

O ENSINO DE CIÊNCIAS E A PROPOSIÇÃO DE SEQUÊNCIAS DE ENSINO INVESTIGATIVAS

Anna Maria Pessoa de Carvalho

1 - ALGUNS REFERENCIAIS TEÓRICOS PARA A CONSTRUÇÃO DE SEQUÊNCIAS DE ENSINO INVESTIGATIVAS

Desde meados do século XX a educação vem sofrendo câmbios significativos seguindo bem de perto as modificações de nossa própria sociedade. A escola tendo como finalidade fazer com que os alunos da geração atual conheçam o que já foi historicamente produzido pelas gerações anteriores, também foi afetada pelas modificações sociais. Durante muitos anos esses conhecimentos, pensados como produtos finais, foram transmitidos de uma maneira direta, pela exposição do professor. Transmitem-se os conceitos, as leis, as fórmulas. Os alunos replicavam as experiências e decoravam os nomes dos cientistas.

Dois fatores vieram modificar essa ideia fundamental da passagem do conhecimento de uma geração para outra. A primeira foi o aumento exponencial do conhecimento produzido – ninguém hoje tem a capacidade de saber tudo, assim passou-se a privilegiar mais o processo de obtenção do conhecimento, sem se esquecer do próprio conteúdo, mas diminuindo a quantidade destes, optando-se pelos conhecimentos fundamentais. Foi uma escolha pela qualidade e não pela quantidade. O segundo fator foram os trabalhos de epistemólogos e psicólogos mostrando como os conhecimentos eram construídos tanto em nível individual como social.

Muitos fatores e muitos campos do saber influenciaram a escola de uma maneira geral e o ensino em particular, entretanto podemos citar, entre os trabalhos que mais afetaram o cotidiano das salas de aula de ciências, as investigações e teorizações feitas pelo epistemólogo Piaget e os pesquisadores que com ele trabalharam e os conhecimentos produzidos pelo psicólogo Vigotsky e seus seguidores. Estes autores mostraram, a partir de pontos de vistas bem diferentes, como as crianças e jovens constroem seus conhecimentos.

Inicialmente os educadores se debateram entre esses dois referenciais teóricos – o piagetiano e o vigotskiano – e suas possíveis influências no ensino, entretanto, com as pesquisas realizadas em ambientes escolares, o conflito entre as teorias se mostrou inexistente e o que vemos hoje é, ao contrário de décadas anteriores, uma complementaridade entre as ideias desses dois campos do saber quando aplicadas em diferentes momentos e situações do ensino e da aprendizagem em sala de aula.

As pesquisas piagetianas ao procurarem entender como o conhecimento, principalmente o científico, é construído pela humanidade, em uma busca de compreender sua epistemologia, partiram de dados empíricos retirados de entrevistas com crianças e adolescentes. Essas entrevistas realizadas com indivíduos com a mesma idade dos alunos escolares e com conteúdos próximos aos propostos pelos currículos de ciências trouxeram ensinamentos úteis que orientam os professores, tanto no planejamento de suas sequências didáticas como em suas atitudes em sala de aula (Piaget 1974(a) (b)).

Um dos pontos que podemos salientar, e que fica claro nas entrevistas piagetianas, é a *importância de um problema para o início da construção do conhecimento*. Trazendo esse conhecimento para o ensino em sala de aula, esse fato – fazer 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 cria condições para que o aluno possa raciocinar e construir o seu conhecimento. No ensino expositivo toda a linha de raciocínio está com o professor, o aluno só a segue 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 o de expor, mas de orientar e encaminhar as reflexões dos estudantes na construção do novo conhecimento.

Ao explicar o mecanismo de construção do conhecimento pelos indivíduos Piaget propõe conceitos como equilíbrio, desequilíbrio, reequilíbrio. (Piaget, 1976). 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 que revolucionou o planejamento do ensino uma vez que não podemos iniciar nenhuma aula, nenhum novo tópico, sem procurar saber o que os alunos já conhecem ou como eles entendem as propostas que iremos fazer. É a partir desse conhecimento cotidiano, dando problemas, fazendo questões e/ou propondo novas situações para que os alunos resolvam (ou seja, desequilibrando-os) que eles terão condições de construir novos conhecimentos (reequilíbrio) (Piaget 1976).

Ao estudar a reequilíbrio, ou seja, nos estudos da construção de novos conhecimentos pelos indivíduos os trabalhos piagetianos nos mostraram duas condições 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 nessas ações (Piaget 1978).

O entendimento da necessidade da *passagem da ação manipulativa para ação intelectual* na construção do conhecimento – aqui incluindo o conhecimento escolar – tem um significado importante no planejamento do ensino, pois a finalidade das disciplinas escolares é que o aluno aprenda conteúdos e conceitos, isto é, constructos teóricos. Deste modo o planejamento de uma sequência de ensino que tenha por objetivo levar o aluno a construir um dado conceito deve iniciar por atividades manipulativas. Nesses casos a questão ou o problema, precisa incluir um experimento, um jogo ou mesmo um texto. 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, através de uma série de pequenas questões a *tomar consciência* de como resolveu o problema e porque ele deu certo, ou seja, de suas próprias ações.

Essa passagem da ação manipulativa para ação intelectual através da tomada de consciência de suas ações, não é fácil nem para os alunos nem para o professor, pois não é fácil conduzir intelectualmente o aluno por meio de questões, de sistematizações de suas ideias e de pequenas exposições. É muito mais fácil expor logo o conteúdo a ser ensinado!

É nesta etapa da aula que o professor precisa, agora ele, 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 do que muitas aulas expositivas quando um aluno segue o raciocínio do professor e não o seu próprio.

Todos os ensinamentos que podemos tirar das pesquisas e teorizações piagetianas são muito importantes para nos guiar na construção de novos conhecimentos pelos alunos, entretanto na escola, nas salas de aula, não trabalhamos com um único indivíduo, ao contrário temos de trinta a quarenta alunos juntos! É nesta ocasião, na construção social do conhecimento que temos de levar em consideração os saberes produzidos por Vigotsky.

A importância do psicólogo Vigotsky para o ensino vem principalmente de dois 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 deste conhecimento trazido por Vigotsky (1984) veio modificar toda a interação professor/aluno em sala de aula.

O segundo 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 conceito de interação social mediada pela utilização de artefatos que são sociais e culturalmente construídos (o mais importante destes artefatos é a linguagem) torna-se importante no desenvolvimento da teoria vigotskiana, uma vez que mostra que a utilização destes artefatos culturais é transformadora do funcionamento da mente, e não é apenas um meio facilitador dos processos mentais já existentes (Vigotsky 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 a interação social, não no aspecto facilitador da interação entre professor e alunos, mas principalmente com a função transformadora da mente dos alunos.

A mediação é o fato central da psicologia de Vigotsky, pois, segundo este autor, a utilização de aspectos, que são sociais e culturalmente construídos, têm efeitos sobre a mente dos alunos e sobre o contexto da sala de aula. Portanto a interação social não se define apenas pela comunicação entre o professor e o aluno, mas também pelo ambiente em que a comunicação ocorre, de modo que o aprendiz interage também com os problemas, os assuntos, a informação e os valores culturais dos próprios conteúdos com os quais estamos trabalhando em sala de aula.

Outro 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.

A teoria mostra que o desenvolvimento real é aquele que já foi consolidado pelo indivíduo, de forma a torná-lo capaz de resolver situações utilizando seu conhecimento de forma autônoma, portanto o nível de desenvolvimento real é dinâmico, aumenta dialeticamente com os movimentos do processo de aprendizagem.

O desenvolvimento potencial é uma incógnita, já que não foi ainda atingido, entretanto ele pode ser inferido com base no que o indivíduo consegue resolver com ajuda de um adulto ou de seus companheiros. O importante no entendimento deste nível é que ele é determinado pelas habilidades que o indivíduo já construiu, porém encontra-se em processo. Isto significa que a dialética da aprendizagem que gerou o desenvolvimento real, gerou também habilidades que se encontram em um nível menos elaborado que o já consolidado. Em outras palavras podemos dizer que o desenvolvimento potencial é o conjunto de conhecimentos e habilidades que a pessoa tem a potencialidade de aprender, mas ainda não completou o processo, mas são

potencialmente atingíveis com a orientação de outro, podendo esse outro ser um adulto (o professor) ou um colega de classe.

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. Se o trabalho em grupo for pensado como uma somatória dos trabalhos individuais ele poderá ter outra explicação, mas não a ZDP.

Vigotsky dá muito valor ao *papel do professor* na construção do novo conhecimento, dentro de uma proposta sócio-interacionista, mostrando este como um elaborador de questões que vão orientar seus alunos potencializando a construção de novos conhecimentos. Ao discutir a construção do conhecimento e de habilidades dentro das ZDP, isto é, a condução dos alunos da zona de desenvolvimento real para um possível desenvolvimento potencial ele volta sempre ao papel desempenhado pelo adulto – no caso de um ensino escolar do professor – mostrando a necessidade deste auxílio, pois segundo ele, o desenvolvimento consiste em um processo de aprendizagem dos usos das ferramentas intelectuais, através da interação social com outros mais experimentados no uso dessas ferramentas. Outro ponto importante de sua teoria foi mostrar o papel dos conhecimentos iniciais dos alunos. Vigotsky denominou o conjunto destes conhecimentos como zona de desenvolvimento real para a construção de novos conhecimentos.

Os *conceitos espontâneos* dos alunos, às vezes com outros nomes como conceitos intuitivos ou cotidianos, são uma constante em todas as propostas construtivistas, pois são a partir dos conhecimentos que o estudante traz para a sala de aula que ele procura entender o que o professor está explicando ou perguntando.

Partimos dos trabalhos de Piaget que mostrou como o indivíduo constrói os conhecimentos, nos dando base para entender como o nosso aluno constrói o seu conhecimento. Passamos pelos trabalhos de Vigotsky que enfatizou o papel social desta construção e a importância da mediação onde os artefatos sociais e culturalmente construídos têm papel fundamental no desenvolvimento dos alunos dando direção para as nossas aulas. Além disso, tiramos da própria teoria de Vigotsky a necessidade de nos aprofundarmos mais na epistemologia do conhecimento a ser proposto para podermos construir atividades de ensino que representem “os problemas, os assuntos, as informações e os valores culturais dos próprios conteúdos com os quais estamos trabalhando em sala de aula” (Vigotsky 1984), criando assim condições para que os alunos, social e individualmente, construam o conhecimento que queremos ensinar.

Um dos pontos mais importantes da epistemologia das Ciências, e que coincide com os referenciais teóricos já descritos é a posição de Bachelard (1938) quando propõe que *todo o conhecimento é a resposta de uma questão*. Entretanto não deve ser uma questão ou um problema qualquer. Essa questão ou este problema, para ser uma questão para os alunos, deve estar dentro de sua cultura, sendo interessante para eles de tal modo que eles se envolvam na procura de buscarem uma solução e na busca desta solução deve permitir que os mesmos exponham os seus conhecimentos espontâneos sobre o assunto. Voltando à Bachelard (1938) ele escreve: "Surpreendeu-me sempre que os professores de Ciências, mais que os outros, (...) não reflipam 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".

A "derrubada dos obstáculos já acumulados pela vida cotidiana" não é tarefa fácil para a escola, e um caminho é aceitar a proposta de Bachelard e procurar mudar a cultura experimental - de uma experimentação espontânea à uma experimentação científica- para que os alunos possam (re)construírem o seu conhecimento.

Não podemos dizer que temos um 'método científico', entretanto temos etapas e raciocínios que são imprescindíveis numa experimentação científica e que a faz diferenciar de uma experimentação espontânea. Uma destas etapas é a elaboração e o teste de hipóteses. O problema e os conhecimentos prévios – espontâneos ou já adquiridos – devem dar condições para que os alunos construam suas hipóteses e possam testá-las procurando resolver o problema. A solução do problema deve levar à explicação do contexto mostrando aos alunos que a Ciências não é a natureza, mas leva a uma explicação da natureza. É nessa etapa que aparecem raciocínios científicos como 'se'/então', relacionando duas variáveis e a eliminação de variáveis que foram levantadas como hipótese, mas que a realidade mostrou que não interferem no problema (Locatelli e Carvalho 2007).

A visão sócio-interacionista apresenta a importância, em um processo de aprendizagem, da interação social com outros mais experientes nos usos das ferramentas intelectuais. A implicação deste fato para o ensino de Ciências é que as interações entre os alunos e principalmente entre professor e alunos devem levá-los à argumentação científica e à alfabetização científica (Sasseron e Carvalho, 2011).

Assim as questões do professor devem fazê-los buscar evidências nos seus dados, justificativas para suas respostas, fazê-los sistematizar raciocínios como 'se'/então'/portanto' ou o raciocínio proporcional, isto é, se uma das variáveis cresce a outra também cresce ou se uma delas cresce a outra decresce. Nestes casos a linguagem científica, isto é, a linguagem argumentativa vai se formando.

A linguagem é outra questão de extrema importância quer nos trabalhos de Vigotsky quer no desenvolvimento científico. 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).

Além disso, a linguagem das Ciências não é só uma linguagem verbal. As Ciências necessitam 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 que cada uma das disciplinas utiliza, além da linguagem verbal, para a construção de seu conhecimento. Um aluno de geografia tem de aprender a ler os mapas, um aluno 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.

O professor, como o outro mais experiente em uma interação social tem de ensinar os alunos no uso das linguagens próprias de cada disciplina. Nesse contexto Márquez et. al. (2003) nos mostra dois processos que facilitam a integração dos diversos tipos de linguagens:

- a cooperação quando uma linguagem reforça o significado da outra. Podemos dar como exemplo um professor que ao discutir um gráfico ou um mapa vai também indicando com gesto e falando verbalmente o que quer mostrar. Assim ele está cooperando, isto é mostrando o mesmo significado com as três linguagens: a verbal, a gestual e a gráfica
- a especialização quando uma das linguagens adiciona um novo significado à outra. Quando o professor fala que uma variável depende da outra, por ex. quanto mais tempo ficar uma panela no fogo maior será a temperatura da água e ao mesmo tempo mostra um gráfico do aumento dessa temperatura com o tempo. Esse gráfico dá o como é o aumento de temperatura especializando a informação.

Introduzir os alunos nas diversas linguagens das Ciências é na verdade introduzi-lo na cultura científica, pois como Lemke (1997) propõe: 'ensinar Ciências é ensinar a falar Ciências'. E essa introdução deve ser feita, pelo professor, pois é ele o adulto mais experiente na sala de aula, com muito cuidado, levando os alunos da linguagem cotidiana à linguagem científica, por meio de cooperações e especializações entre elas.

2 - DO CONHECIMENTO TEÓRICO PARA O PLANEJAMENTO E INTERAÇÕES DIDÁTICAS DAS SEQUÊNCIAS DE ENSINO INVESTIGATIVO - SEI

Para que os alunos sejam alfabetizados cientificamente, tem-se de organizar nossas aulas de maneira compatível com os referenciais teóricos, o que não é fácil, pois a sala de aula é um ambiente completamente diferente tanto dos laboratórios científicos como dos estudos de Piaget e Vigotsky.

Também é importante ter claro que não existe pretensão de dizer que os alunos vão pensar ou se comportar como cientistas, pois eles não têm nem idade, nem conhecimentos específicos e nem desenvoltura no uso das ferramentas científicas para tanto. O que se propõe é muito mais simples – queremos criar um ambiente investigativo em nossas salas de aula de Ciências de tal forma que possamos ensinar (conduzir/mediar) os alunos no processo (simplificado) do trabalho científico para que eles possam gradativamente ir ampliando sua cultura científica, adquirindo, aula a aula, a linguagem científica como mostrada nos parágrafos anteriores, se alfabetizando cientificamente (Sasseron e Carvalho, 2008).

O mesmo acontece com os estudos piagetianos e vigostskianos. Não vamos replicá-los, pois esse não é o objetivo da escola, o que devemos fazer é utilizar os conhecimentos construídos por esses autores para, em nossas salas de aulas, criar um ambiente propício para os alunos construírem seus próprios conhecimentos.

Dentro deste contexto teórico é que propomos as sequências de ensino investigativas (SEIs), isto é, sequências de atividades (aulas) abrangendo um tópico do programa escolar em que cada uma das atividades é planejada, sob o ponto de vista do material e das interações didáticas, visando proporcionar aos alunos: condições de trazer seus conhecimentos prévios para iniciarem os novos, terem ideias próprias e poder discuti-las com seus colegas e com o professor passando do conhecimento espontâneo ao científico e tendo condições de entenderem conhecimentos já estruturados por gerações anteriores.

Assim, uma sequência de ensino investigativa deve ter algumas atividades-chaves: na maioria das vezes a SEI inicia-se por um problema, experimental ou teórico, contextualizado, que introduz os alunos no tópico desejado e dá condições para que pensem e trabalhem com as variáveis relevantes do fenômeno científico central do conteúdo programático. É preciso, após a resolução do problema, uma atividade de sistematização do conhecimento construído pelos alunos. Essa sistematização é feita preferivelmente através da leitura de um texto escrito quando os alunos podem novamente discutir, comparando o que fizeram e o que pensaram ao resolver o problema, com o relatado no texto. Uma terceira atividade importante é a que promove a contextualização do conhecimento no dia a dia dos alunos, pois nesse momento eles podem sentir a importância da aplicação do conhecimento construído do ponto de vista social. Esta atividade também pode ser organizada para o aprofundamento do conhecimento levando, os alunos a saberem mais sobre o assunto. Algumas SEIs, para dar conta de conteúdos curriculares mais complexos, demandam vários ciclos destas três atividades ou mesmo outros tipos de atividades precisam ser planejadas.

Além de ensinar ciências (ou qualquer outro conteúdo específico) a escola exige também do professor outras funções, como, por exemplo, a de avaliar seus alunos (Jiménez-Aleixandre et al., 2000). As inovações didáticas devem estar ligadas às inovações na avaliação, pois uma nova postura metodológica em sala de aula fica inconsistente com uma postura tradicional de avaliação. Assim, propomos que uma atividade de avaliação e/ou de aplicação seja organizada ao término de cada ciclo que forma uma SEI.

Nos parágrafos seguintes iremos detalhar, com maior profundidade, o planejamento e as interações didáticas das principais atividades que compõem as sequências de ensino Investigativas.

2.1 - O Problema

Muitas vezes os professores chamam o problema de desafio, principalmente os professores dos primeiros anos do ensino fundamental, entretanto preferimos denominar essa atividade de 'problema' para uma maior identificação com os referenciais teóricos propostos.

Vários são os tipos de problemas que se pode organizar para iniciar uma SEI, o mais comum e o que envolve mais os alunos é sem dúvida o problema experimental, entretanto existem várias experiências que trabalham com elementos que são perigosos para os alunos manipularem, por exemplo, experiências que envolvem fogo em um curso fundamental, neste caso a manipulação é feita pelo professor e o problema fica com um formato de demonstração investigativa. Outras vezes o

problema pode ser gerado a partir de outros meios como figuras de jornal ou internet, texto ou mesmo ideias que os alunos já dominam: são os problemas não experimentais. Entretanto, qualquer que seja o tipo de problema escolhido ele deve seguir uma sequência de etapas visando dar oportunidade aos alunos de levantarem e testarem suas hipóteses, passarem da ação manipulativa à intelectual estruturando seu pensamento e apresentando argumentações discutidas com seus colegas e com o professor. No planejamento dessas atividades o problema e o material didático que dará suporte para resolvê-lo devem ser organizados simultaneamente, pois um depende intrinsecamente do outro.

2.1.1 - O Problema experimental

O material didático – aparato experimental, textos, figuras, - sobre o qual o problema será proposto precisa ser bem organizado para que os alunos possam resolvê-lo sem se perder, isto é, o material didático deve ser intrigante para buscar a atenção dos alunos, de fácil manejo para que eles possam manipular e chegar a uma solução sem se cansarem (veja exemplos no site www.lapef.fe.usp.br).

O material didático deve permitir que o aluno, para resolver o problema, possa variar suas ações, pois é quando o aluno varia a ação e observa alterações correspondentes da reação do objeto que ele tem a oportunidade de estruturar essas regularidades. Se isso não ocorre, isto é, se não há uma correspondência direta entre as variações nas ações e reações, um fenômeno oferece pouca oportunidade para estruturação intelectual.

O problema não pode ser uma questão qualquer. Deve ser muito bem planejado para ter todas as características apontadas pelos referenciais teóricos: deve estar dentro de cultura social dos alunos, isto é, não ser alguma coisa que os espantem, sendo interessante para eles de tal modo que eles se envolvam na procura de uma solução e na busca desta solução deve permitir que os mesmos exponham os conhecimentos anteriormente adquiridos (espontâneos ou já estruturados) sobre o assunto. É a partir desses conhecimentos anteriores e da manipulação do material escolhido que os alunos irão levantar suas hipóteses e testá-las com a finalidade de resolver o problema.

O gerenciamento da classe e o planejamento das interações didáticas entre alunos e seus colegas e entre professor e alunos são tão importantes quanto o planejamento do material didático e a elaboração do problema. Vamos explicar essas ações, do professor e dos alunos em etapas.

- *Etapas de distribuição do material experimental e proposição do problema pelo professor.*

Nesta etapa o professor divide a classe em grupos pequenos, distribui o material, propõe o problema e confere se todos os grupos entenderam o problema a ser resolvido, tendo o cuidado de não dar a solução nem mostrar como manipular o material para obtê-la. Principalmente no ensino fundamental, quando as experiências são bastante simples é comum que, sem querer, o professor indique a resposta, o que tira toda a possibilidade do aluno pensar.

- *Etapas de resolução do problema pelos alunos.*

Nesta etapa, o importante não é o conceito que se quer ensinar, mas as ações manipulativas que dão condições para os alunos levantarem hipóteses (ou seja, ideias para resolvê-lo) e os testes destas hipóteses (ou seja, pôr essas ideias na prática). É a partir das hipóteses – das ideias – dos alunos que, quando testadas experimentalmente deram certo, que eles terão oportunidade de construir o conhecimento. As hipóteses que, quando testadas não deram certo, também são

muito importantes nesta construção, pois é a partir do erro – o que não deu certo – que os alunos têm confiança em o que é o certo eliminando as variáveis que não interferem na resolução do problema. O erra ensina... e muito.

A resolução do problema precisa ser feita em grupos pequenos de alunos, pois eles, tendo desenvolvimentos intelectuais semelhantes, têm mais facilidade de comunicação. Além disso, tem também a parte afetiva: é muito mais fácil propor suas ideias para um colega do que para o professor. E como o erro nesta etapa é importante, para separar as variáveis que interferem daquelas que não interferem na resolução do problema, os alunos precisam errar, isto é, propor coisas que eles pensam testá-las e ver que não funcionam. Tudo isso é mais fácil sem o professor por perto.

O papel do professor nesta etapa é passar pelos grupos para ver se eles entenderam o problema proposto, se tem claro o que foi pedido. E deixá-los trabalhar.

- *Etapa da sistematização dos conhecimentos elaborados nos grupos.*

Quando o professor vê que os grupos já terminaram de resolver o problema é hora de recolher o material experimental, pois senão os alunos continuam brincando com os mesmos, desfazer os grupos pequenos e organizar a classe para um debate entre todos os alunos e o professor. O ideal é um grande grupo, em círculo, onde cada aluno possa ver todos os seus colegas, entretanto muitas vezes esse formato não é possível em algumas escolas.

Nesta etapa o papel do professor é bastante importante. Agora a aula precisa proporcionar espaço e tempo para a sistematização coletiva do conhecimento. Ao ouvir o outro, ao responder à professora, o aluno não só relembra o que fez como também colabora na construção do conhecimento que está sendo sistematizado.

Através de perguntas – principalmente a pergunta ‘como vocês conseguiram resolver o problema?’ – ele vai buscando a participação do aluno, levando-os a tomar consciências do que fizeram. É a etapa da passagem da ação manipulativa à ação intelectual. E como ação intelectual os alunos vão mostrando, através do relato do que fizeram as hipóteses que deram certo e como foram testadas. Essas ações intelectuais levam ao início do desenvolvimento de atitudes científicas como o levantamento de dados e a construção de evidências.

Quando o professor percebe que todos já relataram o que fizeram a próxima pergunta (ou conjunto de perguntas) deve ser ‘por que vocês acham que deu certo?’ ou ‘como vocês explicam o por que deu certo?’. Com esse tipo de perguntas os alunos irão procurar uma justificativa para o fenômeno ou mesmo uma explicação causal, mostrando, no conjunto da classe, uma argumentação científica.

Essa explicação causal leva a procura de uma palavra, um conceito que explique o fenômeno. É nessa etapa que existe a possibilidade de ampliação do vocabulário dos alunos. É o início do ‘aprender a falar ciência’ (Lemke 1997).

Algumas vezes, no ensino fundamental I, mas quase sempre, no fundamental II e ensino médio, a sistematização dos dados leva à construção de tabelas e gráficos. Nestes casos a mediação do professor torna-se indispensável, pois ao conduzir uma interação visando à construção do conceito também terá de conduzir a tradução entre a linguagem da tabela para a linguagem oral procurando a cooperação entre as linguagens e mostrando a especialização da tabela e do gráfico. (ver capítulo xx)

- *Etapa do escrever e desenhar.*

Essa é a etapa da sistematização individual do conhecimento. Durante a resolução do problema os alunos tiveram aprendizagem social discutindo primeiramente com seus pares e depois com a classe toda sob a supervisão do

professor. É necessário agora um tempo para a aprendizagem individual. O professor deve agora pedir para eles escreverem e desenharem sobre o que aprenderam na aula. O diálogo e a escrita são atividades complementares, mas fundamentais nas aulas de ciência, pois enquanto o diálogo é importante para gerar, clarificar, compartilhar e distribuir ideias entre os alunos, o uso da escrita se apresenta como instrumento de aprendizagem que realça a construção pessoal do conhecimento (Oliveira e Carvalho 2005). Voltaremos a discutir a escrita dos alunos em outro capítulo

2.1.2 - Demonstrações investigativas

São problemas experimentais em que a ação é feita pelo professor, pois nesses casos a aparelhagem traz perigo quando manipulada pelos alunos. As etapas para o desenvolvimento destes problemas são as mesmas dos problemas experimentais, mas o professor precisa de mais autocontrole, na etapa de *resolução do problema*, para não ir resolvendo-o antes de fazer perguntas do tipo: ‘como vocês acham que eu devo fazer?’ de modo a dar tempo para os alunos levantarem hipóteses que então serão testadas pelas mãos do professor.

Também é preciso sempre lembrar que a resolução do problema não acaba na etapa manipulativa, quando se resolve o problema experimentalmente, pois a parte mais importante da resolução do problema é justamente a passagem da ação manipulativa – que neste caso foi realizada pelo professor – para a ação intelectual, que deve ser feita pelos alunos (aprofundaremos essa relação em outro capítulo). É a *etapa da sistematização do conhecimento*. Perguntas do tipo ‘o que nós fizemos para resolver o problema?’ levam os alunos a tomarem consciência das ações feitas pelo professor e estruturarem os dados mostrando as evidências importantes do fenômeno, e perguntas do tipo ‘por que quando eu fiz essas ações o problema foi resolvido?’ dão condições para que eles iniciem no processo argumentativo. Só depois de dar tempo para os alunos pensarem, exporem suas argumentações, e em uma interação discursiva com os alunos, o professor tem então a oportunidade de sistematizar o conceito que foi o objetivo do problema.

Também na demonstração investigativa deve ser dada oportunidade para os alunos individualmente exporem o que aprenderam por meio *de um trabalho escrito e ou desenhado*.

2.1.3 - Problemas não experimentais

São problemas bastante utilizados no ensino, às vezes no início de uma SEI, mas também como atividade complementar visando à introdução de novos conhecimentos que darão sustentação ao planejamento curricular.

É muito comum, no ensino fundamental, o professor pedir para os alunos trazerem figuras de revistas e/ou gravuras de sites indicados na internet para a construção de um conceito. Quando os alunos já apresentam maior desenvoltura na leitura, os problemas não experimentais podem ser elaborados com o auxílio de notícias e/ou reportagem de jornais.

Neste tipo de problema – quando o trabalho é com figuras – a ação manipulativa quase sempre visa à classificação das mesmas, organizando-as na direção da resolução da questão proposta, e esse momento da atividade precisa ser feito em grupos pequenos de alunos, pois, a atividade intelectual de se propor uma classificação requer discussão onde se levanta hipóteses e as testa.

As etapas para o desenvolvimento intelectual dos alunos com o objetivo de construção do conhecimento são as mesmas dos outros tipos de problemas: resolução

do problema pelos grupos, sistematização do conhecimento elaborado e trabalho escrito sobre o que fizeram.

Muitas vezes esse tipo de problema é planejado em uma SEI para criar condições de introduzir os alunos em outras linguagens da Ciência como a leitura de tabelas e gráficos. Um exemplo de problema deste tipo, bastante comum em muitos livros textos, é o proposto para analisar as tabelas nutricionais que aparecem nos rótulos dos alimentos industrializados. Nestes casos o importante não são os conceitos, mas a tradução da linguagem gráfica em linguagem oral. As perguntas 'como?' e 'por quê?', na etapa da sistematização do conhecimento, devem ser direcionadas a esse objetivo.

Outro exemplo de problema que tem o mesmo objetivo, isto é, a introdução dos alunos nas diversas linguagens de Ciência, é aquele que não sendo experimental, trabalha com dados experimentais trazidos pelo professor e/ou obtidos pelos próprios alunos em outras aulas. São problemas teóricos, de mais difícil resolução, pois, nesses casos, estão intrínsecas as operações intelectuais de cooperação e especialização entre as linguagens. Também nesses problemas é muito importante o trabalho nos grupos pequenos de alunos, e a mediação do professor quando da sistematização do conhecimento.

2.2 - Leitura de texto de sistematização do conhecimento

O professor propõe o problema, organiza os alunos para trabalharem em grupo, discute com toda a classe, sistematiza o conceito ou o conhecimento que foi o objetivo do problema, mas fica para todos os professores a questão: 'será que todos os alunos entenderam, ou somente os que falaram durante a aula?' Mesmo analisando os trabalhos escritos feitos pelos alunos não se tem essa resposta, pois os mesmos nunca abordam todas as etapas desenvolvidas nas aulas e, muitas vezes a imaginação corre solta, e os alunos relacionam o que aprenderam com o seu dia a dia, o que é muito bom, mas não traz segurança aos professores sobre o conhecimento que se pretendeu ensinar (veja capítulo xx).

Um texto de sistematização então se torna muito necessário, não somente para repassar todo o processo da resolução do problema como também o produto do conhecimento discutido em aulas anteriores, isto é, os principais conceitos e ideias surgidas. E tanto o processo da solução do problema como o produto agora é apresentado em uma linguagem mais formal, ainda que compreensível pelos alunos. A sistematização desta linguagem mais formal torna-se necessária uma vez que durante todo o debate em que se deu a construção do conhecimento pelo aluno a linguagem da sala de aula era muito mais informal do que formal.

E esta atividade, de leitura e discussão da leitura do texto de sistematização, deve ser pensada como uma atividade complementar ao problema.

Nos primeiros anos do ensino fundamental o texto pode ser lido pela própria professora, uma vez que os alunos ainda não dominam a leitura de um texto de vários parágrafos. Nas séries posteriores são os alunos que vão ficando responsáveis pela leitura, entretanto o professor precisa se certificar que todos entenderam através de discussões ou de questionários bem organizados. (Como a leitura é um ponto importante intelectual e científico do aluno, propomos um capítulo para a discussão deste tema).

2.3 - Atividades que levam à contextualização social do conhecimento e/ou ao aprofundamento do conteúdo – Para saber mais

São vários os tipos de atividades de contextualização possíveis de serem planejadas.

As mais simples se reduzem a *questões* do tipo ‘no seu dia a dia aonde vocês podem ver esse fenômeno?’ logo após a discussão do problema. Essa é uma questão elementar, singela mesmo, mas que leva o aluno, na sua imaginação, da sala de aula à sua realidade.

Nas atividades de conhecimento físico (Carvalho et al 1998; WWW.lapef.fe.usp.br) sempre obtivemos contextualizações bastante interessantes sobre os fenômenos estudados. Podemos citar alguns exemplos: no final do problema ‘sombras iguais’, quando o conceito a ser aprendido pelos alunos era o conceito de sombra a resposta quase que imediata à pergunta de contextualização foi falar do guarda-sol na praia. No problema ‘das sombras no espaço’, planejado para introduzirmos, em aulas posteriores, a explicação dos eclipses, esse fenômeno foi perfeitamente explicado por um aluno, quando depois de discutir a experiência o professor perguntou: ‘o que vocês viram nesta semana que poderia ter a mesma explicação?’. No problema da bolinha que desce em uma rampa e cai em uma cestinha, relacionando a altura de queda com velocidade, os alunos tanto falaram da montanha-russa dos parques de diversão quanto da realidade de descer um morro de bicicleta e cair porque sua velocidade era grande.

Muitas vezes a contextualização pretendida tem um objetivo mais elaborado. Por exemplo, com a mesma atividade do problema da cestinha o professor pode chegar a produção de energia elétrica nas usinas hidroelétricas. Nestes casos a contextualização social do conhecimento deve ser feita por um texto organizado para esse fim. Agora transformar esse texto em uma atividade investigativa demanda o planejamento de um problema do tipo ‘O que há de semelhante entre o que você viu e fez resolvendo o problema da bolinha na cestinha e a descrição de produção de energia elétrica em uma usina hidroelétrica?’

Os textos de contextualização sempre devem ser seguidos questões que relacionem o problema investigado com o problema social (ou tecnológico). O trabalho a ser realizado em sala de aula obedecerá às mesmas etapas já apresentadas: a discussão em grupo pelos alunos; a abertura das discussões com toda a classe, coordenada pelo professor, e a escrita individual pelos alunos em seus cadernos.

Em muitas Sequências de Ensino Investigativas é preciso ir além do conteúdo explorado pelo problema e pela atividade de contextualização social do conhecimento. Nestes casos novas atividades são planejadas para esse fim. Estas atividades podem ser organizadas com diversos tipos de material didático como, por exemplo: coleções de figuras recortadas de revistas, textos, jogos, pequenos vídeos e/ou simulações encontradas na internet sobre o assunto que está sendo tratado, etc.

O importante é que essas atividades sejam aplicações interessante do conteúdo que está sendo desenvolvido ou mesmo um aprofundamento onde serão introduzidos novos conceitos correlatos que serão importantes para o desenvolvimento de novas SEIs. Vamos exemplificar com algumas SEI que organizamos para o ensino fundamental I (Carvalho et. al. 2011).

Depois de uma experiência demonstrativa aonde o professor conduz os alunos a observarem a esterilização de alimentos introduzimos dois textos do tipo ‘para saber mais’: o primeiro para discutir que nem todo alimento com micro- organismos está estragado, e o segundo que expõe os micro-organismos causadores de doenças. Em outra SEI que tem por objetivo estudar as transformações de materiais, depois de propormos dois problemas um experimental ‘como encher o balão de aniversário sem

assoprar dentro dele' e um demonstrativo 'observar a queima de um papel' introduzimos um texto explicativo da fumaça e do gás carbônico.

Entretanto, o mais importante ao planejarmos as atividades de aprofundamento é que estas devem ser pensadas como atividades investigativas, isto é, todas devem ser organizadas para que os alunos em grupo discutam, expondo para seus colegas suas ideias e seus entendimentos do texto (ou do vídeo, do jogo, da simulação, etc.) que após a discussão em grupo o professor sistematize o conhecimento fazendo uma releitura do texto.

Nos níveis fundamental II e médio a atividades de contextualização social do conhecimento ou de aprofundamento podem ser feita utilizando textos de História das Ciências. Estes textos são muito ricos, pois introduzem os alunos nas ideias e nos processos utilizados pelos cientistas. Como, quase sempre, a ciência ensinada na escola está defasada de séculos da ciência produzida na atualidade, estes textos históricos dão margem a discussões que relaciona ciência e desenvolvimento social. Entretanto, assim como nos textos organizados para o fundamental I, estes devem ser planejados juntamente com questões que deverão dar suporte para os alunos discutirem o texto em grupos pequenos antes que a discussão passe a ser dirigida pelo professor.

2.4 – Atividade de avaliação e/ou aplicação finalizando uma SEI

Como já mostramos anteriormente uma SEI pode ser formada por um ciclo, ou por vários ciclos, destas atividades principais, mas no final das atividades ou pelo menos no final de cada ciclo é importante planejar uma avaliação. Entretanto esta não deve ter o espírito de uma avaliação somativa, que visa a classificação dos alunos, mas sim, uma avaliação formativa que seja um instrumento para que alunos e professor confirmem se estão ou não aprendendo. E estes instrumentos de avaliação precisam ter as mesmas características que o ensino proposto. E a proposta das SEIs está pautada na ideia de um ensino cujos objetivos concentram-se tanto no aprendizado dos conceitos, termos e noções científicas quanto no aprendizado de ações, atitudes e valores próprios da cultura científica.

Assim temos de compatibilizar os objetivos do ensino, realizado pelas atividades das SEIs, com a avaliação da aprendizagem dos alunos nos mesmos termos: avaliação dos conceitos, termos e noções científicas, avaliação das ações e processos da ciência e avaliações das atitudes exibidas durante as atividades de ensino.

Esse processo exige uma mudança da postura do professor em relação às formas de avaliar a aprendizagem dos alunos. É importante que esteja atento o tempo todo à sua turma, às ações e aos resultados por ela realizados e alcançados. A observação e os registros do professor sobre os alunos são um instrumento de avaliação importante no sentido de acompanhar o desempenho dos estudantes.

Avaliar os conteúdos conceituais é uma tradição no ensino, e os professores não têm dificuldades em construir instrumentos para essa avaliação. O que propomos é que nas SEIs essas avaliações, com maior foco na aprendizagem conceitual, sejam planejadas sob a forma de um questionamento, da construção de um painel, da resposta à cruzadinhas. Logicamente, com algumas destas atividades podemos também avaliar os conteúdos processuais e atitudinais. É importante o professor usar a imaginação para que não fique uma atividade monótona, sendo que se a atividade for interessante, os alunos nem sempre percebem que estão sendo avaliados. Podemos denominar estas atividades de 'Pense e resolva', pois realmente é uma aplicação do conteúdo já ensinado em uma nova atividade investigativa. Outra forma

de avaliação do conteúdo conceitual, esta mais tradicional, é no final de cada SEI organizar um questionário sobre os pontos importantes que foram desenvolvidos.

Os conteúdos processuais e atitudinais não são tão comuns de serem avaliados na escola, mas nas SEIs essas avaliações se tornam importantes, pois eles fazem parte integrante do ensino de Ciências como investigação e precisam ser ressaltados pelos professores para os alunos. Vamos dar exemplos de comportamentos de alunos que indicam que estão aprendendo o processo da construção do conhecimento científico e tendo atitudes compatíveis com esse processo.

Quando na etapa da resolução do problema em pequenos grupos, observando os alunos, se estes colaboram entre si na busca da solução do problema eles apresentam comportamento que indica uma aprendizagem atitudinal e se eles discutem buscando ideias que servirão de hipóteses e as testam isto indica uma aprendizagem processual do grupo. É preciso ver quem não participa nem em termos de atitude nem em termos de processo. Esta avaliação deve ser feita sempre que os grupos trabalharem. É esse o papel do professor nesta etapa da aula.

Quando a discussão é aberta, professor/classe, os comportamentos que indicam uma aprendizagem atitudinal são, por exemplo, o esperar a sua vez para falar ou prestar atenção e considerar a fala do colega. Comportamentos relacionados ao domínio procedimental podem ser observados quando o aluno: descreve as ações observadas; relaciona causa e efeito, explica o fenômeno observado.

No trabalho escrito dos alunos aparece a aprendizagem atitudinal quando eles escrevem os verbos de ação no plural mostrando o respeito pelo trabalho feito em grupo, e a aprendizagem procedimental é evidenciada quando relatam por meio do texto e/ou do desenho, a sequência das ações realizadas e as relações existentes entre as ações e o fenômeno investigado.

Na leitura de textos, tanto os de sistematização das ações que levaram à resolução do problema como os organizados para contextualizar e/ou aprofundar os conhecimentos enfocados na sequência, temos como critérios para a avaliação deste tópico a verificação se o aluno consegue selecionar as informações relevantes do texto e se ele relaciona a leitura com os diferentes momentos das atividades experimentais já vivenciadas anteriormente. Entretanto para classificar a aprendizagem destes critérios em conceituais, processuais e/ou atitudinais são necessárias mais informações, como por exemplo, como eles foram trabalhados na classe pelo professor. Se o trabalho dos alunos foi individual e por escrito, esses objetivos podem ser classificados como conceituais, entretanto se foram debatidos professor/classe é possível, que durante a discussão, surjam atitudes e procedimentos que mereçam uma avaliação (positiva) do professor.

Outras atividades, como o trabalho com figuras, construção de painel, observação de vídeos da internet, apresentam critérios de avaliação atitudinal e procedimental muito semelhantes aos descritos acima.

Uma avaliação pensada como formativa, realizada no decorrer do ensino de uma SEI, tem a finalidade também de criar oportunidades para uma autoavaliação por parte dos alunos, cabendo ao professor orientá-los no reconhecimento de seus avanços e nas conquistas que ainda precisam ser alcançadas.

- BACHELARD, G. : 1938, *La formación de l'esprit scientifique*, Vrin, Paris.
- CARVALHO, A. M. P.; BARROS, M. A.; GONÇALVES, M. E. R.; REY, R. C.; VANNUCCHI, A I., 1998. *Conhecimento Físico no Ensino Fundamental*. São Paulo, Editora Scipione.
- CARVALHO, A.M.P.; OLIVEIRA, C; SASSERON, L.; SEDANO, L. BASTISTONI, M. *Investigar e Aprender Ciências*, Editora Sarandi, 2011
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M.P., BUGALLO RODRIGUEZ, A. e DUSCHL, R.A., “Doing the Lesson” or “Doing Science”: Argument in High School Genetics, *Science Education*, v.84, 757-792, 2000.
- 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
- LEMKE, J.L. (1997) *Aprendendo a hablar ciencias: linguagem, aprendizajem y valores*, Paidós, Barcelona.
- MÁRQUEZ, C., IZQUIERDO, M., ESPINET, M. Comunicación Multimodal en la Clase de Ciencias: El Ciclo Del Agua. *Enseñanza de las Ciencias*, v.21, n.3, p. 371-386, 2003.
- OLIVEIRA, C. M. A., CARVALHO, A. M. P. Escrevendo em aulas de Ciências. *Ciência e Educação* (UNESP. Impresso) v.11, p.347 - 366, 2005.
- PIAGET, J. *A Tomada de Consciência* .São Paulo, Melhoramentos e Editora da USP, 1977(a).
- PIAGET, J. *La explicación en las ciencias*. Barcelona, Martinez Roca, 1977(b)
- PIAGET, J. *A equilibração das estruturas cognitivas*. Zahar Editores, Rio de janeiro, 1976.
- PIAGET, J. *Fazer e Compreender*. Melhoramentos e Editora da USP, 1978.
- SASSERON, L. H., CARVALHO, A. M. P. Construindo argumentação na sala de aula: a presença do ciclo argumentativo, os indicadores de alfabetização científica e o padrão de Toulmin. *Ciência e Educação* (UNESP). , v.17, p.97 - 114, 2011.
- SASSERON, L. H., CARVALHO, A. M. P. Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. *Investigações em Ensino de Ciências* (UFRGS). , v.13, p.333 - 352, 2008.
- VIGOTSKY, L.S. *A Formação Social da Mente*. São Paulo, Martins Fontes, 1984.