uma

exposição com alguns experimentos e demonstrações, além de uma pequena biblioteca. Em março de 1985, iniciamos nossas atividades com a denominação de Centro Municipal de Ciências de Cruzeiro, o primeiro de uma série de centros que o IBECC pretendia criar, além daquele já existente no câmpus da USP. Os recursos materiais e financeiros, de início muito reduzidos, tiveram uma melhora significativa quando, em 1986, passamos a integrar um projeto de difusão de Centros Interdisciplinares de Ciências (CICs), que recebiam apoio da CAPES através do PADCT/SPEC. Recebemos algum material e equipamentos novos, inclusive quatro microcomputadores, e passamos a nos denominar Centro Interdisciplinar de Ciências (CIC) de Cruzeiro.

O CIC de Cruzeiro pretendia desenvolver um amplo espectro de atividades. No "folder" que distribuimos a todas as escolas e professores de ciências da cidade, na época de sua inauguração, além de historiar os passos de sua criação e seus objetivos, relacionávamos as atividades que pretendíamos desenvolver:

- "- demonstrações e experiências realizadas pelo Centro;
- demonstrações e experiências realizadas pelos visitantes (professores, alunos e população em geral);
- elaboração e empréstimo de material experimental (kits) para realização de demonstrações e experiências fora do Centro;
- criação de pequenos viveiros;
- infra-estrutura de apoio (equipamentos, material, textos, etc) a professores e alunos para realização de projetos e pesquisas;
- promoção de exposições e feiras de ciências;
- promoção de cursos de caráter introdutório aos mais variados ramos da ciência (eletrônica, computação, astronomia, etc);

- consulta e empréstimo de livros, revistas, etc;

- exibição de filmes, slides, etc."

Na realidade, as atividades que nos pareciam mais importantes, eram aquelas que envolvessem, direta ou indiretamente os professores de ciências da cidade. Acreditávamos que um centro de ciências localizado junto às escolas, à professores e alunos, levando recursos, apoio, assessoria e motivação, poderia estimular e até mesmo estabelecer a prática da experimentação como procedimento didático rotineiro nessas escolas. Esse era o nosso objetivo básico.

Nesse sentido elaboramos, ainda no início de nossas atividades, um folheto com a relação das atividades experimentais que poderíamos oferecer aos professores de ciências do 1.º grau, dentre as sugeridas nos livros didáticos e guias curriculares da Secretaria de Educação. Esse folheto, em síntese, oferecia as instalações do CIC para realização de visitas, trabalhos em grupo, realização de projetos e apoio ao professor no planejamento, preparação de aulas experimentais, empréstimos de equipamento, etc. Relacionava 15 experimentos de Biologia, 15 de Química e 30 de Física, destacando, ainda, que grande parte desses experimentos podiam ser aplicados ao 2º grau.

No entanto, a resposta a essa iniciativa foi pequena. Além de visitas programadas, que sempre despertaram o interesse maior, alguns professores mandaram seus alunos realizar experimentos conosco, geralmente em pequenos grupos, mas eram atividades optativas que nunca chegaram a integrar efetivamente o seu repertório de atividades. Segundo depoimento dos próprios alunos, seus professores raramente verificavam o que eles haviam feito no CIC, limitando-se a premiá-los com algum ponto ou conceito positivo.

Apesar de uma freqüência espontânea considerável, que chegamos a avaliar em torno de 100 alunos por dia, quando funcionávamos nos três períodos, a ausência dos professores nos preocupava. Procuramos, então, ir ao seu encontro, realizando um programa de visitas às escolas, levando parte do nosso equipamento e montando uma

pequena exposição por um dia. Visitamos, assim, a maioria das escolas da cidade, e entramos em contato com quase todos os seus professores de ciências. A situação porém pouco se alterou: o professor continuou a não utilizar nossas instalações para o desempenho do seu trabalho.

Em relação a atividades extra-escolares, entretanto, a situação era diferente. Nossa presença era solicitada em todas as feiras de ciências, tanto diretamente, através dos nossos próprios experimentos, como indiretamente, através do auxílio na construção de montagens experimentais. As visitas de classes ao CIC eram sempre solicitadas, e muitos alunos nos visitavam em grupos, por recomendação de seus professores, mas com uma agenda livre para ver o que quisessem, sem qualquer cobrança. Isto nos levou a ir, gradativamente, reformulando nossa exposição: de montagens planejadas, dirigidas a atividades experimentais, ligadas aos programas escolares de ciências, como destilação e eletrólise da água, lâminas para serem observadas ao microscópio, dinamômetros, balanças e talhas, equipamentos para verificação do princípios da ótica geométrica, etc., a outras voltadas mais ao lúdico e motivacional, desde experimentos com raio laser, à faísca que sobe entre dois condutores paralelos verticais, ao anel saltante, à esfera suspensa num jato de ar, à cascavel viva, etc. Percebemos que o aluno que nos visitava não queria encontrar ali uma continuação de sua escola, mas aquilo que a escola não podia oferecer, tanto na forma como no conteúdo. Aos poucos, nosso objetivo de influir no ensino escolar induzindo, direta ou indiretamente, os professores a desenvolver uma prática experimental em suas aulas de ciências foi sendo deixado de lado, em favor de uma postura extra-escolar. Assim, com exceção de um curso introdutório de computação que manteve uma procura constante, de todas as atividades a que nos propusemos no início de nosso trabalho a única sempre procurada e solicitada foi nossa exposição científica. Quando, ao final de 1989, ao ingressar na Universidade Estadual Paulista, tivemos que abandonar a coordenação do CIC, o seu perfil já era outro: centrado na exposição, assumia um caráter de instituição extra-escolar voltada à educação informal.

Essa mudança de objetivos implicou numa mudança de concepção do que entendíamos ser um centro de ciências. A questão básica que agora se colocava era: qual seria o resultado de uma visita? Teria havido alguma aprendizagem? A procura dessas respostas, que originou este trabalho, se iniciou com uma pesquisa bibliográfica em revistas internacionais sobre museus e centros de ciências, buscando indicações históricas, teóricas e pesquisas. Mas as primeiras idéias surgiram de uma pesquisa por nós realizada, que descrevemos a seguir.

## **2. A análise de uma demonstração experimental**

### **2.1. Introdução**

Esta pesquisa foi, originariamente, um trabalho de conclusão de curso da disciplina de pós-graduação: "O construtivismo e o ensino de ciências, ministrada pela professora Anna Maria Pessoa de Carvalho, na Faculdade de Educação da USP. Seu objetivo era detectar explicações causais de crianças de quatro a dez anos sobre a existência do ar, num enfoque piagetiano. A razão para incluí-la neste trabalho reside no fato de que, no seu decorrer, na análise da gravação das entrevistas realizadas com as crianças, tornou-se clara para nós a possibilidade da ocorrência de aprendizagem através da interação social desencadeada por uma demonstração experimental. Como isto é um fato corriqueiro numa visita a um centro de ciências, o que é atestado não só por nossas próprias observações como também pelas de outros pesquisadores na área, resolvemos reavaliar essa pesquisa, voltada, agora, não para a verificação das explicações das crianças, mas para o processo de aprendizagem que emergiu dessas interações.

### **2.2. Descrição**

Como o interesse inicial da pesquisa não estava relacionado ao CIC, mas às explicações a respeito de uma demonstração sobre existência do ar lá realizada, levamos o dispositivo experimental a uma escola particular que possuía alunos nas faixas etárias a serem pesquisadas. Embora pudéssemos ter feito entrevistas individuais, optamos por entrevistar grupos de três alunos de cada faixa etária; nos pareceu que, em grupo, as

crianças se sentiriam mais à vontade, já que éramos uma pessoa estranha à escola. Entrevistamos sete grupos na faixa etária de quatro a dez anos.

A entrevista seguia um roteiro que se assemelhava muito com o que fazíamos com os visitantes do CIC, utilizando um dispositivo lá desenvolvido. Ele é constituído por um recipiente transparente (vidro de maionese) fechado, vazio. Na sua tampa há dois furos: num deles é encaixado uma espécie de funil e no outro um tubo que se curva horizontalmente terminando por uma ponta fina (agulha de injeção). Essa ponta fina é dirigida a uma espécie de turbina que gira horizontalmente com facilidade, apoiada sobre um eixo vertical. Quando se derrama água no funil ela entra no recipiente forçando a saída do ar pelo tubo recurvado, o que impulsiona a turbina fazendo-a girar (ver figura à pg. 109). O objetivo da demonstração é evidenciar que dentro do recipiente, aparentemente vazio, há ar.

No CIC, que era freqüentado quase exclusivamente por alunos da 5a. série em diante, embora às vezes inadvertidamente alguns dissessem que o recipiente estava vazio, sempre se concluía com facilidade que, na realidade, dentro dele existia ar, e que esse ar era responsável pelo movimento da turbina. Isto não ocorreu na pesquisa. Confirmando relatos de um trabalho semelhante de Piaget, datado de 1926 (1), só a partir dos nove anos as crianças foram capazes, sozinhas, de formular uma explicação correta, ou seja, levar em conta a existência do ar. Obtivemos, entretanto, resultados não previstos pelas pesquisas de Piaget, o que nos chamou a atenção.

Nas primeiras entrevistas com crianças em faixas etárias de quatro, cinco e seis anos pudemos notar que, de fato, nenhuma delas explicava o movimento da turbina como consequência da saída do ar do interior do frasco. Em geral atribuíam o movimento simplesmente à entrada da água: "a rodinha gira porque a água cai", numa relação direta de causa e efeito, sem se conscientizarem da necessidade de um elemento intermediador. Outras atribuíam o movimento a causas aleatórias, como a influência da agulha de injeção na extremidade do tubo, ou ainda à algum truque. Mesmo quando nos referíamos

explicitamente à possibilidade do movimento ser provocado pelo ar, não obtínhamos qualquer aceitação por parte das crianças.

Nas entrevistas com crianças dos grupos de sete e oito anos, entretanto, notamos uma significativa alteração em relação às anteriores. De início as explicações eram praticamente as mesmas. Se tivéssemos mantido a postura de um entrevistador piagetiano, neutro, chegaríamos a conclusão que, também nessa faixa etária, as crianças não se conscientizam da existência do ar. Entretanto, provavelmente devido ao hábito de utilizarmos esse dispositivo com outra finalidade, prosseguimos o diálogo e verificamos, com muita clareza, que as crianças concluíram que o movimento da turbina era devido ao ar existente no frasco. Em outras palavras, crianças com um nível de desenvolvimento cognitivo tal que, de acordo com as pesquisas de Piaget, não levam em conta, nas suas explicações causais, a existência do ar, acabaram, como consequência de uma interação social com a participação de um professor, por concluir ou aprender que o ar existe. Ficou claro para nós que essas crianças foram além do seu nível de desenvolvimento cognitivo através dessa interação, o que, de acordo com a teoria de Vygotsky, pode ser explicado através do conceito de zona de desenvolvimento proximal. Passamos então a refletir sobre esse conceito, com o objetivo de utilizá-lo como instrumento para a compreensão do processo ensino-aprendizagem num centro de ciências.

### **2.3. Conclusões da análise**

A semelhança entre o que ocorreu nessa pesquisa e o que costumava ocorrer no CIC era evidente. A única diferença significativa é que, na pesquisa, o dispositivo foi colocado numa sala de aula e a interação social se desenvolveu sem a presença de outros estímulos ou pessoas o que, a nosso ver, tornou a interação mais eficiente, mas não invalida a analogia. A nossa observação da atitude dos visitantes no CIC mostrou que eles quase sempre interagiam em grupos diante de um experimento. Em geral esses grupos se formavam sob a liderança do monitor, embora às vezes ocorressem também

espontaneamente. Podemos afirmar que a situação da nossa pesquisa se reproduzia freqüentemente nesses grupos e, portanto, a possibilidade dessas interações sociais se dirigirem à zona de desenvolvimento proximal de seus participantes devia ser considerada. É óbvio que, assim como na pesquisa, nem toda interação mostrou-se adequada ou produtiva - a existência de interações sociais é uma condição favorável, mas não suficiente para a ocorrência da aprendizagem.

Nossas reflexões em relação aos resultados dessa pesquisa levaram ainda a outras conclusões. Pela análise das entrevistas percebemos que, apesar do nível de desenvolvimento cognitivo das crianças, segundo Piaget, não permitir a compreensão integral do experimento, fomos além do esperado, muito provavelmente através de interações sociais dirigidas à zona de desenvolvimento proximal das crianças. Verificamos também o estabelecimento de uma espécie de critério ou limite determinando que nível de explicação ou abordagem é satisfatório nesse sentido. Notamos que, para as crianças de 4 a 6 anos, bastava que percebessem uma relação de causa e efeito entre a entrada da água no frasco e o movimento de rotação quase simultâneo da turbina para que elas se sentissem satisfeitas. Quando tentávamos ir além, a interação se mostrava infrutífera e os diálogos se tornavam dispersivos, perdendo a objetividade.

Nossas observações no CIC mostravam muitas situações análogas. O nível de exigência de um visitante em relação a uma explicação, ao que tudo indica, depende do seu nível de desenvolvimento cognitivo e do seu nível de conhecimento. Uma das nossas demonstrações experimentais exemplifica bem essa inferência: trata-se de uma maquete de uma pirâmide dentro da qual se esconde um secador de cabelos antigo (funcionando como ventilador, sem aquecer), silencioso, que quando ligado produz um jato de ar dirigido para fora através de um furo localizado no topo da pirâmide. Coloca-se então uma bolinha de isopor no jato de ar e ela passa a flutuar a uma certa altura do topo da pirâmide, num efeito visual muito interessante. A grande maioria das pessoas que via essa demonstração se sentia satisfeita ao saber que aquela bolinha flutuava no jato de ar produzido pelo secador, ou seja, bastava descobrir o segredo. Apesar de insistirmos em ir além,

procurando explicar o fenômeno a partir dos princípios da hidrodinâmica, mesmo de forma simplificada, notamos que poucos se mantinham interessados. Da mesma forma que com as crianças de nossa pesquisa diante de explicações que tinham dificuldade em aceitar ou entender, as interações com os visitantes também se enfraqueciam, a atenção se dispersava e sentíamos que a explicação tinha sido inútil.

Estas observações podem ser compreendidas com muita propriedade através dos construtos teóricos estabelecidos por Wertsch, (2) a que nos referimos no capítulo anterior. Elas mostram claramente que os participantes da interação não tiveram, de início, a mesma definição de situação. No caso das crianças em relação ao dispositivo que evidencia a existência do ar, enquanto para o professor o problema era "o que existe dentro do recipiente aparentemente vazio?", para as crianças o problema era "o que faz a turbina girar?". A partir do instante em que o problema delas era resolvido através do estabelecimento de uma relação de causa e efeito óbvia (embora insatisfatória para o professor) entre a entrada da água e a rotação da turbina, a interação se enfraquecia, pois o problema só continuava a existir para uma das partes. Não sabemos se seria possível, através de um processo de mediação semiótica mais eficiente, fazer coincidir a definição de situação das crianças com a do professor ou a partir de que idade isso seria possível, uma vez que para Vygotsky, assim como para Piaget, há um nível mínimo de desenvolvimento cognitivo necessário para isso, o que na época não foi verificado.

Em relação à demonstração da bolinha de isopor que flutua sobre a pirâmide, a situação, em geral, se repete. Enquanto para o monitor o problema é "porque o jato de ar sustenta a bolinha flutuando no ar?" para a maioria dos visitantes o problema é "o que existe dentro da pirâmide, que faz a bolinha flutuar?". Quando o segredo é revelado e esses visitantes descobrem o secador de cabelos, o problema deles está resolvido, mas não o do monitor que tenta, quase sempre de forma infrutífera, manter a interação. Neste caso, a dificuldade na definição de situação não está, a nosso ver, no nível de desenvolvimento cognitivo dos visitantes, mas na própria demonstração, que neles induz uma definição de situação que não é a pretendida por aqueles que a planejaram. Esta

dificuldade, aliás, aparece em outras demonstrações, e voltaremos a discuti-la mais adiante.

Estas conclusões nos levaram a procurar entender melhor as relações e indicações possíveis da teoria de Vygotsky ao processo ensino-aprendizagem nos centros de ciências. Planejamos e realizamos, então, uma pesquisa específica nesse sentido que passamos a descrever a seguir.

### **3. A Análise de uma visita ao CIC**

#### **3.1. Objetivo e Planejamento**

A idéia da pesquisa foi analisar o comportamento dos visitantes durante uma visita e buscar indicações em termos de aprendizagem, à luz da teoria de Vygotsky, que fossem consequência dessa visita. Para tanto estabelecemos os seguintes procedimentos <sup>☒</sup>: (I) realizar uma entrevista prévia com os visitantes para avaliar o seu nível de conhecimento em relação ao que lhes seria apresentado; (II) promover a visita seguindo um roteiro coerente com a entrevista e (III) realizar duas avaliações, uma imediatamente após a visita e outra algum tempo depois. Por razões práticas escolhemos como visitantes dois grupos de alunos de escolas públicas de Cruzeiro, um maior, de 22 alunos da sétima série da EEPSG Rodrigues Alves Sobrinho e outro menor, de oito alunos, escolhidos casualmente de três sétimas séries da EEPSG Oswaldo Cruz. Esses grupos foram entrevistados e visitaram o CIC separadamente. Como instrumento de análise gravamos em vídeo as entrevistas e as visitas, optando por efetuar mais duas avaliações por escrito, após a visita.

#### **3.2. Descrição**

As duas primeiras etapas e a primeira avaliação foram realizadas durante o mês de novembro de 1990. A segunda avaliação foi realizada em maio de 1991.

Na primeira etapa, seguindo um roteiro previamente preparado para orientar tanto a entrevista como a visita, realizamos as entrevistas a partir de perguntas sobre que

---

\* a orientação inicial desta pesquisa foi nos dada pela professora Zilma de Moraes Ramos de Oliveira, do Departamento. de Psicologia da USP - Câmpus de Ribeirão Preto.

instrumentos e equipamentos os alunos já conheciam (termômetro, bússola, raio laser, etc.), que experiências conheciam ou haviam realizado e explicações à respeito de fenômenos ou coisas da vida cotidiana (ventos, raios, eletricidade, submarino, avião, etc.). As entrevistas foram realizadas nas escolas, em sala de aula, com a participação de todos os alunos de cada grupo, num clima de cooperação plenamente satisfatório, com a maioria se manifestando sobre um assunto ou outro. A gravação em vídeo foi realizada por um técnico do IFUSP e, aparentemente, não influenciou no comportamento dos alunos. Como resultado pudemos constatar que apenas uma experiência foi citada, sobre existência do ar; que a maioria só conhecia o termômetro clínico, e não sabia como se mede a temperatura ambiente. Tinham dúvidas em relação à direção que aponta a bússola e poucos souberam dizer do que ela é feita. Explicavam o vento apenas como correntes de ar verticais, ascendentes e descendentes, numa estreita compreensão do fenômeno da convecção aprendido em aula, não sabendo dizer como ele poderia se propagar horizontalmente; não sabiam como o submarino podia submergir ou emergir, e muitos acreditavam que o avião voa devido ao vento. Estes dados mostraram um nível de conhecimento aquém do que esperávamos e nos levaram a reformular o planejamento da visita em favor de uma abordagem menos profunda e mais informativa.

Nas visitas, do grupo de oito alunos compareceram cinco e do grupo de 22 compareceram todos, acompanhados pela professora de ciências. Embora realizadas em dias diferentes, seguiram o mesmo roteiro, com a apresentação de 20 demonstrações experimentais, além da observação de uma cobra cascavel viva. O tempo total de visita foi de aproximadamente uma hora e meia para o grupo menor e duas horas para o grupo maior que, dessa forma, pôde realizar observações independentes, fora do que havia sido programado. Na mostra de cada experimento procuramos seguir um procedimento uniforme: inicialmente descrevíamos o que seria feito ou como era o dispositivo, ressaltando os pontos para os quais os alunos deviam voltar sua atenção. Em seguida realizávamos a experiência ou mostrávamos o funcionamento do dispositivo e depois, na medida do possível, discutíamos e explicávamos o que havia sido observado.

A gravação em vídeo do grupo maior foi feita pelo mesmo técnico que gravou as entrevistas e a do grupo menor por um de nossos antigos monitores e, em ambos os casos, aqui também parecem ter influenciado muito pouco no comportamento dos alunos que, aliás, foi muito semelhante. Mostravam-se em geral atentos, interessados, tentaram algumas vezes dar opiniões e explicações, mas praticamente não houve perguntas ou sugestões, apenas exclamações de surpresa ou entusiasmo em relação aquelas demonstrações de resultados mais interessantes. A rigor houve apenas uma forma de interação social, intensa e constante, entre o professor-monitor e os alunos-visitantes, desencadeadas sempre pelo desenrolar de cada demonstração realizada. Essa demonstração, aliás, era sempre o foco das atenções, ilustrada pela fala do professor. É importante ressaltar, entretanto, que a direção da interação foi sempre do professor: era ele quem orientava a observação dos alunos, chamando a atenção para o que devia ser visto, manipulando, controlando e por vezes repetindo a demonstração em destaque.

### **3.3. Avaliação**

Para avaliar a visita, além da observação do vídeo utilizamos dois instrumentos que só foram aplicados ao grupo maior, já que, por dificuldades práticas, não foi possível reunir novamente o grupo menor. O primeiro foi uma descrição por escrito da visita que cada aluno realizou em classe alguns dias depois, numa aula de português. O objetivo era obter a avaliação da visita por parte dos alunos, o que nos deu informações valiosas. Verificamos que além da descrição dos experimentos vistos, houve em muitos casos (cerca de 30%) uma preocupação em explicá-los, o que não tinha sido solicitado. Verificamos ainda que os alunos não se limitaram ao que lhes foi apresentado, mas fizeram observações independentes, às quais deram um destaque até mesmo surpreendente. Para orientar e ilustrar nossa análise desse material apresentamos o quadro I (pág. 103) com as frases que nos pareceram mais significativas, a tabela I (pág. 104), em que apresentamos a porcentagem dos experimentos mais citados nas descrições em relação àqueles que foram apresentados, e a tabela II (pág. 105), em que apresentamos essa porcentagem em relação ao que foi observado livremente.

A segunda avaliação foi realizada cerca de cinco meses depois, por razões de ordem prática. Embora parte do grupo tivesse se separado, foi possível recompô-lo quase integralmente durante a avaliação. O procedimento desenvolvido teve duas etapas: inicialmente apresentamos a exibição integral do vídeo, de cerca de uma hora, tanto da visita como das entrevistas prévias, com o objetivo não só de lembrá-la mas também para cumprir um compromisso assumido com os alunos durante a sua realização (o vídeo não foi editado, tem uma boa definição de imagem e qualidade sonora razoável). Em seguida selecionamos, ao acaso, seis demonstrações experimentais apresentando-as novamente, sem som, solicitando que respondessem, por escrito, às seguintes perguntas: (I) que experiência é esta? e (II) como você explica o que acontece nesta experiência?

O objetivo foi, em primeiro lugar, verificar se eram capazes de identificar o que estavam vendo, o que indicaria um nível mínimo de aprendizagem já que, de acordo com a entrevista prévia, nenhum dos experimentos mostrados era conhecido e, em segundo lugar, se eram capazes de explicar o que viam, o que indicaria um nível de aprendizagem mais elevado.

Os experimentos escolhidos foram: o ludião ou submarino, o abajur de convecção, a máquina a vapor, a usina hidroelétrica, a faísca ascendente e o avião, cujas descrições e figuras estão no quadro II (pág. 106 à pág. 109 ). A partir das respostas construímos a tabela III (pág. 105 ), objetivando facilitar nossa análise. Nela assinalamos, em relação à pergunta I, as porcentagens de respostas corretas e erradas, e em relação à pergunta II, incluímos também uma coluna para respostas parcialmente corretas, o que nos pareceu necessário, já que se tratavam de explicações e não de uma simples identificação, como na pergunta anterior. Achamos útil também reunir algumas respostas mais significativas que constam do quadro III (pág. 110 ).

### **3.4. Análise**

Como já dissemos, a idéia inicial da pesquisa era buscar indicações da aplicabilidade de aspectos da teoria de Vygotsky a um centro de ciências. Dentre as

atividades que nele podem ser desenvolvidas, escolhemos o que se pode chamar de visita monitorada. Tinha como argumento definitivo a seu favor a maior facilidade no seu registro em vídeo, o que não ocorreria, por exemplo, numa visita em que os alunos pudessem percorrer livremente os objetos e experimentos expostos. Além disso, esta era uma das nossas atividades mais comuns e seria conveniente avaliá-la. Entretanto, esta opção trouxe algumas limitações. Em primeiro lugar, como já ressaltamos anteriormente, provocou uma centralização das interações no professor-monitor que, pela experiência e domínio do material, tornou suas explanações de certa forma muito bem comportadas ou muito fluentes. O aluno-visitante, em geral, só intervinha quando convidado ou estimulado a fazê-lo - a sua participação espontânea foi pequena. Em segundo lugar, a análise do papel de uma visita monitorada não esgota a análise do papel do centro de ciências no processo ensino-aprendizagem. Seu ambiente, rico de estímulos e interações sociais, pode oferecer ao visitante muito mais do que um roteiro previamente preparado, o que aliás pudemos constatar na nossa pesquisa, pois a maior parte das descrições destacam também coisas que foram observadas fora do que havia sido programado e apresentado.

Conscientes dessas limitações, vamos procurar analisar os resultados desta pesquisa confrontando-os com o seu objetivo inicial, ou seja, a busca de indicações válidas da teoria de Vygotsky em relação ao processo ensino-aprendizagem nos centros de ciências. Dispusemos de três instrumentos de análise: a gravação em vídeo das entrevistas e das visitas, as descrições realizadas na primeira avaliação, logo após a visita, e as respostas às questões formuladas na segunda avaliação. Da observação do vídeo pudemos notar que, como já assinalamos, embora tenha havido apenas uma forma de interação social entre o professor-monitor e o aluno-visitante, desencadeada pela demonstração experimental, essa interação variava em intensidade em função da maior ou menor participação dos alunos. Notamos que a intensidade era maior nos experimentos que exigiam explicações mais simples, e menor naqueles que exigiam explicações mais difíceis. Nos experimentos sobre existência do ar ou sobre os efeitos do calor sobre o ar (termoscópio e termômetro de Galileu), por exemplo, os alunos não se furtaram a opinar,

dar explicações ou manipular, enquanto que naqueles que abordavam fenômenos do eletromagnetismo, por exemplo, eles se limitavam apenas a observar, embora com atenção e até admiração. Por outro lado, os destaques assinalados nas descrições (tabela I) dão também indicações interessantes. Verificamos que não foram citadas duas experiências: o abajur de convecção e a máquina a vapor. No caso da máquina a vapor, a explicação era imediata e, no caso do abajur de convecção, a explicação já era conhecida para eles. Notamos, também, que obteve um grande destaque a experiência da usina hidroelétrica, quando muitos "descobriram" que a eletricidade "vem da água".

Em relação à segunda avaliação, quando focalizamos seis demonstrações experimentais específicas, cujos resultados estão sintetizados na tabela III, pudemos fazer observações interessantes. Quanto à identificação da demonstração (pergunta I) que procurava detectar um nível mínimo de aprendizagem, os resultados foram bons. Com exceção do ludião, as demais tiveram um índice de acerto que variou de 48% a 81%, o que consideramos satisfatório uma vez que eram, para os alunos, demonstrações experimentais desconhecidas. Em relação à correção das explicações, embora o índice de acerto tenha caído significativamente, pudemos notar que algumas idéias corretas foram adquiridas em nível percentual razoável, o que é indicado pela coluna das respostas parcialmente corretas. O maior índice de acerto esteve com as demonstrações da máquina a vapor, da usina hidroelétrica e do abajur de convecção. O menor foi o do ludião seguido da faísca ascendente e do avião. Em relação ao nível de conhecimento inicial demonstrado na entrevista, o resultado mais significativo foi o da usina hidroelétrica, onde 48% demonstraram ter adquirido alguma noção sobre a origem da eletricidade, o que inexistia antes da visita. Mesmo o avião, embora com índice muito alto de erros, obteve respostas corretas de boa qualidade.

Voltando ao nosso objetivo inicial, vamos procurar elaborar algumas reflexões sobre as interações sociais ocorridas durante a visita e observadas através do vídeo, confrontando-as com as avaliações realizadas por escrito, pelos alunos, partindo das indicações dadas pela teoria de Vygotsky e seus seguidores.

De acordo com Wertsch (3), para compreender o que ocorre numa interação social voltada à zona de desenvolvimento proximal de seus participantes, é necessário reconhecer ou detectar as diferentes definições de situação que cada participante da interação cria em relação à uma tarefa proposta ou, no nosso caso, em relação a cada dispositivo ou demonstração experimental apresentada. Nesse sentido, admitindo-se que a definição de situação do professor-monitor é conhecida, uma vez que deve coincidir com a proposta, ou objetivo que orientou a construção do dispositivo, ou da montagem da demonstração experimental, é preciso estabelecer a definição de situação dos alunos-visitantes, o que, segundo Wertsch, poderia ser conseguido implicitamente através das suas manifestações ou ações desenvolvidas nas interações sociais ocorridas durante a visita. No nosso caso, entretanto, isso não foi possível pois, como já dissemos, essas manifestações ou ações observadas pelo vídeo, foram discretas e pouco elucidativas. Optamos, então, por estabelecer essas definições de situação a partir de nossas observações e experiência pessoal apoiadas nos outros elementos de avaliação utilizados, sobretudo as descrições realizadas após a visita.

Acreditamos que o aluno-visitante cria a sua definição de situação em relação a uma demonstração experimental em dois momentos: ao vê-la, pelo que lhe parece ser aquele objeto ou conjunto de objetos e, em seguida, ao ouvir a descrição e objetivos dessa demonstração, além da influência de possíveis idéias prévias que tiver a respeito (é bom lembrar que os experimentos e demonstrações têm etiquetas explicativas; no entanto, durante as visitas monitoradas, dificilmente elas são ou podem ser lidas). A partir daí, à medida que a realização da demonstração se desenvolve, através da interação social desencadeada, as definições de situação do professor-monitor e do aluno-visitante podem ou não coincidir. Pelo que observamos através dos instrumentos de avaliação utilizados, pudemos concluir que, às vezes, essa definição de situação já era praticamente a mesma, às vezes houve divergências iniciais que acabaram por convergir e, às vezes, ainda, não havia sequer compreensão do que era apresentado, ou seja, os alunos-visitantes sequer criaram sua definição de situação.

Como exemplos do primeiro caso destacamos as demonstrações do abajur de convecção e da máquina a vapor. Nelas, pelo que observamos, não houve praticamente divergências na definição inicial. A convecção, pelo que havíamos detectado na entrevista, era um assunto conhecido e a nossa "máquina a vapor" é um dispositivo muito simples que praticamente dispensa qualquer explicação. As avaliações, a nosso ver, mostram isso, pois foram experiências para as quais houve um bom índice de acerto nas questões mas nenhum destaque nas descrições. Como exemplos do segundo caso, quando as interações sociais partiram de definições de situação diferentes, podemos citar as demonstrações sobre a existência do ar, a influência do calor sobre o ar, o avião e a apresentação da cobra cascavel. No caso da existência do ar, a idéia inicial da água movendo indiretamente a turbina é substituída com facilidade pela ação intermediária do ar, mas há, de qualquer forma, uma divergência inicial que enriquece a interação. No caso da influência do calor sobre o ar, muitos alunos procuraram verificar o efeito produzido com suas próprias mãos, o que pode indicar uma desconfiança em relação à nossa explicação inicial e uma idéia prévia diferente por parte do aluno. No caso do avião havia uma idéia prévia muito comum, verificada na entrevista, de que o avião voa devido ao vento. Embora o nosso avião não voe, apenas se movimenta em círculos a partir do movimento da hélice, a ação propulsora da hélice mereceu um destaque significativo em algumas descrições e respostas das questões. Percebemos então que esses alunos não sabiam que essa era uma função da hélice, o que mostra que houve, da parte deles, uma outra definição de situação que acabou convergindo com a do professor. Em relação à apresentação da cobra cascavel havia idéias prévias variadas em relação ao número de guizos, veneno, troca de pele, alimentação, etc., que proporcionaram uma interação social muito rica que não pôde ser melhor avaliada por falta de uma abordagem específica.

Quanto à usina hidroelétrica houve uma situação intermediária que nos pareceu particularmente interessante. O papel desempenhado pelo ímã que gira dentro da armação em U da bobina não foi percebido ou compreendido, nem mesmo suficientemente enfatizado pelo professor-monitor. O que ficou para os alunos-visitantes

foi o papel da água que faz girar a turbina à qual o ímã está vinculado - "a eletricidade vem da água", concluiu a maioria, com a anuência do professor. Parece-nos, tipicamente, a situação descrita por Wertsch, segundo o qual, em muitos casos, "o adulto e a criança podem negociar uma definição de situação que difere de ambos em relação às formas de compreensão da situação no plano intrapsicológico" (4), ou seja, nem os alunos-visitantes, nem o professor monitor, inicialmente, aceitavam como definição de situação a idéia de que a eletricidade vem da água, o que acabou ocorrendo através de uma "negociação" realizada pelos participantes durante a interação.

A experiência do ludião também merece destaque pois, apesar da explicação relativamente simples e à altura do nível de desenvolvimento cognitivo dos alunos, não foi bem compreendida, sobretudo sua associação com o funcionamento de um submarino. Parece-nos que a deficiência estava no tamanho do próprio ludião, muito pequeno em relação ao conjunto de sua montagem, tornando pouco visíveis os efeitos da pressão da água sobre ele. Isto provavelmente provocou a criação de definições de situação tão incompatíveis com o objetivo da demonstração e com a sua explicação que tornaram ineficientes, em grande parte, as interações sociais em torno dele desenvolvidas. Como testemunho desta análise citamos o fato de alguns alunos referirem-se a essa experiência, na terceira avaliação, como a experiência do termômetro... Quanto às experiências de eletromagnetismo, bobina girante, anel saltante, faísca ascendente, entre outras, ao que tudo indica não houve sequer por parte dos alunos-visitantes uma definição de situação inicial. Nem a aparência dos dispositivos, nem a apresentação do professor propiciaram a formulação de qualquer idéia prévia a respeito, o que tornou as interações sociais desencadeadas por esses experimentos pouco produtivas em termos de desenvolvimento cognitivo. Isto é atestado ainda pela dificuldade que muitos alunos demonstraram ao referir-se, nas descrições, a essas demonstrações, o que nos obrigou até a incluir mais um item genérico, "Eletricidade", na tabela I relativa aos destaques extraídos dessas descrições.

Por outro lado, uma análise equivalente destes resultados, talvez um pouco mais simples, pode ser feita a partir das pesquisas realizadas pelo grupo de Belgrado (5), procurando ampliar e estender a compreensão do conceito de zona de desenvolvimento proximal, a que nos referimos no capítulo anterior.

Transpondo os resultados do trabalho desse grupo às interações sociais ocorridas durante a visita, pode-se afirmar que essas interações, em relação aos alunos-visitantes, podem ter se orientado a zonas de desenvolvimento do passado, presente, proximal e futuro e que as mais produtivas estavam dirigidas à zona de desenvolvimento proximal.

Assim é que, entendendo como mais produtivas aquelas que geravam um novo conhecimento a um número maior de alunos-visitantes, podemos classificar como voltadas ao proximal as interações sociais desencadeadas pela demonstração da usina hidroelétrica, devido ao desconhecimento da origem da eletricidade mostrado na entrevista, pelo destaque nas descrições e pelo resultado da segunda avaliação. As demonstrações do abajur de convecção e da máquina a vapor não foram significativas em termos de aquisição de um novo conhecimento, embora tivessem tido um índice de acerto semelhante ao da usina hidroelétrica. Foram, a nosso ver, interações dirigidas à zona de desenvolvimento do passado, isto é, voltadas a um conhecimento já existente, o que é confirmado pela inexistência de referências a essas demonstrações nas descrições. As interações em torno do ludião, do avião, da faísca e de fenômenos eletromagnéticos em geral certamente ultrapassaram os limites do proximal, apesar de que em relação ao avião, isto não tenha ocorrido para todos — alguns alunos entenderam bem o papel propulsor da hélice no seu movimento, ressaltado durante a demonstração.

É interessante notar que todas estas observações só puderam ser feitas depois da visita, a partir dos instrumentos de avaliação utilizados. Durante a visita é muito difícil saber que nível de interação está se desenvolvendo, se a abordagem está sendo ou não adequada no sentido de visar a zona de desenvolvimento proximal dos visitantes. É preciso desenvolver um processo de avaliação formativa nesse sentido, adequando desde o próprio dispositivo experimental à abordagem utilizada na explicação. No nosso caso, por exemplo, ficou claro que alguns dispositivos ou montagens devem ser reformulados, como

é o caso ludião, algumas abordagens devem ser repensadas, como nos experimentos sobre eletromagnetismo, o que vamos detalhar a seguir, na conclusão deste trabalho.

Finalmente, é importante discutir ainda a qualidade das respostas dos alunos-visitantes, que foi uma forma de avaliar a qualidade de aprendizagem ocorrida. Além dos erros de ortografia, das idéias expressas de forma imprecisa e deficiente, o seu conteúdo certamente mereceria reparos de qualquer professor de Física ou Ciências, e muitos discordariam do que consideramos correto ou parcialmente correto. Deve-se notar, entretanto, que o critério básico utilizado foram as nossas explicações durante a visita e, em função delas, foi feita a avaliação das respostas. É óbvio, por exemplo, que a eletricidade não vem da água, mas essa idéia, como comentamos, foi adotada como correta nas nossas explicações e foi assim apreendida por muitos alunos - por essa razão foi aceita como parcialmente correta. Ficou claro também para nós, desde as entrevistas, que só seria possível durante a visita uma abordagem superficial, voltada para uma alfabetização científica, para a transmissão de idéias básicas, iniciais, e este foi também o critério básico utilizado na correção.

#### **4. Reflexões**

Ao longo dos cinco anos que estivemos na coordenação do CIC de Cruzeiro uma inquietação sempre nos acometeu: será que vale a pena este tipo de trabalho? A intuição sempre respondia afirmativamente, apoiada em inúmeros dados concretos: iniciamos nossa exposição com cerca de dez experimentos e dois ou três anos depois já contávamos com um acervo de mais de uma centena, parte dos quais, reunida, originou um livro de nossa autoria (6). A freqüência de alunos era constante, cerca de 20 foram nossos monitores com remuneração quase simbólica e outros tantos exerciam, muitas vezes prazerosamente, o papel de monitores voluntários. Traziam constantemente coisas que podiam incrementar nossa exposição: pedras, plantas, casas de João-de-Barro, insetos, bichos e até uma cascavel viva que se tornou uma de nossas maiores atrações. Recebíamos visitas, fazíamos visitas, participávamos de feiras de ciências da região e fora da região, inclusive em exposições de algumas reuniões anuais da SBPC.

Entretanto, à medida que, pelas razões já expostas, nosso papel assessor da escola deixava de se concretizar, a responsabilidade de uma ação independente acentuou a necessidade de refletir sobre a validade do nosso trabalho. Um centro de ciências que trabalha para a escola tem, até certo ponto, uma situação confortável sob o ponto de vista pedagógico, já que o foco do processo ensino-aprendizagem nela se situa, ao passo que um centro de ciências que trabalha com a escola, mas com propostas e estratégias educacionais específicas, deve assumir a sua própria responsabilidade nesse processo. Apresentamos nossa primeiras reflexões a respeito no III EPEF - Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, realizado em 1990 em Porto Alegre (7), mas só agora, com a adoção de um referencial teórico sociointeracionista baseado na teoria de Vygotsky, temos consciência da validade do nosso trabalho, de seus méritos e limitações. Reconhecemos que esta é uma pesquisa pioneira e, considerada isoladamente, seria pouco conclusiva. Entretanto, inserida no contexto deste trabalho ela assume, a nosso ver, uma dimensão maior, e oferece subsídios válidos para nossas conclusões, que apresentamos no próximo capítulo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### CAPÍTULO II

- (1) WITTLIN, A. S. - The Museum - its history and its tasks in education, London, 1949.
- (2) ALEXANDER, E. P. - Museums in motion - American Association for State and Local History - Nashville, 1979, pg. 7.
- (3) RONAN, C. A. - História Ilustrada da Ciência da Universidade de Cambridge - Volume I - Círculo do Livro / Zahar. São Paulo, 1987, pg. 121.
- (4) LEWIS, R. H. - Museum - In: Encyclopaedia Britanica - vol. 15 - Encyclopaedia Britanica, Inc. Chicago, 1973, pg. 1036.
- (5) TIME-LIFE Books - Impérios em ascensão - Time Life Livros - Rio de Janeiro, 1990, pg. 22.
- (6) LEWIS, R. H. - op. cit., pg. 1037.
- (7) BINNI, L. e PINNA, G. - Museo: storia e funzioni di una macchina culturale del' 500 a oggi. - Garzanti - Milão, 1980.
- (8) DANILOV, V. J. - Science and Technology Centers - The MIT Press - Massachusetts, 1992, pg. 14.
- (9) Id., Ibid.
- (10) Id., Ibid.
- (11) Id., Ibid.
- (12) WITTLIN, A. S. - op. cit..
- (13) LEON, A. - El museo - teoría, praxis e utopia - Ediciones Cátedra - Madrid, 1978, pg. 51.
- (14) ALEXANDER, E. P. - op. cit. pg. 66.
- (15) Id., Ibid., pg. 51.

- (16) Id., Ibid., pg. 57.
- (17) DANILOV, V. J. - Science / Technology Museums Come of Age - Curator XVI/3, 1973.
- (18) DANILOV, V. J. - op. cit., pg. 29.
- (19) SAUNIER, D. - Museology and scientific culture - Impact of Science on society, nº 152, 1988, pg. 377-383.
- (20) SHAW, E. - The Exploratorium - Curator 15(1), 1972, pg. 39-52.
- (21) ORCHISTON, W. e BHATHAL, R. - Introducing the Science Centrum: A New Type of Science Museum - Curator 27 (1), 1984, pg. 33-47.
- (22) OPPENHEIMER, F. - A Rationale for a Science Museum - Curator, XI/3, 1968, pg. 206-209.
- (23) SAUNIER, D. - op. cit.
- (24) OMAND, O. N. - The Ontario Science centre, Toronto - Museum 26/2, 1974.
- (25) SAUNIER, D. - op. cit.
- (26) ROQUEPLO, P. - Penser la technique - La Senil - Paris, 1983
- (27) HAMBURGER, E. W. - Visita a Museus de Ciência na Europa - Publicação IFUSP/P - 652 - São Paulo, 1987
- (28) SAUNIER, D. - op. cit.
- (29) SAUNIER, D. - op. cit.
- (30) BAZIN, G - Le temps des musées - Liège - Bruxelles: Desoer, 1967.

### CAPÍTULO III

- (1) RIBEIRO, B. G. - Museu e Memória. Reflexões sobre o Coleccionamento - Ciência em Museus 1/2, 1989, pg. 109-122.
- (2) FARIA, L. C. - As Exposições de Antropologia e Arqueologia do Museu Nacional - Publicações Avulsas do Museu Nacional - Rio de Janeiro, vol. 4, 1949, pg. 1-19.
- (3) RIBEIRO, B. G. - op. cit.
- (4) SCHWARCZ, L. K. M. - O Nascimento dos Museus Brasileiros: 1870-1910 - MICELI, S. (org.) - Ed. Vértice - S. Paulo, 1989, pg. 30.
- (5) SCHWARTZMAN, S. - Formação da Comunidade Científica no Brasil - Ed. Finep/CEN, 1979, pg. 58.
- (6) SCHWARCZ, L. K. M. - op. cit. pg. 32.
- (7) Id. ibid. pg. 41.
- (8) Id. ibid. pg. 43.
- (9) CUNHA, O. R. - Histórico do Museu Paraense Emílio Goeldi.
- (10) LA PENHA, G. M. - Centros de Ciências: Novas Funções - In: A Hora e o Lugar dos Centros de Ciência - Mesa Redonda da 42ª Reunião Anual da SBPC - Porto Alegre - RS - 10/07/1990 - Publicação VITAE - São Paulo, 1991, pg. 19.
- (11) SCHWARTZMAN, S. - Op. cit.,
- (12) SCHWARCZ, L. K. M. - op. cit. pg. 71.
- (13) INSTITUTO BUTANTAN - Histórico do Instituto Butantan e Biografia de Vital Brasil - Série didática (3).
- (14) FEDERSONI Jr., P.A. et al - Animais peçonhentos ensinam educação ambiental no Museu do Instituto Butantan. Loucura? Não!!! - Ciências em Museus 1(2), 1989, pg. 143-157

- (15) Id. ibid.
- (16) Id. ibid.
- (17) Id. ibid.
- (18) BARRA, V. M. - Produção de Materiais Didáticos no Brasil - 1950 a 1980 - In: Memória do Simpósio de Ensino de Ciências Experimentais - IBECC, S. Paulo, 1982
- (19) Id. Ibid.
- (20) KRASILCHIK, M - The scientists: an experiment in science teaching - International Journal of Science Education, 12/3, 1990, pg. 282-287.
- (21) Id. Ibid.
- (22) SCHIEL, D. et al (edit.) - Anais do I Simpósio de Integração Universidade - Escolas de 1º Grau - S. Carlos, 28 a 30 de novembro de 1979.
- (23) CDCC - Relato apresentado na I Reunião da Rede de Popularização da Ciência e Tecnologia na América Latina - Rio de Janeiro 28 a 30 de novembro de 1990.
- (24) Projeto de Pesquisa em Avaliação: "Ensino de Ciências CDCC/UFSCar. Baseado em Experimentação" - S. Carlos, 1987.
- (25) SCHIEL, D. - Centros de Ciências: a CDCC em São Carlos - Seminário de Ensino proferido no Instituto de Física da USP em 17/09/1991 (gravação em vídeo dos arquivos do IFUSP)
- (26) BACELLAR, N. R. R. - In: Estação Ciência - a grande viagem do conhecimento começa aqui - livresco de divulgação - MC/CNPq.
- (27) Id. Ibid.
- (28) Id. Ibid.
- (29) Shopping News / City News - Jornal da Semana, S. Paulo, 19 de novembro de 1989

- (30) HAMBURGER, E. - In: Mesa Redonda sobre Centros de Ciências promovida pela SBPC/SBF, realizada durante a 43ª Reunião Anual da SBPC, em 18/07/91 no Rio de Janeiro (gravação em vídeo dos arquivos do IFUSP).
- (31) Id. Ibid.
- (32) ESPAÇO CIÊNCIA VIVA - "folder" de divulgação.
- (33) SHORTLAND, M. - No business like show busines - Nature - 328; 1987, pg. 213-214.
- (34) MORO, F. C. A. - Museu de Astronomia e Ciências Afins - Plano Diretor, Rio de Janeiro, março de 1985.
- (35) MAST - Museu de Astronomia e Ciências Afins - Plano diretor: 1990/1994, Rio de Janeiro, setembro de 1990.

## CAPÍTULO IV

- (1) DIB, C. Z. - Formal, Non-formal and Informal Education: Concepts/Applicability - In "Cooperative Networks in Physics Education: Conference Proceedings 173" - American Institute of Physics - New York, 1988, pg. 300 a 315.
- (2) COOMBS, P. H. - Educational challenges in the age of science and technology - In: Popularization of Science and Technology-Unesco, 1989 - pg. 13 a 26.
- (3) Science News - What is DNA? - 123, 1989, pg. 366.
- (4) SHEN, B. S. P. - Science Literacy - American Scientist - 63, 1975, pg. 265-268.
- (5) MILLER, J. D. - Scientific Literacy : A Conceptual and Empirical Review - Daedalus 112, 1983, pg. 29-48.
- (6) LAYTON, D. et al - Science for Specific Social Purposes (SSSP): Perspectives on Adult Scientific Literacy - Studies in Science Education - 13, 1986, pg. 27-52.
- (7) SCHMIDT, J. - Physics Literacy - Physics Today, Novembro, 1990, pg. 60-67.
- (8) MILLER, J. D. - op. cit.
- (9) ARONS, A. B. - Achieving Wider Scientific Literacy - Daedalus 112, 1983, pg. 91-122.
- (10) UCKO, D. A. - Exhibits and Science Literacy - Palestra apresentada no encontro anual da Associação dos Centros de Ciência e Tecnologia (ASTC) em 1983
- (11) NELKIN, D. - Selling Science - Physics Today - Novembro, 1990, pg. 41 a 46.
- (12) PETIT, C. - Getting Physics into the Paper - Physics Today - Novembro, 1990, pg. 35 a 38.
- (13) WILKIE, T. - Does Science get the press it deserves? - International Journal of Science Education - 13/5, 1991, pg. 575-581.
- (14) WEINER, J. - Prime Time Science: Charles Darwin Meets Charlies Angels - The Science-20, 1980, pg. 6-11.

- (15) LA FOLLETE, M. C. - On The Air - The Science 23, 1983, pg. 38-42.
- (16) MCT/CNPq/MAST - O que o brasileiro pensa da ciência e tecnologia - Relatório de Pesquisa - junho, 1988, pg. 22 e 23.
- (17) PRICE, L. C.; et al - Museum Program Survey, 1979 - National Center for Education Statistics - NCES 81, 1981, pg. 204.
- (18) SEMPER, R. J. - Science Museums as Environments for Learning - Physics Today, Novembro, 1990, pg. 50 a 56.
- (19) SERREL, B. - Introduction In: What Research Says about Learning in Science Museums - Association of Science - Technology Centers - ASTC, 1990, pg. ii-iv.
- (20) FALK, J. H. - Time and Behavior as Predictors of Learning - Science Education 67/2, 1983, pg. 267 a 276.
- (21) FALK, J. H.; et al - Predicting Visitor Behavior - Curator 28/4, 1985, pg. 249-257.
- (22) ZOLCSAK, E. et al - Análise do aprendizado do visitante do Museu do Instituto Butantan - Ciência e Cultura 40/2, 1988, pg. 190-193.
- (23) CARLISLE, R. W. - What do School Children do at a Science Center? Curator 28/1, 1985, pg. 27-33.
- (24) DIAMOND, J. - The Behavior of Family Groups in Science Museums - Curator 29/2, 1986, pg. 139-156.
- (25) MCNAMARA, P. A. - Trying It Out - In: What Research Says about Learning in Science Museums - ASTC, 1990, pg. 13-15.
- (26) LINN, M. C. - Exhibits Evaluation - Informed Decision Making - Curator 19/4, 1976, pg. 291-302.
- (27) JARRET, J. E. - Learning from Developmental Testing of Exhibits - Curator 29/4, 1986, pg. 295-306.

- (28) MCNAMUS, P. M. - Watch Your Language! People Do Read Labels - In: What Research Says about Learning in Science Museums - ASTC, 1990, pg. 4-6.
- (29) CHAMBERS, M - Beyond "Aha": Motivating Museums Visitors - In: What Research Says about Learning in Science Museums - ASTC, 1990, pg. 10-12.
- (30) QUIN, M. - What is hands-on Science, and where can I find it? - Physics Education - 25, 1990, pg. 243-246.
- (31) DANILOV, V. - Early Childhood Exhibits at Science Centers - Curator 27/3, 1984, pg. 173-188.
- (32) EASON, L. P.; LINN, M. C. - Evaluation of the Effectiveness of Participatory Exhibits - Curator 19/1, 1976, pg. 45-61.
- (33) DIAMOND, J. et al - California Academy of Science Discovery Room - Curator 31/3, 1988, pg. 157-166.
- (34) WHITE, J. e BARRY, S. L. - Science Education for Families in Informal Learning Settings: An Evaluation of the Herplab Project - Washington, D C: Office of Education, National Zoological Park, Smithsonian Institution, 1984.
- (35) WHITE, J. - What Have We Discovered about Discovery Rooms? - In: What Research Says about Learning in Science Museums - ASTC, 1990, pg. 7-9.
- (36) SHORTLAND, M. - op. cit.
- (37) STEVENSON, J. - The Long-term impact of interactive exhibits - International Journal of Science Education - 13/05, 1991, pg. 521-531.
- (38) LUCAS, A.M. e MCMANUS, P. - Investigating learnin from informal sources: Listening to conversations and observing play in science museums - European Journal of Science Education - 8/4, 1986, pg. 341-352.
- (39) SMITH, J. K. - Methods of Measuring Learning - In: What Research Says about Learning in Science Museums - ASTC, 1990, pg. 16-18.

- (40) FEHER, E. - Interactive museum exhibits as tools for learning: explorations with light - International Journal of Science Education - 12/1, 1990, pg. 35-49.
- (41) FEHER, E. - Science Centers as Research Laboratories - In: What Research Says about Learning in Science Museums - ASTC, 1990, pg. 26-28.
- (42) DEWEY, J. - Experience and Education - Crowell - Collier - Macmillan, 1963.
- (43) BRUNER, J. S. - O Processo da Educação - Companhia Editora Nacional, 5ª ed. - São Paulo, 1975.
- (44) BLOOM, B. S. (org.) - Taxionomia de objetivos Educacionais. Porto Alegre, Ed. Globo, 1972.
- (45) ROBERTS, L. - The Elusive Qualities of "Affect" - In: What Research Says about Learning in Science Museums - ASTC, 1990, pg. 19-22.
- (46) BLACK, L. A. - Applying Learning Theory in the Development of a Museum Learning Environment - In: What Research Says about Learning in Science Museums - ASTC, 1990, pg. 23-25.

## CAPÍTULO V

- (1) LURIA, A. R. - Nota Biográfica sobre Vygotsky - In: Vygotsky, L. S. - A Formação Social da Mente - Martins Fontes - S. Paulo, 1989, pg. 17-18.
- (2) BRUNER, J. S. - Vygotskys Zone of Proximal Development: The Hidden Agenda - In: Childrens Learning in the "Zone of Proximal Development" - New Directions to Child Development n. 23 - S. Francisco: Jossey - Bass, March, 1984, pg. 96.
- (3) VYGOTSKY, L. S. - Pensamento e Linguagem - Ed. Martins Fontes - S Paulo, 1987, pg. VII
- (4) Id. ibid., pg. 50.
- (5) Id. ibid., pg. 51.
- (6) Id. ibid., pg. 49/50.
- (7) Id. ibid., pg. 51.
- (8) Id. ibid., pg. 52/53.
- (9) Id. ibid., pg. 58.
- (10) Id. ibid., pg. 68.
- (11) Id. ibid., pg. 69.
- (12) Id. ibid., pg. 70.
- (13) Id. ibid., pg. 74.
- (14) Id. ibid., pg. 80.
- (15) Id. ibid., pg. 93.
- (16) Id. ibid., pg. 93.
- (17) Id. ibid., pg. 94.
- (18) Id. ibid., pg. 86.

- (19) Id. ibid., pg. 87.
- (20) Id. ibid., pg. 89.
- (21) VYGOTSKY, L. S. - Mind in society: The development of higher psychological processes - Cambridge: Harvard University Press, 1978, pg. 85-86.
- (22) WERTSCH, J. V. - The Zone of Proximal Development: Some Conceptual Issues, In: Rogoff, B. e Wertsch, J. V. (ed.): Childrens Learning in the "Zone of Proximal Development" - New Directions to Child Development, nº 23 - S. Francisco; Jossey - Bass, Março, 1984, pg. 8.
- (23) Id. ibid., pg. 8.
- (24) Id. ibid., pg. 13.
- (25) Id. ibid., pg. 15.
- (26) IVIC, I - Social Interation: Social or interpersonal relationship - Trabalho apresentado à Conferência Anual da Associação Psicologia Italiana - Trieste - 27 a 30 de setembro de 1989
- (27) Id. ibid.
- (28) Id. ibid.
- (29) Id. ibid.
- (30) BRUNER, J.S. - op. cit., pg. 94.
- (31) Id. ibid., pg. 96.
- (32) SEMPER, R. J. - op. cit.
- (33) DIAMOND, J. - op. cit.
- (34) FALK, J. H. et al - The Things of Science: Assessing the learning Potential of Science Museums - Science Education 70/5, 1986, pg. 503-508.
- (35) CARLISLE, R. W. - op. cit.

- (36) ZOLCSAK, E. et al - op. cit.
- (37) IVIC, I. - op. cit.
- (38) ROGOFF, B. e WERTSCH, J. V. (ed.): Childrens Learning in the "Zone of proximal Development" - New Directions to Child Development nº 23 - S. Francisco: Jossey - Bass, Março, 1984, pg. 4.
- (39) BLACK, L. A. - op. cit.
- (40) ROGOFF, B. e WERTSCH, J. V. (ed.) - op. cit., pg. 5.
- (41) SHORTLAND, M. - op. cit.
- (42) TRACHTMAN, L. H. - The Public Understanding of Science Effort: A Critique - Science Technology & Human Values 6, 1981, pg. 10-15.
- (43) BARROS, H. L. - In: Mesa Redonda sobre Centros de Ciências promovida pela SBPC/SBF, realizada durante a 43ª Reunião Anual da SBPC, em 18/07/91, no Rio de Janeiro (gravação em vídeo dos arquivos do IFUSP).
- (44) HALBWACHS, F. - La Física del Professor entre la Física del Físico y la Física del alumno - Revista de Enseñanza de la Física - Republica Argentina, 1(a), 1985, pg. 77-89.
- (45) AUSUBEL, D. P. et al - Educational Psychology: A Cognitive View - Holt, Richart and Winston; New York, 1978, epígrafe.
- (46) OPPENHEIMER, F. - The Exploratorium and other ways of teaching Physics - Physics Today, setembro, 1975, pg. 9-13.

## CAPÍTULO VI

- (1) PIAGET, J. - La Causalité Physique Chez L'Enfant, Alcan, Paris, 1927.
- (2) WERTSCH, J. V. - op. cit.
- (3) Id. ibid.
- (4) Id. ibid., pg. 14.
- (5) IVIC, I. - op. cit.
- (6) GASPAS, A - Experiências de Ciências para o 1º Grau - Editora Ática - S. Paulo, 1990.
- (7) GASPAS, A - Cinco Anos de Atividades do Centro Interdisciplinar de Ciências de Cruzeiro - Trabalho apresentado no III Encontro de Pesquisa em Ensino de Física - Porto Alegre; RS - 6 a 7 de julho de 1990

## CAPÍTULO VII

- (1) LEWIS, R. H. - op. cit., pg. 1033.
- (2) FALK, J. H. et al - The Things od Science: Assessing the Learning Potential of Science Museums - Science Education - 70/5, 1986, pg. 503-508.
- (3) MORO, F. C. A. - op. cit., pg. 15.
- (4) MCNAMARA, P. A. - op. cit.
- (5) LINN, M. C. - op. cit.
- (6) JARRET, J. E. - op. cit.
- (7) MCNAMUS, P.M. - op. cit.
- (8) FEDERSONI Jr., P.A. - op. cit.
- (9) ZOLCSAK, E. et al - op. cit.
- (10) DIAMOND, J.; et al - Califórnia Academy of Science Discovery Room - Curator 31/3, 1988, pg. 157-166.
- (11) EASON, L. P.; LIN, M. C. - op. cit.
- (12) SHEN, B. S. P. - op. cit.
- (13) MILLER, J. D. - op. cit.
- (14) LAYTON, D. et al - op. cit.
- (15) FEDERSONI, Jr., P.A. - op. cit.
- (16) SCHMIDT, J. - op. cit.
- (17) ARONS, A. R. - op. cit.
- (18) UCKO, D. A. - op. cit.
- (19) BORI, C. - In: Mesa Redonda sobre Centros de Ciências promovida pela SBPC/SBF, realizada durante a 43ª reunião anual da SBPC, em 18/07/91, no Rio de Janeiro (gravação em vídeo dos arquivos do IFUSP).