

unesp

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

“JULIO DE MESQUITA FILHO”

CAMPUS DE GUARATINGUETÁ

LAERCIO DE OLIVEIRA JUNIOR

AS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NO ENSINO DE FÍSICA

Guaratinguetá
2012

LAERCIO DE OLIVEIRA JUNIOR

AS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NO ENSINO DE FÍSICA

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Licenciatura em Física da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de graduação em Licenciatura em Física.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Alice Assis

Guaratinguetá
2012

Oliveira Junior, Laercio de
O482a As atividades experimentais no ensino de física / Laercio de Oliveira Junior – Guaratinguetá : [s.n], 2012.
62 f.: il.
Bibliografia: f. 60-62

Trabalho de Graduação em Licenciatura em Física – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2012.
Orientadora: Prof^a. Dr^a Alice Assis

1. Física – Estudo e ensino I. Título

unesp

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

“JULIO DE MESQUITA FILHO”

CAMPUS DE GUARATINGUETÁ

AS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NO ENSINO DE FÍSICA

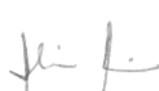
LAERCIO DE OLIVEIRA JUNIOR

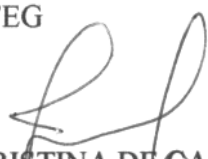
ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
“GRADUADO EM LICENCIATURA EM FÍSICA”

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE
GRADUAÇÃO EM LICENCIATURA EM FÍSICA.


Profª. Drª. ISABEL CRISTINA DE CASTRO MONTEIRO
Coordenadora

BANCA EXAMINADORA:


Profª. Drª. ALICE ASSIS
Orientadora/UNESP-FEG


Profª. Drª. ISABEL CRISTINA DE CASTRO MONTEIRO
UNESP-FEG


Profª. Drª. MARISA ANDREATTA WHITAKER
UNESP-FEG

Outubro de 2012

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, fonte da graça e da vida. Agradeço por mais essa conquista, por me ajudar a perseverar e concluir esta etapa de minha vida,

agradeço também aos meus pais Laercio e Luciana que sempre estiveram ao meu lado e dispostos a me ajudar em todos os momentos em que precisei, inclusive o de alcançar mais este objetivo,

aos meus colegas de turma e professores, especialmente à professora Dra. Alice Assis, minha orientadora, por todas as vezes em que me ajudaram e tornaram possíveis diversas trocas de experiências e de vivências que muito contribuíram para o meu crescimento,

A todos vocês, meus amigos, muito obrigado.

“Algo só é impossível até que alguém duvide e acabe provando o contrário”

Albert Einstein

Oliveira Jr, Laercio. **As atividades experimentais no ensino de Física**. 2012. Trabalho de Graduação (Licenciatura em Física) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2012.

RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido a partir de uma pesquisa bibliográfica com o intuito de fornecer aos professores de Física subsídios teóricos e metodológicos para a utilização da experimentação no ensino de Física, com o propósito de contribuir para a prática pedagógica desses professores e, conseqüentemente, para a melhoria do ensino dessa disciplina. Para tanto, abordam-se, no decorrer desta pesquisa, os objetivos e tipos de atividades práticas, as novas tecnologias de informação e comunicação que se enquadram nas abordagens experimentais e o papel do professor nesse contexto, especificando-se as variáveis que influenciam e se relacionam com as atividades experimentais. São apresentados estudos acerca da metodologia e o planejamento das atividades experimentais para chamar a atenção do professor para os assuntos importantes e relevantes na preparação dessas atividades como, por exemplo, os objetivos propostos e os tipos de discurso e abordagens existentes para a condução das atividades práticas. Nesse sentido, é destacada a tendência para onde caminha a abordagem das atividades práticas, dentro de um contexto de práticas interacionistas, bem como são apontados os pontos fracos e fortes dos diversos tipos das atividades apresentadas. Destacam-se ainda aspectos relativos ao processo de aprendizagem associados a alguns teóricos que são referência nesse assunto, como Piaget, Ausubel e Vigotski, para que o professor possa aplicar os conceitos trabalhados em suas teorias nas aulas práticas de física.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino de Física. Experimentação. Piaget. Ausubel. Vigotski.

Oliveira Jr, Laercio. **The experimental activities in Physics teaching**. 2012. Graduation in Physics. Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2012.

ABSTRACT

This work was developed from a literature search in order to provide teachers of physics theoretical and methodological requirements for the use of experimentation in physics teaching, with the aim of contributing to the teaching practice of these teachers and, consequently, for improving teaching this discipline. Therefore, to deal in the course of this research, the goals and types of practical activities, new information and communication technologies that fit the experimental approaches and the role of the teacher in this context, specifying the variables that influence and relate with experimental activities. Studies are presented on the methodology and planning of experimental activities to draw attention to the teacher and the important issues relevant to the preparation of these activities as, for example, the proposed objectives and types of discourse and existing approaches for the conduct of practical activities. In this sense, the trend is highlighted for walks where the approach of practical activities, within the context of practices interactionist and are pointed out strengths and weaknesses of different types of activities presented. We also highlight aspects of the learning process associated with some theoretical reference that are on that subject, as Piaget, Vigotski and Ausubel, so that the teacher can apply the concepts in their theories worked in the practical lessons of physics.

KEYWORDS: Physics teaching. Practical activities. Piaget. Ausubel. Vigotski.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
2 A PESQUISA.....	12
3 HISTÓRICO DAS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS.....	13
4 O PAPEL DAS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NO ENSINO DE FÍSICA.....	17
4.1 Importância das atividades experimentais.....	17
4.2 Experiência, experimento ou atividade prática.....	18
5 PROCESSO DE APRENDIZAGEM.....	19
5.1 Considerações iniciais.....	19
5.2 Piaget.....	22
5.3 Vigotski.....	25
6 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.....	27
7 METODOLOGIA E PLANEJAMENTO DE UMA ATIVIDADE PRÁTICA.....	30
7.1 Considerações iniciais.....	30
7.2 Objetivos.....	30
7.3 Tipos de discursos e abordagens.....	32
7.4 Estruturação da atividade.....	34
7.5 Ênfase quantitativa.....	37
7.6 Ênfase qualitativa.....	38
7.7 Atividade x passividade.....	38
7.8 Atividades mediadoras.....	39
7.9 Motivação e experimentação.....	40
8 TIPOS DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS.....	44
8.1 Considerações iniciais.....	44
8.2 Laboratório clássico.....	45
8.3 Atividades de demonstração.....	46
8.4 Laboratório investigativo.....	49
8.5 Laboratório de baixo custo.....	50
8.6 Simulações computacionais.....	51
8.6.1 Abordagens pedagógicas para as simulações computacionais.....	53
8.6.2 Classificação dos softwares educacionais.....	54
8.6.3 A Qualidade dos softwares educacionais.....	56

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	58
REFERÊNCIAS.....	60

1 INTRODUÇÃO

No atual contexto de globalização e rápidas mudanças tecnológicas é quase um consenso entre os professores que as aulas ministradas na forma clássica de quadro e giz não são as mais indicadas para propiciarem a aprendizagem significativa nos alunos. É comum encontrarmos alunos desestimulados em relação a tais aulas e segundo vários autores, como por exemplo Yamamoto e Barbeta (2001), o uso do laboratório didático, virtual ou experimental, seria uma tentativa para minimizar esse desinteresse.

Por outro lado, isso não quer dizer que somente a tecnologia disponibilizada pelos computadores ou por outros instrumentos experimentais possa ser unicamente a responsável pelo aprendizado significativo dos alunos, ou seja, a forma com que o professor abordará o assunto é de grande importância, como veremos adiante. Mas o que seria uma aprendizagem significativa? Segundo Matthews (1995 apud Santana; Teixeira 2005) existem inúmeras fórmulas e equações que são recitadas pelos professores sem explicitar a real compreensão do que significam. Assim, a resposta a essa pergunta é extremamente importante para balizar este trabalho, uma vez que a atividade prática é uma maneira de tornar o aprendizado mais relevante. Procura-se ensinar, mas ensinar significativamente. Portanto, é interessante que o professor saiba como se processa a aprendizagem para que ele possa aplicar esse conhecimento durante a realização da atividade prática.

Dessa forma, esta pesquisa tem como objetivo mostrar algumas possíveis formas de atividades práticas que podem ser trabalhadas com os alunos a fim de contextualizar e adaptar os laboratórios às diversas finalidades e situações em que possam ser realizadas. Não se pretende aqui, defender um tipo ou outro de atividade experimental como sendo a mais eficaz, mas tentaremos explicar e apontar a tendência para onde caminha a abordagem das atividades práticas, dentro de um contexto de práticas interacionistas, bem como apontar os pontos fracos e fortes dos diversos tipos das atividades apresentadas.

Não podemos ser ingênuos em pensar que os alunos olharão para o experimento e tirarão conclusões da mesma forma que os cientistas o fazem. Afinal, a diferença de bagagem de conhecimentos entre eles é indiscutível. Portanto, veremos que a metodologia com a qual o professor abordará a atividade, dentro de seus objetivos anteriormente planejados, também é outro aspecto a ser considerado para o sucesso de uma atividade prática.

Quais os objetivos e tipos de uma atividade prática? Como as novas tecnologias de informação e comunicação se enquadram dentro dessa abordagem? Qual é o papel do

professor nesse contexto? Com o propósito de contribuir para a prática pedagógica dos professores de Física e, conseqüentemente, para a melhoria do ensino dessa disciplina, procuraremos responder a essas questões no decorrer desta pesquisa, especificando as variáveis que influenciam e se relacionam com as atividades experimentais.

Primeiramente, no capítulo intitulado “A PESQUISA”, serão feitos alguns comentários a respeito das características deste tipo de trabalho. Trata-se de uma pesquisa bibliográfica embasada em trabalhos realizados por diversos autores. Diferente, portanto, de uma pesquisa de coleta de dados ou enquete de opiniões.

No capítulo 2, será feito um breve histórico a respeito de como e onde se procederam as primeiras considerações sobre a experimentação. Veremos também, como se sucederam as diferentes concepções acerca das atividades práticas dentro de um contexto marcado pela evolução tecnológica decorrente, dentre outros fatores, da guerra fria. É um capítulo importante para entendermos como as atividades práticas foram vistas no decorrer dos tempos para que possamos traçar a tendência dessas atividades.

No capítulo 3, veremos a importância das atividades experimentais dentro do ensino para entendermos as diversas possibilidades de exploração dessas atividades, como as citadas por Hodson (1998 apud GOMES, 2005).

Já no capítulo 4, visando potencializar a aplicação das atividades práticas, veremos como se processa o aprendizado dos alunos bem como as concepções epistemológicas ligadas ao ensino-aprendizagem. O ambientalismo ou empirismo, o racionalismo e uma terceira concepção que segue a linha do interacionismo, construtivismo ou de dialética e que, segundo Becker (1993 apud NEVES, 2006), supera as anteriores. Também serão estudados pesquisadores como Piaget e Vigotski e os principais pontos de suas teorias.

Dentro dessa linha de raciocínio e visando entendermos um pouco mais sobre a aprendizagem, no capítulo 5, serão vistas as características da Aprendizagem Significativa propostas por Ausubel e a importância das concepções prévias dos alunos para a realização das atividades experimentais.

Ainda, antes de entrarmos propriamente nos tipos de atividades experimentais, faz-se necessário o planejamento prévio das atividades práticas pelo professor, com atividades pré e pós-laboratórios. Assim, no capítulo 6 explicitaremos os pontos relevantes que o professor deve ter em mente para planejar adequadamente a atividade, levando em consideração os objetivos, a estruturação, técnicas de motivação e a importância de manterem os alunos ativos e críticos durante a realização das atividades práticas.

Posteriormente, no capítulo 7, serão abordados alguns tipos específicos de atividades experimentais como, por exemplo, o laboratório clássico, atividades de demonstração, o laboratório investigativo e o laboratório de baixo custo. Dessa forma serão apresentadas as características de cada atividade e seus pontos fortes e fracos, bem como será mostrada a possibilidade de realização de atividades práticas, mesmo com escassez de material. Ainda nesse capítulo, diante das frequentes inovações tecnológicas, serão apresentadas as formas de se trabalhar com as simulações computacionais visando potencializar as atividades práticas e mostrando as características de um bom software educacional voltado para atividades experimentais.

Em seguida, no capítulo 8, serão retomados os principais pontos e críticas dos diversos temas apresentados nessa pesquisa, apresentando a atual tendência em que caminham as atividades práticas no ensino de física, com atividades que envolvam maiores graus de dialogia e reflexão por parte dos alunos. E por fim serão citadas as fontes e referências que embasaram toda esta pesquisa.

2 A PESQUISA

Este trabalho corresponde a uma pesquisa bibliográfica com o intuito contribuir para o conhecimento dos professores de Física com relação a um tema de grande importância: A experimentação no ensino de Física.

Segundo Pizzani (2012), a pesquisa bibliográfica corresponde a um levantamento literário cuidadoso a respeito das principais teorias existentes no mundo acadêmico, e essa revisão literária pode ser feita em livros, periódicos, artigos de jornais, sites da Internet entre outras fontes. Dessa forma, esse tipo de pesquisa não se confunde com a simples coleta de dados ou enquete de opiniões, devendo envolver ao menos uma questão central que instiga e desafia o pesquisador a debruçar-se por completo na investigação. No caso deste trabalho, o enfoque está em toda a problemática envolvida durante a realização de uma atividade experimental, como por exemplo, a metodologia envolvida, o processo de aprendizagem relacionada com as atividades experimentais e os diversos tipos de atividades práticas existentes. Procura-se, dessa forma, fornecer subsídios teóricos e metodológicos aos professores de Física visando a melhoria do ensino nesta disciplina. Conforme Severino (2002, p. 160),

Antes de se partir para a pesquisa propriamente dita, é preciso ter-se uma idéia bem clara do problema a se resolver. Trata-se de definir bem os vários aspectos da dificuldade, de mostrar o seu caráter de aparente contradição, esclarecendo devidamente os limites dentro dos quais se desenvolverão a pesquisa e o raciocínio demonstrativo.

Por vezes, solucionar completamente um problema por meio de uma pesquisa bibliográfica não é possível, pois essa solução pode estar circunscrita a outros fatores como aspectos sócio-econômicos, culturais e políticos. Porém, espera-se que o trabalho de tratamento ao problema estudado identifique as possíveis causas e caminhos para sua superação.

Sendo assim, para se atingir o objetivo proposto na presente pesquisa faz-se necessário abordar assuntos como:

- 1) A real necessidade da utilização da experimentação em sala de aula embasadas nos processos de aprendizagem dos principais teóricos do assunto como Piaget, Ausubel e Vigotski;
- 2) A importância de se planejar previamente as atividades práticas que serão propostas aos alunos;

- 3) Explicar as diversas metodologias e enfoques que o professor pode atribuir a essas atividades adequando-as aos seus objetivos prévios;
- 4) Apresentar os diversos tipos de atividades práticas existentes, suas características, peculiaridades, pontos fortes e fracos e por fim apontar a tendência da experimentação em sala de aula no que diz respeito aos tipos e metodologias adotadas.

Dessa forma, espera-se que esta pesquisa bibliográfica possa contribuir para o conhecimento dos professores de Física relativo à aplicação adequada dessas atividades em sala de aula a fim de favorecer a melhoria do ensino dessa disciplina.

3 HISTÓRICO DAS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS

Um dos primeiros estudos acerca da experimentação no ensino de ciências surgiu há quase 200 anos, mais precisamente em 1815 com os trabalhos de Edgeworth (COUTO, 2009). Nesses estudos, eram destacadas as críticas da época a respeito da maneira teórica em que eram procedidas as orientações para o ensino de Ciências. Segundo Edgeworth (1815 apud Couto 2009), o ensino baseado somente na teoria, sem uma aplicação concreta de seus conceitos era a principal dificuldade encontrada para instruir os alunos em ciências, pois “O conhecimento que não pode ser imediatamente aplicado é rapidamente esquecido e nada além da aversão relaciona-se ao trabalho inútil na mente da criança [...]” (EDGEWORTH 1815; apud COUTO, 2009). Na visão de Edgeworth (1815 apud Couto 2009), o ensino deveria incluir experimentos simples orientados para algum objeto que despertasse o interesse imediato dos estudantes. O que era importante, era que a vontade de aprender fosse crescendo permanentemente e para isso os alunos deveriam primeiramente visualizar e observar os efeitos para só então saberem o que questionar.

Atualmente, as atividades experimentais desempenham um papel importante no ensino-aprendizagem dos alunos, e estão se encaminhando para uma abordagem mais significativa, com métodos de pesquisa e descoberta que priorizam as concepções prévias dos estudantes e permitem que testem hipóteses num ambiente com maior autonomia e dialogia, no que se refere às atitudes dos alunos durante as atividades práticas. (DUARTE, 1999). Dessa forma, os laboratórios contemporâneos apontam para

O desenvolvimento de uma atitude investigativa, crítica e criativa frente ao novo, visando construir um entendimento de novas situações e fenômenos com os quais nos defrontamos a todo o momento. (BORGES, BORGES E VAZ, 2001 apud GOMES, 2005, p. 16)

Portanto, uma aprendizagem ativa, contextualizada e interdisciplinar com situações motivadoras e procedimentos com maior grau de abertura, seriam alguns objetivos das atividades investigativas.

Porém, nem sempre as atividades experimentais foram encaradas dessa maneira. Até os anos 60, por exemplo, as atividades práticas no ensino eram vistas e aplicadas de uma maneira mais limitada, visto que os objetivos relacionados com essas atividades eram puramente ilustrativos ou demonstrativos (GOMES, 2005).

Posteriormente, com o desencadeamento da guerra fria, começou-se um incentivo para a implementação de grandes projetos como PSSC (Physical Science Study Commitee), BSCS (Biological Science Curriculum Study), Nuffield, entre outros, a fim de atrair estudantes talentosos para atuarem junto às áreas de tecnologia num ambiente bélico cada vez mais dependente dessas inovações. Esses projetos estavam embasados nas teorias de Jerome Bruner, Jean Piaget e Robert Gagne o que favoreceu a ênfase em atividades de investigação e as chamadas hands-on-hands, que eram atividades feitas pelos próprios estudantes (COUTO, 2009).

A partir de reformas curriculares americanas ocorridas durante as décadas de 60 e 70, as atividades começaram a oferecer aos estudantes a oportunidade de desenvolver habilidades de investigação (KLAININ, 1988 apud GOMES, 2005).

Essa nova realidade no campo das investigações, acabou por influenciar, também o Brasil com a realização de vários projetos e confecção de materiais de apoio para as atividades experimentais escolares. Dessa forma, os projetos brasileiros das décadas de 70 e 80 como a FAI (Física Auto-Instrutiva), PEF (Projeto de Ensino de Física) e o PBEF (Projeto Brasileiro de Ensino de Física) procuraram trazer inovações no conceito que se tinha das atividades experimentais, de forma a substituir a passividade dos estudantes pela construção de jovens cientistas. Para isso, as atividades práticas passaram a ter objetivos como os de comprovar as leis e teorias científicas, facilitar a aprendizagem, ensinar habilidades práticas e o método científico (BORGES, 2002 apud GOMES, 2005).

Essa nova perspectiva, intimamente relacionada com as aulas de ciências, possibilitou uma pesquisa crescente a respeito dos papéis e objetivos do laboratório na educação, identificando um conjunto de expectativas sobre o papel fundamental dessas atividades e justificando sua extensa utilização dentro do ensino.

Já para Millar e Driver (1987 apud GOMES, 2005) e Hodson (1988 apud GOMES, 2005) havia uma visão excessivamente positivista na implantação desses projetos. Fornecer a oportunidade para que os alunos explorassem os diversos fenômenos através de etapas rígidas de um método científico geral não eram suficientes para se induzir as generalizações científicas. Millar e Driver (1987 apud GOMES, 2005) e Hodson (1988 apud GOMES, 2005) destacam que os processos eram vistos como sendo os objetivos do ensino e não apenas como estruturadores dos currículos.

Segundo a visão de Carey et al. (1989 apud GOMES, 2005), apesar dos primeiros passos terem sido dados na tentativa de aprimorar a metodologia de aplicação das atividades

práticas, os estudantes ainda não eram estimulados de forma a desenvolverem suas próprias idéias e habilidades de exploração dos fenômenos.

Habilidades relativas ao processo são elementos importantes de uma metodologia científica [...] Mas, os currículos falham em identificar a motivação e a justificativa para o uso dessas habilidades na construção do conhecimento científico. Os estudantes não são desafiados a utilizar essas habilidades na exploração, desenvolvimento e avaliação de suas próprias idéias sobre os fenômenos naturais. Ao contrário, as atividades sobre as habilidades e método científico são concebidas fora de um contexto genuíno de investigação. Portanto, não há contexto para identificar a natureza e o propósito da pesquisa científica e a natureza do conhecimento científico. (CAREY et al., 1989 apud GOMES, 2005, p. 31)

No final da década de 70 outras críticas começaram a ser levantadas contestando a efetividade das atividades práticas em conseguirem atingir os objetivos levantados. Para Sá (2003) nem sempre os objetivos na mente dos alunos que realizavam os experimentos eram os mesmos daqueles definidos e planejados pelos docentes ao prepararem essas atividades.

Nos anos 80 e 90, começaram a surgir as pesquisas cognitivistas juntamente com o desenvolvimento de metodologias e práticas ligadas ao construtivismo. Assim, os educadores e orientadores de currículo passaram a sinalizar para uma reestruturação das atividades práticas para que elas passassem a realmente ser abordadas em forma de investigação num contexto motivador e desafiador. Millar (1991 apud GOMES, 2005) defendia que a educação em ciências deveria, antes de tudo, motivar os estudantes a utilizarem suas habilidades cognitivas para adquirir os conceitos científicos e compreender a realidade que os cercam, e não simplesmente desenvolver ou ensinar os processos científicos. Num contexto ideal de investigação, os próprios estudantes deveriam sugerir os procedimentos para desenvolver as atividades práticas, pois para o aprendizado é mais importante utilizar o tempo na preparação de um método de resolução de um problema do que simplesmente elaborar relatórios que muitas vezes acabam sendo cópias de roteiros passados pelos professores.

Apesar do exposto, ainda hoje não existe uma clareza sobre como essas atividades práticas preenchem esse papel de destaque, o que contribui para causar ineficiência no laboratório escolar. Woolnough (1991 apud GOMES, 2005) afirma que uma das causas dessa ineficiência pode ser atribuída à perda da relação entre o propósito original de cada atividade e o que realmente tem sido feito. Segundo White (1996 apud COUTO, 2009), as atividades experimentais são aplicadas, em sua maioria, sem exercícios imaginativos e com roteiros pouco esclarecedores o que contribui para a baixa eficácia dessas atividades na compreensão do ensino de ciências e da Física em particular, apesar de atender ao propósito de motivar os estudantes.

4 O PAPEL DAS PRÁTICAS EXPERIMENTAIS NO ENSINO DE FÍSICA

4.1 Importância das atividades experimentais

Como visto anteriormente, a discussão da realização de atividades práticas no ensino de física e na escola não é de hoje. Na literatura pesquisada a respeito do assunto, em sua grande maioria, encontramos posições favoráveis para sua realização. Segundo pesquisa de Hodson (1998, apud GALIAZZI et al., 2001), foram apontados 10 motivos para a realização das atividades práticas.

1. estimular a observação acurada e o registro cuidadoso dos dados;
2. promover métodos de pensamento científico simples e de senso comum;
3. desenvolver habilidades manipulativas;
4. treinar resolução de problemas;
5. adaptar as exigências das escolas;
6. esclarecer a teoria e promover a sua compreensão;
7. verificar fatos e princípios estudados anteriormente;
8. vivenciar o processo de encontrar fatos por meio da investigação, chegando a seus princípios;
9. motivar e manter o interesse na matéria;
10. tornar os fenômenos mais reais por meio da experiência

De acordo com Sérè et al. (2003 apud SANTOS et. al., 2004), as atividades experimentais promovem o inter-relacionamento entre o referencial empírico, o referencial teórico e as diversas linguagens usadas na física. Essa dinâmica de interconexão entre teoria e prática permite ao aluno questionar o mundo, manipular os modelos e ter acesso aos métodos de investigação utilizados na ciência, sendo, portanto, muito enriquecedora.

4.2 Experiência, Experimento ou Atividade Prática

As atividades práticas citadas por Hodson (1994 apud GOMES, 2005) possuem um sentido mais amplo do que a experimentação. Já o conceito de experiência pode ser mais diverso, sendo empregado no sentido de “experiência de vida” ou conjunto de vivências, muito usada por filósofos e psicólogos ou atividades feitas utilizando-se de algum experimento, como as utilizadas pela ciência.

Segundo Japiassú e Marcondes (1996), experimento é um ensaio científico utilizado para o estudo de um fenômeno físico e todo o aparato experimental necessário para testar algo, ensaiar, experimentar. A experimentação é a interrogação metódica dos fenômenos, efetuada através de um conjunto de operações, não somente supondo a repetibilidade dos fenômenos estudados, mas a medida dos diferentes parâmetros: primeiro passo para a matematização da realidade. (JAPIASSÚ e MARCONDES, 1996).

Já as atividades práticas, segundo Hodson (1994 apud GOMES, 2005) são todas aquelas em que os alunos estejam ativos e não passivos. Nesse sentido, a experimentação é uma das formas de atividades práticas. Outros exemplos de atividades práticas, segundo Hodson são a elaboração de modelos, interpretação de gráficos, pesquisas bibliográficas, entrevistas, uso dinâmico de atividades baseadas em computador etc.

Para Hodson (1994 apud GOMES, 2005) as atividades práticas investigativas, podem ser muito importantes para o ensino de ciências, uma vez que podem deixar os alunos mais próximos de todo o processo de ação das ciências, além de poderem permitir maiores interações entre o professor e o aluno, fornecendo oportunidades de planejamentos conjuntos das atividades e uso de diferentes estratégias de ensino.

5 PROCESSO DE APRENDIZAGEM

5.1 Considerações iniciais

Para iniciar as considerações a respeito da experimentação e das atividades práticas no ensino de Física, é importante discutir algumas das principais correntes de pensamento acerca do processo de aprendizado dos alunos para que se possa obter o máximo de eficiência nessas atividades, evitando os roteiros em forma de “receita” que podem ser visualizados em alguns laboratórios clássicos.

Uma vez que as práticas pedagógicas são influenciadas pelas diferentes concepções de aprendizagem faz-se necessário um melhor entendimento dessas concepções para se conseguir desenvolver atividades práticas mais eficazes.

Na literatura, é possível encontrar várias correntes de pensamento acerca do funcionamento do processo de aprendizagem. Para Becker (1993 apud NEVES, 2006), é possível agrupá-las em três concepções epistemológicas: o ambientalismo ou empirismo, o racionalismo e uma terceira concepção que segue a linha do interacionismo, construtivismo ou de dialética e que, segundo Becker (1993 apud NEVES, 2006), supera as anteriores.

No empirismo, segundo Giusta (1985 apud NEVES, 2006), todo o conhecimento provém da experiência do sujeito, o qual é tido como uma tábula rasa que vai sendo preenchida pelas impressões que o sujeito tem do mundo. O behaviorismo é uma decorrência dessa base epistemológica que encara a aprendizagem como resultante do treino, sendo, portanto, condicionada. Como consequência dessa corrente, têm-se professores que somente organizam as informações a serem internalizadas pelo aluno num modelo de ensino fechado e acabado. Nem mesmo a contextualização do assunto é levada em consideração, acabando por caracterizar uma aula com quadros cheios de fórmulas e definições a serem memorizadas pelos estudantes sem um significado real.

Segundo Becker (1993 apud NEVES, 2006, p. 3), o professor:

No seu imaginário, ele, e somente ele, pode produzir algum novo conhecimento no aluno. O aluno aprende se, e somente se, o professor ensina. O professor acredita no mito da transferência do conhecimento: o que ele sabe, não importa o nível de abstração ou de formalização, pode ser transferido ou transmitido para o aluno. Tudo que o aluno tem a fazer é submeter-se à fala do professor: ficar em silêncio, prestar atenção, ficar quieto e repetir tantas vezes quantas forem necessárias, escrevendo, lendo, etc, até aderir em sua mente o que o professor deu.

Desse modo, uma aula com essas características é uma aula em que o professor dita e o aluno copia, o professor fala e o aluno escuta, o professor decide o que fazer e o aluno executa ou, resumindo, o professor ensina e o aluno aprende. Isso é legitimado exatamente pela visão de ensino dessa corrente pedagógica, na qual ao nascer, o aluno é como uma folha de papel em branco, ou seja, sem conhecimentos. Então, à medida que o aluno vai crescendo, o mundo exterior vai ensinando. O estudante ou a criança aprende de fora para dentro, a aprendizagem é feita a partir do objeto (mundo externo), para o aluno.

Segundo Darsie (1999 apud NEVES, 2006), o aluno é tido como um recipiente vazio onde é necessário “despejar” o conhecimento. Percebe-se que esse tipo de corrente de pensamento a respeito do conhecimento se encontra ultrapassada e acaba por silenciar e isolar os alunos que passam a ficar submetidos à autoridade do saber dos professores, dos livros ou das instruções programadas.

Na epistemologia racionalista observa-se que o conhecimento é anterior à experiência vivida pelo sujeito que passa a ser encarado como o resultado de estruturas racionais pré-formadas. A conduta do sujeito é explicada pelas variáveis biológicas que possui. Segundo Giusta (1985 apud NEVES, 2006), essa concepção encontra-se numa extrema oposição ao atomismo behaviorista. No empirismo, onde o sujeito é uma “tábula rasa”, despreza-se sua ação para adquirir conhecimento, pois o conhecimento é externo ao indivíduo. Já no racionalismo o conhecimento é extremamente dependente da estrutura genética do sujeito.

Nota-se nesse regime, uma desvalorização da função essencial do professor que é a de ensinar. Na concepção racionalista, a herança genética do indivíduo é que determina suas potencialidades de aprendizado e não as interações entre o professor e o aluno. De acordo com essa corrente de pensamento, o professor deve atuar o mínimo possível, funcionando como um facilitador para despertar e trazer para o consciente aquilo que o aluno já sabe e que foi definido em suas estruturas cognitivas no nascimento. Segundo Becker (1993 apud NEVES, 2006), o oposto também pode acontecer, ou seja, dependendo das condições biológicas, o ser humano pode nascer desprovido dessa mesma capacidade.

Desse modo, no nascimento já está determinado quem será ou não inteligente. Assim, uns nascem para aprender e aprendem facilmente e outros nascem para o fracasso que é visto como dependente e resultante apenas do próprio indivíduo, eximindo a responsabilidade do professor. Percebe-se, portanto, o equívoco dessa epistemologia racionalista que exclui a aprendizagem do contexto das interações sócio-culturais e das interações entre o professor e o aluno. Por consequência, a responsabilidade da aprendizagem passa a ser transferida do

sistema educacional para o talento, aptidão, dom ou maturidade cognitiva do próprio estudante. Segundo Rego (1999 apud NEVES, 2006), o impacto trazido por essa concepção mostra exatamente a limitação do papel da educação para o desenvolvimento individual.

Por vezes é difícil identificar qual a prática pedagógica dominante entre as duas citadas até esse momento. Isso ocorre porque, apesar de opostas, elas têm um ponto em comum que pode levar a efeitos pedagógicos semelhantes. No empirismo se a aprendizagem é decorrência da ação do objeto sobre o sujeito, ou seja, se o conhecimento está fora do aluno, basta que fique inerte e simplesmente absorva passivamente o conhecimento que lhe é transmitido. Da mesma forma, no racionalismo, como a aprendizagem é decorrência de estruturas pré-formadas e não da ação do sujeito sobre o mundo ou vice-versa, também não existe razão para a atividade do indivíduo durante a aprendizagem.

Já na terceira concepção abordada neste trabalho, encontra-se a epistemologia interacionista, construtivista ou de dialética, que se mostra mais eficiente do que as outras duas (BECKER, 1993 apud NEVES, 2006).

As práticas pedagógicas que se baseiam no interacionismo consideram que o conhecimento provém da prática social, sendo, portanto, uma construção coletiva, não podendo ser construído na solidão do sujeito (GIUSTA, 1985 apud NEVES, 2006).

De acordo com Becker (1993 apud NEVES, 2006), os trabalhos de Piaget, Paulo Freire, Freud, Vigotski, Wallon, Luria, Baktin e Freinet podem ser considerados como bem próximos dessa concepção, exatamente por priorizarem a ação do sujeito sobre o aprendizado.

Ora, é óbvio que o educador continua indispensável, a título de animador, para criar as situações e construir os dispositivos de partida suscetíveis de apresentar problemas úteis a criança e, em seguida, organizar contra-exemplos que forcem a reflexão e obrigam o controle de soluções mais precoces: o que se deseja é que o mestre deixe de ser apenas um conferencista e estimule a pesquisa e esforço, em lugar de contentar-se em transmitir os problemas já solucionados. (PIAGET, 1974, apud MIZUKAMI, 2003, p. 78)

Becker (1993 apud NEVES, 2006) também confirma a importância da ação do aluno orientado pelo professor. Para o autor, o aprendizado só será possível se o estudante agir e problematizar sua ação através de um processo de reflexão. Percebe-se, portanto, a formação de um conhecimento novo como decorrente dessa postura ativa do estudante.

Portanto, o laboratório escolar se utilizado de maneira clássica e com roteiros fechados em forma de “receita” seria muito limitado, pois o interessante não seria a mera realização dos passos do roteiro, mas sim uma atividade experimental com etapas pré e pós laboratório como afirma Gomes (2005 p. 154, **grifo meu**)

Um outro aspecto igualmente importante é tratar explicitamente dos objetivos das atividades. Quando planejam atividades experimentais, os professores devem considerar que os estudantes podem conceber para as mesmas, outros objetivos que não o desejado e estipulado por eles e, por isso, ter um desempenho aquém do esperado. Portanto, é preciso que os professores se esforcem para que os alunos tenham um entendimento claro dos propósitos de cada atividade e do porquê de sua realização. Além disso, seria importante que os professores favorecessem a realização de tarefas **pré-laboratoriais** para explicitar os objetivos pretendidos e, ao final da atividade prática, promovessem a discussão dos resultados obtidos, tendo em vista os objetivos inicialmente propostos. O envolvimento dos alunos nessas tarefas pode contribuir para que eles obtenham uma compreensão mais adequada do processo de experimentação e estabeleçam conexões entre os objetivos das atividades e as ações e procedimentos realizados.

Dessa forma, o aluno pode ser levado a fazer reflexões sobre os fenômenos estudados de maneira participativa, interativa e dialógica em relação aos demais alunos e ao professor. Portanto, percebe-se que a metodologia adotada pelo professor nos laboratórios ou mesmo em atividades práticas em salas de aula tem um peso muito grande no processo de aprendizado dos alunos.

Hodson (1992 apud GOMES, 2005) diz que o ensino de ciências deveria abordar 3 aspectos: Aprender Ciências, Aprender sobre Ciências e Fazer Ciência. De uma forma sucinta, aprender ciências relaciona-se ao aprendizado teórico e conceitual que deve ser adquirido pelos alunos. Já os métodos que a ciência se utiliza para produzir conhecimento está ligado ao aprender sobre ciências e o “Fazer Ciência” é o que estaria mais relacionado com as atividades práticas investigativas.

Gurgel (2000, apud GOMES, 2005, p. 152) também inclui as atividades práticas no ensino dizendo

[...] a aprendizagem das Ciências precisa ser compreendida como uma aventura que supõe enfrentar problemas, buscar soluções, constatações de validade e erro das ideias, próprias ao conhecimento científico, porém, apoiada em uma investigação e criatividade próprias de um trabalho científico. Essa atitude impregna todos os aspectos dessa aprendizagem que vai desde a forma como são introduzidos os conceitos, a orientação dos trabalhos práticos e do conteúdo, até o clima de trabalho na aula.

Como veremos adiante, ainda é possível identificar algumas diferenças dentro da corrente interacionista ao compararmos, por exemplo, Piaget e Vigotski.

5.2 Piaget

Piaget, apesar de questionar que o conhecimento nasce com o indivíduo ou que é formado pelo meio social, aborda o interacionismo de uma maneira predominantemente

biológica se comparada com Vigotski. O autor classifica o próprio trabalho como teoria do desenvolvimento e não como teoria do aprendizado, mas admite seu uso para esse fim (GIUSTA, 1985 apud NEVES, 2006). Dessa forma, para Piaget, o aprendizado não é simplesmente o resultado de experiências externas ao indivíduo nem tão pouco de uma programação inata e pré-formada no indivíduo, mas sim resultante da interação do sujeito com o meio que o cerca numa visão complementar que interage formando um todo único. Caracteriza, portanto, uma visão interacionista ainda que de cunho biológico. Biológico na medida em que sua teoria baseia-se na existência de alguns elementos inatos, mas que só passam a formar estruturas novas quando resultantes da relação e interação entre o sujeito e objeto. Como dito, Piaget (por ser biólogo) não formulou uma teoria de aprendizagem e buscava entender e explicar como o conhecimento é construído através dos vários estágios de desenvolvimento da criança.

Primeiro, eu gostaria de esclarecer a diferença entre dois problemas: o problema do desenvolvimento e o da aprendizagem. [...] desenvolvimento é um processo que diz respeito à totalidade das estruturas de conhecimento. Aprendizagem apresenta o caso oposto. Em geral, a aprendizagem é provocada por situações provocadas por psicólogos experimentais; ou professores em relação a um tópico específico; ou por uma situação externa. Em geral, é provocada e não espontânea. Além disso, é um processo limitado – limitado a um problema único ou a uma estrutura única. Assim, eu penso que desenvolvimento explica aprendizagem, e esta opinião é contrária a opinião amplamente difundida de que o desenvolvimento é uma soma de experiências discretas de aprendizagem. (PIAGET, 1975, apud FERRACIOLI, 1999, p. 11).

Para Piaget, desde o nascimento até a idade adulta o desenvolvimento mental e intelectual do indivíduo é um contínuo processo de construção de estruturas variáveis juntamente com características comuns em todas as idades. A cada explicação dada a um determinado fenômeno, acontece uma integração com a estrutura mental existente que posteriormente é reconstruída e transformada numa estrutura mais ampla. Então, na medida em que as integrações das estruturas vão dando origem à formação das estruturas seguintes, surgem os estágios de desenvolvimento propostos por Piaget e que possuem os seguintes critérios:

- 1.A ordem de sucessão é constante, embora as idades médias que as caracterizam possam variar de um indivíduo para outro, conforme o grau de inteligência, ou de um meio social a outro.
- 2.Cada estágio é caracterizado por uma estrutura de conjunto em função da qual se explicam as principais reações particulares.
- 3.As estruturas de um conjunto são integrativas e não se substituem umas às outras: cada uma resulta da precedente, integrando-a na qualidade de estrutura subordinada

e prepara a seguinte, integrando-se a ela mais cedo ou mais tarde”. (PIAGET; INHELDER, 1978 apud FERRACIOLI, 1999, p. 7)

Dessa forma, o desenvolvimento se processa na medida em que estruturas ou esquemas posteriores se formam e estabelecem equilíbrios mais estáveis do que os anteriores, como afirma Piaget quando diz que “cada estágio constitui então, pelas estruturas que o definem, uma forma particular de equilíbrio, efetuando-se uma evolução mental no sentido de uma equilibração sempre mais completa” (PIAGET, 1967 apud FERRACIOLI, 1999, p. 8).

Segundo Piaget (1983 apud Ferracioli, 1999), os estágios de desenvolvimento dessas estruturas podem ser divididos em quatro períodos principais e dentro da seguinte sequência:

1. Inteligência Sensório-Motora ou Pré-Verbal – até 2 anos de idade
2. Inteligência Simbólica ou Pré-Operatória – de 2 a 7/8 anos
3. Inteligência Operatória Concreta – de 7/8 anos a 11/12 anos
4. Inteligência Operatória Formal – a partir de 12 anos.

Por não ser o foco deste trabalho, as características dessas fases serão abordadas resumidamente. Na primeira fase, chamada Sensório-Motora a criança procura integrar as informações que recebe através dos cinco sentidos, formando um conjunto de subestruturas que servirão de base para o estágio seguinte. Na segunda fase, Pré-Operatória a criança já encontra maturidade suficiente para representar objetos e acontecimentos fazendo com que possa adquirir os símbolos e a linguagem. Nessa fase, a criança começa a fazer operações internalizadas, ou seja, a executar ações na forma de pensamentos. Na terceira fase, Operatória Concreta, essas intuições se transformam em operações com classificações e ordenamentos, porém sem o desenvolvimento de lógicas proposicionais, isto é, o pensamento ainda se prende nas operações que conservam relações com o mundo real. É nessa fase que surgem as noções de tempo e causalidade. O último estágio de desenvolvimento acontece, portanto, já na adolescência. Nessa fase chamada de Operatória Formal, a criança começa a raciocinar não somente com aquilo que ela observa, mas também com hipóteses o que permite o desenvolvimento de reflexões e a construção de teorias. Segundo Piaget (1967 apud FERRACIOLI, 1999) a realidade torna-se secundária frente à possibilidade.

A partir do exposto, é possível observar que Piaget, apesar de considerar as características do indivíduo na formação de seu desenvolvimento, aborda o desenvolvimento da criança na medida em que se processam as interações entre o sujeito e o meio, fortalecendo a corrente interacionista, construtivista ou de dialética.

5.3 Vigotski

Diferentemente do interacionismo fortemente biológico de Piaget, segundo Freitas (2000 apud NEVES 2006), o enfoque dado por Vigotski propõe o interacionismo em que o pensamento é construído em um indivíduo ativo no meio que o cerca e onde a aprendizagem é basicamente social. Dessa forma, o desenvolvimento humano é determinado pelo meio social e fundamentalmente pelo aprendizado da linguagem, que ocorre por imitação. Freitas (2000 apud NEVES 2006) afirma que para Vigotski o homem é um ser histórico, produto das relações sociais, na qual o signo tem um papel gerador e organizador dos processos psicológicos. Assim, o aprendizado está relacionado com as interações que os homens estabelecem entre si, por meio de atividades sógnicas mediadas pela linguagem.

No interacionismo, é necessário existir dois elementos: a natureza humana e o meio. Porém, para Vigotski (1982 apud NEVES 2006), não há a “natureza humana” ou a “essência humana”, pois primeiramente somos sociais e depois nos individualizamos. Assim o indivíduo é social já na sua essência e devido ao pensamento dialético de sua abordagem, Vigotski não admite dois pólos distintos.

Em resumo na abordagem Vigotskiana, o homem é visto como um indivíduo que transforma e é transformado nas relações que acontecem em uma determinada cultura e não o resultado do somatório de fatores inatos e adquiridos. O ser humano não é decorrência de fatores isolados que se amadurecem ou de fatores ambientais que agem sobre o organismo controlando seu comportamento, mas sim de interações e trocas recíprocas que se estabelecem durante toda sua vida. Vigotski (1982 apud NEVES 2006) não nega que exista diferenças entre os indivíduos e que uns não estejam mais predispostos a aprender do que outros em função de fatores genéticos, mas simplesmente que essas diferenças não são determinantes no aprendizado.

Nessa concepção é que a interação social é o que impulsiona o intelecto e o desenvolvimento da aprendizagem, pode-se entender a importância do professor como mediador do conhecimento. Assim, a dinâmica em sala de aula e também nas atividades práticas precisa ser muito bem planejada para que não se tenha um laboratório onde os alunos meramente reproduzem o que está escrito nos roteiros das atividades. Freitas (2000 apud NEVES 2006) argumenta que Vigotski não seria construtivista exatamente por defender a relação dialética entre ensinar e aprender.

Dentro dessa concepção, a aplicação da teoria de Vigotski requer que o professor conheça a ideia de ZDP (Zona de Desenvolvimento Proximal). ZDP é o nível intermediário entre a capacidade do indivíduo de solucionar independentemente o que lhe for solicitado, chamado de desenvolvimento real, e a solução de atividades sob a orientação de alguém mais capaz, conhecido como nível de desenvolvimento potencial. Portanto, o professor, como o parceiro mais capaz da relação, estaria ajudando o aluno a realizar as tarefas que o estudante por si mesmo não seria capaz de realizar.

Em outras palavras, a forma com que o professor irá motivar o aluno também tem uma grande importância, pois essa motivação tem que ser desafiadora e provocar desequilíbrios para que o aluno perceba a contradição existente em determinada situação e seja motivado a restabelecer o equilíbrio em sua estrutura cognitiva. Dessa forma, o professor atua de forma explícita no desenvolvimento dos alunos sendo o responsável por avanços que não aconteceriam sozinhos.

Vigotski, portanto, resgata a importância do professor e da escola como agentes indispensáveis no ensino-aprendizagem (seja na teoria em sala de aula ou em atividades experimentais) e na transmissão do conhecimento acumulado historicamente pela humanidade.

6 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Outro aspecto de grande importância a ser considerado a fim de potencializar o ensino-aprendizagem diz respeito à aprendizagem significativa. Segundo Ausubel et al. (1980 apud FREITAS, 2007), para se obter uma aprendizagem significativa deve-se favorecer uma ancoragem do conhecimento que se procura transmitir para os alunos, partindo das concepções prévias, relevantes para esse conhecimento, que eles já possuem em sua estrutura cognitiva. Portanto, é imprescindível que o professor forneça as condições necessárias para que o aluno possa expor seus pontos de vista acerca do fenômeno estudado, favorecendo assim uma ação pedagógica dialógica. Dessa forma, é possível constatar o que o aluno já sabe a respeito do assunto abordado e assim levá-lo a refletir sobre seus conhecimentos e reestruturá-los, se necessário, quando deparados com as novas concepções que o professor quer transmitir. Esses conhecimentos que o aluno já possui são chamados de subsunçores, a partir dos quais as novas informações vão sendo ancoradas, dando início ao processo de aprendizagem.

Moreira (1999 apud FREITAS, 2007) comenta que tanto os subsunçores pré-existentes quanto as novas informações ancoradas a eles se modificam e passam a dar origem a um subsunçor novo mais geral e inclusivo que o antigo. Nota-se que nesse modelo de aprendizagem significativa proposta por Ausubel et al., (1980 apud FREITAS, 2007), a estrutura cognitiva vai se formando e se reestruturando constantemente sendo que os conceitos mais específicos se fixam aos conceitos mais gerais. Para Ausubel et al. (1980 apud FREITAS, 2007), é importante fazer a introdução do assunto a ser aprendido, através de organizadores prévios. Seria uma maneira mais geral e abstrata para o início da abordagem de um assunto, a fim de favorecer a conexão entre o novo conhecimento e aquele que o aluno já possui.

Ausubel (1968, apud FREITAS 2007, p. 39) destaca três tipos de aprendizagem:

Representacional: é o tipo mais básico de aprendizagem significativa, do qual os demais dependem. Envolve a atribuição de significados a determinados símbolos (tipicamente palavras), isto é, a identificação, em significado, de símbolos com seus referentes (objetos, eventos, conceitos). Os símbolos passam a significar para o indivíduo, aquilo que seus referentes significam;

Conceitual: é de certa forma, uma aprendizagem representacional, pois conceitos são também representados por símbolos particulares, porém, são genéricos ou categóricos, representam abstrações dos atributos essenciais dos referentes, e representam regularidades em eventos ou objetos;

Proposicional: Contrariamente à aprendizagem representacional, a tarefa não é aprender significativamente o que palavras isoladas ou combinações representam, mas sim, aprender o significado de idéias em forma de proposição.

De acordo com Ausubel (1968, apud FREITAS, 2007), a aprendizagem significativa pode ser Subordinada, Superordenada ou Combinatória. Se a informação nova a ser aprendida é de fato agregada a um subsunçor pré-existente na estrutura cognitiva do aluno, configura-se a aprendizagem subordinada, ou seja, a informação nova subordina-se e ancora-se ao subsunçor que já existe e dessa forma acabam por formar um novo subsunçor mais geral. Já a aprendizagem é dita superordenada quando ocorre o inverso, isto é, a nova informação é quem engloba subsunçores mais específicos. E a aprendizagem combinatória se dá quando a informação a ser aprendida não se relaciona a um único subsunçor nem de forma subordinada nem superordenada, ou seja, ela mantém de certa forma sua independência, mas se relaciona com a maior parte ou com toda a estrutura cognitiva do aluno.

Segundo Moreira (1999, apud FREITAS, 2007), duas são as condições para que ocorra a aprendizagem significativa: a primeira é o aluno se pré-dispor a aprender significativamente e a outra é que o assunto a ser abordado deve ser potencialmente significativo. Portanto, o professor deve articular formas de abordagem que tornem o assunto mais interessante para os estudantes. Porém, caso o aluno não se disponha a esse tipo de aprendizado, ele inevitavelmente acabará por memorizar literalmente e arbitrariamente as informações, gerando um aprendizado mecânico que acabará por ser esquecido.

Antes de ocorrer a aprendizagem significativa, os conceitos precisam ser formados, e esse processo conhecido como formação de conceitos ocorre durante a infância. Só então, novos conceitos podem ser adquiridos por meio da diferenciação progressiva ou da reconciliação integrativa (MOREIRA, 1999 apud FREITAS, 2007). A diferenciação progressiva está relacionada com a assimilação de conceitos que acontece na aprendizagem subordinada em que a aprendizagem ocorre através da ancoragem das novas informações a subsunçores mais gerais, e acabam por se modificarem mutuamente formando um novo subsunçor mais inclusivo e mais geral do que o que existia anteriormente. Assim, esses conceitos passam a ser assimilados pela diferenciação progressiva dos subsunçores (MOREIRA, 1999 apud FREITAS, 2007). Já a reconciliação integrativa está ligada à aprendizagem superordenada, na qual a nova informação engloba vários subsunçores específicos, o que permite sua recombinação com antigos conceitos. Nesse processo o aluno deve possuir uma estrutura cognitiva clara para poder estabelecer as semelhanças e diferenças

entre os subsunçores e os conceitos novos ou mesmo entre os próprios conceitos a serem aprendidos.

Assim, para que a aprendizagem se torne significativa, é importante que o professor se preocupe em identificar o que o aluno já sabe a respeito do assunto, apresente um conteúdo potencialmente significativo, apresente uma metodologia consistente ao montar uma aula de laboratório e contribua para que o aluno se pré-disponha a aprender, como por exemplo, motivando-os ao demonstrar ou realizar atividades práticas. Nota-se que o interacionismo também se faz presente na abordagem de Ausubel, uma vez que o professor tenha que, de alguma forma, saber os conceitos prévios de seus alunos.

7 METODOLOGIA E PLANEJAMENTO DE UMA ATIVIDADE PRÁTICA

7.1 Considerações iniciais

O ponto de partida para a abordagem desse item diz respeito ao objetivo da atividade prática. Devido aos vários aspectos em que uma atividade experimental pode ser abordada, seria interessante o professor estipular uma ênfase principal a ser dada para a atividade e eventualmente os objetivos secundários. Variáveis como planejamento das horas atribuídas às atividades práticas, tipos de discurso abordados pelo professor, disposição dos alunos em grupos, lugar destinado para a execução da atividade são alguns dos exemplos de fatores a serem levados em conta pelo professor para a execução das atividades experimentais.

Segundo Couto (2009, p.5),

apesar de existirem inúmeros trabalhos acadêmicos relacionando os temas atividades experimentais e a aprendizagem em ciências, constatamos que são poucos os trabalhos que examinam como os professores conduzem atividades experimentais [...] a maior parte das pesquisas publicadas sobre o tema denuncia modos inadequados de condução dessas atividades [...] outros são prescritivos, dizendo o que deveria ser o ensino experimental de ciências, sem uma ancoragem em práticas de sala de aula mais consistentes.

Vemos que são necessários trabalhos de pesquisa mais concretos que direcionem e orientem o professor na efetiva condução das diversas atividades práticas existentes. Muitas vezes o que acontece é que o professor toma por base suas próprias concepções de atividades práticas e acabam por aplicar aquilo que fizeram enquanto estudantes. Porém, como visto anteriormente, antes de iniciar a atividade prática em si, é impõe que o professor delimite os objetivos de sua atividade e posteriormente faça a discussão dos resultados obtidos, para que os alunos possam confrontar os objetivos do início da aula com o que efetivamente foi realizado e ainda para poderem analisar e refletir sobre os resultados encontrados (GOMES 2005).

7.2 Objetivos

O professor antes de tudo deve ter em mente o que ele deseja com a atividade proposta: se quer somente motivar o aluno antes do início da aula fazendo uma atividade prática expositiva do conceito que irá abordar, ou se quer criar uma situação problematizada e

contextualizada para que os alunos fiquem engajados em achar uma solução. A definição dos objetivos visa evitar, entre outras coisas, a perda de tempo com experimentos muito demorados de se realizar na prática ou com a coleta de dados muito trabalhosos. Simulações computacionais seriam uma importante alternativa nesses casos.

Ao planejar uma atividade experimental, o professor deve levar em conta que os estudantes podem eventualmente conceber outro objetivo para a atividade, diverso daquele inicialmente proposto. Por isso, delimitar explicitamente quais são os objetivos e o porquê de sua realização é extremamente importante até para que o estudante não tenha um desempenho abaixo do esperado, por falta de entendimento do que ele deveria fazer na atividade. O professor, portanto, pode considerar diferentes enfoques para a realização de um experimento, o que implicaria em diferentes atividades para o aluno.

De acordo com Shulman e Tamir (1973 apud SANTOS et. al., 2004), os objetivos de uma atividade experimental no ensino vão desde habilidades de manipulação dos objetos até níveis mais engajados de envolvimento como habilidades de investigação e do desenvolvimento do pensamento crítico para a solução de problemas. Outro objetivo de grande importância citado pelo autor, diz respeito à compreensão da natureza da ciência, com seus métodos científicos e inter-relações com a tecnologia e as várias disciplinas científicas. Segundo Shulman e Tamir (1973 apud SANTOS et. al., 2004), despertar atitudes como curiosidade, interesse, objetividade, precisão e perseverança também estão ligados as práticas das atividades experimentais.

Duggan e Gott (1995 apud GOMES, 2005) classificam as atividades práticas em cinco tipos distintos, levando em consideração seus objetivos principais:

- Atividades para o desenvolvimento de habilidades: são atividades básicas e específicas que o aluno precisa conhecer para poder se familiarizar com as técnicas de laboratório, como por exemplo, o manuseio de algum instrumento, a construção de gráficos, escalas, tabelas etc.
- Atividades de ilustração: quando têm a finalidade de demonstrar ou provar alguma lei ou teoria previamente já trabalhada pelos alunos em sala de aula, facilitando a associação entre a teoria e a prática.
- Atividades de observação: se diferenciam das atividades de ilustração uma vez que o estudante é posto a observar determinado fenômeno e a partir de seus conhecimentos busca descrever e explicar o que foi visto, bem como os resultados obtidos pelas suas observações.
- Atividades de pesquisa ou descoberta: além de explicar os estudantes são levados a descobrir uma lei ou algum conceito específico, por si mesmos. Para isso se utilizam de

instruções detalhadas pelo professor, através de uma atividade previamente estruturada para essa finalidade.

- Atividades investigativas: são atividades que proporcionam ao estudante a oportunidade de efetivamente investigar o fenômeno, através de um maior grau de abertura nas instruções. Os estudantes têm maior liberdade para escolher o método de investigação e solucionar problemas em que as respostas não são imediatamente óbvias para eles.

É importante considerar as pesquisas de Barberá e Valdés (1996 apud GOMES, 2005), White (1996 apud GOMES, 2005) e Borges (1997; 2002 apud GOMES, 2005). Eles apontam que as falhas mais recorrentes das atividades práticas utilizadas no ensino de Ciência, com raras exceções, estão no fato dessas atividades servirem apenas para verificar alguma lei científica ou algo previamente conhecido pelos estudantes. Outros erros, frequentemente encontrados, são a falta de discussão da natureza das atividades práticas, dando a falsa impressão que as atividades nunca poderiam falhar, bem como o excesso de tempo utilizado para coleta de dados e cálculos secundários.

7.3 Tipos de discurso e abordagens

Sabemos que existem inúmeras maneiras de abordar uma atividade prática que por si só não garante ensino algum. Nesse ponto é que o discurso em sala de aula e também nos laboratórios assume lugar de destaque.

Segundo Scott, Mortimer e Aguiar (2006), a abordagem deve ser comunicativa com envolvimento intelectual ativo dos alunos levando-se em conta os seus conhecimentos prévios. Essa abordagem também leva em conta o número de pessoas que participam do discurso, podendo ser: interativo (se o professor interage com os alunos), dialógico (se o assunto é abordado com diferentes pontos de vista) e de autoridade (assunto abordado com um ponto de vista específico). Dessa forma, existem quatro combinações possíveis:

- Interativo e Dialógico: o professor em conjunto com os alunos realiza uma atividade exploratória, de modo que vários pontos de vista são considerados.
- Não-interativo e Dialógico: o professor por si só considera e reconsidera vários pontos de vista a respeito do assunto.
- Interativo e de autoridade: realizado pelo professor em conjunto com os alunos, mas somente um ponto de vista é considerado pelo professor. O professor tenta induzir os alunos

ao pensamento desejado sobre o assunto geralmente com uma sequência de perguntas e respostas.

- Não-interativo e de autoridade: o professor expõe o ponto de vista desejado.

Essa tipologia é muito importante, pois o discurso interativo/dialógico é o que mais propicia a participação dos alunos, bem como o pensamento crítico e a reflexão a respeito de determinado tema. Porém, o discurso de autoridade também é importante, uma vez que a ciência possui aspectos comprovados e aceitos científica e socialmente e o professor tem também a função de porta voz da ciência. Portanto, seria conveniente adequar os tipos de discursos existentes com os objetivos abordados na atividade prática, podendo, durante o transcurso da atividade, escolher ora um tipo e ora outro.

No Quadro 1, a seguir, destacamos um resumo dos tipos de discurso possíveis em uma sala de aula, de acordo com Scott, Mortimer e Aguiar (2006):

Quadro 1 – Indicadores do discurso dialógico e de autoridade proposto por Scott, Mortimer e Aguiar (2006)

	Discurso de autoridade	Discurso dialógico
Definição básica	✓ Foco em uma única perspectiva, normalmente o ponto de vista da ciência escolar	✓ Aberto a diferentes pontos de vista
Características típicas	✓ Sem inter-animação de idéias; ✓ contornos definidos ✓ Mais de um ponto de vista pode ser representado, mas apenas um é dado a atenção.	✓ Os rumos mudam à medida que as idéias são introduzidas e exploradas; ✓ não há limites definidos ✓ Inter-animação de idéias em diferentes níveis (alto e baixo); ✓ Mais de um ponto de vista é representado e considerado
Função do professor	✓ A autoridade do professor é clara e manifesta; ✓ O professor assume o controle da direção do discurso ✓ O professor age como um vigia dos pontos de vista;	✓ O professor assume uma posição neutra, evitando comentários que expressem julgamentos; ✓ Existe uma grande simetria na interação entre o professor e o estudante.
Intervenções do professor	✓ Ignora/rejeita as idéias dos estudantes; ✓ Molda as idéias dos estudantes; ✓ Faz perguntas instrucionais; ✓ Verifica e corrige; ✓ Afunila a direção do discurso, de modo a evitar a dispersão.	✓ Disponibiliza as contribuições dos estudantes; ✓ Busca esclarecimentos e elaborações mais profundas; ✓ Formula perguntas genuínas; ✓ Testa a compreensão dos estudantes; ✓ Compara e contrasta

		diferentes perspectivas; ✓ Encoraja a formulação de idéias dos estudantes.
Demanda dos estudantes	✓ Seguir a direção e as pistas apresentadas pelo professor; ✓ Seguir a linguagem científica escolar ao seguir as orientações do professor; ✓ Aceitar o ponto de vista da ciência escolar.	✓ Apresentar pontos de vista pessoais; ✓ Ouvir os outros (estudantes e professores) ✓ Compreender as idéias dos outros; ✓ Construir e aplicar novas idéias através do dialogo com outros

7.4 Estruturação da Atividade

Na literatura, encontramos diversos tipos de materiais de laboratório, que vão desde materiais com conteúdos bem fechados, isto é, com roteiros extremamente rígidos, até atividades mais abertas que favoreçam a interação, o debate e a dialogia entre o professor e os alunos, levando a uma reflexão mais elaborada acerca da atividade.

Com relação a essa perspectiva, Herron (1971 apud GOMES, 2005) apresenta quatro níveis de complexidade das atividades de laboratório que relacionam o problema, o método e a solução com os diferentes graus de abertura dados a cada uma dessas 3 variáveis.

- Nível zero: Nesse nível, tanto o problema como os métodos e as soluções são dados ou deixados claro para os alunos a partir do roteiro experimental. Também se enquadram nesse nível as atividades práticas onde os estudantes são simples observadores da experiência, ou quando esses são levados somente a aprender alguma técnica de laboratório específica. É, na realidade, uma comprovação prática da teoria.
- Nível um: O problema e o método são dados, mas a solução é deixada “aberta”, isto é, o estudante não sabe de antemão as relações que surgirão da realização da atividade. Porém, o material fornece o problema e o método específico a ser realizado para que o estudante descubra as relações que ainda não conhece.
- Nível dois: Somente o problema é dado e conhecido pelos estudantes. Nesse ponto, o estudante é levado a selecionar o material e o melhor caminho para se chegar à solução do problema, visto que o método para sua resolução é deixado em aberto. Caracteriza-se, portanto, por uma atividade experimental que demanda mais atenção e empenho dos estudantes quando comparada com os dois níveis anteriores.

- Nível três: Nível em que o estudante é confrontado com o fenômeno bruto, sendo responsável, também, pela escolha de um problema interessante para a investigação. O nível três, sendo o último nível segundo Herron (1971 apud GOMES, 2005), é o nível de atividade mais complexo a ser proposto aos estudantes.

No Quadro 2, a seguir, apresentamos um resumo desses níveis, segundo Heron (1971).

Quadro 2 – níveis de classificação das atividades investigativas segundo Heron (1971 apud GOMES, 2005)

Nível de Investigação	Problema	Procedimento	Conclusão
Nível 0	Dado	Dado	Dada
Nível 1	Dado	Dado	Em aberto
Nível 2	Dado	Em aberto	Em aberto
Nível 3	Em aberto	Em aberto	Em aberto

Como podemos perceber, o Nível zero da escala de Heron corresponde ao laboratório com roteiros mais fechados e que normalmente são utilizados pelo professor, mas que não promove a reflexão por parte dos estudantes, sendo essencialmente experimentos de verificação.

Jiménez et al. (2006) também consideram que os níveis mais baixos na escala de Heron correspondem a processos cognitivos de baixa ordem que dificultam a aprendizagem significativa, pois os alunos se limitam a repetir as instruções dadas pelo professor muitas vezes de forma mecânica. Alguns alunos podem até se sentirem desmotivados e acharem a atividade entediante, pois já se sabe a questão a ser resolvida, a maneira como irão resolvê-la e o resultado antes mesmo de iniciarem a atividade. Já as atividades “abertas” favorecem a discussão e requerem um esforço intelectual maior por parte do estudante. Nessas atividades o professor começa a passar maior responsabilidade aos estudantes, os quais têm que escolher o melhor caminho para atingir os objetivos propostos. Contudo o professor continua com um papel essencial como orientador da atividade, tendo o cuidado de evitar que os alunos se percam pela falta de informações.

Nesse sentido, Tamir e Lunetta (1981 apud GOMES, 2005) argumentam que muitas das atividades realizadas em laboratório são dos níveis 0 e 1 de Herron, e que esse tipo de

atividade é insuficiente para atingir todos os objetivos já levantados em uma atividade prática. Assim atividades desses níveis seriam mais indicadas nas etapas iniciais e básicas no estudo de ciências. Essas atividades, se aplicadas em excesso, sem haver uma preocupação em problematizá-las, pode reprimir a iniciativa, curiosidade e imaginação dos estudantes, prejudicando a evolução de seus pensamentos, como afirmam White (1996 apud GOMES, 2005) e Tomazello e Gurgel (2000 apud GOMES, 2005).

Segundo White (1996 apud GOMES, 2005, p. 27), se as atividades são muito fechadas,

Os estudantes vão aprender uma anti-Ciência: há sempre uma resposta correta instituída por autoridade. A Ciência será vista como um rígido e inquestionável corpo de fatos ao invés de ser uma interpretação dinâmica dos fenômenos.

Ainda Tomazello e Gurgel (2000 apud GOMES, 2005, p. 28) argumentam que

Uma prática experimental, no ensino de Ciências, sem uma preocupação problematizadora e/ou crítica, baseada em roteiros sem articulação entre teoria e prática, acaba por estabelecer uma associação reducionista entre trabalho científico e práticas experimentais, fragilizando o ensino com pesquisas nas escolas e contribuindo para um vazio de significado em suas proposições.

Borges (2002 apud GOMES, 2005) também estrutura as atividades práticas segundo três aspectos: o grau de abertura, o objetivo da atividade e a atitude dos estudantes com relação à atividade. O grau de abertura indica o quanto o roteiro ou o professor especifica os passos a serem tomados durante a atividade, com extremos que vão desde atividades bastante detalhadas com passos bem especificados até problemas completamente abertos com investigações genuínas.

No Quadro 3, a seguir, destacamos a classificação das atividades investigativas segundo Borges (2002 apud GOMES, 2005).

Quadro 3– Classificação das atividades investigativas segundo Borges (2002 apud GOMES, 2005)

Aspectos	Laboratório Tradicional	Atividades Investigativas
Grau de abertura	Roteiro pré-definido	Variado grau de abertura
	Restrito grau de abertura	Liberdade total no planejamento
Objetivo da atividade	Comprovar leis	Explorar fenômenos
Atitude do estudante	Compromisso com o resultado	Responsabilidade na investigação

7.5 Ênfase quantitativa

Procurou-se evidenciar nesse tópico as possíveis qualidades e críticas relacionadas a essa metodologia de aplicação nos laboratórios e atividades práticas.

Dessa forma, segundo pesquisas realizadas por Araújo e Abib (2003) os aspectos benéficos associados a essa ênfase estão relacionados ao fato de permitirem aos estudantes se familiarizarem com procedimentos típicos da investigação científica. A possibilidade de começarem a dar tratamento estatístico aos dados analisados, usar corretamente os diversos instrumentos de medida e comparar resultados obtidos com os previstos pela teoria também estão citados como um dos objetivos do laboratório com ênfase matemática.

Araújo e Abib (2003) enfatizam ainda que

[...] em virtude de suas características, a experimentação com ênfase nos aspectos quantitativos também permite estimular a criatividade e uma relação mais próxima entre professores e alunos, fato que pode tornar as aulas mais interessantes e gerar grande entusiasmo e participação nos alunos, gerando maior estímulo e interesse pelo estudo dos conteúdos de Física que são abordados.

Porém, segundo esses pesquisadores, o que frequentemente acontece é que essas atividades tendem a ser mais utilizadas com roteiros fechados e procedimentos pré-determinados em forma de “receita” tornando esse tipo de atividade basicamente verificacionista. Assim, a metodologia que geralmente é utilizada nesse tipo de laboratório acaba por causar algumas distorções no ensino, fazendo com que elementos como reflexão, discussão acerca dos conteúdos e os conceitos espontâneos dos alunos não sejam trabalhados. “Nesse sentido, é comum em atividades desta natureza observar-se uma certa limitação na manifestação da criatividade dos alunos [...]” (ARAÚJO e ABIB, 2003, p. 181).

Portanto, atividades experimentais com ênfase quantitativa seriam mais adequadas se aplicadas de uma forma mais flexível, isto é, abrindo margem para reflexões críticas por parte dos estudantes acerca de fatores como, por exemplo, o funcionamento dos equipamentos utilizados, bem como dos fatores que influenciam o experimento. A condição de validade da aplicação dos equipamentos e procedimentos utilizados e as eventuais discrepâncias encontradas entre os resultados obtidos e os previstos pela teoria, também seria uma forma de se trabalhar com laboratórios estruturados com ênfase quantitativa, porém com uma forma mais flexível e dinâmica.

7.6 Ênfase qualitativa

Nesses laboratórios, chamados de LNE (Laboratórios Não Estruturados), os aspectos qualitativos dos fenômenos abordados na atividade sobressaem-se aos aspectos quantitativos.

Segundo Araújo e Abib (2003), os laboratórios e as atividades práticas com essa ênfase estão relacionados com atividades de demonstração e até de investigação, pois facilitam a contextualização e a problematização do conteúdo abordado.

Nesse tipo de abordagem espera-se que o professor consiga trazer para a realidade da aula, questões que encorajem a reflexão por parte dos alunos, possibilitando a ocorrência de mudanças conceituais, se necessário.

[...] em geral, as atividades com LNE permite uma abordagem que privilegia os aspectos qualitativos envolvidos no processo, com destaque para os aspectos de natureza conceitual, que podem ser relacionados com a verificação de conceitos espontâneos, teste de hipóteses e mudança conceitual, empregando uma metodologia que possibilita aos alunos buscarem por si mesmos as respostas e soluções para os problemas apresentados. (ARAÚJO e ABIB, 2003, p. 179)

Ainda, segundo Barbosa (1999 apud ARAÚJO E ABIB, 2003), essas mudanças conceituais podem ser obtidas com atividades experimentais qualitativas que também envolvam aspectos construtivistas, fazendo com que os alunos fiquem envolvidos com uma problematização inicial, com a montagem e a execução do experimento, para que posteriormente organizem os conhecimentos adquiridos e possam aplicá-los a outras situações, diferentes das que foram inicialmente propostas.

7.7 Atividade x passividade

As ideias progressistas ou desenvolvimentalistas das últimas décadas contribuíram para o favorecimento da utilização das atividades práticas no ensino de ciências. Isso porque, de acordo com essas convicções iniciais, qualquer que seja o método de ensino abordado pelo professor, ele seria mais eficaz se enfatizado a atividade dos alunos ao invés da sua passividade. Isso significava que os alunos aprenderiam melhor por experiências diretas, o que favorecia amplamente a utilização das atividades práticas. Porém, muitas vezes, o que acontecia na realidade era que os alunos passavam a executar as tarefas propostas nos laboratórios de forma mecânica sem um aprendizado significativo. Portanto, essas ideias estavam somente em parte corretas, pois o simples fato de manusearem diretamente os

experimentos não significava aprendizado, como apontam os trabalhos baseados nas idéias de Dewey, Piaget e Vigotski (Bybbe e DeBoer, 1996 apud BORGES, 2002). Por outro lado, se os alunos não executassem as tarefas propostas em laboratório e ao invés disso o professor demonstrasse o experimento aos estudantes, poderia também causar certo comodismo nos alunos, caso passassem somente a esperar a realização do experimento pelo professor sem críticas mais contundentes.

O que se procura destacar e deixar claro é que independente do tipo de atividade prática escolhida pelo professor para ser aplicada com os alunos, o que é importante é deixá-los ativos durante sua realização, mas não no sentido de somente manipular objetos, mas sim com o objetivo de deixá-los engajados, curiosos e desejosos para encontrarem respostas e de refletirem criticamente sobre a atividade. Dewey, Piaget, Vigotski entre outros, chegam a afirmar que essas atividades poderiam até ser atividades puramente de pensamento, não envolvendo necessariamente atividades típicas de laboratório escolar. (Bybbe e DeBoer, 1996 apud BORGES, 2002).

Sabemos que cada tipo de atividade prática tem a sua relevância e importância para o aprendizado dos alunos e que o laboratório escolar também tem sua contribuição no ensino, desde que seja aplicada corretamente, pois um aluno que somente executa mecanicamente as atividades descritas num roteiro não estará aprendendo significativamente. Assim, um dos fatores muito importantes para a realização de uma atividade experimental, é, portanto, mantê-los ativos e comprometidos com a busca de soluções bem articuladas para as questões colocadas.

7.8 Atividades mediadoras

A mediação relacionada ao contexto da educação em salas de aula está relacionada a todos os recursos que o professor utiliza e traz para a situação didática, podendo ser recursos semióticos ou recursos materiais. Os gráficos, equações, diagramas e figuras são os recursos chamados semióticos, por estarem relacionados a algum uso de signos e os recursos materiais são os objetos mediacionais nos quais se inserem as atividades práticas.

Segundo Wertsch (1991 apud COUTO 2009), a ação mediada possui funções comunicativas e cognitivas que podem ser úteis no ensino de ciências. De acordo com o autor, durante a realização de uma montagem experimental devemos estar cientes de que o objeto em questão representa apenas uma parte do fenômeno. Portanto, nesse momento pode ser

chamada a atenção dos alunos para as condições de validade do experimento e de suas limitações. Para Wertsch (1991 apud COUTO 2009), os recursos mediacionais são importantes, exatamente por possuírem uma ancoragem real, e se observa nas atividades experimentais mesmo se realizadas através de experiências mentais, pois para o autor, até a linguagem oral apresenta uma materialidade, mesmo que momentânea. Então percebemos que além do experimento em si, a forma como o professor aborda o fenômeno pode torná-lo mais palpável ao aluno, facilitando a visão e o entendimento do estudo em questão. Segundo Wertsch (1991 apud COUTO 2009), a instituição escolar é um espaço onde as ações dos professores e dos alunos são mediadas pela utilização de instrumentos culturais através de ações induzidas pelo professor na forma de questionamentos, desafios, estímulos e debates. Wertsch (1991 apud COUTO 2009) destaca que as atividades experimentais são importantes, pois funcionam como mediadoras entre a visão científica que se deseja transmitir e as concepções e idéias prévias dos estudantes.

Para Delizoicov & Angotti (1991), as atividades mediadoras propiciam importantes “ganchos” para que o professor aborde o fenômeno, proporcionando oportunidades de interação e diálogo com os alunos.

A ação mediadora permitirá negociações, relativas as causas e efeitos de um dado fenômeno físico “presente” na sala de aula, facilitando o diálogo didático entre estudantes e professor na construção de “saber compartilhado”. Significa dizer que a todo e qualquer momento do diálogo didático da sala de aula, a atividade experimental poderá ser solicitada para configurar os conhecimentos prévios dos estudantes, para gerar conflitos de interpretação acerca de uma dada situação ou ainda como decorrência de uma problematização inicial (Delizoicov & Angotti 1991)

7.9 Motivação e experimentação

Uma das utilidades da atividade experimental está relacionada ao fato de despertar a curiosidade dos estudantes, favorecendo uma atitude de engajamento por parte deles.

Segundo Abrahams (2009 apud COUTO, 2009), apesar de muitas vezes a palavra motivação ser usada com o significado de interesse, essas duas ideias não são sinônimas. Para o autor, a motivação está relacionada a uma pré-disposição interna para a ação, enquanto o interesse estaria ligado ao fascínio por alguma coisa que lhe prende a atenção. Assim, para Abrahams (2009 apud COUTO, 2009), as pesquisas do efeito causado pelas atividades experimentais tem se dedicado a estudar o interesse e não a motivação. A motivação seria,

portanto, relacionada a atitudes nas quais o aluno por si só decide, por exemplo, fazer pesquisas paralelas aos estudos regulares, ou, participar de clubes de ciências ou atividades extracurriculares por sua livre vontade, exatamente por possuir uma disposição interna para isso. Já o interesse pessoal está mais ligado às preferências que o aluno possui quando lhe são apresentadas oportunidades de escolha. Para o autor, existe ainda, o interesse situacional, como sendo aquele que é decorrente da inserção do indivíduo em um determinado contexto ou ambiente. Portanto, o interesse situacional ao contrário do interesse pessoal pode ser mais facilmente estimulado e modificado em um curto período de tempo, permitindo ao professor, potencializar o ensino em determinadas condições como no laboratório, por exemplo.

Alguns autores fazem outras classificações ou mesmo não fazem distinções entre motivação, interesse e engajamento muitas vezes não delimitando claramente o campo de atuação desses elementos.

Laburú (2006) diz que as atividades práticas podem servir como poderoso estímulo para o aprendizado, despertando ou mantendo o interesse dos alunos. Segundo o autor uma aprendizagem de qualidade é formada pela junção da motivação com elementos cognitivos. Destaca também que, as orientações sociocognitivistas demonstram a existência da motivação intrínseca e da motivação extrínseca. A motivação intrínseca seria aquela motivação natural do indivíduo, o qual procura buscar novos desafios e realizar atividades de seu interesse por considerá-las atraentes ou geradoras de satisfação. Já a motivação extrínseca está ligada a respostas de estímulos externos a atividade, como, por exemplo, recompensas materiais, o reconhecimento por parte de outras pessoas. Um exemplo dessa motivação extrínseca no ambiente de sala de aula, seria um questionamento instigante feito pelo professor. Quando o aluno executa alguma atividade para receber elogios, pontos positivos ou notas constituem motivações externas. É importante lembrar que muitas das vezes esses dois tipos de motivação aparecem ao mesmo tempo, encontrando elementos dos dois tipos presentes na atividade. O aluno, por exemplo, pode iniciar uma atividade em virtude de uma motivação externa, mas que no decorrer de sua realização a motivação interna passa a ser o “motor propulsor” da atividade.

Pintrich e Schunk (1996 apud LABURÚ, 2006, p. 392) afirmam que existem quatro componentes principais que estão ligados às motivações intrínsecas, que são o desafio, a curiosidade, o controle e a fantasia.

O desafio caracteriza-se pela promoção de uma situação com certa complexidade, em que as habilidades ou conhecimentos dos estudantes são

provocados, mas num nível intermediário de dificuldade, de forma passível de ser vencido com um emprego razoável de esforço. A curiosidade manifestada na conduta exploratória é ativada por situações ambíguas, incongruentes, surpreendentes, inesperadas, de novidade, que despertam a atenção dos alunos pelo fato de estarem em desacordo com suas crenças ou conhecimentos anteriores, além de incentivá-los a buscar a informação necessária para sua explicação. O controle refere-se a uma situação em que o sujeito percebe-se fazendo parte do processo de aprendizagem, sabe que os resultados de desempenho dependem de seus esforços, tem a oportunidade de ser ouvido e pode fazer escolhas entre exigências diferenciadas. Por último, a fantasia caracteriza-se por situações que envolvam um faz-de-conta, favorecendo a motivação quando promove satisfações vicárias que não ocorreriam facilmente em situações reais.

As pesquisas de White (1996, apud COUTO, 2009) mostram que atividades vividas com prazer são dificilmente esquecidas. Segundo o autor, em algumas situações de maior liberdade os alunos têm a possibilidade de explorar o fenômeno favorecendo a curiosidade, desafio e o controle da situação. As atividades que envolvem brilhos intensos, cores, mudança de temperatura etc, são encontradas em quase todos os conteúdos de física servindo exatamente ao propósito inicial de estímulo. Entretanto, segundo Laburu (2006), além de motivar é necessário realizar uma transição gradual do sensório para o intelecto, do fantástico para a elaboração de diagramas, gráficos e modelos para que o aluno permaneça com sua atenção voltada para a realização do experimento proposto.

Outro aspecto apontado por Abrahams (2009 apud COUTO, 2009) relaciona-se ao fato de as atividades experimentais, servindo-se de uma de suas funções de pontes motivacionais para potencializar o aprendizado, podem proporcionar aos alunos que possuem um menor desempenho acadêmico a possibilidade de terem maiores interações com a disciplina, além de facilitar o manejo disciplinar da turma pelo professor.

As atividades práticas, além de motivar os alunos, podem deixá-los interessados em resolver o problema proposto tornando-os mais engajados. Porém, o fato de as atividades práticas despertarem o interesse dos alunos não significa necessariamente o engajamento por parte deles. Um aluno pode se sentir motivado com a atividade, mas permanecer como expectador durante a realização do experimento, e nesse caso, o aluno não estaria engajado. Engle e Conant (2002 apud COUTO, 2009) foram além utilizando o termo EDP (engajamento disciplinar produtivo). Assim, segundo esses autores, o engajamento torna-se disciplinar ao encontrar algum paralelismo entre as realizações dos alunos durante a atividade prática e o modo como a ciência trata do assunto. Da mesma forma, o engajamento disciplinar torna-se produtivo quando acompanhado de algum progresso intelectual. Para os autores, o EDP pode ser verificado quando os argumentos apresentados pelos alunos tornam-se mais embasados e

mais elaborados. Dessa forma, para que ocorra o engajamento disciplinar produtivo, Eagle e Conant (2002) consideram quatro princípios básicos: conceder autoridade aos estudantes, prover os estudantes dos recursos relevantes, conceder aos estudantes responsabilidades para com os outros alunos e com as normas disciplinares e problematizar os conteúdos.

8 TIPOS DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS

8.1 Considerações iniciais

Os tipos de atividades experimentais que eventualmente o professor venha a aplicar estão, entre outras coisas, ligados aos objetivos principais da atividade, ao local de realização dessas atividades e às diferentes concepções que norteiam as atividades experimentais.

Como já visto, atividades que requeiram construções ou manuseios simples podem ser aplicadas mesmo nas salas de aula, sem a necessidade de um laboratório próprio. Objetivos como a ilustração, demonstração ou motivação seriam facilmente supridos nessas atividades.

Outro aspecto relevante que pode delimitar os diferentes tipos de atividades práticas são exatamente as diferentes concepções que se encontram vinculadas a essas atividades. Segundo Moraes (1998) as atividades experimentais podem ser aplicadas dentro de três diferentes concepções: demonstrativa, empirista-indutivista e a dedutivista-racionalista ou construtivista.

Atividades demonstrativas sugerem práticas que tomam como base verdades pré-estabelecidas, ou seja, geram crença nas ciências e geralmente não propiciam a compreensão de como é feita e construída a ciência nem permitem sua compreensão como um todo. Apesar de provocar essa intuição de verdades definitivas há de se reconhecer que podem ser aplicadas para motivar e chamar a atenção da classe para o assunto que se deseja estudar.

Como o nome propõe, na atividade experimental empirista-indutivista procura-se induzir os alunos a chegarem numa lei mais genérica pela observação. Assim, o conhecimento científico é obtido daquilo que se observa aplicando-se para isso o método científico. Também é uma atividade que tem o seu mérito, pois o aluno começa a ter a noção de como a ciência é feita, porém, pode acabar por não estimular a criatividade dos alunos e desenvolver rigidez a opiniões diferentes.

Já as atividades dedutivista-racionalistas, também chamadas de construtivistas, funcionam como testagem de hipóteses, na medida em que levam em consideração o conhecimento prévio dos alunos. Nessa concepção, a simples observação não produz conhecimento. Na realidade, as atividades elaboradas sob essa ótica requerem que as hipóteses sejam formuladas antes da observação, sendo derivadas de uma teoria. Isso porque mesmo na observação os conhecimentos prévios determinam o que se vê num experimento. O conhecimento, portanto, não é visto como verdade definitiva, ele é construído e reconstruído

pela combinação de ação e reflexão. Assim, o diálogo e a discussão passam a ter grande importância no processo de ensino e de aprendizagem.

8.2 O Laboratório clássico

Na visão tradicionalista da experimentação, a atividade prática é basicamente composta de um roteiro pronto e fechado que indica ao aluno o que deve ser feito assemelhando-se a um formato de receita. O laboratório é visto pelo estudante como uma mera execução de tarefas em que ele faz cálculos e coleta dados para comprovar e verificar as leis e teorias físicas já aceitas pela comunidade científica. Assim esse tipo de atividade isolada de um contexto de reflexões pouco contribui para uma aprendizagem significativa por parte do estudante, pois o objeto em estudo não causa contrapontos nem promove conflitos cognitivos necessários para promover o engajamento do aluno. Muitas vezes ocorre de o estudante mudar os dados obtidos para que consiga encontrar o resultado esperado, sem criticar o porquê de eventualmente ocorrerem algumas falhas durante o experimento. (VILATORRE, HIGA, TYCHANOWICZ; 2008).

No entanto, para Tomazello e Gurgel (2000 apud GOMES, 2005, p. 16), “Um ensino de ciência que não ensine a pensar, a refletir, a criticar, que substitua a busca de explicações convincentes pela fé na palavra do mestre, pode ser tudo menos um verdadeiro ensino de Ciência.”

Assim, esse tipo de laboratório até pode ter seus efeitos para tentar familiarizar os alunos com as práticas da experimentação, mas a questão é que por si só essa atividade não promove um ensino significativo. Hodson (1988 apud GOMES, 2005) e Tamir (1991 apud GOMES, 2005) questionam a eficiência desse tipo de laboratório, argumentando que além de transmitir uma visão equivocada aos estudantes acerca da natureza da Ciência e sobre a produção do conhecimento científico, essas atividades não conseguem atingir a todos os objetivos a elas atribuídos.

De acordo com Barberá e Valdés (1996 apud GOMES, 2005, p. 19)

[...] esta visão fortemente indutivista do método científico, que o vê como uma sucessão de passos discretos, têm recebido numerosas e contundentes críticas, e na atualidade está desacreditada em numerosos setores, mas está muito distante de ser erradicada do mundo do ensino de ciências.

Assim, uma das preocupações das reformas curriculares hoje, é exatamente trazer um ensino significativo ao estudante de forma mais válida do ponto de vista filosófico e epistemológico, para que a ciência seja compreendida como uma atividade dinâmica e social e não como uma série de regras e etapas para serem cumpridas, como argumenta White (1996 apud GOMES, 2005, p. 29):

Investigações abertas seguidas de discussão em classe sobre os métodos utilizado e a validade dos resultados obtidos podem ser melhores para promover a compreensão de como a Ciência é feita do que as atividades comuns pré-determinadas dos laboratórios tradicionais.

Portanto, podemos perceber que existe uma série de críticas feitas aos laboratórios clássicos que nos levam a rever a forma de aplicação dessas atividades. Práticas que favoreçam desenvolver a imaginação e a engenhosidade dos alunos, bem como o trabalho em equipe e o pensamento crítico num ambiente dialógico, investigativo, interativo, dinâmico, significativo são mais eficazes no aprendizado, segundo afirma Duarte (1999 p.2):

[...]é dentro desta perspectiva que se defende que os estudantes devem se envolver intelectualmente com experiências laboratoriais significativas, que incorporem a manipulação de idéias em vez de simples materiais e procedimentos; ou, por outras palavras, um trabalho laboratorial concebido como uma atividade investigativa e colaborativa, onde a aprendizagem de processos e produtos da Ciência aparecem como interdependentes e interligados por forma a poderem ser atingidos objetivos como o de facilitar o desenvolvimento conceitual dos alunos.

8.3 Atividades de demonstração

Segundo Monteiro e Gaspar (2007 apud MONTEIRO et al. 2010), as atividades de demonstração associadas a uma abordagem de aplicação correta podem ser muito efetivas no ensino dos alunos. Nessa publicação, os autores utilizaram a teoria de Vigotski para embasar a aplicação dessas atividades de forma a potencializar a aprendizagem. Outro fator abordado nessa pesquisa refere-se ao fato da conveniência da aplicação das atividades de demonstração em muitas escolas brasileiras, que por vezes deixam de ser aplicadas devido a falta de materiais estruturados para a demonstração. Para Monteiro e Gaspar (2007 apud MONTEIRO et al. 2010) as atividades de demonstração também podem ser aplicadas com equipamentos simples de fácil montagem e baixo custo, como o motor elétrico utilizado em sua pesquisa. Portanto, as demonstrações experimentais podem suprir, relativamente, a falta de equipamentos e laboratórios estruturados, além de poderem ser aplicadas utilizando-se de um único experimento para toda a sala. Outro motivo apontado para sua utilização é a

possibilidade de serem aplicadas sem a quebra da continuidade teórica da matéria, visto que sua abordagem pode ser realizada dentro da sala de aula. O aspecto motivacional da atividade também é um aspecto relevante para estimular os alunos, chamando a sua atenção para o assunto a ser abordado.

Segundo Ferreira (1978 apud SANTOS et al., 2004), as atividades de demonstração em sala de aula também denominadas experiências de cátedra servem para ilustrar e facilitar o entendimento da matéria a ser abordada, tornando seu conteúdo interessante e agradável. Segundo esse autor, essas atividades podem ainda propiciar o desenvolvimento da reflexão dos estudantes. Nesse sentido, é importante diferenciar uma atividade prática demonstrativa que desperte a interação e reflexão crítica dos alunos de uma aula meramente expositiva, fazendo com que a atividade se resuma a mais um recurso audiovisual. Veremos adiante que as interações sociais entre os alunos, o professor, e o experimento e a forma de abordagem vigotskiana proposta para essas atividades é um fator extremamente importante para potencializar o ensino-aprendizagem dos estudantes.

Figuerola et. al. (1994 apud MONTEIRO et al. 2010) também destacam a importância dessas atividades para relacionar a teoria com o mundo físico real, fazendo com que os alunos aumentem sua capacidade de observação, ganhem confiança no que foi aprendido com a teoria, além de facilitar a compreensão dos conceitos.

Porém, apesar dos aspectos positivos e facilidades já citadas, Meseguer Dueñas et.al. (1994 apud MONTEIRO et al. 2010) destacam que esse tipo de atividade requer preparação por parte dos professores, o que pode demandar tempo para imaginar e criar as experiências e que muitas vezes o professor não dispõe. Além disso, segundo Meseguer Dueñas et.al. (1994 apud MONTEIRO et al. 2010), caso sejam utilizados experimentos mais elaborados com um material excessivamente complicado faz-se necessária uma explicação mais detalhada do experimento a fim de que o aluno possa efetivamente compreender a atividade. Como normalmente essas atividades são demonstradas para toda a sala ou para mais de um grupo de estudantes, o professor deve atentar para a visibilidade do experimento por parte dos alunos.

Como citado anteriormente, essa atividade é potencializada de acordo com a abordagem metodológica utilizada pelo professor. A fim de que o experimento demonstrativo não se torne uma aula expositiva, é necessário haver uma interação dos alunos entre si, com o professor e com o experimento. Segundo Monteiro e Gaspar (2007 apud MONTEIRO et al. 2010), não é qualquer interação que produzirá o efeito de aprendizagem necessário, uma vez que a aprendizagem é estimulada com interações que ocorram dentro da zona de

desenvolvimento proximal dos estudantes. Wertsch (1991 apud COUTO 2009) aponta algumas condições para que essa interação entre pessoas de diferentes níveis cognitivos se proceda de forma mais profícua. Para esse autor, a situação na qual o experimento se procede deve ser muito bem delimitada para que todos os integrantes da suposta interação entendam a tarefa da mesma forma. A linguagem utilizada durante o experimento, também chamada de mediação semiótica, deve ser adequada para promover a ação entre os sujeitos participantes da interação.

Monteiro e Gaspar (2005 apud MONTEIRO et al. 2010, p. 374) destacam que

A atividade de demonstração experimental em sala de aula, particularmente quando relacionada a conteúdos de Física, apesar de fundamentar-se em conceitos científicos formais e abstratos, tem por singularidade própria a ênfase no elemento real, no que é diretamente observável e, sobretudo, na possibilidade de simular, no micro-cosmo formal da sala de aula, a realidade informal vivida pela criança no seu mundo exterior. Grande parte das concepções espontâneas, senão todas, que a criança adquire resultam das experiências por ela vividas no dia-a-dia, mas essas experiências só adquirem sentido quando ela as compartilha com adultos ou parceiros mais capazes, pois são eles que transmitem a essa criança os significados e as explicações a elas atribuídos no universo sócio-cultural em que vivem. Pode-se inferir, portanto, que a utilização da demonstração experimental de um conceito em sala de aula acrescenta ao pensamento do aluno elementos de realidade e de experiência pessoal que podem preencher uma lacuna cognitiva característica dos conceitos científicos e dar a esses conceitos a força que essa vivência dá aos conceitos espontâneos.

Percebe-se do exposto, a importância de tornar concretos os diversos conceitos teóricos de física, a fim de que a aprendizagem possa sair da abstração que, por vezes, acaba por dificultar o entendimento, e passar a ter relevância para os estudantes. Além disso, o professor, como parceiro mais capaz tem a oportunidade de transformar as concepções espontâneas dos alunos em significados científicos mais elaborados.

É importante destacar que apesar do conhecimento científico e dos conceitos espontâneos terem origens diferentes, eles exercem influência um sobre o outro e, portanto, experimentos de demonstração contextualizados que procurem elucidar os conceitos que o aluno tem contato em seu dia-a-dia são muito importantes, como afirma Vigotski (2001, p. 261)

O desenvolvimento dos conceitos espontâneos e científicos? Cabe pressupor? São processos intimamente interligados, que exercem influências um sobre o outro. [...] independentemente de falarmos do desenvolvimento dos conceitos espontâneos ou científicos, trata-se do desenvolvimento de um processo único de formação de conceitos, que se realiza sob diferentes condições internas e externas mas continua indiviso por sua natureza e não se constitui da luta, do conflito e do antagonismo de duas formas de pensamento que desde o início se excluem.

8.4 O Laboratório investigativo

Além da metodologia investigativa já abordada, procura-se definir, mais detalhadamente, o que seria um laboratório investigativo. Segundo Hodson (1992 apud GOMES, 2005, p. 152), esse laboratório contempla atividades

[...] nas quais os estudantes utilizam os processos e métodos da Ciência para investigar fenômenos e resolver problemas como meios de aumentar e desenvolver seus conhecimentos, e fornecem um elemento integrador poderoso para o currículo. Ao mesmo tempo, os estudantes adquirem uma compreensão mais profunda da atividade científica, e as investigações tornam-se um método tanto para aprender Ciência como aprender sobre a Ciência.

Assim, no laboratório investigativo o aluno deve ser levado a questionar o processo em si e não apenas executar tarefas pré-determinadas. O professor deve propiciar um aprendizado mais autônomo ao estudante, sem contudo perder o domínio da atividade. Para isso, o professor pode colocar algumas questões ao aluno que o levem a refletir sobre o experimento em questão. Como exemplo, o aluno poderia ser questionado a respeito do que ele já sabe sobre o fenômeno, quais dados são relevantes ao problema, quais são as variáveis do problema, o que estão tentando descobrir, como transformar as hipóteses iniciais em conhecimento, como tratar os dados e em que as medidas são confiáveis e que resultados poder ser obtidos com os dados obtidos. Além disso, o laboratório investigativo pode ser realizado junto com atividades pré e pós-laboratório para que sejam explicitados os objetivos da atividade e o aluno não tenha dúvidas para onde “olhar” durante sua realização e para que os resultados obtidos sejam discutidos a fim de que o aluno adquira uma maior compreensão do processo e estabeleça uma ligação entre a teoria e a prática, bem como dos objetivos e dos procedimentos realizados.

A pesquisa educacional tem mostrado que a motivação e o interesse dos estudantes são essenciais durante a realização das atividades práticas e as atividades investigativas são apontadas, de uma forma geral, como mais interessantes ao estudante. Isso porque os estudantes são estimulados a pensarem durante toda a atividade sendo-lhes atribuída mais autonomia para a sua realização, diferentemente do comodismo do laboratório clássico. Porém, o que vem sendo observado é que, para aqueles estudantes que já são mais entusiasmados e motivados, esse tipo de atividade se torna naturalmente desafiadora, ao passo que para aqueles mais desmotivados o laboratório investigativo poderia ser considerado mais trabalhoso. Portanto, se faz necessário entender melhor o processo de influência desses fatores

emocionais na realização desse tipo de laboratório, para que o professor consiga atingir a todos os alunos de forma motivadora e eficaz (GOMES, 2005).

8.5 O Laboratório de baixo custo

Ainda hoje, muitos são os casos em que as escolas não conseguem fornecer a estrutura adequada para se realizar atividades experimentais, seja por falta de recursos financeiros para promover a construção de novas salas que consigam atender a demanda de todos os alunos da escola ou por falta de verbas para a manutenção dos equipamentos e dos laboratórios já existentes. O fato é que muitas escolas brasileiras vivem nessa realidade. Porém, o que não pode ocorrer é o professor se acomodar com essa idéia e não procurar oferecer aos alunos formas alternativas para se aplicar as atividades práticas no ensino.

Alguns autores vão além, deixando de encarar o fato como simples técnica alternativa quando da inexistência dos laboratórios sofisticados e estruturados, mas entendendo a utilização de materiais de baixo custo como opção didática como afirma Ribeiro (1955 apud SANTOS 2004, p. 7):

[...] aparelhos e montagens improvisadas, executadas com os recursos mais modestos de laboratórios, deve ser considerada não como uma solução de emergência, mas ao contrário, como uma nova técnica desejável para desenvolver as capacidades construtivas e inventivas do estudante.

Além disso, nos laboratórios estruturados em ambientes especiais e sofisticados os experimentos muitas vezes ficam escondidos por uma “caixa-preta” de equipamentos, o que faz com que os estudantes não saibam exatamente como eles funcionam. Principalmente nos dias de hoje, em que vivemos numa sociedade consumista onde tudo é fornecido pronto, os laboratórios de baixo custo podem oferecer importantes oportunidades de o aluno montar seu próprio experimento e desenvolver sua capacidade inventiva, como afirma Kaptisa (1985 apud SANTOS et. al., 2004, p.8), ganhador do prêmio Nobel de Física

Para que um estudante compreenda um experimento, ele próprio deverá executá-lo, mas ele entenderá muito melhor se, além de realizar o experimento, ele construir os instrumentos para sua experimentação.

8.6 Simulações computacionais

Atualmente, com o avanço da tecnologia, vemos surgir inúmeras ferramentas de computador para tratamento e análise de dados bem como para sua visualização. Essa evolução tecnológica decorrente, entre outros fatores, da globalização, tem levado pesquisadores de ensino de ciências a tentarem encontrar formas de facilitar o ensino e a aprendizagem, utilizando essas novas práticas de forma a quebrar o formalismo ainda hoje encontrado no estudo de Ciências. Assim, as simulações computacionais vêm ganhando destaque dentro dessas novas tecnologias devido às suas diversas possibilidades de aplicação e diversidade de softwares existentes.

[...] simulações computacionais são de importância especial para o ensino de Física. Simulações oferecem novos ambientes educacionais, os quais têm por objetivos aumentar as potencialidades instrucionais dos professores e facilitar o engajamento **ativo** dos estudantes. Simulações computacionais oferecem uma grande variedade de oportunidades para modelar conceitos e processos. Simulações fornecem uma ponte entre o conhecimento prévio dos estudantes e a aprendizagem de novos conceitos, ajudando-os a desenvolver uma compreensão científica através de uma reformulação ativa de suas concepções (JMOYIANNIS e KOMIS, 2001 apud GOMES, 2005, p. 34, grifo meu).

Outros pesquisadores, como Lunetta e Hofstein (1981 apud GOMES, 2005), Gatto (1993 apud GOMES, 2005), Medeiros e Medeiros (2002 apud GOMES, 2005), também destacam a importância de um ambiente de simulação. Segundo esses autores, um ambiente de simulação computacional deve tornar concreto o aprendizado de conceitos abstratos, promovendo mudanças conceituais e uma compreensão mais profunda dos assuntos abordados. As simulações devem possibilitar também, o desenvolvimento de habilidades de resolução de problemas favorecendo o comprometimento ativo dos estudantes, que podem utilizar os mais variados recursos computacionais como desenhos, animações, vetores e gráficos em tempo real.

Cabrera (1988 apud GOMES, 2005) diz que um bom programa de simulação não deve exigir nenhum conhecimento prévio dos estudantes para a sua utilização, oferecendo inúmeros recursos gráficos para a representação simples e objetiva dos fenômenos. Dessa forma, cada passo da simulação deve ser de fácil entendimento possibilitando o processo de formulação e teste de hipóteses.

Embora as simulações computacionais tenham suas aplicabilidades, não se defende aqui que sejam utilizadas para substituir o ensino no laboratório. O ideal seria que o aluno tivesse contato com as diversas formas de atividades práticas objetivando um entendimento mais

completo. O que se procura é levantar as diversas formas de atividades experimentais existentes para que o professor possa dosar e averiguar em cada momento a oportunidade de se aplicar essas atividades de acordo com os objetivos propostos. Assim, pesquisadores como Jimoyiannis e Komis (2001 apud GOMES, 2005) e Gatto (1993 apud GOMES, 2005) ressaltam que o professor poderia considerar aplicar as simulações computacionais, entre outros motivos, quando, por exemplo, existam riscos com a realização de atividades práticas reais. Os custos altos que eventualmente sejam encontrados para a realização de laboratórios mais elaborados e o tempo de duração do experimento real, que muitas vezes impossibilita a sua realização, também seriam ótimas oportunidades para o uso das atividades computacionais.

Percebe-se assim, a importância dessas atividades para complementar o aprendizado do aluno. Escalada e Zollman (1997 apud GOMES, 2005, p. 36) entre outros, também compartilham dessa opinião. Segundo esses autores,

Experiências em laboratório que utilizam técnicas de visualização na forma de simulações, modelos, gráficos em tempo-real, e vídeo podem fornecer a oportunidade para o estudante de não apenas desenvolver seu entendimento e reforçar suas concepções, mas também de desenvolver suas habilidades em investigações científicas. A incorporação dessas tecnologias no laboratório pode fornecer a oportunidade dos estudantes de se envolverem com um processo ativo de aprendizagem

Deve-se atentar, também, para outro fator que diz respeito à passividade dos alunos. Da mesma forma que roteiros fechados dos laboratórios tradicionais não estimulam o interesse e a cooperação ativa dos estudantes, fazendo com que por muitas vezes as atividades sejam realizadas de forma mecânica, o fato de simplesmente apresentar as simulações computacionais aos alunos não significa que eles estarão aprendendo significativamente. Assim, o professor, novamente, possui um papel extremamente importante para promover esse engajamento ativo dos alunos. Steinberg (2000 apud GOMES, 2005) afirma que o risco que as simulações apresentam é o de se acreditar que a aprendizagem ocorrerá pela simples visualização do fenômeno. Pode acontecer que a facilidade com que são apresentados os gráficos, vetores etc, causem certa passividade nos alunos. O professor, portanto, deve manter a classe motivada, ativa e engajada no aprendizado que se quer transmitir para evitar que isso ocorra.

8.6.1 Abordagens pedagógicas para as simulações computacionais

Apesar da variedade de abordagens pedagógicas relacionadas com o uso de computadores para o ensino de física, as metodologias classificam-se em dois grandes grupos: a instrucionista e a construcionista.

A abordagem instrucionista é baseada na teoria behaviorista de Skinner (1972 apud FREITAS, 2007), na qual o ensino é caracterizado como um programa de recompensas oportunamente administrados chamado de condicionamento operante. Dessa forma, o comportamento do aluno é modelado através de estímulos positivos que recebe, na medida em que acerte as respostas. (YAMAMOTO et. al., 2001).

Segundo Campos (2001 apud FREITAS, 2007, p. 27),

as principais características dos softwares educacionais instrucionistas são: os objetivos educacionais mensuráveis, a definição da estratégia de ensino seguidas de avaliações objetivas visando informar os alunos de suas notas e aplicar estímulos através de reforços positivos para as respostas corretas.

Percebe-se que nesse tipo de abordagem, o software não é visto como um meio ou ferramenta pela qual o aluno desenvolve e constrói seu conhecimento, pelo contrário, é uma abordagem em que o software instrui o aluno através de estímulos. Para Valente (1998 apud FREITAS, 2007), esse tipo de software seria uma informatização dos métodos tradicionais de ensino.

Com relação à abordagem construcionista, é importante ressaltar que apesar de aparentemente igual ao construtivismo de Piaget, Paper (1986 apud FREIRAS, 2007) aponta algumas diferenças conceituais entre elas. Segundo o autor, o construtivismo resulta do conhecimento aprendido e construído desde a infância até a fase adulta através de interações com objetos que procura conhecer. Já no construcionismo, a aprendizagem se dá de forma mais significativa, pois existe ali um envolvimento afetivo por parte do aluno que se torna cada vez mais motivado por estar desenvolvendo e construindo um conhecimento de seu interesse.

Campos (2001, apud FREIRAS, 2007) também aponta características de softwares construcionistas. Segundo o autor, os objetivos já não são tão definidos e mensuráveis como no instrucionismo. Na verdade, são propostos macro objetivos e contextos que incentivem o aluno a buscar o conhecimento de forma mais autônoma encarando o software como uma linguagem de programação ou um aplicativo que permite representar suas ideias (VALENTE

1998 apud FREIRAS, 2007). Nessa abordagem, o conhecimento não é encarado através de etapas definidas como no instrucionismo, pois o aluno pode escolher os caminhos de navegação no software e buscar as informações de uma forma não-linear. Outra característica que esse tipo de software apresenta é o diálogo e a negociação de trabalho em grupo, uma vez que na apresentação de problemas reais e relevantes os alunos podem buscar as informações e testar as diversas soluções.

Percebe-se do exposto que na abordagem construcionista o aluno tem uma maior responsabilidade no gerenciamento de seu aprendizado e dentro desse processo, cabe ao professor a tarefa de mediador, orientador e facilitador do conhecimento. Assim, segundo Barros (2007) a escolha de metodologias e mediação pedagógica formam a base para a definição das estratégias de ensino, fazendo ligações entre essas metodologias e as tecnologias digitais.

8.6.2 Classificação dos softwares educacionais

Uma vez visto os tipos de abordagens no uso dos programas de computador para auxiliar no ensino-aprendizagem dos alunos, vamos agora fazer algumas considerações a respeito dos tipos de softwares encontrados na literatura que podem se assemelhar mais a uma ou outra abordagem.

Taylor (1980 apud FREIRAS, 2007) classifica os softwares em tutor, tutorando e ferramenta. Se o aluno é instruído pelo software, esse programa é intitulado tutor e segue a linha instrucionista. Se o aluno é o responsável por instruir o software, ele é chamado de tutorando. O software ferramenta é utilizado para que o aluno manipule as informações servindo de apoio para seus estudos. Vale lembrar, então, que os softwares tutorando e ferramenta se aproximam da linha construcionista.

Carmo Filho (2006 apud FREIRAS, 2007) apresenta alguns tipos de classificação, a saber:

- Tutoriais: são softwares que não apresentam mudanças significativas no que diz respeito à dinâmica tradicional de sala de aula. São normalmente indicados para iniciarem a ambientação do aluno com as diversas ferramentas multimídias (como sons e animações), mas sendo ainda uma abordagem informatizada do ensino tradicional.
- Exercício-e-prática: Indicados para possíveis revisões dos assuntos vistos durante as aulas, pois trabalham com instruções programadas dando respostas imediatas às respostas dos

alunos. Também não fornecem mudanças significativas de metodologias, e como o nome diz sendo utilizados para memorização.

- Jogos: Possuem a característica de motivar os alunos, pois misturam o aprendizado com um pouco de diversão. O ensino começa a passar do patamar de instrução explicitamente dirigida para uma exploração auto-dirigida por parte dos alunos.
- Simulação: São softwares que apresentam modelos do mundo real, permitindo que os alunos desenvolvam e testem hipóteses bem como analisem os resultados, sinalizando uma influência mais construcionista no processo de aprendizado. É indicado em atividades experimentais em que a prática real dessas atividades seja inviável por diversos motivos, como tempo de colheita de dados, o risco que determinado experimento possa oferecer em sua manipulação ou mesmo em equipamentos de difícil manipulação ou muito caros de serem disponibilizados.

Existem ainda alguns softwares que funcionam como ferramentas no ensino-aprendizagem e o mesmo autor, Carmo Filho (2006 apud FREIRAS, 2007), apresenta alguns exemplos:

- Aplicativos: São os diversos programas que manipulam as informações, como banco de dados, processamento de texto, as planilhas muito utilizadas pelo Excel em que o aluno utiliza os aplicativos para, por exemplo, construir gráficos.
- Resolução de problemas: Utilizado quando o professor quer focar sua aula propiciando o aprendizado na prática, ou seja, ancorado na resolução de problemas. Porém, o aluno deve ser capaz de expressar suas respostas através de uma linguagem computacional básica requerida pelo software.
- Controle de Processo: Além da resolução do problema, o aluno é levado a entender como funciona o processo em si e como se controla esse processo. Por exemplo, num lançamento de projétil ou num tiro de canhão, exercícios utilizados para ensinar cinemática, o aluno pode mudar a direção, o ângulo de ataque do canhão, a altura em que é disparado etc, e entender melhor como as variáveis relacionam-se.
- Comunicação: São softwares que fornecem uma comunicação eletrônica como correio eletrônico e mensagens instantâneas. Nessa categoria se encontram os softwares que suprem algum tipo de necessidade de nossos cinco sentidos, muito utilizados para o ensino de alunos que apresentem algum tipo de deficiência.

Assim, segundo Valente (1998 apud FREIRAS, 2007, p. 29), num software ferramenta

[...] o computador não é mais o instrumento que ensina o aprendiz, mas a ferramenta com a qual o aluno desenvolve algo, e, portanto, o aprendizado ocorre

pelo fato de estar executando uma tarefa por intermédio do computador. Estas tarefas podem ser as elaborações de textos, usando os processadores de texto; pesquisa de banco de dados já existentes ou criação de um novo banco de dados; resolução de problemas de diversos domínios do conhecimento e representação desta resolução segundo uma linguagem de programação; controle de processos em tempo real, como objetos que se movem no espaço ou experimentos de um laboratório de física ou química; produção de música; comunicação e uso de rede de computadores; e controle administrativo da classe e dos alunos.

Esses são alguns dos tipos de softwares encontrados na literatura e não necessariamente seguem uma regra específica e rígida para sua classificação. No entanto, é válido apresentar algumas classificações mais utilizadas.

Percebe-se, portanto, que o critério didático-pedagógico do software utilizado no ensino é muito importante em sua escolha e segundo Valente (1998 apud FREIRAS, 2007), essa abordagem pode ser construcionista ou instrucionista. Pelo que foi exposto, softwares construcionistas permitem que o aluno atue de forma mais efetiva e ativa na construção de seu próprio conhecimento, obviamente sempre auxiliado e orientado pelo professor. O fato de essa metodologia oferecer testes de hipóteses e avaliação de resultados pode favorecer a discussão em grupo tornando o ensino mais significativo do que as meras instruções programadas.

8.6.3 A Qualidade do Software Educacional

Apesar de existirem diversos tipos de programas de computador voltados ao ensino e as diversas finalidades do aprendizado, é importante ressaltar algumas características que permitam diferenciar os softwares quanto as suas qualidades gerais.

De acordo com Campos (2001 apud FREIRAS, 2007), o software deve possuir características pedagógicas que permitam a identificação do ambiente de ensino no qual ele pode ser melhor aproveitado, ou seja, ele deve estar de acordo com o contexto educacional em que é aplicado e deve possuir meios de identificação das possibilidades de sua aplicação. Além disso, deve possuir conceitos claros e motivacionais. Ao contrário do que se pode pensar, um software de qualidade não deve ser complexo no sentido de dificultar sua manipulação. O objetivo é o aprendizado e a transmissão de conhecimentos aos alunos. Portanto, deve ser fácil de operar e ainda se manter em funcionamento numa eventual ação inesperada (robustez), através de mecanismos que evitem ou diminuam a incidência de erros.

A interface deve ser amigável e acessível aos estudantes, de forma que os conceitos cheguem aos alunos de acordo com o nível de conhecimento em que eles se encontrem.

Outra característica, apontada por Campos (2001 apud FREIRAS, 2007), está na adaptabilidade do software, isto é, ele deve ser capaz de oferecer interfaces que se moldem às preferências e às necessidades dos usuários e do ambiente em que está inserido. Assim o programa deve ser facilmente personalizado para a manipulação de diferentes usuários. A instalação e o uso do software também devem ser considerados, pois não deve apresentar complicações, oferecendo manuais embasados e consistentes, inclusive ajuda on-line. Além disso, um software de qualidade deve estar em “sintonia” com os equipamentos mais utilizados nos laboratórios de informática sendo compatível com os equipamentos disponíveis no mercado, bem como na instituição de ensino.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como visto, a preocupação com a melhoria do ensino e em especial das atividades práticas voltadas para a educação no ensino de física já vem de algum tempo e deve ser uma preocupação contínua visando cada vez mais aprimorar a aplicação dessas atividades. Para isso, faz-se necessário sabermos o objetivo de uma atividade prática.

Pôde-se perceber nesta pesquisa que uma mesma atividade prática pode ser explorada de várias maneiras. Duggan e Gott (1995 apud GOMES, 2005) apontam objetivos que vão desde manipulações de objetos, ilustrações, demonstrações até atividades investigativas que requerem um maior grau de engajamento dos estudantes. O professor deve, portanto, ter em mente os objetivos a serem atingidos e os tipos de atividades a serem exploradas durante a realização de uma atividade experimental e repassar claramente esses objetivos aos estudantes, para evitar o desperdício de tempo e potencializar o aprendizado dos alunos.

A tendência das atividades práticas é que promovam, cada vez mais, maior grau de autonomia e reflexão por parte dos alunos. Nesse contexto, as atividades investigativas têm grande chance de atingir o objetivo de promover um aprendizado mais sólido e eficaz, como citado por Hodson (1992 apud GOMES, 2005), ao passo que atividades excessivamente estruturadas não teriam tanto sucesso exatamente por “mecanizarem” o aprendizado, como acontece geralmente nos laboratórios clássicos. Porém, não só o tipo de atividade é importante, como também a forma como o professor conduz a atividade é essencial, pois mesmo uma atividade de investigação, se não conduzida da maneira adequada, pode acabar por aumentar a passividade de alunos que inicialmente já não demonstravam tanto interesse pela atividade, se for por eles concebida como uma atividade “trabalhosa”. (GOMES, 2005).

Muitas escolas do Brasil ainda carecem de uma estrutura adequada para a realização de atividades experimentais. Porém, o professor pode minimizar essa diferença utilizando-se de materiais de baixo custo para que as atividades experimentais possam ser aplicadas, até porque, como dito anteriormente, os aparatos experimentais não são os únicos fatores que influenciam as aulas práticas. A metodologia utilizada pelo professor, dentro de um ambiente de interação e dialogia são fatores muito relevantes a serem considerados.

Nessa perspectiva, com relação às teorias de aprendizado que podem embasar as ações do professor para a aplicação de uma atividade prática eficaz e consistente, foi possível perceber que as práticas pedagógicas interacionistas são as que apresentam, segundo os autores abordados, maior probabilidade de sucesso. Monteiro e Gaspar (2007 apud

MONTEIRO et al. 2010) salientam que as interações que de fato contribuem para a aprendizagem são aquelas que acontecem dentro da zona de desenvolvimento proximal dos estudantes. Dessa forma, mesmo atividades que inicialmente sirvam apenas para demonstrar ou ilustrar uma aula podem ser extremamente relevantes se aplicadas em consonância com os conceitos de interação, dos tipos de discursos e estratégias citados neste trabalho.

É nesse contexto que as novas tecnologias e simulações computacionais estão inseridas. Com a evolução tecnológica e o surgimento de simulações e de softwares educacionais, ampliou-se a gama de ferramentas que o professor dispõe para trabalhar. Imagens em terceira dimensão, rapidez de manipulação das informações e construções em tempo real de gráficos são alguns exemplos dessa nova tecnologia que pode potencializar o aprendizado dos alunos se utilizadas da maneira correta. Isso porque a carga de responsabilidade e de importância continua, principalmente, na figura do professor, que deve procurar manter os alunos sempre comprometidos com a atividade.

Diante do exposto e com relação ao papel do professor durante a realização de uma atividade prática, pôde-se perceber que o professor continua sendo o “arquiteto da aprendizagem”. Para isso, é preciso que planeje suas aulas práticas e explicita os objetivos de sua atividade numa etapa pré laboratorial, e posteriormente discuta os resultados com os alunos (GOMES 2005). O professor deve decidir ainda pela atividade que julgue mais adequada, estipulando quais seriam os objetivos principais (e eventualmente os objetivos secundários) dentro dos diversos existentes numa atividade experimental, mantendo os alunos engajados, estimulados e pró-ativos durante toda a sua realização.

REFERÊNCIAS

ARAUJO, Mauro Sérgio Teixeira de; ABIB, Maria Lúcia Vital dos Santos. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo, v. 25, n. 2, Junho 2003.

BARROS, M. J. C. S.. **Reaprender frações por meio de oficinas pedagógicas: desafio para formação inicial**. 2007 Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade Federal do Ceará, 2007.

COUTO, F.P. **Atividades experimentais em aulas de Física: repercussões na motivação dos estudantes, na dialogia e nos processos de modelagem**. 2009. 98f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

DELIZOICOV, Demétrio e ANGOTTI, José A. P. Metodologia do Ensino de Ciências. São Paulo, Cortez: 1991.

DUARTE, M. D. O trabalho laboratorial em manuais escolares de química portugueses dos 8º e 9º anos de escolaridade. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, II., 1999, Valinhos, São Paulo. **Atas...**

FERRACIOLI, L. Aprendizagem, desenvolvimento e conhecimento na obra de Jean Piaget: uma análise do processo de ensino-aprendizagem em Ciências. **Rev. Bras. Est. Pedag.**, Brasília, v. 80, n. 194, p. 5-18, jan./abr. 1999. Disponível em: <<http://rbep.inep.gov.br/index.php/RBEP/article/viewFile/191/191>>. Acesso em: 05 ago. 2012.

FREITAS D. B. **Formação de professor de Física do ensino médio: Motivando aprendizagem significativa via uso de laboratório de experimentação e ambiente virtual de aprendizagem**. 2007. 110f. Monografia (Especialização em Ensino de Física) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

GALIAZZI M. C. Objetivo das atividades experimentais no ensino médio: A pesquisa coletiva como modo de formação de professores de Ciências. **Ciência e Educação**, Bauru, v.7, n.2, p. 249-263, 2001. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v7n2/08.pdf>> Acesso em: 10 abr. 2012.

GOMES, A. D. T. **Reconhecimento e uso de testes experimentais no laboratório escolar**. 2005. 183f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.

JAPIASSU, Hilton e MARCONDES, Danilo. **Dicionário Básico de Filosofia**. Rio de Janeiro: Zahar, 1996.

JIMÉNEZ VALVERDE, G., LLOBERA JIMÉNEZ, R y LLITJÓS VIZA, A. La atención a la diversidad em lãs prácticas de laboratorio de química: los niveles de abertura. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 24, n.1, p. 59-70, 2006.

LABURÚ, C.E. Fundamentos para um experimento cativante. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 23, n. 3, p. 382-404, 2006.

MIZUKAMI, M. G. N. **As abordagens do processo Ensino Aprendizagem e o Professor**. Numero edição. Cidade: Editora EPU, 2003.

MONTEIRO, I. C. C.; GASPAR, A., MONTEIRO M. A. A.; GERMANO J. S. E. As atividades de demonstração e a teoria de Vigotski: Um motor elétrico de fácil construção e de baixo custo. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, v. 27, n. 2: p. 371-384, ago. 2010. Disponível em: <<http://www.periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2010v27n2p371/13533>>. Acesso em: 15 mai. 2012.

MORAES, Roque. O significado da experimentação numa abordagem construtivista: o caso do ensino de Ciências. In: BORGES, Regina Maria Rabello; MORAES, Roque. **Educação em ciências nas séries iniciais**. 1998. Porto Alegre: Sagra-Luzatto, p.29-45.

NEVES, R. A; Damiani, M. F. Vygotsky e as teorias da aprendizagem. **UNirevista**, São Leopoldo, v. 1, n. 2, p. 1-10, abr. 2006. Disponível em: <<http://www.miniweb.com.br/Educadores/Artigos/PDF/vygotsky.pdf>> . Acesso em: 15 mai. 2012.

PIZZANI, L. et. al. A arte da pesquisa bibliográfica na busca do conhecimento. **Rev. Dig. Bibl. Ci. Inf.**, Campinas, v.10, n.1, p.53-66, jul./dez. 2012. Disponível em: <http://polaris.bc.unicamp.br/seer/ojs/index.php/rbci/article/view/522/pdf_28>. Acesso em: 05 mai. 2012.

SÁ, E. F. **Os Propósitos de Atividades Práticas na visão dos Alunos e Professores**. 2003. 183f. Dessertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003.

Santana, S. N.; Teixeira, E. S., **Um Estudo de Caso sobre as Implicações da Abordagem Ausubeliana no Ensino de Física**. Revista Sitientibus – Série Ciências Físicas. Departamento de Física da Universidade Estadual de Feira de Santana, Volume 01, Dezembro de 2005.

SANTOS E. I.; PIASSI L. P. C.; FERREIRA N. C. Atividades experimentais de baixo custo como estratégia de construção da autonomia de professores de física: uma experiência em formação continuada. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 9., 2004, Jaboticatubas. Disponível em: <http://www.cienciamao.if.usp.br/dados/epef/_atividadesexperimentaisd.trabalho.pdf>. Acesso em: 21 fev. 2012.

SCOTT, P. S, MORTIMER, E. F, AGUIAR, O. G. The tension between authoritative and dialogic discourse: a fundamental characteristic of meaning making interactions in high school science lessons. **Science Education**, V. 90. Issue 4, p.605-631, 17 feb. 2006.

SEVERINO, Antônio Joaquim. **Metodologia do trabalho científico**. 22ª edição. São Paulo: Cortez, 2002.

VILATORRE, A. M.; HIGA, I.; TYCHANOWICZ, S. D. **Metodologia no ensino de Matemática e Física**. 1. Ed. Curitiba: Ibpx, 2008

VYGOTSKY, L.S. **A construção do pensamento e da linguagem**. São Paulo. Editora Martins Fontes. 2001.

YAMAMOTO, I. e BARBETA, V. B.; Simulações de experiências como ferramenta de demonstração virtual em aulas de teoria de física. **Rev. Bras. Ens. Fis.**, São Bernardo do Campo-SP, vol.23, no.2, p.215-225, maio 2001.