

ENSINO POR INVESTIGAÇÃO: As Pesquisas que desenvolvemos no LaPEF

Dr^a Anna Maria Pessoa de Carvalho [ampdcarv@usp.br]

*Laboratório de Pesquisa e Ensino de Física – LaPEF
Faculdade de Educação
Universidade de São Paulo*

Recebido em 01/12/2021

Aceito em 16/12/2021

Resumo

Neste texto iremos indicar muito sucintamente os principais referenciais teóricos em ensino das Ciências que nos baseamos para planejarmos as nossas atividades investigativas, relatar as pesquisas que o nosso grupo realizou, a metodologia utilizada para a coleta e análise de dados retirados das aulas que analisaram o ensino e a aprendizagem dos alunos, e tirar as possíveis conclusões de cada grupo de pesquisa realizada. Temos já resultados consolidados nas atividades investigativas para o ensino da Física no ensino fundamental 1 e atividades de História das Ciências para o ensino médio

Palavras-Chave: Ensino por Investigação, Atividades Investigativas, Pesquisa em Ensino de Física, História das Ciências.

Abstract

In this paper we present very briefly the main theoretical frameworks for teaching science that we rely on for our investigative activities we plan; report the research that our group conducted, the methodology used to collect and analyze data drawn from classes that analyzed teaching and student learning and draw possible conclusions of each research group. We have already established in investigative activities for teaching physics in elementary school and one of science history activities for high school results

Keywords: Investigative activities; Research in Physics Teaching, History of Science in Physics Teaching.

1 – Introdução

Desde o início deste século XXI, 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 científico. 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 propostas de novas bases curriculares para os diversos níveis de ensino, 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 ensino das Ciências – Física, Química, Biologia e Matemática.

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 das Ciências, 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.

No LaPEF/FEUSP – Laboratório de Pesquisa e Ensino de Física da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo – estamos, em nossos mestrados e doutorados, planejando e avaliando Sequências de Ensino Investigativas (SEIs), tanto para o nível fundamental como para o médio, que têm como objetivo de introduzir os alunos da cultura científica.

SEI é uma proposta didática que tem por finalidade desenvolver conteúdos ou temas científicos, sendo que este tema é investigado com *o uso 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 problema* e o grau de *liberdade intelectual dado ao aluno*.

2 – Alguns Referenciais Teóricos.

Até chegarmos a essa definição de Sequências de Ensino Investigativas percorremos uma longa trajetória teórica que pretendeu buscar sustentação em três pilares: procuramos entender como o indivíduo constrói seu conhecimento; como os alunos constroem seu conhecimento na escola e como o conhecimento científico é construído, sendo esse último pilar, em concordância com os outros dois, que nos mostrou o direcionamento para chegarmos ao ensino por investigação.

Para estudarmos como o indivíduo constroem seus conhecimentos, fomos buscar referenciais teóricos na epistemologia genética piagetiana, que procura entender como o conhecimento, principalmente o científico, é construído pela humanidade. Nos seus trabalhos, Piaget e colaboradores utilizaram dados empíricos retirados de entrevistas com crianças e adolescentes. Estas ao serem realizadas com indivíduos de idades semelhantes a 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.

Um dos pontos que podemos salientar, e que se torna claro nas entrevistas piagetianas, é a *importância de um problema para o início da construção do conhecimento*.

Ao trazermos essa evidência para o ensino em sala de aula, esse fato – 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 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 raciocínio 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.

Nos estudos da construção de novos conhecimentos pelos indivíduos, os trabalhos piagetianos apresentaram 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, 1977,1978).

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 conteúdos e conceitos, 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 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*.

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 Vigotsky. Este é o nosso segundo pilar.

A importância do psicólogo Vigotsky 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 Vigotsky (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 conceito 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 (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 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. Vigotsky 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.

O nosso terceiro pilar na procura de referenciais teóricos para o estudo do ensino e a aprendizagem em física foi uma pesquisa bibliográfica de artigos sobre esse tema. É interessante notar que os temas indicados como importantes nessa revisão são basicamente os mesmos já mostrados: os problemas como início da construção conceitual, os conceitos espontâneos, e principalmente a linguagem na interação professor/ aluno.

Em relação aos problemas na construção de conhecimento encontramos respaldo em Bachelard (1938) quando ele propõe que *todo o conhecimento é a resposta de uma questão*. Ele mesmo discute a questão de 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 Física, foi reiteradamente mostrada por pesquisadores em ensino como Viennot (1979), Driver et al. (1989).

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 Vigotsky quer nos de ensino de Física. 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 Física é que a linguagem da Física 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 que cada uma para a construção de seu conhecimento. O aluno na disciplina de física 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 científicas.

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 Física, 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 Física 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 & Newton, 1997; Driver et al., 1999, Locatelli & Carvalho, 2007, Vieira & Nascimento, 2009, Capecchi & Carvalho 2006).

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 entre 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.

Procurando conhecer a estrutura do pensamento científico, ou como se transforma fatos em evidências científicas, fomos estudar os trabalhos de Lawson (2000, 2001, 2002, 2004). Este autor mostra a existência de um padrão de pensamento que guia as descobertas científicas e que estas podem ser vistas como uma produção basicamente hipotético-dedutiva. Passa então a estudar os trabalhos de Galileu que guiaram as descoberta científica das luas de Júpiter, a pesquisa de Walter Alvarez sobre a causa de extinção maciça dos dinossauros e de outros cientistas de diversas áreas. O que se mostra comum a estes estudos é o uso de um padrão hipotético-dedutivo na apresentação de fatos, evidências e conclusões. A estrutura do raciocínio hipotético-dedutivo desenvolvida por Lawson é mostrado na seguinte forma:

“A estrutura tem seu início com o termo “**Se...**”, diretamente ligado às hipóteses (uma proposição); o termo “**E...**” diz respeito ao acréscimo de condições de base (um teste); o termo “**Então...**” é relativo aos resultados esperados (às consequências esperadas); o termo “**E...**” ou “**Mas...**” aos resultados e consequências reais e verdadeiras. O termo “**E...**” deve ser utilizado caso os resultados obtidos combinem com os esperados e o termo “**Mas...**”, caso haja um desequilíbrio nos resultados; desta forma, o ciclo reinicia-se com outras hipóteses e, finalmente, o termo “**Portanto...**” introduz a conclusão a que se chega” (Lawson, 2004).

Essa foi a estrutura de pensamento encontrada em algumas das pesquisas que estudaram a argumentação dos alunos, entretanto nem todas usaram esse referencial teórico, mas mesmo com outros referenciais que não partiam da estrutura científica seus resultados mostraram que os alunos partiam de suas hipóteses para chegar as conclusões.

3 – As conclusões que tiramos dos referenciais teóricos para a construção de nossas Atividades Investigativas.

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 físicos* 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 (Pacheco, 1996; Amaral, 2005).

Quando centramos nosso ensino em problemas investigativos sobre os fenômenos (para que haja argumentação dos alunos) Lawson nos mostra que estamos dando também oportunidade para que os alunos se desenvolvam no raciocínio hipotético dedutivo. Assim, ao construírem os conceitos eles também aprendem a raciocinar cientificamente.

Outro ponto importante que retiramos dos trabalhos de Lawson é que o professor precisar salientar, após as discussões, durante a sistematização destas, as hipóteses sobre as quais os foram obtidos os dados e a estrutura da argumentação que levou os dados às conclusões.

Mas quando escrevemos que o professor ‘precisa salientar’ não estamos dizendo de maneira alguma que ele deve ‘expor’, mas sim deve através de perguntas levarem os alunos a tomarem consciência do que fizeram, pois nessa hora aparece nas falas dos alunos o que eles pensaram, e aí sim, o professor pode transformar a linguagem cotidiana ‘*eu achei.que...*’ linguagem científica ‘*você então fez uma hipótese sobre.....*’

É durante também a sistematização das ideias e do fazer científico que a necessidade da utilização das outras linguagens da Física – as tabelas, os gráficos e depois a matemática – vão aparecendo. O professor deve notar que nas falas dos alunos, quando eles estão explicando o que fizeram, aparece o raciocínio proporcional ‘*quanto mais água eu coloquei isso, mas longe ela foi*’ ou ‘*quanto mais eu fiz isso, menos de aquilo*’. É a hora mais do que certa de transformar as falas (linguagem falada cotidiana) em proporções matemáticas diretas ou indiretas (linguagem matemática e científica).

Esse é o papel que precisamos que nossos professores de física desempenhem, dirigindo os nossos alunos para que eles se iniciem no pensamento científico.

Essa base teórica serviu como suporte de atividades investigativas como o laboratório aberto para o ensino fundamental (Carvalho, 2004) e para o ensino médio (Carvalho, 2006), a resolução de problemas abertos de lápis e papel (Gil et al. 1993) e

história da Física no ensino (Carvalho & Vannucci, 1999, 2000, Carvalho & Castro, 1995).

4 – As Pesquisas Desenvolvidas no LaPEF a partir das Atividades Investigativas.

Planejamos e executamos Atividades nos conteúdos de Física para o ensino primário e para o nível Médio, a partir dos referenciais teóricos descritos acima, com a finalidade de introduzir nossos alunos na cultura científica.

Nosso grande problema *foi estudar a aprendizagem dos alunos relacionando essa aprendizagem com ‘como’ o ensino era realizado*. Esse grande problema foi dividido em problemas menores (mestrados e doutorados), que estudaram a aprendizagem dos alunos em diversas atividades investigativas observando vários matizes de uma aprendizagem por enculturação. Todas as investigações observavam a mesma metodologia de ensino e a mesma metodologia de pesquisa que pode ser classificada como qualitativa, pois:

“descrevem a complexidade de determinado problema analisando a interação de certas variáveis e procura descobrir e classificar a relação entre variáveis além de investigar a semelhança de causalidade entre fenômenos.” (RICHARDSON, 2009 p.70).

Dentro do grande guarda-chuva das pesquisas qualitativas optamos pelo Estudo de Casos, pois, como mostra Yin (2010),

“os Estudos de Casos partem do princípio de que as questões ‘como’ e ‘o que’ são enfocadas..... é preferido no exame dos eventos contemporâneos quando os comportamentos relevantes não podem ser manipulados...conta com pelo menos duas fontes de evidências: observação direta e entrevistas das pessoas envolvidas nos eventos” (YIN 2010, p.32). Além disso, os Estudos de Caso utilizam o método etnográfico como técnica de coleta de dados. (YIN 2010, p.38).”

Os pontos indicados por Yin para Estudos de Caso se ajustaram perfeitamente aos nossos objetivos uma vez que procuramos conhecer ‘o que’ eles aprendem’ (por ex. conteúdo, argumentação), ‘como aprendem’ (por ex. qual a metodologia proposta pelo professor em quais atividades de ensino). Nossas fontes de dados foram justamente a técnica de coleta de dados por vídeos de todas as aulas das atividades investigadas (sempre com no mínimo duas câmaras) e entrevistas ou trabalhos dos alunos para, de maneira triangular, procurar a convergência entre os resultados.

Todas as gravações foram realizadas em escolas públicas com a autorização, por escrito, dos professores e dos alunos ou seus pais quando esses eram menores de idade.

4.1 – As pesquisas no ensino e na aprendizagem de Física no Fundamental I

Tínhamos como objetivo de pesquisar o, ‘o que’ e os alunos aprendem com as Atividades de Conhecimento Físico. O que permaneceu constante em todas as pesquisas relacionadas a seguir foi ‘o como’, isto é, o desenvolvimento metodológico proposto pelos professores que regeram as aulas. Esse desenvolvimento metodológico foi dividido em etapas: distribuído o material experimental e proposição do problema;

divisão da classe em pequenos grupos para a resolução do problema; arranjo da classe em um grande grupo para a socialização de ideias entre os alunos, quando o professor perguntaria o ‘como’ ele resolveram o problema, levando-os uma tomada de consciência do que fizeram e depois o ‘porque’ fizeram do modo explicitado, procurando a causalidade física e a construção de conceitos; relação do fenômeno estudado com o cotidiano do aluno e pedido ao aluno que escreva e desenhe sobre o que aprenderam. (Essas aulas estão no YOUTUBE/LAPEF)

A variável aprendizagem foi analisada em cada dissertação a partir de referências teórico de como estudar essa variável.

Estas foram as pesquisas realizadas:

- Prof. obedecendo as etapas X aprendizagem nas etapas (GONÇALVES, 1991);
- Prof. obedecendo as etapas X relações causais (REY, 2000)
- Prof. obedecendo as etapas X escrita (OLIVEIRA, 2003);
- Prof. obedecendo as etapas X formação da autonomia moral (SEDANO, 2005);
- Prof. obedecendo as etapas X influências culturais (SASSERON, 2005);
- Prof. obedecendo as etapas X raciocínio lógico e proporcional (LOCATELLI, 2006);
- Prof. obedecendo as etapas X uso de palavras e gestos na construção de conceitos (PADILHA, 2008).

A primeira das dissertações (Gonçalves, 1991) nos mostrou que os alunos do Fundamental I eram capazes de resolver problemas Físicos e que em cada uma das etapas eles mostravam raciocínios diferentes: ao resolverem problemas em grupo eles expunham seus conhecimentos cotidianos para levantar hipóteses de como resolver o problema, na etapa do ‘como’ eles realmente falavam sobre o como resolveram o problemas quando lentamente tomavam consciências de suas ações como mostrava a teoria (Piaget 1977) e na fase do ‘porque’ eles procuravam uma explicação para o fenômeno. A maior parte destas explicações era legal, mas sempre tinha alunos de mostravam a explicação causal (Piaget & Garcia, 1973).

Como os dados de Gonçalves (1991) foram retirados na Escola de Aplicação da FEUSP com quatro atividades, quisemos replicá-la, agora com professoras de outras escolas públicas e com outras atividades que construímos. Rey (2000) obteve em sua dissertação resultados muito semelhantes à Gonçalves, sendo a diferença o número de alunos que chegavam às explicações causais e a escrita dos alunos que eram mais pobres.

Mas o que era uma escrita pobre ou rica em termos de escrita científica? Esse foi o problema de Oliveira (2003) que analisou os trabalhos escritos de 10 alunos em três atividades de conhecimento físico diferentes. Apesar das diferenças entre o tamanho dos trabalhos, acertos de gramática e grafia, a grande maioria dos textos analisados apresentava semelhanças nos aspectos científicos: ordem cronológica similar à que ocorreu durante a atividade, mostrando o entendimento do problema e sua resolução; usaram os verbos de ação na primeira pessoa do plural, mostrando a importância do trabalho em equipe; uma incidência muito maior de explicações legais do que causais, mostrando a dificuldades da construção da causalidade física.

Procurando outros aspectos da enculturação científica Sedano (2005) estudou a construção da autonomia moral dos alunos durante o trabalho em pequeno grupo propondo o seguinte problema: Quais são as atitudes dos alunos nos grupos de trabalho das aulas de ciências que usam atividades de Conhecimento Físico? Usando as gravações já realizadas analisou quatro grupos de trabalho de duas escolas públicas e encontrou episódios de ensino que apontaram para as atitudes de interação, participação, cooperação, descentração e também atitudes de convivência com valores (opiniões ou atitudes) antagônicos e conflitantes. Conseguiu mostrar a diversidade de ações, pautadas em atitudes, que o aluno tem a oportunidade de vivenciar e atuar, quando participa de uma proposta metodológica que dê espaço para isso.

Sasseron (2005) procurou detectar influências culturais na construção do conhecimento físico nas atividades investigativas propostas. O objetivo de identificar quando e como a cultura do aluno pode influenciar seu trabalho na resolução de um problema de Conhecimento Físico. As atividades foram aplicadas por professora indígena para os alunos da Escola Estadual Indígena Tupi Guarani Ywy Pyaú, de Peruíbe, estado de São Paulo. A conclusão foi a existência de influências culturais advindas das duas sociedades envolvidas nas aulas de Ciências em termos de interação entre aluno/aluno e professora/alunos, mais pouca influência em relação ao pensamento científico.

Procurando nos aprofundar na estrutura da argumentação dos alunos Locatelli (2006) analisou os vídeos gravados tomando por base os referenciais teóricos de Lawson (2001, 2002, 2004) e Inhelder e Piaget (1976). Ele mostrou que no discurso dos alunos podem-se vislumbrar importantes aspectos da cultura científica, entre eles, o levantamento de hipótese, o início do raciocínio hipotético-dedutivo (se, então, portanto) e a construção das relações compensatórias entre as variáveis.

O último trabalho que desenvolvemos a sobre o ensino e a aprendizagem das Atividades Investigativas de Conhecimento Físico foi a pesquisa de Padilha (2008) que procurou verificar como as linguagens verbal e gestual se articulam para dar sentido ao vocabulário utilizado no momento da argumentação. Através da análise integrada do modo verbal e gestual de comunicação percebemos que a falta da palavra adequada não impossibilitou a comunicação e, em convergência com os trabalhos relacionados à Semiótica social, vimos que o modo verbal muitas vezes não é suficiente para que possamos compreender o que o aluno quer dizer. É importante no ato da comunicação do aluno que notemos a diferença entre a ideia que o aluno quer transmitir e os significados atribuídos a determinadas palavras utilizadas no ato da comunicação verbal. Houve momentos em que não só os gestos, mas também as expressões faciais, a entonação de voz e características apresentadas no ato da comunicação, ajudou a compreender o que o aluno queria dizer.

Conclusões que podemos tirar do conjunto destas pesquisas

Alem das conclusões parciais de cada uma das dissertações, o que podemos tirar do conjunto destas pesquisas é que:

se os professores ao aplicarem em suas salas de aula as Atividades de Conhecimento Físico propondo o problema para os alunos, deixando-os interagirem em

pequenos grupos, depois no grupo grande perguntar “como?” e dando liberdade intelectual para eles falarem sem repressão, e depois perguntar “por que?” *então* os alunos argumentarão, levantarão suas hipóteses, explicarão o fenômeno, apresentarão os raciocínios hipotético dedutivo, construindo relações compensatórias entre as variáveis, escreverão, construirão autonomia moral e *portanto* eles entrarão sendo introduzidos na cultura científica, aprendendo a falar e a escrever ciências.

Este é um conhecimento já estabelecido, pois essas atividades têm sido replicadas em muitas situações diferenciadas de ensino com resultados semelhantes aos nossos.

Entretanto, desde as primeiras pesquisas os dados nos mostraram a grande influência do professor no desempenho dos alunos uma vez que não é fácil criar ambiente não coercitivo em sala de aula, onde os alunos possam apresentar sem medo seus argumentos, estejam estes corretos ou não.

Assim tornou-se para nós, de importância vital o estudo da Formação Continuada de Professores para um ensino investigativo que foi estudado por outras teses e dissertações. Esses trabalhos, apesar de grande importância para nosso grupo, não relacionavam os cursos com o desempenho do professor em sala de aula.

4.2 – Pesquisas no ensino e na aprendizagem de Física no curso médio

O conteúdo de Física utilizado como base para esses trabalhos (tese e dissertações) foi Termologia e Calorimetria, para o qual desenvolvemos três Sequências de Ensino Investigativas (SEIs) (CARVALHO et al. 2014). Dentro das atividades organizadas para as SEIs escolhemos para pesquisar a relação ‘ensino de Física X aprendizagem dos alunos’ as atividades de História das Ciências e Laboratórios Demonstrativo e Investigativo.

4.2.1 – Primeiro grupo de Pesquisas – Relação entre a variável ensino utilizando das atividades de História da Física e a aprendizagem dos alunos

Utilizamos para essas pesquisas três textos retirados de Maggie (1935) que mostram as investigações de três pesquisadores: uma carta de Fahrenheit escrita a um colega cientista; um fragmento de uma conferência de Joseph Black, que em 1760 sugere a necessidade de distinguir calor de temperatura e um texto de Rumford onde ele descrevia sua experiência com os canhões e a impossibilidade de explicação de seus dados pela teoria do calórico.

O objetivo destas atividades era que os alunos lessem textos científicos originais, que mostram o trabalho realizado por cientistas que querem resolver um problema e também as dificuldades científicas enfrentadas por eles. O texto de Fahrenheit mostra bem a vontade de um pesquisador em seu trabalho de investigação e o uso de conhecimento já produzido e publicado. O texto de Black é um texto de reconstrução de ideias, pois também os alunos têm dificuldade de distinguir esses dois conceitos (calor e temperatura). O texto de Rumford reflete a dificuldade de análise de dados empíricos que estavam em desacordo com o modelo explicativa vigente na época.

A metodologia de ensino utilizada nessas aulas foi: distribuição do texto para leitura individual em classe; discussão, primeiramente em pequeno grupo para responder as questões propostas e discussão em grande grupo e resposta escrita dos grupos às questões propostas.

As perguntas para a carta de Fahrenheit foram 1 – A carta mostra sentimento. Qual? E qual a influência desse sentimento no trabalho dos cientistas? 2 – A carta mostra o trabalho de um cientista a partir do conhecimento realizado pelo outro cientista. Quais os conhecimentos que foram base para o trabalho de Fahrenheit? 3 – Por que ele fechou o termômetro? 4 – Você acha correto um cientista trabalhar com os achados de outro cientista? Em que condições?

As questões dadas aos alunos para eles discutirem o texto de Black foram: 1 – Como foi dito, Black foi o primeiro a tentar distinguir os conceitos de calor e temperatura. Você percebeu isso? Em que trecho?; 2 – Apesar de já começar a distinguir os dois conceitos, em determinados trechos Black ainda se atrapalha com as palavras. Volte ao terceiro parágrafo e reescreva as últimas três linhas de forma a melhorar esta distinção.

As questões para o texto de Rumford foram: 1 – qual a dúvida que pairava sobre Rumford a respeito da natureza do calor? 2 – Como o trabalho com os canhões auxiliou Rumford a discordar do modelo calórico? 3 – Como Rumford chegou a conclusão que calor deveria ser movimento?

As pesquisas que realizamos sobre História de Física no Ensino de Física foram:

- Prof. Aplicando as três atividades de H.C. X Eixos de aprendizagem de H.C. (Castro, 1993)
- Prof. Aplicando atividade de H.C. X Visões de Ciências (Nascimento, 2003)
- Dados retirados de pesquisas anteriores X Argumentação dos alunos (Sasseron et al., 2009)

Castro (1993) analisou as aulas de um professor que lecionava Física no curso noturno de uma escola estadual. A autora buscou analisar os episódios de ensino em três eixos baseados na revisão bibliográfica realizada na área de História e Filosofia das Ciências e no papel do ensino de Ciências e também nos dados empíricos obtidos nas aulas.

Os três eixos foram:

Tipo A – A história como fio condutor das construções empreendidas pelos alunos. Nesse eixo, selecionou todos os episódios onde se fez presente qualquer alusão, explícita ou não, à história, apresentados na forma de questão ou dúvida ou retratando explicações de fatos e fenômenos.

Tipo B – Reflexões dos alunos sobre a natureza do conhecimento científico advinda de discussões também propiciadas pelo enfoque histórico. Neste eixo de abordagem as contribuições incidem não tanto na construção dos conceitos da ciência, mas no início de uma reflexão sobre a ciência.

Tipo C – Episódios onde observamos que questões e dificuldades levantadas pelos alunos no processo de elaboração do conhecimento se assemelhavam a dificuldades experimentadas pelos cientistas ao longo da história. Essas aproximações entre dúvidas e reflexões do aluno e do cientista constituem outras pontes para a elaboração de futuras atividades.

Foram encontrados vários episódios que foram classificados nos três eixos.

Nascimento (2003) também estudou a aula de um professor, do curso noturno, que utilizava a SEI Calor e Temperatura. A aula escolhida foi a discussão do texto de Rumford. Seus focos foram as respostas escritas dos alunos e as interações entre professor e alunos durante a apresentação do texto.

Ela procurou analisar as transcrições dos vídeos a partir de três categorias retiradas da revisão bibliográfica que foram: 1 – a ciência como atividade humana, ressaltando quais os interesses, os aspectos sociais e as dúvidas presentes na construção do conhecimento; 2 - o caráter provisório do conhecimento científico, reconhecendo a existência de crises importantes e remodelações profundas na evolução histórica dos conhecimentos científicos; 3 – visão histórica e problemática da ciência e da construção do conhecimento, colocando quais os problemas que geraram a construção do conhecimento, as dificuldades, contextualizando-os historicamente.

Sua pesquisa mostrou a principal dificuldade de um professor no curso noturno: este trabalha com estudantes ora frequentes, ora não, o que dificulta a continuidade de seu trabalho quando as discussões conceituais realizadas em sala tornam-se difíceis.

Entretanto apesar dessa dificuldade, encontramos tanto nos episódios de ensino que mostravam a interação professor/alunos, como em seus trabalhos escritos, situações muito claras que tanto o professor em suas falas quanto os alunos em suas argumentações alcançaram as três categorias pré-estabelecidas. Os alunos desenvolveram textos originais, onde foi possível notarmos o aprendizado de conceitos sobre ciência, baseada em aspectos epistemológicos e considerados importantes para o ensino. O processo de escrita apresentou-se como evidência de que os estudantes focalizaram pontos importantes do texto, o qual o professor gostaria de ressaltar com bases em seus objetivos para esta aula.

Sasseron et ali. (2009) trabalharam sobre os dados de duas investigações realizadas em nosso grupo de pesquisa: a de Vannucchi (1997) que estudou a introdução de textos históricos no ensino de Óptica e a de Nascimento citada acima. Refizeram as análises agora tomando como base teórica, para classificar a argumentação dos alunos os três eixos da Alfabetização Científica definidos por Sasseron (2008). Essa pesquisa mostrou o aparecimento dos três eixos com maior frequência dos dois primeiros.

Conclusões que podemos tirar do conjunto destas pesquisas

As pesquisas acima descritas, realizadas a partir das Atividades de História da Física de uma Sequência de Ensino Investigativa, mostram uma relação constante entre a aplicação das atividades e a aprendizagem dos alunos em vários enfoques da cultura científica.

Isto nos leva a afirmar que:

Se as Atividades de História da Física forem planejadas a partir de textos históricos originais que mostrem como o conhecimento foi construído, **e se** as aulas forem dadas obedecendo aos pressupostos metodológicos de um Ensino por Investigação, **então** teremos proporcionado aos alunos a participação de discussões sobre o que é Física e como o conhecimento Físico é produzindo e, **portanto** estamos introduzindo esses alunos na enculturação científica e os ensinando a falar ciência.

Este é um conhecimento que estamos estabelecendo e que se faz necessário outras pesquisas tendo por base outros textos históricos a fim de estabelecer com precisão essa relação.

4.2.2 – Segundo grupo de Pesquisas – Relação entre a variável ensino utilizando as aulas experimentais

As aulas experimentais: laboratório de demonstração investigativa e laboratório aberto

Nas pesquisas no curso primário já trabalhamos muito com o Laboratório Aberto, entretanto no nível médio essa modalidade de ensino torna-se mais ampla, pois as conclusões agora são baseadas em tabelas e gráficos, isto é, nas outras linguagens utilizadas na Física.

Nossas pesquisas nestes temas são ainda incipientes, pois temos somente dois trabalhos que analisaram as aulas de uma mesma professora em uma turma de primeiro ano do Ensino Médio de uma escola da rede pública da cidade de São Paulo que aplicava a SEI ‘Calor e Temperatura’. Apesar de analisarem detalhadamente essas aulas não podemos compara-la com outras.

A tese de doutorado de Capecchi (2004) analisou como a cultura científica foi disponibilizada no plano social da sala de aula através de atividades de experimentação e interações entre professora e alunos nas aulas. As interações em sala de aula foram abordadas a partir de uma análise multimodal dos modos de construção de significados (verbal – oral e escrito – gestos e ações, visual) que eram relacionados com as funções de significado (ideacional; interpessoal e textual) empregados por alunos e professora na construção de explicações. Essa análise descreveu como se desenvolveu a construção dos principais aspectos da cultura científica identificados nas aulas. Entre esses se destacaram a diversas inscrições literárias (a construção dos dados numéricos e a tabela,) e discussões envolvendo habilidades de argumentação.

O trabalho de Carmo (2006) estudou as outras etapas do laboratório investigativo, desde a passagem dos dados da tabela para linguagem gráfica, incluindo a verificação dos potenciais e limitações da tabela (CAPECCHI, 2004), e da gráfica para a algébrica, possibilitando a generalização dos resultados a partir da equação fundamental da calorimetria. Nesse processo, como ocorre na Ciência (ROTH e LAWLESS, 2002), a professora criou condições para que os estudantes olhassem as diversas linguagens matemáticas das quais a Física se apropria, da mesma forma que fazem os físicos, ou seja, como se fosse uma “lente” para enxergar o fenômeno.

Santos Neta (2013) em uma dissertação defendida em Portugal também utilizou a aula de laboratório aberto proposta pela SEI Calor e Temperatura, mas sem realizar as demais atividades da sequência. Outro fator diferente de nossas pesquisas foi a coleta e análise de dados o que dificulta a integração dos seus resultados com os nossos.

Conclusões que podemos tirar do conjunto destas pesquisas

Essas duas primeiras investigações relatadas nos mostraram primeiramente que o nível de enculturação científica promovida pelas aulas de laboratório aberto vai além da simples aquisição de algumas práticas e conceitos da Ciência. As aulas experimentais, junto com a forma de trabalho da professora, criaram condições para uma enculturação científica junto com as linguagens científicas e dentro dessas, a matemática desde a linguagem gráfica até a algébrica. Assim, podemos falar em uma enculturação na matemática da Ciência.

Mas, principalmente, essas duas pesquisas foram importantes por nos indicarem instrumentos de análise para descrever aulas experimentais.

Será de grande valia para futuras pesquisas em ensino e aprendizagem em atividades experimentais.

5 – Considerações Finais

Em todos esses anos estamos trabalhando com a relação entre o ensino de Física, em seus diversos níveis, e a aprendizagem dos alunos.

Nas pesquisas relatadas nesse artigo fomos buscar ‘o como’ essa relação se expressava em cada situação de ensino e aprendizagem, procurando descrevê-las em cada trabalho indicando ‘o que’ os alunos aprendiam. Comparando essas pesquisas pudemos em alguns casos – nas atividades investigativas de conhecimento Físico para o ensino fundamenta I e atividades de História da Física para o ensino médio – propor um conhecimento sistematizado para a *relação ensino de Física e aprendizagem por enculturação* como foram apresentadas em ambos os tópicos e que podemos sistematizar do seguinte modo:

Se no planejamento e aplicação de Atividades de Conhecimento Físico para o ensino primário e de História da Física para o ensino médio forem utilizados as experiências e textos que planejamos nas SEI, **e se** as aulas forem dadas obedecendo aos pressupostos metodológicos de um Ensino por Investigação, **então** teremos proporcionado aos alunos a participação de discussões sobre o que é Física e como o conhecimento Físico é produzindo e, **portanto** estamos introduzindo esses alunos na enculturação científica e os ensinando a falar ciência.

Não conseguimos sistematiza o mesmo conhecimento para as atividades experimentais do curso médio, uma vez que temos poucas pesquisas realizadas nesse campo. Entretanto estamos em busca desse conhecimento, pois sem dúvida, as atividades experimentais são de grande importância para o desenvolvimento de um ensino que leve a enculturação científica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amaral, I. A. Currículo de Ciências na Escola Fundamental: a busca por um novo paradigma. 2005. In: Bittencout, A. B.; Oliveira, W.M. *Estudo, Pensamento e Criação*. Campinas: Graf. FE, v. 1, pp.83-98.
- Bachelard, G. : 1938, *La formation de l'esprit scientifique*, Vrin, Paris.
- CapecchiI, M.C.M. e Carvalho A.M.P. 2006. Atividades de Laboratório como Instrumentos para a Abordagem de Aspectos da Cultura Científica em sala de aula, *Pro-Posições*, v.17 n.1 (49), pp137-153.
- Capecchi, M.C.M. 2004. *Aspectos da Cultura Científica em Atividades de Experimentação nas Aulas de Física*. Tese (Doutorado). Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo.
- Carmo, A.B. 2006. *Contemplando a cultura científica na sala de aula: um olhar sobre os alunos*, dissertação de mestrado. Instituto de Física e Faculdade de Educação da USP.
- Castro, R.S. 1993. *História e Epistemologia Da Ciência; Investigando Suas Contribuições Num Curso De Física De Segundo Grau*. Dissertação De Mestrado apresentada à FEUSP. São Paulo.
- Carvalho, A.M.P. 2004. Building up explanation in physics teaching. *International Journal of Science Education*, v.26 (2) p. 225-237.
- Carvalho, A.M.P.2006. Las prácticas experienciales em el proceso de enculturación científica.in Quintanilla, M., Adúriz-Bravo, A. (org.) *Enseñar ciencias em El nuevo milênio- retos e propuestas*, Santiago: Ediciones Uiversidad Catolica de Chile. V.1, p.13-48.
- Carvalho, A.M.P.; Santos E.I.; Azevedo M.C.P.S.; Date, M.P.SS.; Fujii, S.R.S. Briccia, V. 2014. *Calor e temperatura: um ensino por investigação*. São Paulo: Editora da Física.
- Carvalho, A.M.P. e Vannucchi, A. I.1999. - 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.
- Carvalho A.M.P; Vannucchi,A.I. 2000. History, Philosophy and Science Teaching: some answers to “how?”, *Science & Education*,9, 427-448.
- .Carvalho, A. M. P., Castro, R. S 1995 The Historic Approach in Teaching: Analysis of an Experience, *Science & Education*, 4(1), 65-85.
- Drive, R.; Newton, P. 1997. *Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms*. Paper prepared for presentation at the ESERA Conference, 2 - 6 September, 1997, Rome.
- Drive, R.; Newton, P.; Osborne, J. 1999. The place of argumentation in the pedagogy of school science. *International Journal of Science Education*, vol. 21, no. 5, 556 – 576.
- Gil, D., Carre, A.D., Carvalho, A.M.P. 1993. Vamos atravesar una calle de circulación rápida y vemos venir um conhe: pasamos o nos esperamos? *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, Valencia v.7.,p71-80.

- Gonçalves, M.E.R. 1991. *O Conhecimento Físico nas Primeiras Séries do Primeiro Grau*. Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Física e à Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Inhelder ,B.; Piaget, J. 1976 *Da lógica da criança à lógica do adolescente*. São Paulo: Pioneira. 1976.
- Lawson A. 2000. E. How do humans acquire knowledge? And what does that imply about the nature of knowledge? *Science & Education*, 9(6), p. 577-598.
- Lawson, A. E. 2001. Using the learning cycle to teach biology concepts and reasoning patterns. *Journal of Biology Education*. 35(4), p. 165-169.
- LAWSON A. E. 2002. What does Galileo's Discovery of Jupiter's Moons Tell Us About the Process on Scientific Discovery? *Science & Education*, 11, p. 1-.
- Lawson A. 2004. E. T. rex, the crater of doom, and the nature of scientific discovery. *Science & Education*, 13, p. 155-177.
- Lemke, J. L. 1997. *Aprender a Hablar Ciencia: lenguaje, aprendizaje y valores*. Espanha, Editora Paidós.
- Locatelli, R.J. 2006. *O raciocínio hipotético preditivo e o pensamento proporcional no ensino de Ciências*. Dissertação de mestrado. Instituto de Física e Faculdade de Educação da USP.
- Locatelli, R. J.; Carvalho A. M. P. 2007. Uma análise do raciocínio utilizado pelos alunos ao resolverem os problemas propostos nas atividades de conhecimento físico. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 7, p. 1-18.
- Magie, W.F. 1935. *Source Book in Physics*. Mcgraw-Hill, New York.
- Nascimento, V.B. 2003. *Visões de Ciências e Ensino por Investigação*, dissertação de mestrado. Faculdade de Educação da USP.
- Oliveira, C.M.A. 2009. *Do discurso oral ao texto escrito nas aulas de ciências*, tese apresentada à Faculdade de Educação da USP.
- Pacheco, D. 1996. Um problema no ensino de Ciências: organização conceitual do conteúdo ou estudo dos fenômenos. *Educação e Filosofia*, Uberlândia, v.10, n.19, pp. 63-81.
- Padilha, J. N. 2008. *O uso das palavras e gestos durante a construção dos conceitos de sombra e reflexão nas aulas de conhecimento Físico*. Dissertação de mestrado. Programa Interunidades em Ensino de ciências, USP.
- Piaget,J. 1977. *A tomada de consciência*. São Paulo: Melhoramentos/Edusp.
- Piaget, J. 1978. *Fazer e compreender*. São Paulo: Melhoramentos/Edusp.
- Piaget, J., Garcia, 1984 R. *Psicogénesis e Historia de las Ciencia*, México: Siglo Veintiuno editors.
- Richardson, R.J. 2009. *Pesquisa Social: métodos e técnicas*. 3ª ed. São Paulo: Atlas.
- Rey, R.C. 2000. *Um Estudo da Causalidade Física em Atividades de Ensino*, Dissertação de mestrado apresentada à Faculdade de Educação da USP, São Paulo.
- Roth, W. M., Lawless, D. 2002. Science, Cutura, and Emergence of Language. *Science & Education*, v. 86, n. 3, p. 368 – 385.

- .Santos Neta, M. L. 2013. *A Ciência Física: Ensino com enfoque na Literacia Científica*. Dissertação de Mestrado. Curso de Mestrado em Ciências da Educação, Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologia.
- Sasseron, L.H. 2005. *Em busca de influências culturais na investigação e na explicação de atividades de Conhecimento Físico por alunos indígenas*. Programa de Pós—Graduação Inteunidades de Ensino de Ciências, USP.
- Sasseron, L. H., Nascimento, V. B., Carvalho, A. M. P. 2009. O uso de textos históricos visando a Alfabetização Científica. In *História da Ciência e Ensino: propostas, tendências e construção de interfaces*. Beltran, M. H. R.; Saito, F., Santos, R. N., Wou, W. São Paulo: Ed Livraria da Física.
- Sedano, L..2010 *Compreensão Leitora nas Aulas de Ciências*, tese apresenta à Faculdade de Educação da USP.
- Vannucchi, A.I.1997. *História e Filosofia das Ciências – da teoria para sala de aula*, dissertação de mestrado. IF/FEUSP.SP.
- 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. 1979. Spontaneous reasoning in elementary dynamics *European Journal of Science Education*, I pp.205-565.
- Yin, R. K. 2010. *Estudo de Caso: Planejamento e Métodos*. 4ª Edição. Porto Alegre: Bookman.