
**UM ENSINO FUNDAMENTADO NA ESTRUTURA DA CONSTRUÇÃO
DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO**

Anna Maria Pessoa de Carvalho¹**Resumo**

Neste texto iremos apresentar, muito sucintamente, os principais referenciais teóricos para um planejamento de atividades investigativas para o Ensino de Ciências. Esses referenciais pertencem a três campos de conhecimento: os trabalhos de Piaget e colaboradores que mostram como o indivíduo constrói os conhecimentos científicos, a teoria de Vygotsky que dão sustentação para o ensino em sala de aula e finalmente os artigos dos pesquisadores na área de ensino de Ciências que apontam as principais características do ensino dessa disciplina. Como exemplos da construção do conhecimento pelos alunos descreveremos duas de atividades investigativas para o nível fundamental I.

Palavras Chave: Ensino por Investigação, Atividades Investigativas, Pesquisas Piagetianas.

¹ Professora Doutora da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo - USP. Laboratório de Pesquisa e Ensino de Física LaPEF. E-mail: ampdcarv@usp.br

THE PIAGET'S SOCIOLOGIC THOUGHT

Abstract

In this text, we will present, very succinctly, the main theoretical references for a planning of inquiring activities for the Teaching of Sciences. These references belong to three fields of knowledge: the works of Piaget and collaborators that show how the individual constructs the scientific knowledge, the Vygotsky theory that give support to the teaching in the classroom and finally the articles of the researchers in the area of teaching of Sciences that point out the main characteristics of the teaching of this discipline. As examples of students' knowledge construction, we will describe two inquiring activities to Primary School.

Keywords: Inquiry activities, Inquiry Teaching, Piagetian Recherché.

Introdução

Desde as últimas décadas do século XX, a partir dos processos de globalização, os países ocidentais vêm sendo internacionalmente pressionados a uma análise crítica da qualidade da educação de suas escolas quando participam, por exemplo, dos programas de avaliação da OCDE - Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico - realizados por meio do Projeto Pisa - Programa Internacional de Avaliação de Estudantes.

Os objetivos dessas avaliações internacionais vão muito além de uma medida dos conteúdos conceituais como sempre foram os objetivos do ensino que praticávamos (e que ainda são encontrados na maioria de nossas escolas), elas envolvem mais dois grandes blocos de objetivos: os processos e habilidade e a contextualização do conhecimento aprendido. Essas avaliações induzem o entendimento de qualidade de ensino não como conhecimento de um produto acabado, como tradicionalmente é ensinado aos alunos: conceitos, leis e teorias

já estabelecidas, mas além dos conceitos, os conhecimentos dos processos que levaram a construção desses e como podem ser aplicados nos contextos sociais.

Os países da América Latina não têm se saído muito bem nessas provas (matemática, ciências e língua pátria) e cada governo tem feito várias propostas visando à melhoria da aprendizagem de seus alunos. Dentro desta intencionalidade encontramos reformas curriculares; parâmetros nacionais para os diversos níveis de ensino; provas de avaliações nacionais. Além de toda uma série de medidas voltadas diretamente à escola encontramos também uma valorização dos mestrados profissionais, voltados para a formação em serviço dos professores e dos mestrados e doutorados acadêmicos voltados para a pesquisa em educação.

Essas Pós-Graduações, tanto Profissionais como Acadêmicas, têm linhas de pesquisas que se debruçam sobre o problema da relação entre o ensino e a aprendizagem dos conteúdos ensinados no curso básico, fazendo uma discussão das bases teóricas desta relação, criando assim condições não só para a elaboração de propostas inovadoras de ensino, mas também, o que é importante, para uma pesquisa em sala de aula onde estas inovações são avaliadas em situações reais, antes de torná-las públicas.

Em uma visão bem geral, pois não é nossa intenção analisa-los neste texto, os parâmetros para o ensino das disciplinas curriculares para os níveis fundamentais e médio feitas pelo Ministério de Educação nestes últimos anos propõe que o ensino crie um ambiente onde os alunos ao aprenderem os conteúdos curriculares possam:

- pensar, levando em conta a estrutura do conhecimento;
- falar, evidenciando seus argumentos e conhecimento construído;
- ler, entendendo criticamente o conteúdo lido;

- escrever, mostrando autoria e clareza nas ideias expostas.

2- Os Referenciais Teóricos.

Particularizando agora para o campo do Ensino das Ciências, se queremos levar os alunos a pensar, falar, ler e escrever Ciências temos primeiramente de conhecer a estrutura do conhecimento científico, do ponto de vista epistemológico, isto é, como um sujeito cognoscitivo constrói a estrutura do conhecimento científico, como podemos construir o conhecimento em nossas salas de aula, quando temos no mínimo trinta alunos por sala, e finalmente o que os pesquisadores em Ensino de Ciências nos mostram sobre a construção desse mesmo conhecimento. Estes três campos são os pilares para o planejamento de atividades de ensino.

2.1 - Como os indivíduos constroem os conhecimentos científicos e o ensino de Ciências

Para estudarmos como o indivíduo constroem seus conhecimentos científicos, fomos buscar referenciais teóricos na epistemologia genética piagetiana, nos livros que nos mostram como este é construído.

No livro 'Da Lógica da criança à lógica do adolescente' (1976) Inhelder e Piaget mostram o desenvolvimento lógico que embasa a construção do conhecimento científico. Além de todo o desenvolvimento teórico, este livro descreve dados empíricos retirados de entrevistas realizadas com indivíduos de idades semelhantes a dos alunos escolares e com conteúdos próximos aos propostos pelos currículos de Ciências. Outro ponto que podemos salientar, e que se torna claro nas entrevistas piagetianas, é a *importância de um problema para o início da construção do conhecimento*.

Nos livros 'A tomada de consciência' (1977) e 'O fazer e compreender' (1978) Piaget nos faz compreender melhor a construção de novos conheci-

mentos pelos indivíduos, mostrando duas outras condições para a construção do conhecimento científico e que são bastante importantes para o ensino e a aprendizagem escolar: a *passagem da ação manipulativa para a ação intelectual* que tem lugar nesta construção, principalmente em crianças e jovens, e a importância da *tomada de consciência de seus atos* nas ações de resolver os problemas propostos.

Além desses, 'As explicações nas Causais' (1977) de Piaget e Garcia é um livro muito interessante para os professores de Ciências, pois nele o autor descreve, discute e diferencia os dois tipos de explicações: a legalidade, quando a criança e ou adolescente descreve o fenômeno construindo as relações entre as variáveis deste, mas deixando claro em sua fala que as ações e as operações são feitas pelo sujeito (por ex. na experiência das sombras iguais o aluno fala 'se eu coloco a figura perto da luz a sombra fica grande') e a causalidade quando sujeito propõe que as operações sejam atribuídas ao objeto (por ex. na mesma experiência 'quanto mais figura está perto da luz, maior a sombra, quanto mais longe menor ela fica'). Também nas explicações causais há uma busca por uma definição ou palavra nova um novo conceito, que dê significado ao fenômeno (por ex. a fala dos alunos ainda na mesma experiência 'a peça fica de baixo do sol...daí como o sol faz a luz ...a peça tampa a luz e faz uma sombra').

Ao trazermos esses conhecimentos para o ensino em sala de aula, essa nova proposta, como por ex. propor um problema para que os alunos possam resolvê-lo, vai ser o divisor de águas entre o ensino expositivo feito pelo professor e o ensino em que proporciona condições para que o aluno possa raciocinar e construir seu conhecimento. No ensino expositivo toda a linha de raciocínio está com o professor, o aluno só a segue a explicação do professor e procura entendê-la, mas não é o agente do pensamento. Ao fazer uma questão, ao propor um problema, o professor passa a tarefa de raciocinar para o aluno e

sua ação não é mais a de expor, mas de orientar e encaminhar as reflexões dos estudantes na construção do novo conhecimento.

Entretanto o importante desta teoria para a organização do ensino é o entendimento que *qualquer novo conhecimento tem origem em um conhecimento anterior*. Este fato é um princípio geral de todas as teorias construtivistas e revolucionou o planejamento do ensino, uma vez que não é possível iniciar nenhuma aula, nenhum novo tópico, sem procurar saber o que os alunos já conhecem ou como eles entendem as propostas a serem realizadas.

O entendimento da necessidade da passagem da ação manipulativa para ação intelectual na construção do conhecimento – neste caso incluindo o conhecimento escolar – tem um significado importante no planejamento do ensino, pois a finalidade das disciplinas escolares é que o aluno aprenda conceitos e leis, isto é, constructos teóricos. Desse modo o planejamento de uma sequência de ensino que tenha por objetivo levar o aluno a construir um dado conceito ou uma dada lei deve iniciar por atividades manipulativas. Nesses casos a questão, precisa incluir um experimento, um problema aberto ou mesmo um texto histórico. E a passagem da ação manipulativa para a construção intelectual do conteúdo precisa ser feita, agora com a ajuda do professor, quando este leva o aluno, por meio de uma série de pequenas questões a tomar consciência de como o problema foi resolvido e porque deu certo, ou seja, a partir de suas próprias ações.

Essa passagem da ação manipulativa para ação intelectual através da tomada de consciência de suas ações, não é fácil para os alunos nem para o professor, já que conduzir intelectualmente o aluno por meio de questões, de sistematizações de suas ideias e de pequenas exposições também não é tarefa fácil. É bem menos complicado expor logo o conteúdo a ser ensinado.

É nesta etapa da aula que o professor precisa, ele mesmo, tomar consciência *da importância do erro na construção de novos conhecimentos*. Essa também é uma condição piagetiana. É muito difícil um aluno acertar de primeira, é preciso dar tempo para ele pensar, refazer a pergunta, deixá-lo errar, refletir sobre seu erro e depois tentar um acerto. O erro, quando trabalhado e superado pelo próprio aluno, ensina mais que muitas aulas expositivas quando o aluno segue o raciocínio do professor e não o seu próprio.

É esse tempo que deve ser dado ao aluno para ele pensar, tomar consciência do que fez, passar da ação manipulativa para a intelectual, errar, acertar que chamamos de *liberdade intelectual dos alunos*.

2.2 - A construção social do conhecimento e o ensino de Ciências

A teoria piagetiana é importante para nos guiar na construção de novos conhecimentos por indivíduos, no entanto, na escola, nas salas de aula, não trabalhamos com um único indivíduo, ao contrário temos de trinta a quarenta alunos juntos! É nessa ocasião, na construção social do conhecimento, que temos de levar em consideração os saberes produzidos por Vygotsky. Este é o nosso segundo pilar.

A importância do psicólogo Vygotsky para o ensino fundamenta-se em temas que o pesquisador desenvolveu em seus trabalhos. O primeiro, e para nós o mais fundamental, foi mostrar que “mais elevadas funções mentais do indivíduo emergem de processos sociais”. A discussão e a aceitação desse conhecimento trazido por Vygotsky (1984) veio modificar toda a interação professor-aluno em sala de aula.

Outro tema foi demonstrar que os processos sociais e psicológicos humanos “se firmam através de ferramentas, ou artefatos culturais, que medeiam a interação entre os indivíduos e entre esses e o mundo físico”. Assim o con-

ceito de interação social mediada pela utilização de artefatos que são sociais e culturalmente construídos (o mais importante entre eles é a linguagem) torna-se importante no desenvolvimento da teoria vigotskiana, uma vez que mostra que a utilização de tais artefatos culturais é transformadora do funcionamento da mente, e não é apenas um meio facilitador dos processos mentais já existentes (Vygotsky 1984).

O entendimento desse tema trouxe como influência para o ensino a necessidade de prestarmos atenção no desenvolvimento da linguagem em sala de aula como um dos principais artefatos culturais que medeiam à interação social, não só aspecto facilitador da interação entre professor e alunos, mas principalmente com a função transformadora da mente dos alunos.

Um conceito trazido por essa teoria que muito influenciou a escola foi o conceito de “zona de desenvolvimento proximal” (ZDP) que define a distância entre o “nível de desenvolvimento real”, determinado pela capacidade de resolver um problema sem ajuda, e o “nível de desenvolvimento potencial”, determinado através de resolução de um problema sob a orientação de um adulto ou em colaboração com outro companheiro.

Esse é um conceito que, apesar de complexo, nos deu orientações para o desenvolvimento do ensino e nos trouxe também explicações do porque algumas ações davam certo no dia a dia da sala de aula.

Uma destas ações que os professores já utilizavam com frequência em suas aulas é o *trabalho em grupo*. Com o conceito de zona de desenvolvimento proximal podemos entender o porquê os alunos se sentem bem nesta atividade: estando todos dentro da mesma zona de desenvolvimento real é muito mais fácil o entendimento entre eles, às vezes mais fácil mesmo do que entender o professor. Além disso, como mostra o conceito, os alunos têm condições de se

desenvolverem potencialmente em termos de conhecimento e habilidades com a orientação de seus colegas.

O trabalho em grupo sobe de status no planejamento do trabalho em sala de aula passando de uma atividade optativa do professor para uma necessidade quando o ensino tem por objetivo a construção do conhecimento pelos alunos. Entretanto para utilizar a dinâmica de grupo eficazmente, dentro da teoria vigotskiana, deve-se escolher deixar os alunos trabalharem juntos quando na atividade de ensino tiver conteúdos e/ou habilidades a serem discutidos, quando eles terão a oportunidade de trocar ideias e ajudar-se mutuamente no trabalho coletivo. É o que chamamos de atividades sócio interacionistas.

Piaget mostra a importância na construção do conhecimento pelo indivíduo da tomada de consciência de suas ações para a passagem da ação manipulativa para a intelectual. Vygotsky ao discutir a construção do conhecimento e de habilidades dentro das ZDP, volta sempre ao papel desempenhado pelo adulto mostrando a necessidade deste auxílio. O que propomos é que seja o professor o mediador desse processo auxiliando o desenvolvimento intelectual dos alunos em um processo de aprendizagem.

2.3 - O ensino de Ciências sob o ponto de vista dos pesquisadores da área.

O terceiro pilar na procura de referenciais teóricos para o estudo do ensino e a aprendizagem em Ciências é a visão dos pesquisadores em Ensino de Ciências sobre os problemas de ensinar Ciências. É interessante notar que os resultados encontrados como importantes nessa revisão são basicamente os mesmos já mostrados: os problemas como início da construção conceitual, os conceitos espontâneos, mas incluindo também as diversas linguagens das Ciências e o problema de ensiná-las.

Em relação à escolha de iniciar o ensino com um problema para a construção de conhecimento escolar encontramos respaldo em Bachelard quando ele propõe que *todo o conhecimento é a resposta de uma questão*. Ele mesmo discute a influência dos conceitos espontâneos quando escreve (Bachelard, 1938):

Surpreendeu-me sempre que os professores de Ciências, mais que os outros [...] não reflitam sobre o fato de que o adolescente chega à aula de Física com conhecimentos empíricos já constituídos: trata-se, assim, não de adquirir uma cultura experimental, e sim mais precisamente de mudar de cultura experimental, de derrubar os obstáculos já acumulados pela vida cotidiana.

Essa ideia de Bachelard dos alunos chegarem à sala de aula com conhecimentos empíricos já construídos, isto é, existência de conceitos espontâneos em Ciências, foi reiteradamente mostrada por pesquisadores em ensino como Viennot (1979) e Driver et al. (1999).

Entretanto “a derrubada dos obstáculos já acumulados pela vida cotidiana” não é tarefa fácil para a escola, nossa proposta de ensino foi tentar mudar a cultura experimental – passando de uma experimentação espontânea para uma experimentação científica – afim de que os alunos possam construir seus conhecimentos. A experimentação científica deve iniciar com um problema quando os alunos, ao tentar resolvê-lo, propõem seus conceitos espontâneos como hipóteses a serem testadas.

A linguagem é outra questão de extrema importância quer nos trabalhos de Vygotsky quer nos de ensino de Ciências. É preciso levar os alunos da linguagem cotidiana à linguagem científica e essa transformação, da palavra que os alunos trazem para a sala de aula, com significados cotidianos, para a construção de significados aceitos pela comunidade científica tem um papel importante na construção de conceitos, pois, como mostra Lemke (1997),

[...] ao ensinar ciência, ou qualquer matéria, não queremos que os alunos simplesmente repitam as palavras como papagaios. Queremos que sejam capazes de construir significados essenciais com suas próprias palavras [...] mas estas devem expressar os mesmos significados essenciais se não de ser cientificamente aceitáveis. (1997, p. 105)

Outro problema sério para o ensino de Ciências é que a linguagem das Ciências não é só uma linguagem verbal, é necessário para expressar suas construções de figuras, tabelas, gráficos e até mesmo da linguagem matemática. Portanto, temos de prestar atenção nas outras linguagens, uma vez que somente as linguagens verbais - oral e escrita - não são suficientes para comunicar o conhecimento científico. Temos de integrar, de maneira coerente, todas as linguagens, introduzindo os alunos nos diferentes modos de comunicação de cada uma para a construção de seu conhecimento. O aluno na disciplina de Ciências deve entender e dar significado a uma tabela ou um gráfico. Sem dominar essas outras linguagens, esses outros modos de comunicação, não se dominam os conteúdos específicos de cada uma das disciplinas.

Estudando o problema da construção do conhecimento científico Roth (2002) afirma que em um laboratório científico, um cientista ou mesmo um técnico experimentado, quando vê um signo, isto é, uma tabela, uma figura ou, por exemplo, um gráfico, imediatamente enxerga o seu significado, ou seja, o fenômeno que está sendo pesquisado. Discutindo a linguagem dos cientistas quando estes participam dos processos de transformação do mundo material em dados e representações visuais, este autor mostrou que estas representações vão tornando-se transparentes ao olhar dos mesmos. Ele denominou esse fenômeno de "transparência" e propôs, em seu artigo, uma analogia bastante interessante:

[...] da mesma forma que os óculos auxiliam um míope a enxergar o mundo de forma diferente, levando-o até mesmo a esquecer-se de que está usando este artefato, os gráficos e outras ferramentas científicas

possibilitam uma relação direta entre o investigador e seu objeto de estudo. (Roth, 2002)

É importante notar, porém, como mostra o autor, que esta transparência só torna-se possível a partir de um longo processo de familiarização entre o sujeito e as ferramentas mediadoras que utiliza para transformar seu objeto de pesquisa, isto é, "falar sobre gráficos e seus referentes é uma função da experiência histórica e cultural do indivíduo." (p. 3). Dessa forma, mostra que o uso competente dos gráficos requer a familiarização com os processos que levaram a sua construção.

Dar significado dos gráficos para os alunos é, talvez, a maior dificuldade do ensino de Ciências, pois é preciso, seguindo o raciocínio de Roth (2002), que as atividades de ensino criem condições para que os alunos se familiarizem com os processos que levem a construção de um determinado gráfico.

Outras questões importantes referentes à linguagem científica é que ela é argumentativa e nessa argumentação mostra a estrutura do pensamento. Muitas pesquisas foram feitas no Ensino de Ciências e nos diversos níveis de ensino - fundamental, médio e superior -, procurando entender como se dá a argumentação dos alunos, e quais as condições de ensino para que isso aconteça (Driver e Newton, 1997; Driver et al., 1999, Locatelli e Carvalho, 2007, Vieira e Nascimento, 2009, Capecchi e Carvalho 2006).

Para entendermos como se fala Ciências, fomos buscar subsídios nos trabalhos de Latour e Woolgar (1997), que estudaram, do ponto de vista antropológico, um grande laboratório científico coordenado por um laureado pelo Prêmio Nobel. Os autores mostraram que uma das principais características do processo de construção das Ciências é a linguagem argumentativa, pois está presente tanto nos laboratórios, durante a construção dos fatos científicos, quanto nos congressos, durante as apresentações dos trabalhos, e principalmen-

te nos artigos publicados pelos cientistas que, assim como as demais atividades comunicativas, têm o objetivo de convencer os leitores sobre o que se propõe. Segundo Latour e Woolgar, é por meio da argumentação, realizada tanto em ambientes formais (artigos e palestras) como informais (conversas no ambiente de laboratório), que os cientistas convencem os outros sobre a importância de seus trabalhos, a validade do que dizem e a necessidade de investimentos no financiamento de seus projetos. Latour e Woolgar (op. cit.) escrevem:

A capacidade de persuasão é tal que eles conseguem convencer os outros, não porque estejam eles próprios convencidos, mas porque estão seguindo uma orientação coerente de interpretação dos dados [...] São tão convincentes que, no contexto de seu laboratório, é possível esquecer a dimensão material do laboratório, das bancadas e a influência do passado, para consagrar-se exclusivamente aos 'fatos' postos em evidência (p. 68)

Essa capacidade de persuasão que Latour e Woolgar (op.cit.) detectaram no laboratório científico e que mostram ser tão essencial para o desenvolvimento das Ciências é também um dos aspectos a merecer destaque em nossas aulas se o objetivo destas for ir além do ensino do conteúdo específico de Ciências, propondo condições para que os alunos participem do desenvolvimento dessa disciplina como produção científica.

A persuasão se faz com a argumentação, e para que os alunos argumentem, eles precisam aprender a discutir os fenômenos e os textos que se propõem a ensinar Ciências. As atividades de ensino que abrem espaço para que os alunos falem e discutam são os problemas investigativos (experimentais e/ou teóricos), isto é, problemas para os quais os alunos não têm o caminho da resposta, eles precisarão achá-lo em uma discussão com seus colegas de grupo. Entre os muitos resultados destas pesquisas, alguns nos chamaram bastante atenção: o papel do professor enquanto orientador do trabalho de seus alunos, o ensino problematizante como uma das condições para haver argumentação en-

tre os alunos, e principalmente a observação de que os alunos, ao argumentarem, apresentam uma estrutura de pensamento que transforma fatos em evidências a partir dos conteúdos que eles estão estudando.

3 - A construção de Atividades Investigativas a partir dos referenciais teóricos apresentados.

No LaPEF – Laboratório de Pesquisa e Ensino de Física – estamos, em nossos mestrados e doutorados acadêmicos, planejando e avaliando Sequências de Ensino Investigativas (SEIs), tanto para o nível fundamental como para o médio, que têm como objetivos introduzir os alunos na cultura científica.

SEI é uma proposta didática que tem por finalidade desenvolver conteúdos ou temas científicos, sendo que este tema é investigado com uma sequência de diferentes atividades investigativas (por ex.: laboratório aberto, demonstração investigativa, textos históricos, problemas e questões abertas, recursos tecnológicos). A diretriz principal de uma atividade investigativa é o cuidado com o *problema e o grau de liberdade intelectual dado ao aluno*.

Se quisermos que os alunos aprendam ciências e sobre ciências, e principalmente que eles entendam a estrutura da ciência, precisamos planejar nossas atividades *centradas em problemas sobre os fenômenos científicos* em oposição ao ensino centrado nos conceitos. A organização dos conteúdos escolares a partir de conceitos é artificial, em virtude de estarem centrados na lógica da ciência pronta, os conceitos são o ponto de chegada da Ciência e o ponto de partida são as questões advindas da realidade do estudo dos fenômenos que ali ocorrem e a constituem, isto não poderia ser apresentado de forma diferente no ensino (Amaral, 2005).

Os pontos principais para a construção de um problema são:

- dar condições para os alunos resolverem e explicarem o fenômeno científico que envolve o problema;
- dar condições para os alunos passarem das ações manipulativas às ações intelectuais (elaboração e teste de hipóteses, raciocínio proporcional, construção da linguagem científica);
- dar condições para os alunos construam explicações causais e legais (construam os conceitos e as leis físicas)
- dar condições para relacionarem o conteúdo aprendido com o mundo em que vivem e serem utilizados em outras disciplinas do conteúdo escolar.

Essa base teórica serviu de suporte para várias de nossas investigações que depois se transformaram em material didático para alunos e professores como, por exemplo: atividades investigativas para o ensino fundamental (Carvalho et al, 1998), sequências de ensino de Ciências para os cinco anos do ensino fundamental (Carvalho et al 2011) sequências investigativas de Física para o ensino médio (Carvalho et al, 2014), além de atividades investigativas de resolução de problemas abertos de lápis e papel (Gil et al. 1993) e história da Física no ensino (Carvalho e Vannucci, 1999, 2000, Carvalho e Castro, 1995).

3.1 - Dois exemplos de Atividades Investigativas para o Ensino Fundamental que mostram como os alunos constroem seus conhecimentos

Os exemplos que vamos apresentar, 'o problema das sombras iguais' e 'o problema da cestinha', encontram-se em sua versão escrita em Carvalho et al (1998) e em vídeo, mostrando os pontos fundamentais da aula, no site <www.lapef.fe.usp.br> ou no 'You Tube' procurando lapef. As falas transcritas foram tiradas do vídeo.

Na conversa anterior à aula, com as professoras, foi pedido para que elas dividissem a classe em grupos pequenos (4 a 5 alunos) distribuíssem o material experimental, propusessem o problema prestando atenção se todos os alunos tinham entendido e deixassem os alunos resolverem. Depois do problema resolvido desfizesse os grupos pequenos e com toda a classe perguntasse ‘como vocês resolveram o problema’ e depois que todos que quisessem responder falassem, perguntasse ‘porque deu certo’ ou perguntas que tivessem o mesmo sentido.

3.1.1 - O problema das sombras iguais

Esse problema tem como objetivo a construção pelos alunos do conceito científico de sombra – explicação causal – a partir de seu conceito cotidiano quando a sombra é tomada como substância que emana do objeto, existindo mesmo quando não há luz, sendo que a relação da sombra com a fonte de luz não costuma ser percebida. No conceito espontâneo de sombra esta costuma ser pensado com o mesmo formato e mesma cor do objeto que faz a sombra (Piaget 1927).

Como material experimental é distribuído para cada grupo uma fonte de luz e um conjunto de cartões recortados em forma de quadrado, retângulo e círculo, de dois tamanhos pequenos e grandes, uns brancos e outros pretos. O lado do quadrado, o lado menor do retângulo e o diâmetro do círculo têm as mesmas medidas nos dois tamanhos.

O problema é formar sombras iguais com dois cartões quaisquer: quadrado e círculo; quadrado e retângulo; quadrado grande com quadrado pequeno; etc.

Os alunos em grupo vão testando os materiais, modificando a inclinação dos cartões, aproximando e afastando da fonte luminosa e em aproxima-

damente 15 minutos eles conseguem resolver o problema. É interessante observar o desenvolvimento da linguagem oral dos alunos durante essa etapa:

Aluno 1	- Mais para o alto.....Gigante assim....
Aluno 2	- Quanto mais perto...vai ficando maior assim
Aluno 3	-Quanto mais pra frente.....ela vai cortando mais pro menor...
Aluna 4	- Antes eu achava que não ia ficar igual...ai fui mexendo e consegui fazer as sombras ficarem iguais.....

A linguagem oral é bem espontânea, quase sem sentido, pois ela é completada o tempo todo por gesto indicando o que está acontecendo.

A aluna 4 fala no grupo, mas mais para ela mesmo, mostrando sua hipótese inicial 'eu achava que não ia ficar igual' e depois a constatação do fato 'as sombras ficaram iguais'.

Depois que todos os grupos resolveram o problema a professora recolhe o material, desfaz os grupos, reúne a classe em uma grande roda e pergunta 'como vocês fizeram para resolver o problema?'. Essa questão leva os alunos a tomarem consciências do que fizeram e começarem a estruturar em uma linguagem oral as suas ações, transformando o conhecimento manipulativo e conhecimento intelectual. Essa transformação é social, pois os alunos vão falando e completando a fala dos colegas. Transcrevemos abaixo algumas dessas participações:

Aluno	- Aaa é difícil, mas o melhor é tentar.....Fui mexendo com elas.....(inaudível) deitando as peças, deixei em diferentes formas.....e ai até que eu vi que dava pra fazer isso.....
-------	--

Aluna 2	- Eu olhava uma era preta...e a outra era branca...Mas quando você olhava no chão para o reflexo você via que as duas eram iguais.....
Aluna 3	- Eu achava que com o preto ia fazer mais sombra ai eu fui percebendo que não....
Aluno 4	- A gente precisa do sol.....pra sair as sombra....na sombra não saía o que a gente queria.....

A linguagem oral dos alunos nessa fase é quase sempre relacionada à própria pessoa 'fui mexendo'; 'eu vi que dava'; 'eu olhava'; 'você olhava; você via' e essa linguagem oral é acompanhada da linguagem gestual.

É também ao responder 'o como' que os alunos iniciam seus raciocínios científicos. Podemos ver as alunas 2 e 3 descartando uma variável que não interfere no fenômeno: a cor das peças e o aluno 4 mostrando uma variável imprescindível para o fenômeno: a fonte de luz (o sol). Temos transcritos abaixo dois exemplos mostrando o início do raciocínio científico:

Aluno	Se você colocar a grande encima vai ficar enorme e a pequena embaixo não vai dar sombras iguais
Aluno	- Quanto mais pro alto, mais perto (da fonte de luz) foi ficando maior a sombra. Quanto mais para frente (mostra com a mão mais perto do chão) menos

Estes dois alunos estão se iniciando no raciocínio proporcional - quanto mais perto da luz maior a sombra, quanto mais longe menor. Na fala desse outro aluno encontramos o raciocínio causal - se /então/portanto e, portanto a definição científica de sombra.

Aluno	- ...a peça fica embaixo do sol e daí como do sol sai luz a peça tampa a luz e faz sombra
-------	---

Podemos reescrever essa frase como: *se* a peça fica embaixo do sol *então* ela tampa a luz do sol e, portanto faz sombra. Fica claro na fala desse aluno a necessidade da fonte de luz e que a sombra é o local onde falta a luz causada pela peça.

Nesse tempo a classe já está respondendo o 'porque' sem mesmo a professora fazer essa pergunta:

Profa. 1	- Por que?
Aluna 1	- Porque estava sol!
Profa. 1	- Por que estava sol, tudo bem.....
Aluno 2	-Porque a fonte de luz permite, e o sol é uma fonte de luz que ilumina muito mais que uma luz dessa.....
Aluno 3	- A peça fica de baixo do sol.....daí como o sol faz a luza peça tampa a luz e faz uma sombra
Profa. 1	-Pode ser qualquer luz? Ou pode ser a luz do sol?
Aluno 4	- Se fosse só a luz do sol.....é quando a gente está em casa.....quando a gente tivesse andando a gente não ia aparecer nossa sombra no chão.

Aqui, novamente encontramos o raciocínio causal e a definição de sombra que depois, em outro tempo de aula, é sistematizada pela professora.

A aula continua com a busca deste fenômeno no cotidiano dos alunos e surgem muitos exemplos como o guarda-sol, as sombras das árvores, etc. Como última etapa da atividade investigativa é pedido que cada aluno individualmente escreva o que aprendeu na aula. Assim, a aula trabalha com vários momentos de interações sociais: pequenos grupos; grupo grande e com tarefa individual.

Abaixo transcrevemos uma destas escritas (figura 1). Ao analisar este texto vemos que o aluno mostra que construiu seu conhecimento de sombra, Na sua escrita descreve o material experimental e suas ações. Na descrição dessas ações mostra a importância da fonte de luz, o raciocínio proporcional entre as distâncias dos cartões à fonte e seus tamanhos e a igualdade das sombras. A última frase do texto 'se você pode fazer isso em sua casa é só ver essa explicação' mostra a certeza que o conhecimento é dele.

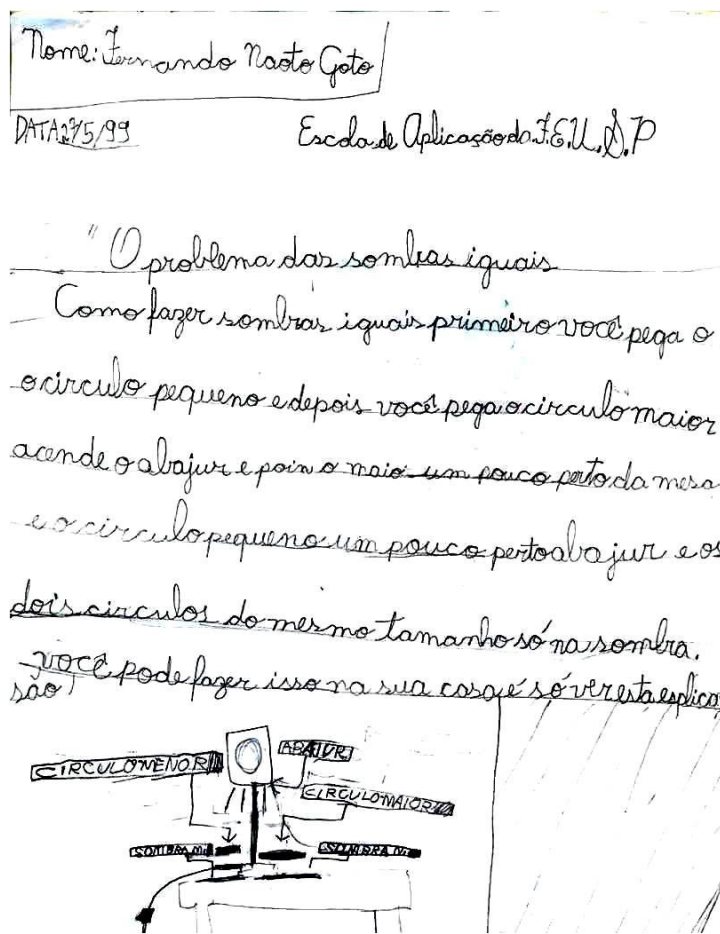


Figura 1 - Texto do aluno - aula das sombras iguais

1.3.2 - O problema da cestinha

É distribuído a cada grupo uma canaleta em forma de rampa, uma bolinha, uma cestinha e uma bacia onde a cestinha é colocada e que tem a função de não deixar a bolinha cair no chão.

O problema é: onde colocar a bolinha para ela sempre cair na cestinha. Quando cada grupo chega a um resultado a professora passa pelo grupo e muda a posição da cestinha aproximando-a o afastando-a da rampa.

O objetivo desse problema é que os alunos, ao resolvê-lo, construam a relação legal entre relação entre altura e velocidade vai permitir introduzir posteriormente a transformação da energia potencial em energia cinética.

Com as professoras foram discutidos os mesmos pontos importantes que dariam condições de proporcionar liberdade intelectual para os alunos construírem seus conhecimentos: deixar os grupos resolverem o problema experimental, recolher o equipamento, desmanchar os grupos e formar um grande grupo com todos os alunos. Perguntar, além de outras questões de encaminhamento, 'como vocês resolveram o problema?' e depois que todos que quisessem responder falassem, perguntar 'por que deu certo?'. Essas questões criam condições para a construção do conhecimento pelo aluno, mas a aula precisa colocar o novo conhecimento no cotidiano do aluno e criar um tempo para a escrita desse conhecimento. Essas são também tarefas das professoras.

Abaixo transcrevemos algumas interações entre professora e alunos:

Profa.	- E vocês vão solucionar para mim esta questão, vocês vão tentar descobrir como que nos vamos fazer para soltar a bolinha, e ela cair na cestinha!
--------	--

A partir desse momento os alunos começam a colocar a bolinha em vários pontos da rampa. Alguns grupos trabalham sistematicamente, colocam a bolina na ponta da rampa e vão baixando o ponto em que soltam a bolinha.

Esta etapa é muito rápida, 10 a 15 minutos. Os alunos riem, pulam de alegria quando acertam e se divertem bastante. A professora percorre os grupos modificando o lugar da cestinha.

No grupo grande:

Prof. 1	- E cada um vai contar sua experiência do problema da cestinha. Como que vocês conseguiram resolver o problema?
Prof. 2	- O que vocês tinham que fazer para que a bolinha caísse dentro da cestinha?
Aluno 1	- A gente deixou lá em cima e ultrapassou.....ai a gente ia mais pra baixo até o lugar exato até cair na cestinha...
Auno 2	-Eu ia testando eu colocava lá em cima e não desce, eu ia baixando até chegar um nível bom que.....a potência precisava pra cair na cesta...
Aluno 3	-Colocava a bolinha bem embaixo e ela caia na cestinha

Os alunos começam a tomar consciência do que fizeram. Isso é mais difícil e mais lento do que a própria ação. Alguns minutos após:

Prof. 1	-Se eu pegasse e diminuísse a cestinha de lugar, e colocasse ela mais próxima...O que você teria que fazer com a bolinha?
Aluna 1	- Diminuir um pouco a velocidade
Prof. 1	- Diminuir como? Como faz para diminuir?
Aluna 1	- Colocar ela um pouco mais embaixo, direcionando até caírem na cesta....

É interessante observar como as respostas dos alunos já são precisas e diretas. A professora pergunta o 'por quê?

Prof. 1	- Por que vocês tinham que soltar a bolinha daquela posição pra ela poder cair na cestinha? Alguém pode me explicar?
Aluno 1	-É por que é assim, se você por lá em cima ela vai pegar velocidade aí ela vai

	pular a cestinha.
Aluno 2	- Se você por muito embaixo ela vai perder a velocidade e não cai cestinha.....ai se você colocar ela no meio de baixo ou de cima ela cai...

A relação entre a variação da altura de queda da bolinha e a variação da velocidade foi construída pelos alunos.

A relação com o cotidiano, respondendo a questão da professora sobre se eles conhecem algum fenômeno parecido em seu dia a dia:

Aluna 1	- No Playcenter, o que é parecido com essa atividade, e que a gente fez hoje é a montanha-russa, a gente desce igual não sei que...Vrummmm (faz gesto com a mão indicando muita velocidade). Igual louco assim correndo na maior velocidade.....
---------	--

A aula acaba pedindo para os alunos escreverem o que aprenderam. Não temos a escrita dos alunos dessas classes, mas pedimos para um deles lesse para a câmara.

Aluno	- O dia que foi parecido com a nossa experiência foi quando eu estava andando de bicicleta, e fui bem no começo do morro e desci com muita velocidade e tomei um tombo.....E quando eu fui no meio do morro eu desci e a bicicleta perdeu velocidade.....e eu não levei outro tombo.... e eu também adorei essa experiência.....
-------	--

Outra vez a escrita do aluno mostra que o conhecimento foi construído e que é dele, pois soube utiliza-lo para explicar o que se passou quando ele descia o morro.

4. - E após as Atividades Investigativas

As atividades investigativas são essenciais para a construção do principal conhecimento de um tópico a ser ensinado, quer seja ele um conceito, uma lei ou mesmo uma relação legal. Entretanto elas não são suficientes para todo o desenvolvimento curricular. Assim a utilização das atividades investigativas são melhores aproveitadas se dentro uma Sequencias de Ensino Investigativas (SEIs) onde o conhecimento construído é sistematizado com o auxílio de atividades de leituras, resolução de exercícios, pesquisas na internet, etc.

Nas SEIs para o ensino de Ciências na escola fundamental os conhecimentos construídos pelos alunos nas atividades de conhecimento físico são utilizados em outras atividades investigativas nos conteúdos de biologia, astronomia, e em discussões de problemas sociais. Exemplificando: uma possível SEI onde após a atividade investigativa das Sombras Iguais podemos citar outras atividades:

- leitura e sistematização do conceito de sombras iguais;
- outra atividade investigativa para ampliação do conceito de sombras, levando os alunos a superarem o conceito de projeção da sombra para construção do conceito de sombra tridimensional;
- sistematização de sombras tridimensional;
- apresentação, discussão e experiências simples dos conceitos de eclipse, dia e noite, etc.;
- relacionar o conceito de dia e noite com a vida dos animais diurnos e noturnos. Isso pode ser feito de inúmeras maneiras como, por ex., atividades de pesquisa bibliográfica.

- sendo o homem um animal diurno e interessante discussão dos aspectos da legislação sobre o trabalho noturno.

Esse é somente um exemplo da possível complementação da atividade investigativa das Sombras Iguais, dentro do conteúdo de Ciências, mostrando como uma SEI pode dar sentido a diversos conteúdos interdisciplinares.

Entretanto todo esse desenvolvimento só é possível se cada uma das atividades investigativas, dentro de uma sequência de ensino, criarem condição para que os alunos construam seu conhecimento resolvendo problemas que levem em conta os critérios elaborados a partir dos referenciais apresentados e que crie um ambiente de ensino onde a liberdade intelectual dos alunos seja um fato real.

Que é essencial em um SEI é que ela, além de contribuir ela crie um ambiente onde a liberdade intelectual dos alunos seja respeitadas.

Referências

AMARAL, I. A. Currículo de Ciências na Escola Fundamental: a busca por um novo paradigma. In: BITTENCOURT, A. B.; OLIVEIRA, W.M. Estudo, Pensamento e Criação. Campinas: Graf. FE, v. 1, pp. 83-98, 2005.

BACHELARD, G., *La formation de l'esprit scientifique*, Vrin, Paris, 1938.
CAPECCHI, M.C.M. e CARVALHO A.M.P. Atividades de Laboratório como Instrumentos para a Abordagem de Aspectos da Cultura Científica em sala de aula, *Proposições*, v.17 n.1 (49), pp137-153. 2006.

CARVALHO, A. M. P.; BARROS, M. A.; GONÇALVES, M. E. R.; REY, R. C.; VANNUCCHI, A. I. *Conhecimento Físico no Ensino Fundamental*. São Paulo: Editora Scipione, 1998. Encontra-se no site www.lapef.fe.usp.br.

CARVALHO, A. M. P.; SANTOS E. I.; AZEVEDO M. C. P. S.; DATE, M. P. SS.; FUJII, S. R. S. BRICCIA, V.. *Calor e temperatura: um ensino por investigação*. São Paulo: Editora da Física. 2014.

CARVALHO, A. M. P. e VANNUCCHI, A. I. - La Formacion de Profesores y Los Enfoques de Ciencia, Tecnologia y Sociedad. Revista Pensamento Educativo, Facultad de Educación de la Pontificia Universidad Católica de Chile, vol. 24, julho 1999, pp. 181-199. 1999.

CARVALHO A. M. P.; VANNUCCHI, A. I. History, Philosophy and Science Teaching: some answers to “how?”, Science & Education, 9, pp. 427-44, 2000.

CARVALHO, A. M. P., CASTRO, R. S. The Historic Approach in Teaching: Analysis of an Experience, Science & Education, 4(1), 65-85. 1995.

CARVALHO, A. M. P.; OLIVEIRA, C.; SASSERON. L. H.; SEDAMO L.; BATISTONI M. Investigar e Aprender Ciências, 5 volumes, Editora Sarandi, S.P, 2011.

DRIVE, R.; NEWTO, P. Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. Paper prepared for presentation at the ESERA Conference, Rome, 2 – 6 September, 1997.

DRIVE, R.; NEWTON, P.; OSBORNE, J. The place of argumentation in the pedagogy of school science. International Journal of Science Education, vol. 21, no. 5, 556 – 576. 1999.

INHELDER, B.; PIAJET, J. Da lógica da criança à lógica do adolescente. São Paulo: Pioneira. 1976.

LEMKE, J. L. Aprender a Hablar Ciencia: lenguaje, aprendizaje y valores. Espanha, Editora Paidós. 1997.

LOCATELLI, R. J.; CARVALHO A. M. P. Uma análise do raciocínio utilizado pelos alunos ao resolverem os problemas propostos nas atividade de conhecimento físico. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, v. 7, p. 1-18. 2007.

PIAGET, J. Causalité Physique Chez l' Enfant, Paris, Alcan, 1927.

PIAGET, J. A tomada de consciência. São Paulo: Melhoramentos/Edusp. 1977.

PIATEGT, J. Fazer e compreender. São Paulo: Melhoramentos/Edusp. 1978.

PIAGET, J. La explicación en las Ciencias. Barcelona: Ediciones Martínez Roca, 1977.

PIAGET, J., GARCIA, Las Explicaciones Causales, Barcelona, Barrel Edition, 1971.

ROTH, W. M., LAWLESS, D. Science, Culture, and Emergence of Language. Science & Education, v. 86, n. 3, p. 368 – 385. 2002.

VIEIRA, R. D., NASCIMENTO, S. S., “Uma proposta de critérios marcadores para identificação de situações argumentativas em salas de aula de ciências”, Caderno Brasileiro de Ensino de Física, 26 (1), p. 81-102, 2009.

VIENNOT, L. Spontaneous reasoning in elementary dynamics European Journal of Science Education, I pp.205 565. 1979.

VYGOTSKY, L. S. A formação social da mente. São Paulo: Martins Fontes, 1984.