

Bruno Augusto Rodrigues

O ENSINO DE CIÊNCIAS POR
INVESTIGAÇÃO EM ESCOLAS
DA REDE PÚBLICA

Belo Horizonte
2008

Bruno Augusto Rodrigues

O ENSINO DE CIÊNCIAS POR INVESTIGAÇÃO EM ESCOLAS
DA REDE PÚBLICA

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado da Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Educação.

Linha de Pesquisa: Educação e Ciência

Orientador: Prof. Dr. Antônio Tarciso Borges
Universidade Federal de Minas Gerais

Belo Horizonte
Faculdade de Educação da UFMG
2008



Universidade Federal de Minas Gerais
Faculdade de Educação
Programa de Pós-Graduação em Educação: Conhecimento e
Inclusão Social

Dissertação intitulada “O Ensino de Ciências por Investigação em Escolas da Rede Pública”,
de autoria do mestrando Bruno Augusto Rodrigues, aprovada pela banca examinadora
constituída pelos seguintes professores:

Prof. Dr. Antônio Tarciso Borges – FAE UFMG – Orientador

Profa. Dra. Maria Inês Martins – PUC MINAS

Profa. Dra. Danusa Munford – FAE UFMG

Prof. Dr. Bernardo Jefferson Oliveira
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Educação: Educação e Ciências
FAE/UFMG

Belo Horizonte, 12 de agosto de 2008

Dedico este trabalho aos meus pais e a todos os meus professores ao longo de toda a minha vida.

Agradecimentos

A Deus por tudo.

Ao Tarciso pela orientação paciente e bem humorada.

Aos meus pais por tudo.

À capoeira que foi meu sustento financeiro durante parte da caminhada.

Aos meus amigos e amigas, incluindo Mariana meu amor.

Ao Setor de Física do Coltec representado pelo professor Arnaldo que foi minha segunda casa por vários anos.

Aos meus colegas e professores da Pós.

Ao Toninho e ao Lacerda que tão pacientemente me ajudaram no trabalho de codificação dos planos.

Aos professores Célio e Ataíde, excelentes profissionais dedicados e amigos.

“Crer é morrer, pensar é duvidar;
A crença é o sono e o sonho do intelecto
A fé é isto: o pensamento
A querer enganar-se eternamente.”

(Fernando Pessoa)

RESUMO

Os resultados insatisfatórios da educação pública em avaliações como a do PISA, SAEB e a do SIMAVE são temas freqüentes de reportagens apresentadas na mídia em geral. Entretanto, concomitante com a compreensão dos resultados e implicações dessas avaliações está a necessidade de aprimoramento das mesmas em face do novo papel assumido pela educação na formação do cidadão do novo milênio. Diversas propostas curriculares como aquelas patrocinadas pela American Association for the Advancement of Science (AAAS, 1990) e National Research Council (NRC, 1996, 2000), para o sistema educacional norte-americano, e os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN, 1998), propostos a partir de demandas do MEC no Brasil, enfatizam que a educação em ciências deve oferecer aos alunos oportunidades de aprendizagem autêntica e significativa. A idéia central é que os estudantes aprendam não apenas os produtos da atividade científica, isto é, as leis, modelos, definições e teorias, mas também que aprendam sobre a ciência e a fazer ciência.

Nesta pesquisa tentamos desenvolver uma metodologia que fosse capaz de avaliar aspectos do conhecimento procedimental geral de estudantes da rede pública no início do Ensino Médio. Um tipo de conhecimento que, segundo a literatura especializada, a metodologia de ensino por investigação é capaz de desenvolver. E por isso, esta pesquisa também se propôs a avaliar que tipo de dificuldades os estudantes de escolas da rede pública enfrentam para aprender ciências através de atividades investigativas. Para tal, elaboramos uma unidade de ensino que aborda diferentes aspectos da fase inicial de uma investigação científica, para criar situações contextualizadas que permitissem avaliar os estudantes em três momentos. Eles foram avaliados antes de iniciada a unidade, após o seu término e após o período de férias escolares. Participaram da pesquisa 67 estudantes matriculados regularmente no Ensino Médio da rede estadual de ensino de MG e dois professores de Física.

Acreditamos que a metodologia desenvolvida tenha possibilitado a construção de uma imagem nítida do conhecimento procedimental geral dos estudantes e das suas dificuldades de aprendizado através do ensino por investigação. Os resultados indicam que os estudantes chegam ao Ensino Médio com um conhecimento procedimental bastante limitado, e indicam possibilidades e limitações para o planejamento de atividades de investigação voltados para a alfabetização científica ao longo do Ensino Médio.

ABSTRACT

The unsatisfactory results of public education in large-scale assessments like PISA, SAEB and SIMAVE, are often subjects of reports in the media. However, simultaneous with such evaluations there is the claim for the need of improving science education in view of the new role it plays in the formation of the citizen of the new millennium. Several proposals curriculum such as those sponsored by the American Association for the Advancement of Science (AAAS, 1990) and National Research Council (NRC, 1996, 2000), for the North-american educational system, as well as the National Curriculum Standards (PCN, 1998), commissioned by the Brazilian Ministry of Education (MEC), emphasize that science education needs to provide students with authentic science learning opportunities. The core idea is that students should not only learn the products of scientific activity, that is, scientific laws, models and theories, but also they should learn about science and do science.

Thus, this research attempted to develop a methodology for evaluating which would be able to evaluate general aspects of students' procedural knowledge from public schools at the beginning of their secondary education, which corresponds to years 9 to 11. A type of knowledge that the specialized literature suggests that the methodology of teaching by inquiry is capable of developing. In this research has also proposed to assess what kind of difficulties the students of state schools face when learning science through investigative activities. For this end, we elaborate a teaching sequence to address different aspects of scientific inquiry to create an appropriate learning environment and assessed students' understandings on three occasions. They were assessed prior to the sequence, after its end and after the school holiday of the participants. 67 students enrolled in year 9 of regular public schools from the state of Minas Gerais. They were taught by two Physics teachers.

We believe that the methodology developed has enabled the construction of a vivid image of aspects of the students' procedural knowledge and unveiled their difficulties in learning science through inquiry. The results indicate that students come to high school with a very limited procedural knowledge, and indicate possibilities and constraints to the planning of investigative activities to promote scientific literacy over the high school years.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – ILUSTRAÇÃO DA RAMPA DE LANÇAMENTO HORIZONTAL UTILIZADA NA AULA 6.....	85
FIGURA 2 – ILUSTRAÇÃO DE DOIS ALVOS ADOTADOS EM ENTREVISTAS COM OS ESTUDANTES.....	159

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DE ALUNOS POR NOTA NO TESTE DE CONTROLE DE VARIÁVEIS.....	135
GRÁFICO 2 – DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DE ALUNOS POR JUSTIFICATIVA NO TESTE DE CONTROLE DE VARIÁVEIS.....	136
GRÁFICO 3 – GRÁFICO DA DEFORMAÇÃO DE MOLAS DE DIFERENTES DIÂMETROS.....	166

LISTA DE HISTOGRAMAS

HISTOGRAMA 1 – DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL E MÉDIA DE PROFICIÊNCIA DOS ESTUDANTES DAS ESCOLAS PESQUISADAS EM LÍNGUA PORTUGUESA.....	97
HISTOGRAMA 2 – DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL E MÉDIA DE PROFICIÊNCIA DOS ESTUDANTES DAS ESCOLAS PESQUISADAS EM LÍNGUA PORTUGUESA.....	100
HISTOGRAMA 3 – DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL E MÉDIA DE PROFICIÊNCIA DOS ESTUDANTES DAS ESCOLAS PESQUISADAS EM MATEMÁTICA.....	101
HISTOGRAMA 4 – DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL E MÉDIA DE PROFICIÊNCIA DOS ESTUDANTES DA TERCEIRA SÉRIE DO E.M. DAS ESCOLAS PESQUISADAS EM MATEMÁTICA.....	103
HISTOGRAMA 5 – DISTRIBUIÇÃO DA NOTA NO PLANO DE INVESTIGAÇÃO DOS ESTUDANTES NO PRÉ-TESTE.....	114
HISTOGRAMA 6 – DISTRIBUIÇÃO DA NOTA NO PLANO DE INVESTIGAÇÃO DOS ESTUDANTES NO PÓS-TESTE.....	115
HISTOGRAMA 7 – DISTRIBUIÇÃO DA NOTA NO PLANO DE INVESTIGAÇÃO DOS ESTUDANTES NO TESTE DE RETENÇÃO.....	116

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – PONTOS CRÍTICOS NA IMPLEMENTAÇÃO DE UM ENSINO POR INVESTIGAÇÃO.	44
QUADRO 2 – AÇÕES DO PROFESSOR E DO ALUNO NO ENSINO POR INVESTIGAÇÃO.	47
QUADRO 3 – CONTÍNUO LABORATÓRIO ESTRUTURADO-INVESTIGAÇÕES	52
QUADRO 4 – VARIAÇÕES NAS ATIVIDADES QUE CONTEMPLAM ELEMENTOS ESSENCIAIS DO ENSINO DE CIÊNCIAS CONFORME MAIOR OU MENOR DIRECIONAMENTO DO PROFESSOR.	53
QUADRO 5 – PRÉ E PÓS-TESTE DE ELABORAÇÃO DO PLANO DE INVESTIGAÇÃO.	68
QUADRO 6 – EXEMPLO DE UMA TABELA TÍPICA DA AULA 3.....	81
QUADRO 7 – RESUMO DAS AULAS E OBSERVAÇÕES PARA ESTA PESQUISA.....	89
QUADRO 8 – NÚMERO DE PROFESSORES E A RESPECTIVA FORMAÇÃO PROFISSIONAL.....	91
QUADRO 9 – DISTRIBUIÇÃO DO NÚMERO DE ESTUDANTES POR MUNICÍPIO, SÉRIE E TURNO DE ESTUDO.	93
QUADRO 10 – MODELO EXPLICATIVO DA ELABORAÇÃO DE RELATOS DE ATIVIDADES PRÁTICAS.	105
QUADRO 11 – ASPECTOS E DESCRITORES DOS PLANOS DE INVESTIGAÇÃO.....	113
QUADRO 12 – HIPÓTESES PARA O PROBLEMA DO TEMPO DE EVAPORAÇÃO DE UMA MASSA DE ÁGUA.	151
QUADRO 13 – HIPÓTESES PARA O PROBLEMA DE DIMINUIR A QUANTIDADE DE CONSERVANTES NOS ALIMENTOS.	153
QUADRO 14 – HIPÓTESES PARA O PROBLEMA DO DESENVOLVIMENTO DE UMA ÁRVORE.....	153
QUADRO 15 – HIPÓTESES PARA O PROBLEMA DO DESGASTE DE UM PNEU.	154
QUADRO 16 – ESTUDANTES SELECIONADOS PARA O ESTUDO DE CASOS.....	156

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – DADOS PERCENTUAIS NACIONAL, ESTADUAL, MUNICIPAL E DAS ESCOLAS NO PROVA BRASIL.....	94
TABELA 2 – NÚMERO DE PLANOS DE INVESTIGAÇÃO AVALIADOS EM CADA RODADA.....	108
TABELA 3 – ÍNDICE PERCENTUAL DA CONCORDÂNCIA OBSERVADA MÉDIA DOS 22 DESCRITORES DE CADA ÁRBITRO POR RODADA DE AVALIAÇÃO.	109
TABELA 4 – PERCENTUAL DE ACERTO DOS ÁRBITROS PARA CADA DESCRITOR.	110
TABELA 5 – NOTA DE CORTE DOS ESTUDANTES DIVIDINDO CADA AMOSTRA EM PARTES IGUAIS.	115
TABELA 6 – PERCENTUAL DE ESTUDANTES QUE IDENTIFICARAM A VARIÁVEL DEPENDENTE.....	118
TABELA 7 – PERCENTUAL DE ESTUDANTES QUE IDENTIFICARAM AS VARIÁVEIS INDEPENDENTES.	119
TABELA 8 – PERCENTUAL DE ESTUDANTES QUE PRODUZIRAM PLANOS RELEVANTES.....	122
TABELA 9 – PERCENTUAL DE ESTUDANTES E A CONSISTÊNCIA NO PLANO DE INVESTIGAÇÃO.....	123
TABELA 10 – PERCENTUAL DE ESTUDANTES QUE INDICAM O DADO A SER OBSERVADO.	128
TABELA 11 – PERCENTUAL DE ESTUDANTES QUE INDICARAM O QUE FAZER COM OS DADOS.	129
TABELA 12 DISTRIBUIÇÃO DO PERCENTUAL DOS ALUNOS POR NOTA E CIDADE NO TESTE DE CONTROLE DE VARIÁVEIS.	133
TABELA 13 – DISTRIBUIÇÃO DO PERCENTUAL DE ALUNOS POR JUSTIFICATIVA NO TESTE DE CONTROLE DE VARIÁVEIS.	135
TABELA 14 – DEFORMAÇÃO DE MOLAS DE DIFERENTES DIÂMETROS.	164
TABELA 15 – RESULTADOS DA CODIFICAÇÃO DO PLANO DE INVESTIGAÇÃO PRÉ-TESTE	173
TABELA 16 – SÍNTESE PERCENTUAL DOS RESULTADOS DA CODIFICAÇÃO DO PLANO DE INVESTIGAÇÃO PRÉ, PÓS- TESTE E TESTE DE RETENÇÃO.	175

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 RECONSTRUÇÃO HISTÓRICA DO ENSINO POR INVESTIGAÇÃO.....	19
2.1 PROTO-IDEIAS SOBRE O USO DO LABORATÓRIO NO CURRÍCULO DE CIÊNCIAS NO FINAL DO SÉCULO XIX.....	21
2.2 ENSINO DE CIÊNCIA E O PRAGMATISMO NO SÉCULO XX	23
2.3 RETORNO AO RIGOR ACADÊMICO NA SEGUNDA METADE DO SÉCULO XX	27
2.4 O ENSINO DE CIÊNCIAS PARA A VIDA PRÁTICA	31
2.5 ENSINO POR OU COMO INVESTIGAÇÃO?	32
2.6 ENSINO POR INVESTIGAÇÃO NO FINAL DO SÉCULO XX	35
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	37
3.1 O PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM COMO UM TRABALHO DE ENCULTURAÇÃO	37
3.2 A ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA E O ENFOQUE DESTA PESQUISA	38
3.3 CONHECIMENTO CIENTÍFICO.....	40
3.4 O ENSINO POR INVESTIGAÇÃO.....	42
3.4.1 <i>Considerações sobre a implementação de um ensino baseado em investigação</i>	42
3.4.3 <i>Aproximação entre a ciência escolar e a ciência real</i>	49
3.4.5 <i>Aspectos procedimentais da cultura científica e sua avaliação</i>	54
4 METODOLOGIA	59
4.1 QUESTÕES DE PESQUISA	59
4.2 CUIDADOS ÉTICOS	60
4.3 IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA DE PROFESSORES E ALUNOS PARTICIPANTES	61
4.4 A UNIDADE DE ENSINO E O CURRÍCULO ESCOLAR	63
4.5 CONHECIMENTOS PROCEDIMENTAIS SÃO ABSTRATOS.....	64
4.6 PESQUISA INVESTIGATIVA OU DE AVALIAÇÃO	66
4.7 OS TESTES.....	67
4.8 OS DADOS E AS QUESTÕES DE PESQUISA	70
4.8.1 <i>A análise dos testes</i>	71
4.8.2 <i>A análise qualitativa</i>	72
5 APRESENTAÇÃO DA UNIDADE DE ENSINO	74
5.1 A TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA E OS OBJETIVOS DA UNIDADE DE ENSINO	74
5.2 UNIDADE DE ENSINO – PARTE 1 – PROBLEMATIZAÇÃO DA REALIDADE E DOS CONHECIMENTOS PRÉVIOS DOS ALUNOS	77
5.2.1 <i>Aula 1 – Identificação de um Problema</i>	77
5.2.2 <i>Aula 2 – Delimitação do problema</i>	79
5.2.3 <i>Aula 3 - A formulação de hipóteses</i>	80
5.2.4 <i>Aula 4 – Revisão: Estudando o desenvolvimento de sementes</i>	81
5.3 UNIDADE DE ENSINO - PARTE 2 - PRODUÇÃO, SISTEMATIZAÇÃO E ORGANIZAÇÃO DE CONHECIMENTOS	83
5.3.1 <i>Aula 5 – A estratégia de controle de variáveis (ECV)</i>	83
5.3.2 <i>Aula 6 – Erro experimental</i>	84
5.3.3 <i>Aula 7 – Teste de tração</i>	87
6 ANÁLISE DOS RESULTADOS I	90
6.1 CARACTERIZAÇÃO PROFISSIONAL DOS PROFESSORES PARTICIPANTES	90
6.2 CARACTERIZAÇÃO DAS ESCOLAS.....	92
6.2.1 <i>Dados da Prova Brasil</i>	93
6.2.2 <i>Dados do SIMAVE</i>	94
6.2.3 <i>Proficiência de Língua Portuguesa 8ª série</i>	95
6.2.4 <i>Proficiência Língua Portuguesa 3ª série</i>	97
6.2.5 <i>Proficiência matemática na 8ª série</i>	101
6.2.6 <i>Proficiência de matemática 3ª série</i>	102

6.3 AVALIAÇÃO DOS PLANOS DE INVESTIGAÇÃO	104
6.3.1 A codificação dos testes e as marcas textuais.....	104
6.3.2 Avaliação da confiabilidade entre os árbitros.....	107
6.4 RESULTADOS PRÉ E PÓS-TESTE E TESTE DE RETENÇÃO	111
6.5 CATEGORIZAÇÃO DE ASPECTOS DO PLANO DE INVESTIGAÇÃO	116
6.5.2 Identificação das variáveis independentes.....	119
6.5.3 Relevância do plano.....	121
6.5.4 Estratégia de Controle de Variáveis – ECV.....	122
6.5.5 Grandeza a ser medida.....	127
6.5.6 O que fazer com os dados.....	128
6.6 RESULTADOS DO TESTE DE CONTROLE DE VARIÁVEIS.....	130
6.6.1 Codificação do teste de controle de variáveis	130
6.6.2 Apresentação e análise de resultados do teste de controle de variáveis.....	132
6.7 SÍNTESE	137
7 ANÁLISE DOS RESULTADOS II.....	142
7.1 UMA UNIDADE INTRODUTÓRIA	142
7.1.1 Aula 1: Questões de orientação científica	143
7.1.2 Aula 2: Fatores relevantes.....	146
7.1.3 Aula 3: Formulação de hipóteses	150
7.2 APRESENTAÇÃO DOS ESTUDANTES SELECIONADOS	155
7.2.1 Contingências e a seleção dos estudos de caso	156
7.2.3 Repetição de medidas e margem de erro	157
7.2.4 Estratégia de controle de variáveis.....	161
7.2.5 Interpretação de dados na forma de tabela e gráfico.....	163
7.3 SÍNTESE	167
8 CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES	169
8.1 PRINCIPAIS RESULTADOS E CONCLUSÕES.....	170
8.2 IMPLICAÇÕES EDUCACIONAIS	176
8.3 NOVAS QUESTÕES DE PESQUISA.....	178
9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	180
10 ANEXOS	189
ANEXO A – QUESTIONÁRIO CARACTERIZAÇÃO PROFISSIONAL.....	189
ANEXO B – TESTE DE CONTROLE DE VARIÁVEIS.....	192
ANEXO C – TESTE DE CONTROLE DE VARIÁVEIS.....	193
ANEXO D – ATIVIDADE DA AULA 4.....	194
ANEXO E – ATIVIDADE DA AULA 5	195
ANEXO F – TESTE DE RETENÇÃO	196
ANEXO G – QUESTIONÁRIO SUPLEMENTAR.....	197

1 INTRODUÇÃO

A preocupação com a qualidade do ensino em todo o mundo está de modo geral sempre associada a um sistema de avaliação e monitoramento das reformas educacionais. O Sistema Integrado de Informações Educacionais (SIED), gerenciado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Educacionais (INEP) é responsável pela divulgação de resultados do Censo Escolar e da avaliação da educação básica entre outros pontos. De forma semelhante, o Instituto de Geografia e Estatística (IBGE) também fornece dados relevantes para a avaliação do sistema educacional brasileiro.

A partir dos dados do Censo Escolar verifica-se que após uma queda no número de estudantes matriculados no Ensino Médio (E.M.) em Minas Gerais desde o ano de 2001 até o ano de 2005, o número de estudantes matriculados voltou a crescer entre 2005 e 2007. Por outro lado, em âmbito nacional o índice de analfabetismo divulgado pelo IBGE indicou que de 2005 para 2006 o índice de analfabetismo caiu de 10,2% para 9,6%, o que representa cerca de 14,9 milhões de pessoas analfabetas com mais de dez anos de idade. O Instituto também registrou queda no índice de analfabetismo funcional de 24,9% para 23,6%. Assim, neste momento o país verifica tanto um aumento no número de matrículas no ensino médio como uma diminuição do percentual de analfabetos.

Entretanto, em 2003 os resultados do SAEB evidenciaram que nas duas proficiências testadas o desempenho médio dos estudantes foi inferior ao patamar de desempenho satisfatório. Em matemática a média nacional foi de 75% daquele considerado satisfatório, e em Língua Portuguesa foi de 78,3%. Tal exame é aplicado bianualmente desde 1990 e avalia a proficiência em Língua Portuguesa e matemática de uma amostra de estudantes brasileiros na 4^a e 8^a série do Ensino Fundamental (E.F.) e na 3^a série do E.M. Segundo Borges (2005) o exame adota metodologias psicométricas capazes de produzir séries históricas de índices educacionais em uma mesma escala e, por isso, são relevantes para a avaliação da educação nacional. Entretanto, em 2005 o jornal eletrônico “Jornal da Educação” noticiou que novamente os dados do SAEB evidenciaram resultados insatisfatórios e que nos últimos dez anos a educação no Brasil piorou em todos os dados comparativos, sendo inferior ao observado em 1995.

Assim, apesar da queda no índice de analfabetismo e do aumento no número de matrículas, historicamente a educação brasileira vem decaindo e freqüentemente os resultados

insatisfatórios da educação brasileira é tema de reportagens. Em 2000 a avaliação PISA, um projeto patrocinado pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) que visa traçar um panorama mundial da educação e é aplicado trianualmente encontrou que o Brasil foi o pior dentre os países avaliados no exame que avaliou a capacidade de leitura, fato amplamente divulgado pela imprensa.

Entretanto, concomitante com estas avaliações está a necessidade de aprimoramento destas em face do novo papel assumido pela educação na formação do cidadão do novo milênio. Diversas propostas curriculares como aquelas patrocinadas pela American Association for the Advancement of Science (AAAS, 1990) e National Research Council (NRC, 1996, 2000), para o sistema educacional norte-americano, e os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN, 1998), propostos a partir de demandas do MEC no Brasil, enfatizam que a educação em ciências deve oferecer aos alunos oportunidades de aprendizagem autêntica e significativa.

A idéia central é que os estudantes aprendam não apenas os produtos da atividade científica, isto é, as leis, modelos, definições e teorias, mas também que aprendam sobre a ciência e a fazer ciência. O que se almeja não é transformar os alunos em mini-cientistas durante algum tempo de sua educação escolar, mas levá-los a vivenciar experiências genuínas de produção de conhecimento.

Obviamente que isso é limitado pelo ambiente escolar, recursos financeiros e materiais, a preparação e confiança dos professores para implementarem essas atividades, entre outros fatores. Pode-se pensar que as experiências iniciais dos estudantes com atividades de fazer ciência devam ser provavelmente investigações simples que lhes permitam desenvolver gradativamente uma atitude indagadora e crítica, ao invés de passivamente receber informações. Segundo Coll (1987), isso é possível a partir da perspectiva investigativa de ensino, que possui o potencial de colocar o estudante no centro da organização e do planejamento de uma investigação.

Mas como avaliar esta atitude indagadora e a habilidade dos estudantes em conduzir investigações simples? O objetivo dessa pesquisa refere-se a uma avaliação do conhecimento procedimental geral dos estudantes, pois apesar do ensino por investigação se sobressair como uma perspectiva inovadora para o ensino de ciências tanto no Brasil como no exterior, tal perspectiva é pouco pesquisada no ensino público. Os trabalhos de Borges e Rodrigues (2004), Laburú (2003) e Carvalho (2007) pesquisam a inserção de atividades investigativas na escola, mas estas pesquisas ocorreram em instituições de referência, ou tradicionalmente

utilizadas como núcleos de pesquisa e, portanto, com características bem distintas daquelas de uma escola pública típica.

Esta lacuna na literatura representa a falta de trabalhos que pesquisem a implementação de currículos que visam a melhoria da educação em ciências, presentes nas propostas curriculares atuais, por exemplo, AAAS (1990), NRC (1996, 2000) e PCN (1998), para a ampla parcela da população brasileira que estuda em escolas públicas. Isto porque de acordo com os dados do Censo (2005), cerca de 85% das matrículas do E.M. regular realizada em todo o Brasil eram de escolas estaduais. Em Belo Horizonte, o percentual é superior a 68%, demonstrando que o fracasso educacional em pesquisas nacionais está em grande parte relacionado às escolas estaduais. Como exemplo, recente pesquisa realizada pelo Instituto Paulo Montenegro, braço social do Ibope, em junho de 2002 constatou que 77% da população adulta brasileira não é capazes de resolver questões envolvendo cálculo proporcional (exigem mais de um passo para sua resolução) e não consegue ler mapas, tabelas e gráficos. Apenas 23% dessa população domina habilidades matemáticas básicas.

Assim, como será exposto no capítulo 3, a alfabetização científica é uma meta educacional muito ampla, dependente da alfabetização básica, que também abarca a participação democrática e a noção do processo de elaboração do conhecimento científico. Segundo Ruiz (2005), um desafio desse porte poderia, na educação formal, transitar pelos diferentes níveis de escolarização, do ensino fundamental à pós-graduação, tendo como pano de fundo a condição humana e as múltiplas relações entre ciência, arte e filosofia.

Entretanto, Bybee e DeBoer (1994) afirmam que nas últimas décadas as metas curriculares para a educação em ciências que mais fielmente traduzem o entendimento de educadores e acadêmicos sobre o que os estudantes devem aprender são: (1) adquirir conhecimento científico substantivo; (2) aprender os processos e métodos das ciências; e (3) compreender as aplicações da ciência, especialmente, as relações entre ciência e sociedade, e ciência-tecnologia-sociedade.

Assim, pode-se inserir esta pesquisa na segunda categoria de Bybee e DeBoer (1994), pois seu objetivo é o de compreender e avaliar de forma exploratória o nível da educação científica pública sobre processos e métodos das ciências. De forma mais específica vamos avaliar alguns aspectos da “competência evidenciativa” de alunos do ensino médio da rede pública a partir de testes e entrevistas realizadas durante uma intervenção curta de caráter introdutório com oito aulas de duração.

Pretende-se, então, não só expandir os horizontes das pesquisas sobre alfabetização científica baseada numa perspectiva investigativa, como também explorar, no contexto de escolas da rede pública de educação básica, as dificuldades enfrentadas pelos estudantes para aprender, por meio de investigações, alguns aspectos da cultura científica.

Para tal essa dissertação está organizada de acordo com a seguinte estrutura. No capítulo 2, a fim de fundamentar filosófica e historicamente a proposta apresenta uma reconstrução histórica, a partir do conceito de estilo de pensamento desenvolvido pelo filósofo Ludwik Fleck, da metodologia de ensino por investigação.

Em seguida, no capítulo 3, caracterizo o aprendizado científico como um processo de enculturação e discuto diferentes perspectivas para os termos “alfabetização científica”. Posteriormente discuto alguns aspectos relevantes para a implementação de uma proposta de ensino investigativo e alguns fatores normalmente utilizados para caracterizar o ensino por investigação identificados a partir da revisão de literatura, permitindo a elaboração de um amplo espectro de atividades investigativas. Por fim, apresento como a literatura tem avaliado a “competência evidênciativa” dos estudantes através da análise de planos de investigação.

No capítulo 4 apresento a metodologia utilizada nesta pesquisa, iniciando pelas questões de pesquisa desse trabalho e os cuidados éticos tomados anteriormente à coleta de dados. Depois apresento como a amostra de professores e alunos participantes foi selecionada e comento sobre a relação entre a unidade de ensino elaborada e o currículo escolar das ciências no Ensino Médio da rede estadual. Em seguida discuto a dupla utilidade da unidade de ensino como introdução à investigação em ciências e como contexto para a fundamentação da avaliação dos estudantes em sala. O capítulo também discute diferenças entre a pesquisa pura e a avaliativa para caracterizar esta pesquisa como avaliativa, apresentando os testes e como os dados coletados se relacionam com as questões de pesquisa.

O capítulo 5 tem como objetivo apresentar em detalhes a unidade de ensino utilizada a partir da teoria da transposição didática de Chevallard (1991). Através desta teoria justifico os propósitos educacionais da unidade que serviu como uma introdução à investigação científica escolar no contexto da rede estadual de ensino.

Através do capítulo 6 apresento alguns resultados, começando por caracterizar profissionalmente os professores participantes. Posteriormente caracterizo as escolas participantes a partir de dados da Prova Brasil e do SIMAVE e, em seguida, apresento alguns resultados estatísticos encontrados a partir da avaliação de desempenho dos estudantes no pré

e pós-teste, bem como do teste de retenção. Discuto a confiabilidade dos dados e o aprendizado dos estudantes por meio da categorização de seis aspectos distintos de seus planos de investigação. Por fim, apresento a avaliação no pré e pós-teste e no teste de retenção do teste de controle de variáveis.

No capítulo 7 apresento os resultados das atividades realizadas em sala e das entrevistas. Uma análise que teve como objetivo avaliar os estudantes e suas dificuldades para aprender ciências por investigação em um nível mais individualizado.

O capítulo 8 recapitula o significado dos dados apresentados nos capítulos 6 e 7 como forma de apresentar as implicações para o ensino e para a pesquisa em educação em ciências, e algumas conclusões que podem ser elaboradas a partir deste trabalho de pesquisa.

2 RECONSTRUÇÃO HISTÓRICA DO ENSINO POR INVESTIGAÇÃO

A ciência é uma das mais belas adaptações do espírito humano. Ela é uma vitória do espírito sobre o mundo material. Mas como ela vingou? Não foi apenas pela acumulação de conhecimento e experiências. Longe disso. Foi construindo uma ferramenta intelectual de coordenação, graças à qual o espírito pôde relacionar os fatos uns aos outros. Jean Piaget (1998, p. 100)

Neste capítulo pretendo demonstrar através de uma reconstrução histórica como o entendimento do processo de ensino de ciências foi se modificando até as metas atuais para o ensino de ciência por investigação, previstas nos PCNs.

Para alguns autores a idéia de situar historicamente o nascimento da metodologia de ensino por investigação não faz sentido. Segundo Dow (2005) não há novidade em aprender ciência realizando observações e formulando questões a serem investigadas. Trata-se de uma abordagem fundamental para compreender o mundo, consoante com a idéia de que a curiosidade é uma característica natural do ser humano e por isso todas as atividades humanas devem ser guiadas pela curiosidade e pela investigação (MUNFORD e LIMA; 2008).

Contudo, de acordo com Munford e Lima (2008) esse tipo de colocação “trivializa” as iniciativas de ensino de ciências através da investigação, não refletindo a preocupação que educadores das ciências da natureza tiveram em reverter a ênfase na transmissão de conceitos e teorias, bem como discussões nos campos da filosofia, sociologia e história da ciência sobre o processo de desenvolvimento do conhecimento científico.

Segundo Campos e Cachapuz (1997) entre o empirismo-positivista¹ e o racionalismo-construtivista² surgiram várias referências para compreender a natureza da ciência e seu desenvolvimento. Essas reflexões contribuíram de forma expressiva para o desenvolvimento do ensino de ciências, por aprofundarem a compreensão da ciência, da atividade científica e o do seu impacto sobre nossa sociedade.

¹ Processo de investigação da natureza demarcado por um método científico único e universal respaldado pela obtenção de dados empíricos e pela indução. Como efeito, se uma teoria não é capaz de explicar um dado ela deve ser substituída por outra que abarque o maior número de dados empíricos. Através desta visão da ciência o progresso da ciência é cumulativo.

² Oposto ao acúmulo científico, entende a ciência como atividade humana e sujeita a contextos. Questiona provas empíricas e é acusado de introduzir aspectos subjetivos à ciência. Através desta visão, toda observação supõe convenções e estas não são nem verdadeiras nem falsas.

De acordo com Bybee (2000), a idéia do ensino de ciência como investigação possui uma longa história na educação científica e é uma história de confusão sobre o que quer dizer ensinar ciência por investigação e sobre sua implementação em sala. Para descrever esta história lanço mão de alguns conceitos desenvolvidos por Ludwik Fleck em seu livro, “*A Gênese e o Desenvolvimento de um Fato Científico*” (FLECK, 1979), primeiramente editado em 1935.

Em sua obra, Fleck traça a trajetória do conceito de sífilis ao longo dos anos e como tal conceito teve implicações no conhecimento da doença e sua aplicação no diagnóstico e tratamento pela comunidade médica. Para Fleck (1979) um dado científico é compreendido dentro de uma estrutura que ele denominou de **estilo de pensamento** (tradução de “*Denkstil*” em alemão). Segundo Pfuetzenreiter (2007) trata-se de uma disposição para o perceber orientado. Para Lima (2003), a tradução mais apropriada seria “estilo de pensar”, e para o autor, significa a tendência a uma percepção seletiva e utilização mental e prática do percebido.

De acordo com Condé (2005), Fleck antecipou-se muito à Thomas Kuhn, sendo um dos primeiros a perceber que um fato científico não é algo dado, mas que possui dimensão psicológica, social e histórica. Fleck (1979) também denominou de **coletivo de pensamento** (*Denkkollektiv*) as idéias compartilhadas por um grupo com um determinado estilo de pensamento, referindo-se ao esforço coletivo necessário ao desenvolvimento do moderno entendimento do conceito de sífilis. Um conceito que em seus aspectos históricos evoluiu desde o século XV até o diagnóstico através de uma amostra de sangue pela “reação de Wassermann” no início do século XX (CONDÉ, 2005).

Desta forma, a construção de um conhecimento depende não só da relação entre o sujeito cognoscente e o objeto de estudo, mas sim da triangulação entre o sujeito, o objeto e o estado do conhecimento. Ou seja, a elaboração de um conhecimento científico depende também da influência do coletivo de pensamento e não apenas do pesquisador e da sua capacidade de interpretar um dado empírico.

Muito embora Fleck tenha formulado sua teoria para discutir a gênese e o desenvolvimento de um fato científico, autores como Delizoicov et al. (2002) e Pfuetzenreiter (2007) indicam que a proposta pode ser empregada para o estudo de vários tipos de comunidades e suas interações com a produção do conhecimento. Para Delizoicov et al. (2002), as categorias analíticas de Fleck podem ser aplicadas tanto para o conhecimento comum, como para o conhecimento científico e as possíveis inferências que daí possam ser obtidas. Assim, ao longo dessa

reconstrução histórica utilizarei alguns conceitos da teoria de Fleck para esclarecer o coletivo de pensamento do ensino por investigação atual.

2.1 Proto-idéias sobre o uso do laboratório no currículo de ciências no final do século XIX

Segundo Deboer (2006), durante o século XIX o currículo escolar europeu e norte-americano, era dominado pelos estudos clássicos, sendo eles a matemática e a gramática. Mas a ciência despontava como uma disciplina importante para a formação dos indivíduos. O principal argumento para a inclusão do estudo da ciência no currículo embasava-se em sua diferenciação do clássico por oferecer prática na lógica indutiva. Ou seja, desenvolver princípios gerais a partir de observações empíricas específicas, é o oposto da lógica dedutiva, que parte de princípios gerais para observações específicas, característica dos estudos clássicos (DEBOER, 2006).

Bybee (2000) aponta que Charles W. Eliot, presidente da Universidade de Harvard de 1869 a 1895, articulou a necessidade do ensino de ciência e do uso de laboratórios no currículo escolar. DeBoer (2006) destaca ainda o trabalho de Thomas Huxley (1825-1895), um biólogo britânico, adepto do Darwinismo, que presidiu a Royal Society e também contribuiu para a popularização da ciência e sua inserção no currículo escolar. No Brasil, a partir de uma reconstrução histórica do ensino de química, Ferreira e Hartwing (2004) afirmam que o ensino de ciências iniciou-se em 1880 nas escolas secundárias de São Paulo.

Para Deboer (2006) a entrada da ciência no currículo escolar e discussões sobre como deveria ser ensinada tornaram-se a justificativa para a emergência do laboratório de ciência. Ainda segundo o autor a instrução no laboratório e o ensino de ciência como um processo de investigação recebeu o suporte de outro intelectual da época, Herbert Spencer (1820-1903), um cientista social e filósofo que também publicou trabalhos no campo da biologia. Uma de suas últimas publicações no campo da educação foi “What Knowledge Is of Most Worth” (Spencer, 1864), que argumentava a favor da inclusão da ciência no currículo escolar.

Para Spencer o laboratório deveria oferecer oportunidades para o estudante desenvolver uma concepção clara dos fenômenos naturais, o que não poderia ser feito apenas através de livros. O laboratório também traria prática na elaboração de conclusões a partir da observação, o que

Spencer chamava de “juízo”. Ele também acreditava que se o estudante estivesse em contato direto com objetos e fenômenos, as generalizações por ele descobertas seriam lembradas por mais tempo e o processo de investigação contribuiria para tornar o estudante mais independente da autoridade do professor (DEBOER, 2006).

Deboer (2006) cita diversos intelectuais da época que concordavam com a importância do ensino de ciências não dogmático. Este ensino deveria ser de forma indutiva para que os estudantes desenvolvessem sua própria forma de busca por conhecimento. Buscava-se um ambiente que ajudasse os estudantes a desenvolverem suas habilidades de pensar, comparar, discriminar e raciocinar indutivamente. Este local seria usado tanto para a verificação de princípios químicos, como para as descobertas independentes, provenientes da curiosidade dos estudantes.

Entretanto, outros estudiosos reconheciam a impraticabilidade de se ter estudantes gastando todo o tempo de aula em descobertas independentes. Estes educadores propunham o uso de investigações guiadas pelo professor, através do levantamento de questões, do material a ser utilizado e das sugestões sobre o que observar. Ao professor basicamente cabia formular questões orientando os estudantes em suas observações e experimentos (DEBOER, 2006).

Desta forma, podemos resumir que, durante o século XIX surgiram três formas de ensino através do laboratório. A primeira chamada de “**descoberta verdadeira**” (true discovery), em que os estudantes tinham o máximo de liberdade para explorar o mundo natural por conta própria e segundo seus interesses. A segunda foi chamada de **verificação**, uma abordagem em que os estudantes confirmavam fatos científicos ou princípios no laboratório a partir de orientações de seus professores também chamada de não científica porque os estudantes já sabiam o que deveriam encontrar. A terceira foi chamada de **investigação**, referindo-se à descoberta guiada, em que o estudante não descobre, obrigatoriamente, tudo por si só, mas tem que resolver questões cuja solução é desconhecida (DEBOER, 2006).

Desta forma, pode-se destacar três estilos de pensamento sobre a prática educativa no laboratório científico escolar. Trata-se das pré ou proto-idéias sobre o uso do laboratório no currículo. De acordo com Pfuetzenreiter (2007), para Fleck os conceitos dentro da ciência não estão encerrados, sofrem perda de alguns aspectos, mas incorporação de outros e as pré ou proto-idéias são as idéias originais sobre os fatos que se transformam ao longo do tempo. Desta forma, pode-se dizer, a partir da inserção do ensino de ciências no currículo escolar e a clara necessidade de aulas práticas, que inicialmente existiam basicamente três formas de trabalhar no laboratório escolar.

Para Condé (2005), Thomas Kuhn (Kuhn, 1970) é responsável, em grande medida, pela apresentação de Fleck ao debate contemporâneo sobre a epistemologia e história das ciências. Mas enquanto Kuhn pressupõe a ciência como um evento revolucionário, movido a rupturas nas idéias e práticas científicas aceitas pelos membros de uma comunidade, chamada de paradigma, para Fleck a comunidade científica interpõe-se entre o sujeito e o objeto de estudo através do coletivo de pensamento. Desta forma, o fato não é algo como uma pura descrição do sujeito isolado e, por pertencer a uma comunidade, o estilo de pensamento sofre um reforço social. Assim, o coletivo de pensamento pode ser descrito como um evento evolucionário, em que o surgimento de novos fatos e idéias é concebido como uma mutação continuada (CONDÉ, 2005).

Apesar de diferenciar três estilos de pensamento é necessário apontar que todos eles possuem um ponto comum. DeBoer (2006) argumenta que os objetivos da educação científica durante a segunda metade do século XIX podem ser expressos principalmente em termos do desenvolvimento pessoal dos indivíduos, o que incluía ter familiaridade com fatos e princípios essenciais à vida em uma era científica, além do treino proveniente da prática do raciocínio indutivo. Também tinha como meta o desenvolvimento da capacidade de elaborar conclusões de forma independente a partir de evidências, observações e dados coletados. A idéia principal era a busca de uma forma de libertar o indivíduo da dependência da autoridade intelectual de outros, o que serviria muito bem para a formação de cidadãos em uma sociedade democrática (DEBOER, 2006), um estilo de pensamento que reflete o coletivo de pensamento da época.

2.2 Ensino de ciência e o pragmatismo no século XX

Apenas durante a primeira metade do século XX é que os benefícios individuais da educação científica tornaram-se menos importantes do que o seu valor social. O estilo de pensamento da educação norte-americana adotou uma tendência pragmática à medida que procurava dar respostas aos problemas urgentes como o rápido crescimento do país movido pela imigração, rápida urbanização, e a necessidade de solucionar os problemas de saneamento e saúde pública, e outros problemas sociais básicos. John Dewey (1902-1990) é apontado por DeBoer (2006) como sendo, em grande parte, a pessoa que mais influenciou esta abordagem da educação (DEBOER, 2006).

Segundo Rudolph (2005), o trabalho de Dewey é útil não apenas por sua associação com a educação, mas por causa da sua metáfora da ciência como instrumento para o progresso. Estudiosos do trabalho de John Dewey pontuam que para esse filósofo pragmático, a ciência e todo o conhecimento devem ser pensados no sentido de atender as necessidades humanas (GODFREY-SMITH, 2002; WESTBROOK, 1991).

De forma sintética e prática, Dewey acredita que o teste de validação de uma idéia ocorre quando o seu uso funcional e instrumental é eficaz na transição de uma experiência relativamente conflitante para uma outra relativamente integrada (DEWEY, 1903). Neste sentido, Rudolph (2005) explica que algumas idéias ajudam a resolver situações incertas, e investigações bem sucedidas desenvolvem-nas na forma de conceitos ou teorias que além de auxiliar na resolução da situação, também são úteis em investigações posteriores.

Conceitos como os de “campo, partícula e célula” possuem primariamente um valor intelectual, e indiretamente, valor empírico, mas auxiliam no progresso da ciência (DEWEY, 1916). O significado destes constructos teóricos provém da forma com que se relacionam com outros constructos, parte do que Dewey chama de “sistema cognitivo” (RUDOLPH, 2005). Assim, o conhecimento provém do entendimento do papel funcional das idéias nesse sistema e de seu processo de desenvolvimento para fortalecer o nosso entendimento do mundo (GODFREY-SMITH, 2002).

Cunha (2001) também enfatiza a noção de movimento presente na obra do filósofo americano e destaca como a proposta deweyana para a filosofia a de promover uma reflexão sobre a experiência dos homens no mundo real e não sobre valores transcendentais e imutáveis. Para Cunha (2001), Dewey prefere o advérbio “verdadeiramente” ao substantivo “verdade” e ao adjetivo “verdadeiro”, recusando assim entender a filosofia como guia do homem, mas aceitando-a como referência para uma forma de agir e um modo de proceder em busca de algo, uma busca eterna em face da mutabilidade constante do mundo (CUNHA, 2001).

Foi, portanto, a partir de uma visão instrumentalista e adepta à atitude inquieta de busca que Dewey criticou o ensino de ciência em seu tempo. De acordo com Bybee (2000), Dewey, criticou a educação e sua ênfase no acúmulo de informações acabadas, com as quais os estudantes devem estar familiarizados na seção de educação da American Association for the Advancement of Science, no tópico “Science as Subject-Matter and as Method”. Para Dewey este tipo de abordagem não é o bastante para entender a ciência como um método de pensamento e uma atitude mental que ajuda a transformar formas de pensamento (DEWEY, 1910/1964).

Posteriormente, Dewey publicou em 1938 *Logic: The Theory of Inquiry*, em que discutia os estágios principais do método científico: indução, dedução, lógica matemática, e empirismo. Nesta obra ele articula os objetivos do ensino de ciência como investigação: desenvolver o pensamento e a razão, formar hábitos da mente, aprender assuntos da ciência e entender os seus processos. Para Bybee (2000) esta obra sem dúvida influenciou muitos livros-texto de ciências que tratavam a produção de conhecimento a partir de um método fixo, em oposição à variedade de estratégias cujo uso depende da questão a ser investigada.

Assim, apesar de Dewey acreditar na existência de um único método aplicável a qualquer experiência científica, influenciou muitos educadores. O uso que Dewey faz do termo experiência é original e pouco compreendido, o que levou suas idéias a serem usadas para justificar a necessidade de atividades práticas no currículo de ciências, a importância das atividades fora da escola e a “pedagogia de projetos”, conforme apontam seus estudiosos (WONG et al, 2001). Para o filósofo, a investigação deve nos ajudar a considerar nossas impressões passadas à luz do que estamos aprendendo, iluminando possibilidades e nos ajudando a escolher por qual caminho nos aventuraremos da próxima vez (DEWEY, 1916).

Desta forma, o estilo de ensino por investigação era agora visto como uma forma de desenvolver as habilidades de resolução de problemas específicos, mas de significância social ao invés de uma forma de disciplinar o raciocínio indutivo. Preparar os estudantes para a vida em uma democracia implica que a educação precisa fornecer as habilidades e a disposição para lhes formular questões significativas e importantes, e uma vez que existe um aspecto colaborativo na sociedade democrática, os estudantes também precisam desenvolver a capacidade de investigar de forma cooperada (DEBOER, 2006).

A respeito da educação em ciências, DeBoer (2006) destaca que Dewey escreveu:

...os estudantes devem ser apresentados a assuntos científicos e serem iniciados nos fatos e leis familiarizando-se com suas aplicações no cotidiano da sociedade. A fidelidade a este método não é apenas o caminho mais rápido para compreender a ciência em si, mas à medida que os estudantes se tornem mais maduros, é também o caminho mais seguro para o entendimento da economia e problemas industriais presentes na sociedade. (DEWEY, 1938)

Este aspecto colaborativo da investigação científica representa mais uma contribuição ao estilo de pensamento do ensino de ciências por investigação. Mas tal aspecto não surge na construção histórica de Ferreira e Hartwing (2004) para o ensino de química no Brasil. A princípio existia grande preocupação com o uso de experimentos em laboratórios equipados, e

posteriormente em 1886, uma lista de experimentos publicados pela universidade de Harvard passou a auxiliar o trabalho. Pretendia-se promover treinamento em observação, fornecer informações e estimular o interesse do aluno. Mas foi apenas na década de 1930, com a Reforma Francisco Campos, que o ensino de química passou a ter o caráter demonstrativo, possibilitando ao aluno eventualmente realizar exercícios práticos, com o objetivo de confirmar as leis da química. Neste momento o processo de produção da ciência e seu ensino, eram considerados isomórficos (FERREIRA e HARTWING, 2004). Uma abordagem semelhante àquela definida anteriormente como verificação.

Durante a primeira metade do século XX, as discussões mais freqüentes eram sobre o uso mais apropriado do laboratório. A Associação Nacional da Educação organizou um comitê sobre a reorganização da educação secundária (CRSE)³ cujo relatório propunha que os exercícios de laboratório deveriam exigir a recordação de fatos conhecidos, a aquisição de novas informações, a formulação e o teste de hipóteses e a resolução indutiva e dedutiva, de forma a atingir a generalização e conclusão correta. De forma semelhante, o comitê de físicos da CRSE enfatizou a importância do laboratório como um lugar para aprender como conduzir uma investigação genuína ao invés de um ambiente para “verificar de leis”, “memorizar princípios”, “adquirir habilidades de medida”, ou para aprender a “ser um observador cuidadoso”. Os estudantes deveriam ir ao laboratório para descobrir, através de experimentos, os fatos que são essenciais para a solução de seus problemas. A idéia era aproximar as situações de aprendizagem do estudante para problemas de investigação originais, possibilitando que adquirisse uma prática verdadeira no uso de métodos e procedimentos científicos (DEBOER, 2006).

Dando continuidade à discussão sobre o ensino das ciências, em 1932, o trigésimo primeiro encontro anual do Comitê da Nação para o Estudo da Educação (NSSE)⁴ analisou as razões pelas quais o laboratório poderia ser utilizado no ensino de ciência, identificando sete pontos:

1. Para o desenvolvimento de técnicas de laboratório simples.
2. Para que os estudantes estabeleçam por si mesmos os princípios científicos já aceitos e estabilizados.
3. Para ganhar familiaridade com objetos da ciência.

³ Tradução de National Education Association's Commission on the Reorganization of Secondary Education (CRSE). In DeBoer (2006), National Education Association (1920).

⁴ Tradução de National Society for the Study of Education (NSSE).

4. Para promover ilustração e desenvolvimento de um melhor entendimento dos princípios científicos.
5. Para promover treinamento em métodos científicos.
6. Para promover treinamento científico na solução de problemas dos próprios estudantes.
7. Para estudar problemas científicos que os estudantes podem ter (NSSE, 1932).

Assim, a partir desse encontro o comitê avaliou sete razões que justificariam o uso de atividades de laboratório, mas pontuou que a sua essência deveria ser a resolução dos problemas levantados pelos estudantes (DEBOER, 2006).

Entretanto, havia integrantes do Comitê como Francis Curtis (NSSE, 1932) que acreditava que a interpretação de dados estava além das habilidades dos estudantes. Para este autor a investigação científica genuína relaciona-se às práticas atuais dos cientistas, uma opção de carreira pouco desejada pela maioria dos estudantes (DEBOER, 2006).

2.3 Retorno ao rigor acadêmico na segunda metade do século XX

A caracterização do uso do laboratório de ciências para a investigação de problemas genuínos por parte dos estudantes começou a se modificar a partir da segunda metade do século XX. DeBoer (2006) explica que com o crescimento do número de cientistas, aumentando também o número de professores de ciências graduados e líderes com formação científica nas indústrias, iniciou-se um momento crítico em que a ciência perde o seu rigor acadêmico e parte da sua força. Tal momento refletia uma preocupação com a aplicação prática do conhecimento científico e com uma ênfase excessiva sobre a relevância social e o interesse do estudante. O argumento considerava que o papel primeiro das escolas deveria ser o treinamento de uma inteligência disciplinada e a transmissão da herança cultural. A crítica enfatizava que a educação científica estava centrada demais nos estudantes sendo necessário o retorno a uma disciplina mais intransigente. Este era o início de um movimento de reforma que se iniciou nos anos 1950 e terminou nos anos 1970 (DEBOER, 2006).

DeBoer (2006) afirma que os líderes deste movimento acreditavam que a ciência deveria ser ensinada tal qual é praticada pelos cientistas de forma a torná-la o mais autêntica possível.

Para Ferreira e Hartwing (2004), este movimento histórico do ensino das ciências passou a ter o objetivo de transformar o aluno em um mini-cientista através do “método de ensino e aprendizagem por descoberta”, que no Brasil tomou forma a partir de 1967 com a tradução dos projetos americanos CBA (Chemical Bond Approach) e CHEM Study (Chemical Education Materials Study). No período dos ‘grandes projetos’, as atividades de laboratório ganharam papel central nas reformas curriculares dos Estados Unidos. Este período também foi marcado pelo surgimento dos projetos BSCS (Biological Sciences Curriculum Study) e PSSC (Physical Science Study Committee), SCIS (Science Curriculum Study) e o ESS (Elementary Science Study), marcando o início da corrida tecnológica do futuro, referente ao investimento maciço do governo americano na área da educação científica, após o lançamento do primeiro satélite artificial, o Sputnik, pela União Soviética (MARTIN, 1999).

Neste momento, a principal diferença entre o coletivo de pensamento vigente para o ensino como investigação e a versão predominante no início do século está na busca por um ensino mais rigoroso. O que para os futuros cientistas representaria a vantagem de uma introdução precoce à lógica e métodos do campo de trabalho escolhido, e para o público em geral uma imagem forte e objetiva da ciência, bem como a apreciação dos métodos das ciências (DEBOER, 2006).

Entretanto, a crença de que o estudante deveria descobrir por si só os conceitos científicos foi bastante criticada, alguns anos depois. De acordo com Ferreira e Hartwing (2004), na grande maioria dos casos os alunos não descobriam por si só os conceitos, sendo necessária a mediação docente.

Neste período desponta o trabalho de Joseph Schwab, frequentemente associado à noção de investigação científica do movimento de reforma educacional dos anos 1960. Schwab (1962), biólogo de formação e educador, é um marco do ensino de ciências por investigação. O autor publica uma série de trabalhos analisando o conhecimento científico como composto de conhecimento científico semântico e conhecimento científico sintático (MUNFORD; 2006). O primeiro deles refere-se aos significados compartilhados em grupo (conceitos, teorias, modelos, etc.) que visam explicar fenômenos naturais, enquanto que o segundo é referente às regras para se saber algo dentro das ciências naturais, isto é, aos procedimentos e práticas socialmente aceitas como válidas para a construção de modelos (SCHWAB, 1962).

A diferença entre a visão dos educadores do século XIX e a de Schwab é que, enquanto aqueles educadores se preocupavam com o desenvolvimento intelectual individual dos

estudantes, Schwab se preocupava com o bem estar da nação (DEBOER, 2006), o que o trecho a seguir destaca:

Há cento e cinquenta anos atrás, a ciência era um adorno para a sociedade desocupada. Era conduzida principalmente por amadores e cavalheiros. Era uma atividade gratuita do intelecto investigativo, uma procura delimitada para uma causa própria... O que não continuou por muito tempo. A democracia industrial tem feito da ciência a fonte de poder e produtividade da nação. (Schwab, 1962).

Para Schwab (1962) a nação americana enfrentava três necessidades. A primeira era aumentar o número de cientistas. A segunda era possibilitar a formação de líderes políticos competentes capazes de desenvolver agendas políticas baseadas no entendimento científico. E a terceira era educar um público simpático ao conhecimento científico e a sua natureza fluída, para que apoiassem pesquisas científicas. O objetivo primário de Schwab não era que os estudantes fossem capazes de conduzir investigações científicas por si mesmos, mas sim que entendessem a natureza da investigação científica como uma atividade dinâmica e contínua (DEBOER, 2006).

Schwab argumentava que a principal razão para a mudança nos métodos de ensino de ciência residia no fato de que a própria ciência tinha se modificado sendo necessária naquele momento uma nova visão concernente à natureza da ciência. Para Schwab, os cientistas não mais iriam conceber a ciência como verdades estáveis a serem verificadas, e sim como princípios para investigação e estruturas conceituais passíveis de revisão em resposta a novas evidências (BYBEE, 2000).

Bybee (2000) argumenta ainda que os termos utilizados por Schwab como “estáveis” e “fluída” para caracterizar a mudança na concepção da natureza da ciência sugerem a distinção entre a ciência normal e revolucionária de Thomas Kuhn na obra *The Structures of Scientific Revolutions*, publicado originalmente em 1962. As investigações estáveis utilizam princípios correntes para preencher as lacunas no corpo de conhecimento, enquanto a investigação fluída visa a invenção de uma estrutura conceitual que pode revolucionar a ciência (BYBEE, 2000).

Bybee (2000) aponta que Schwab acreditava que a ciência vinha sendo ensinada como uma retórica de conclusões perfeitas, cuja estrutura de discurso persuade os homens a aceitar a tentativa como certeza, a dúvida como algo sem dúvida. E que a retórica ocorria sem mencionar as razões ou evidências, como se todos com conhecimento soubessem que se trata de uma verdade (BYBEE, 2000).

Para modificar o ensino de ciência de seu tempo, Schwab propôs uma forma de trabalho prático em que o professor deveria considerar três níveis de abertura no laboratório. No primeiro nível, o professor formula questões e descreve métodos de investigação que irão auxiliar o estudante a descobrir relações que ainda não sabe. No próximo nível, o manual do laboratório ou o livro texto apresentam a questão a ser investigada, mas os métodos e resultados ficam em aberto. E por fim, no nível mais sofisticado, os estudantes investigam questões formuladas por eles próprios, coletando evidências e propondo explicações baseadas nos dados que coletados e observações que realizadas (BYBEE, 2000).

Na prática, a reforma educacional da segunda metade do século XX se preocupa em mostrar a relação entre conteúdos e métodos da forma mais rigorosa possível, mas entende que isto poderia ser feito tanto através de um ensino baseado em investigação, como através do ensino tradicional. De forma que enquanto a lógica de uma descoberta pode ser explicada aos estudantes de uma forma tradicional, o professor também pode requisitar aos alunos que formulem seus problemas e os solucionem aprendendo na prática (DEBOER, 2006).

Para Schwab a discussão era vista como uma forma particular e poderosa de ensino baseado em investigação. Para isso, entre outras formas de trabalho Schwab propôs que os estudantes analisassem anotações históricas de cientistas, estudando a lógica da descoberta, ou pedia que analisassem o livro texto colocando-se em posição de avaliar os argumentos e evidências utilizadas pelo autor. O objetivo de Schwab era que os estudantes tivessem o mais completo e pleno entendimento das ciências tanto em termos de conteúdo como em termos de procedimentos. Assim, a visão da primeira metade do século XX dos métodos científicos como algo que poderia ser aplicado a uma ampla gama de problemas científicos e sociais ao alcance de qualquer um, com a reforma da segunda metade do século passou a ser vista como uma disciplina específica. Trata-se de outro estilo de pensamento que exigia profundo conhecimento conceitual e teórico e se afastou dos fenômenos da experiência usual, tornando-se inacessível a vários estudantes. (DEBOER, 2006).

Entretanto, pode-se afirmar que apesar da clara distinção feita por Schwab da investigação como um conteúdo e da investigação como pedagogia, ambas eram freqüentemente confundidas.

James Rutherford (1964) também acreditava que o ensino de ciências não representava a ciência como investigação. De acordo com Bybee (2000) às vezes o termo era utilizado tornando a investigação como parte do conteúdo científico em si, em outras se referia a uma

estratégia particular de ensino de um conteúdo científico. Rutherford (1964) apresentou três conclusões:

1. É possível obter uma compreensão ampla da ciência como investigação após considerá-la como conteúdo e operá-la sob a premissa de que os conteúdos da ciência são provavelmente compreendidos apenas no contexto em que surgiram e das investigações futuras que iniciaram.
2. Como um corolário, é possível aprender algo sobre ciência como investigação sem que o processo de aprendizagem em si siga precisamente qualquer método de investigação usado nas ciências.
3. O laboratório pode ser utilizado para promover a experiência dos estudantes com alguns aspectos ou componentes das técnicas de investigação empregadas em uma dada ciência, mas apenas após o conteúdo do experimento ter sido cuidadosamente analisado.

Rutherford conecta ao ensino de ciências como investigação (teaching as inquiry) um conhecimento baseado na prática deste ensino, o que requer ampla base de conhecimentos sobre a história e a filosofia da ciência que o professor deveria ensinar como condição para o progresso deste tipo de ensino. Mas o aspecto cultural da natureza da ciência só veio a ser debatido mais explicitamente na década de 1980.

2.4 O ensino de ciências para a vida prática

Anteriormente, no início dos anos 1970, o foco da educação voltou-se para a formação do cidadão e das habilidades necessárias para interagir com um mundo científico. A idéia de uma educação para um entendimento amplo e funcional da ciência passou, segundo DeBoer (2006), a ser denominada de alfabetização científica⁵. Uma atitude amplamente divulgada através do movimento de educação científica CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade)⁶, enfatizando que neste tipo de abordagem educacional o conhecimento científico e os processos da ciência deveriam ser utilizados para resolver problemas presentes na vida cotidiana (HURD, 1970).

⁵ O termo utilizado por DeBoer (2006) foi science literacy, traduzido como alfabetização científica.

⁶ Na literatura internacional o movimento CTS é conhecido pela sigla STS que do inglês significa Science, Technology and Society.

Neste estilo de pensamento, que representa uma atitude neoprogressista agregada pelo movimento CTS, a lógica da ciência e a forma científica de pensar não perderam importância, mas passaram a ser mais relevante para a resolução de problemas práticos da vida diária do cidadão. Assim, ainda é necessário que os estudantes aprendam habilidades de coletar dados, interpretá-los e comunicar os resultados obtidos investigando temas de interesse social relacionados à ciência (RAMSEY, 1997). Sob esta perspectiva, temas de interesse da sociedade poderiam ser utilizados para organizar o currículo, delineando o conteúdo (DEBOER, 2006).

Entretanto, a abordagem de ensino a partir de temas sócio-científicos norteadores que organizam o currículo recebeu algumas críticas. Acreditava-se que tal abordagem carece de substância, uma vez que os problemas da sociedade estão em contínua mudança, não agregando a noção de integridade estrutural da ciência, o que dificulta a preparação dos estudantes com conhecimentos e habilidades necessárias para lidar com problemas futuros (KROMHOUT e GOOD, 1983).

A respeito desse aspecto, DeBoer (2006) argumenta que a questão importante não era decidir quando os métodos científicos poderiam ser generalizados para o estudo de problemas sociais, mas quando seria interessante que os estudantes se engajassem neste tipo de investigação.

Assim, resumidamente pode-se observar o coletivo de pensamento da educação científica no século XX da seguinte forma. Dewey e outros educadores do início do século XX falaram de métodos gerais com ampla aplicabilidade a diferentes problemas e contextos que poderiam ser estudados em sala. Os neoprogressistas dos anos 1970 e 1980 concordam com esta posição, diferentemente dos idealizadores das reformas educacionais ocorridas com as diferentes disciplinas nos anos 1950 e 1960. A estes últimos o rigor acadêmico e a herança científica eram bandeiras necessárias.

2.5 Ensino por ou como investigação?

Neste momento, final dos anos 1970 e início dos anos 1980, a National Science Foundation, financiou um projeto que sintetizou estudos amplos (surveys), avaliações e estudos de caso sobre o status da educação científica nos Estados Unidos (HARMS E KOHL, 1980; HARMS E YAGER, 1981). A análise do projeto, denominado *Project Synthesis*, revelou que a comunidade de pesquisadores da educação científica estava utilizando o termo “investigação”

(inquiry) de diversas formas. O trabalho verificou ainda que o termo investigação era utilizado tanto se referindo a investigação como conteúdo, quanto como metodologia de ensino, não sendo claro o significado do termo.

Também verificou que apesar de quase todos os professores terem feito declarações positivas sobre o valor da investigação no ensino do conteúdo, tinham muitas considerações para não utilizá-la como método de ensino. Seja para introduzir um conteúdo, ou para guiar experimentos, os professores alegavam que surgiam problemas de gerenciamento da turma, dificuldades para satisfazer as circunstâncias existentes, problemas com a obtenção de materiais e equipamentos, receio de que experimentos fossem propostos pelos alunos e sobre quando a investigação realmente funcionaria (BYBEE, 2000).

Bybee (2000) destaca ainda que a porção relativa à biologia do *Project Synthesis* apresentava pouca evidência de que a investigação estava sendo utilizada (HURD et al., 1980). De forma semelhante, os resultados do levantamento de Costenson e Lawson (1986), encontraram que alguns professores de biologia argumentavam que o ensino como investigação demanda muito tempo e energia, pois os estudantes não são suficientemente maduros. Acreditavam ainda que os experimentos podem colocar os estudantes em risco, que a investigação dificulta o registro do progresso do estudante, viola os hábitos desenvolvidos pelos professores, além de ser extremamente cara (BYBEE, 2000).

Os resultados obtidos com professores de biologia também teriam sido encontrados entre professores de ciência de outras áreas e indicam a existência de possíveis obstáculos à implementação de programas como o BSCS. De acordo com os *National Science Standards* (NRC, 1996) do final do século XX, existem três ingredientes cruciais para a implementação bem sucedida do ensino de ciências através de investigações: (1) os professores precisam entender precisamente o que é a investigação científica; (2) eles precisam ter suficiente entendimento da estrutura da disciplina que ensinam; e (3) eles precisam ser mais habilidosos no ensino de técnicas de investigação. Uma perspectiva que enfatiza bem a distinção entre a investigação como um conteúdo a ser entendido primeiro pelos professores e depois pelos estudantes, da investigação como técnica a ser utilizada pelos professores para ajudar os estudantes a aprender.

Neste momento, por volta de meados dos anos 1980, a educação científica havia assimilado a distinção entre o conteúdo do ensino por investigação, referente a conhecimentos sintáticos na definição de Schwab, da prática de ensino como investigação. Enfatizo, portanto, que foi apenas por volta dos anos 1980 que se formou uma espécie de consenso que possibilitou à

comunidade de educadores e pesquisadores do ensino de ciência diferenciar os termos “ensino como investigação” (teaching as inquiry) de “ensino por investigação” (inquiry teaching).

Foi então que a comunidade acadêmica mais explicitamente passou a agregar o aspecto cultural do conhecimento científico ao ensino por investigação. Uma perspectiva que desde a década de 1960 Rutherford enfatizara ser necessária para o ensino de ciência, referindo-se a uma relação direta entre conhecimentos sobre a história e a filosofia da ciência e um melhor entendimento sobre a natureza da ciência. Exatamente o que representava a proposta de ensino por investigação, ou seja, promover imagens mais sofisticadas, isto é em acordo com o entendimento atual de especialistas da área de educação em ciências, de como a ciência tem sido construída pela humanidade.

Neste momento, o objetivo era conjugar os aspectos culturais, disciplinares e intelectuais, bem como a habilidade de aplicar o conhecimento científico na resolução de problemas relevantes para o estudante ou para a sociedade. O ensino por investigação tinha todo este papel incluindo ainda a capacidade de motivar o estudante, sendo que toda esta tendência era mantida sob o guarda-chuva da alfabetização científica (DEBOER, 2006).

No Brasil, após as críticas apontadas para o ensino por descoberta e para a formação de cientistas mirins, do fim da década de 1970 e 1980, a proposta que ganhou predominância foi a de um ensino voltado para a mudança conceitual. De forma geral, acreditava-se que a mudança conceitual seria obtida em quatro etapas: (i) levantar as concepções dos alunos; (ii) propor uma ou mais situações com potencial de gerar conflitos cognitivos; (iii) explicitar o conflito entre as concepções alternativas ou espontâneas dos estudantes e as concepções científicas aceitas e (iv) propor novos problemas para que os estudantes pudessem aplicar a concepção científica em outros casos, como forma de possibilitar a sua generalização. Mas, segundo Ferreira e Hartwing, (2004) frequentemente os alunos não percebiam a existência de um conflito entre suas concepções e os fenômenos e situações, e adaptavam a interpretação das observações e resultados experimentais às suas idéias prévias. O conflito cognitivo era externo, proveniente do professor, o que podia gerar problemas afetivos.

Especificamente quanto à abordagem de um ensino de ciências por investigação pode-se afirmar que no Brasil não está bem estabelecida, pois existem poucos artigos publicados sobre o tema (Sá et al, 2007). Isto provavelmente se deve ao fato de que o ensino por investigação começou a ser debatido amplamente apenas após os PCN (1998) e da publicação dos documentos que orientaram a reforma da educação em ciências nos Estados Unidos.

2.6 Ensino por investigação no final do século XX

A partir deste cenário amplo e rico que, em 1989, foi publicado o Project 2061's *Science For All Americans* (AAAS, 1989). Esta era a primeira publicação do projeto de mesmo nome lançado em 1985 pela AAAS e que tinha como objetivo esboçar as diretrizes para reformar a educação em ciências nos Estados Unidos. Ele foi uma tentativa de atingir um consenso sobre o que os estudantes deveriam saber para serem alfabetizados cientificamente no sentido mais amplo possível. Para seleccionar os conteúdos e conhecimentos que todos os estudantes deveriam aprender, a equipe do projeto estabeleceu cinco critérios:

1. O conteúdo aumenta a perspectiva futura de um indivíduo de conseguir um emprego e a habilidade de tomar decisões pessoais?
2. O conteúdo auxilia o indivíduo a participar inteligentemente em decisões políticas que envolvam a ciência e a tecnologia?
3. O conteúdo apresenta aspectos da ciência, da matemática e da tecnologia importantes para a história da humanidade ou por estarem difundidos na cultura a educação estaria incompleta sem eles?
4. O conteúdo ajuda as pessoas a ponderar sobre questões presentes na existência humana?
5. O conteúdo enriquece a vida das crianças no momento presente independente do que possa cobrir no futuro?

A equipe responsável pela formulação final do documento recomendava que o ensino de ciência deveria ser consistente com a natureza da investigação científica e que os estudantes deveriam estar a par das coisas à sua volta como dispositivos, organismos, materiais, formas observando-os, coletando, manipulando, descrevendo-os, fazendo perguntas, discutindo e tentando encontrar respostas para suas perguntas (DEBOER 2006).

Adotando uma linha semelhante, a equipe comissionada pelo National Research Council (NRC) contribuiu com a definição de alfabetização científica através da publicação do *National Science Education Standards* (NRC, 1996). Neste documento, os objetivos elencados para a educação em ciência determinam que os estudantes da escola secundária sejam capazes de:

1. Experimentar a riqueza e a exaltação de quem compreende o mundo natural;
2. Utilizar processos e princípios científicos apropriados para tomar decisões particulares;
3. Engajar de forma inteligente em discussões e debates envolvendo temas que dizem respeito à ciência e à tecnologia;
4. Aumentar a produtividade econômica utilizando conhecimento, compreensão e habilidades que uma pessoa letrada cientificamente possui.

Atualmente, são estas as duas principais referências sobre o ensino por investigação. Nos Estados Unidos não existe um currículo nacional, e cada estado tem autonomia e dever de propor o que os seus estudantes devem aprender ou saber ao longo do período de educação obrigatória. Estes documentos, entretanto, formaram os núcleos das várias propostas de currículos desenvolvidas nas várias unidades da federação. Tanto o *Science For All Americans* como o *National Science Education Standards* reconhecem e endossam a importância de um ensino por investigação que permita aos estudantes desenvolver uma imagem mais sofisticada sobre a ciência e a investigação científica, contribuindo com o desenvolvimento intelectual e individual e oferecendo uma forma de pensar que poderia ser utilizada na solução de problemas diários (DEBOER, 2006).

Entretanto, muitas das qualidades do ensino por investigação são devotadas a argumentos psicológicos sobre a eficiência do ensino por investigação, especialmente como uma forma de aprender conceitos e princípios da ciência. As publicações da NRC argumentam que o ensino por investigação é uma estratégia de ensino mais efetiva, que promove um maior engajamento dos estudantes e por meio da qual os estudantes aprendem mais.

Assim, com o fim do século XX, a educação em ciências atingiu um status incontestável e, em especial, o ensino por investigação passou a ser embasado por um espectro enorme de argumentos em seu favor. Entretanto, apesar do coletivo de pensamento atual sobre esta metodologia estar centrado nas publicações da AAAS e da NRC é preciso estudar com cuidado a melhor estratégia de ensino. Existem diversas possibilidades úteis de planejamento de uma estratégia de ensino voltada para a construção de uma imagem mais sofisticada do trabalho científico e que promova a progressiva enculturação dos estudantes no mundo da ciência.

3 REVISÃO DE LITERATURA

Entendendo o processo de ensino e aprendizagem como inerente a um processo de enculturação (Driver et. al., 1994), alguns pesquisadores admitem que o aprendizado na área de ciências iniciado no Ensino Fundamental ainda está incompleto quando o estudante atinge o nível de pós-graduação (Ruiz, 2005). Entretanto, neste capítulo pretendo apenas caracterizar aspectos da cultura científica educacional e apontar metas de ensino e aprendizagem de ciências no nível Médio da escolarização, para então discutir como a literatura conceitua a alfabetização científica e o sujeito enculturado. Em seguida, e com base na literatura, discuto aspectos relevantes na implementação do ensino por investigação e destaco os fatores analisados nesta pesquisa para avaliar o conhecimento procedimental geral dos estudantes pesquisados.

3.1 O processo de ensino e aprendizagem como um trabalho de enculturação

Capecchi e Carvalho (2006) abordam o ensino e a aprendizagem sob uma perspectiva sociocultural, concebendo-os como aspectos inerentes a um processo de enculturação (Driver et al, 1994), através do qual o indivíduo interage com elementos que constituem a cultura científica. De acordo com as autoras, esta concepção prevê para os estudantes o desenvolvimento de novas visões de mundo, considerando o entrelaçamento destas visões com conhecimentos anteriores (CAPECCHI e CARVALHO, 2006).

De forma mais explícita, Carvalho (2007) argumenta que a ciência pode ser entendida como uma cultura com suas regras, linguagem e valores próprios e, portanto, o ensino de ciência como um processo de enculturação deve ocorrer de modo que o estudante torne-se familiar, entenda e pratique esta cultura, uma idéia já antecipada por Schwab, na década de 1960. Para que os estudantes entendam a linguagem e as práticas próprias da ciência referidas por Carvalho, é importante que percebam como a ciência trabalha com dados e explicações, como os dados coletados empíricos são representados, interpretados, transformados e comunicados.

No campo da sociologia da ciência, Latour e Woolgar (1997), em seu livro *A vida no laboratório*, empregaram o termo “inscrição”, fazendo referência às formas de registro de dados e observações. Os mesmos dados que freqüentemente são utilizados em sala de aula de forma descontextualizada da prática científica. Neste sentido, a utilização dessas ferramentas

em processos de investigação é essencial para a compreensão dos estudantes acerca de suas potencialidades e limitações. Assim, para esta pesquisa, que pretende investigar em pequena escala o nível de apropriação do aspecto procedimental da cultura científica em escolas da rede estadual de ensino, tal perspectiva é bastante interessante. Através de uma seqüência de atividades introdutórias de alguns aspectos básicos da cultura científica na ciência escolar, observamos como os estudantes compreendem tais aspectos e planejam experimentos. A idéia é construir uma imagem do nível de apropriação dessa cultura, mas faz-se necessário ampliar um pouco mais esta discussão para então delimitar os aspectos da cultura científica avaliados nessa pesquisa.

3.2 A alfabetização científica e o enfoque desta pesquisa

Assim, vejamos primeiro como a UNESCO (2006) entende o significado da alfabetização. Para a organização, a *alfabetização é um direito cidadão, um fenômeno que requer uma abordagem social e individual, e um elemento fundamental para que as pessoas tenham participação e transformação na sua realidade social, política e econômica*. Conforme notado por Rivarosa (2006), a definição permite que o termo alfabetização possa ser expresso em termos das competências (leitura, cálculo e escrita), das práticas (uso das competências) e de transformações (pessoais, sociais e políticas), abarcando ampla pluralidade semântica, o que exige políticas de acesso à informação e de concretização de práticas pedagógicas e sociocognitivas (RIVAROSA, 2006).

Talvez pela pluralidade de significados englobados pelo termo alfabetização o termo alfabetização científica também seja múltiplo. A alfabetização científica representa desde um lema que agrupa um amplo movimento internacional (Aikenhead, 2003), como uma metáfora que serve para expressar finalidades e objetivos da educação científica (Bybee, 1997) e um mito cultural que representa a utopia como um ideal a perseguir (Shamos, 1995). DeBoer (2000), e também Bybee (1997), em suas discussões das finalidades e objetivos da educação, afirmam que o termo alfabetização científica comporta a aquisição das primeiras noções para uma melhor compreensão da ciência, da tecnologia e da própria natureza dos processos construtivos da ciência.

Vários pesquisadores concordam com a multiplicidade de significados atribuídos à alfabetização científica. Auler e Delizoicov (2001) destacam que o rótulo Alfabetização

Científica e Tecnológica (ACT) abarca um grande espectro de significados traduzidos por expressões como popularização da ciência, divulgação científica, entendimento público da ciência e democratização da ciência. Conforme os autores, fatores como a autêntica participação da sociedade em problemáticas vinculadas à ciência e a tecnologia ou aqueles que buscam colocar a ACT na perspectiva de referendar e buscar o apoio da sociedade para a atual dinâmica do desenvolvimento científico-tecnológico, são objetivos balizadores da ACT.

Em um pequeno trabalho publicado em 1996, Millar (1996) discute a possibilidade de se ensinar ciências para todos os estudantes e quais as implicações disso em termos do currículo de ciências. O trabalho é motivado pela crença de que um currículo ao pretender que todos os estudantes da educação básica aprendam ciência não pode ser um currículo qualquer. Nem tudo de ciências é de interesse ou útil para todos. Planejar um currículo com essa meta não é tarefa simples, dado que o currículo não pode ser imaginado como uma espécie de roupa tamanho único que vista qualquer um, independente de sua cultura, de sua história, de onde vive e das expectativas de cada estudante e de sua família.

Em particular, Millar aborda a relação entre o ensino de ciência para todos e a utilidade do conhecimento científico através de duas justificativas. A justificativa intrínseca referente à dimensão cultural da ciência como um instrumento capaz de satisfazer a curiosidade humana. E a justificativa instrumental, em que o conhecimento científico é necessário para a tomada de decisões práticas sobre questões do cotidiano de modo informado, para a participação na tomada de decisões em questões que tenham um componente científico/tecnológico e para trabalhar em empregos que envolvam ciência e tecnologia.

Situando a discussão no âmbito da educação científica, para Driver et al. (1996) a função da educação científica é de contribuir com o entendimento público da ciência. Mas para isso precisa promover nos estudantes a compreensão do que envolve a própria empreitada da ciência, dos objetivos e propósitos do trabalho científico na busca por explicações de fenômenos e eventos do mundo natural e a natureza do conhecimento que produz. Os autores também enfatizam a compreensão da função social da ciência e sua interação com a cultura ampla como objetivos da educação.

Driver et al (1996) diferenciam o *conhecimento sobre a ciência* do *conhecimento científico* em si. O *conhecimento científico* é expresso em uma linguagem que se refere a objetos, fenômenos e eventos do “mundo real”, não se tratando de uma simples descrição. Por outro lado, falar *sobre conhecimento científico* é algo diferente, expresso em linguagem que se refere a “objetos” da ciência como teorias, observações, leis, etc. Os autores esclarecem que

quando falamos *sobre o conhecimento científico*, estamos utilizando uma meta-linguagem, ou uma linguagem sobre a linguagem científica (DRIVER et al, 1996).

Assim, é comum o termo alfabetização científica ser utilizado tanto para designar uma autêntica participação na sociedade, como uma referência a um determinado nível de cultura científica. Entretanto, a alfabetização científica relacionada à participação democrática, é um aspecto difícil de ser avaliado e, geralmente, desconsiderado na prática. De acordo com o informe PISA (OECD/INECSE, 2004) a competência científica pode ser avaliada pela *capacidade de empregar o conhecimento científico para identificar perguntas e extrair conclusões baseadas em evidências com o fim de compreender e poder tomar decisões sobre o mundo natural e as transformações que a atividade humana produzem nele* (p. 125 tradução do original em espanhol).

Existem, entretanto, trabalhos de pesquisa que buscam agregar a dimensão democrática da alfabetização científica como Jiménez & Pereiro (2002) e Sacler & Zeidler (2005), confrontando o conhecimento técnico com decisões éticas. Mas a avaliação desta dimensão pertence mais ao campo da sociologia do que ao campo das ciências, sendo difícil de ser implementada em salas de aula convencionais. Assim, como uma tentativa de superar as diversas definições de alfabetização científica Bybee (1997) sugere uma escala de avaliação. A proposta entende a alfabetização científica como um contínuo de conhecimentos e práticas sobre o mundo natural e o artificial que é delimitado pela tecnologia. Bybee postula então diferentes níveis que variam a partir da seguinte seqüência: *analfabetismo, alfabetização normal, alfabetização funcional, alfabetização conceitual e procedimental e alfabetização multidimensional*. Sendo o nível conceitual e procedimental aquele em que o sujeito, além de possuir a alfabetização funcional, possui conhecimento factual e prático da ciência e o multidimensional o nível em que o sujeito também possui conhecimentos históricos e sociais sobre a natureza da ciência (BYBEE, 1997).

Entretanto, assim como a definição de alfabetização científica é múltipla, vejamos como diferentes autores diferenciam e caracterizam o conhecimento científico.

3.3 Conhecimento científico

Como já foi destacado no capítulo 2 anterior, Schwab (1962) diferencia o conhecimento científico semântico do conhecimento científico sintático, ou seja, os produtos e processos da

ciência (DEBOER, 1991). Os produtos são conteúdos pertencentes aos campos da física, química, biologia, disponíveis em livros, textos didáticos, jornais e revistas: são os fatos, leis, teorias e modelos científicos. Os processos científicos envolvem atitudes como curiosidade, imaginação, honestidade e habilidades práticas como utilizar um multímetro ou dinamômetro para realizar medidas, podendo também envolver processos racionais de formulação de hipóteses e previsões.

Uma terceira definição de conhecimento que apresento foi proposta por Alexander e Judy (1988). Para esses autores o conhecimento científico é conceitual e composto do conhecimento declarativo, conhecimento procedimental e conhecimento condicional. O conhecimento declarativo refere-se a informações factuais, ou saber “que”, incluindo saber quais definições são importantes numa certa área da ciência, saber o que é o modelo ondulatório da luz, ou o modelo cinético da matéria. O conhecimento procedimental é aquele relativo a processos ou saberes “como” utilizar uma trena para medir comprimentos, ou como utilizar um multímetro para realizar medidas de grandezas elétricas em circuitos. Como aumentar a confiabilidade no valor de uma grandeza que necessitamos conhecer, como registrar dados e como representá-los em tabelas, gráficos e outras formas representacionais. Já o conhecimento condicional é o conhecimento estratégico, aquele sobre quando e onde aplicar nossos conhecimentos declarativo ou procedimental para resolver um problema ou para sustentar nossos argumentos, nossas previsões sobre o comportamento de um dado sistema sob condições específicas.

Pozo (1998), no entanto, distingue o conhecimento factual do conceitual. Para o autor não há nada para se compreender no conhecimento factual, são dados e informações com características definidas sobre a natureza da sua aprendizagem, do seu ensino e da sua avaliação. Enquanto que o conhecimento conceitual está relacionado à compreensão dos fatos, à capacidade de dotar de significado um material ou uma informação apresentada. O autor pondera ainda que o conhecimento factual é mais fácil de ser aprendido e também de ser esquecido (POZO, 1998). Uma coisa é saber que Darwin formulou a teoria da evolução, Roma é a capital da Itália, ou que o Santos Dumont inventou o avião, outra muito diferente é compreender como voa o avião, ou que indícios sugeriu a Darwin a idéia da teoria da evolução, ou que impactos a proposta de Darwin provocou em nossa maneira de entender o mundo. A idéia de conhecimento conceitual de Alexander e Judy engloba tanto informações simples, como conhecimentos sofisticados sobre vários assuntos, mas que no entanto, conseguimos declarar oralmente ou por escrito.

Desta forma, verifica-se semelhanças entre as definições de conhecimento semântico, produtos da ciência, conhecimento declarativo e factual. São referentes ao saber “que”. Assim como o conhecimento sintático, o de processo e o procedimental são referentes ao saber “como”. Contudo, a definição de conhecimento conceitual apresentada por Alexander e Judy (1988), como composta de três tipos de conhecimentos é diferente da apresentada por Pozo (1998), sendo necessário enfatizar em qual sentido o termo será utilizado. A definição de Alexander e Judy (1988) parece ser mais interessante, pois permite discutir toda a vivência em sala do aluno a partir da análise das suas ações.

Na execução de atividades práticas orientadas para um fim especificado, a distinção entre o saber que e o saber como não é clara. Um engenheiro, por exemplo, que projeta uma construção não pode esquecer de acrescentar uma série de informações adicionais orientadoras aos profissionais que irão construí-la. Ao fazer isso, está relacionando seu conhecimento conceitual ao conhecimento prático de saber como fazer. Nessa pesquisa, em que o foco é apenas o conhecimento procedimental, de processo ou sintático, priorizarei o termo procedimental por ser encontrada com maior frequência na literatura sobre ensino de ciências por investigações.

Assim, retornando à proposta de investigação do conhecimento procedimental geral dos estudantes, apresento primeiramente considerações sobre a implementação de um ensino baseado em investigação. Tais considerações irão nos ajudar a perceber aspectos relevantes do processo de ensino e aprendizagem, refletindo nas implicações desta pesquisa.

3.4 O ensino por investigação

3.4.1 Considerações sobre a implementação de um ensino baseado em investigação

Atualmente, qualquer pessoa que se interesse pelo tema de ensino por investigação perceberá após ler uma dezena de artigos que existem diferenças entre as metodologias de ensino. A implementação da investigação como estratégia de ensino e aprendizagem de ciências possui para Cuevas (2005) cinco aspectos relacionados à docência que são

(a) o objetivo do curso,

- (b) a extensão das unidades do curso,
- (c) o foco das atividades,
- (d) a importância e o tipo de rumo adotado pelo professor, e
- (e) as opções de avaliação.

O trabalho de Cuevas (2005), em especial foi considerado muito interessante por pesquisar a implementação do ensino por investigação com estudantes de diversos níveis de apropriação cultural científica. Entretanto, trata-se de uma estrutura geral, com a necessidade de se definir objetivos, número de aulas, a ênfase que será dada às atividades, a definição do rumo do curso e o tipo de avaliação.

Harlen (2004) apresenta de forma mais específica quatro pontos considerados críticos na implementação de um curso baseado em investigação cujos títulos traduzidos são:

1. A superação de dificuldades para a implementação;
2. O processo de implementação gradual;
3. A duração da implementação e
4. A avaliação de resultados.

Harlen (2004) indica no primeiro ponto que a mudança na forma de ensino pode exigir mudanças na forma de trabalho dos professores e na política da escola. O autor alerta que mudanças são mais apropriadas quando os professores participam do processo de decisão e dispõem do suporte da escola para a implementação adequada de inovações.

Sobre o segundo ponto, Harlen alerta que modificar a metodologia de ensino da forma costumeiramente praticada para o modo investigativo exige mudanças no entendimento dos professores sobre como os alunos aprendem⁷ e sobre a natureza da ciência.

Quanto ao terceiro ponto, Harlen sugere que as mudanças sejam operacionalizadas por, no mínimo um ano de duração, antes de se avaliar resultados. Até lá, devem-se coletar dados para avaliar a extensão da vivência investigativa dos alunos, por exemplo, no trabalho colaborativo, no uso de habilidades procedimentais e em oportunidades de investigar suas próprias indagações. Assim, os resultados serão interpretados a partir da atual experiência do estudante.

⁷ Para esta pesquisa foi importante pesquisar como os estudantes aprendem aspectos procedimentais da investigação escolar como o controle de variáveis, o planejamento de investigações, a coleta de dados, entre outros, como será apresentado.

Por fim, o quarto ponto refere-se à escolha dos instrumentos de medida, pois tais ferramentas devem refletir os propósitos da avaliação pretendida. A melhoria dos resultados dos estudantes em testes de ciência é mais convincente quando demonstrada através de dados intimamente relacionados aos objetivos do ensino por investigação. Tanto as medidas imediatas como as que avaliam o impacto no aprendizado do estudante no longo prazo precisam ser avaliadas, pois existem objetivos de aprendizagem que consomem tempo para se internalizarem e serem utilizados pelos estudantes em uma avaliação posterior (HARLEN, 2004).

Desta forma, esquematicamente Harlen (2004) listou, distribuindo em quatro categorias os seguintes fatores contidos no quadro 1 abaixo:

QUADRO 1 – Pontos críticos na implementação de um ensino por investigação.

Categorias	Fatores
(1) Superação das dificuldades para a implementação.	Metodologia de trabalho do professor. Política da escola.
(2) O processo de implementação é gradual.	Entendimento do professor sobre a aprendizagem do estudante por investigação. Entendimento do professor sobre a natureza da ciência.
(3) A duração da implementação.	A proposta de ensino por investigação deve ser implementada por no mínimo um ano de duração. É preciso avaliar a experiência investigativa prévia do estudante durante o primeiro ano de duração. O efeito da metodologia de ensino por investigação deve ser avaliado à luz da experiência prévia dos estudantes medida durante o primeiro ano.
(4) A avaliação de resultados.	Os instrumentos de medida devem refletir os propósitos da avaliação.

Os fatores apresentados no quadro 1 são relevantes para uma intervenção baseada na investigação. Devido ao caráter longitudinal que uma pesquisa sobre o ensino por investigação deve ter, Harlen enfatiza a necessidade de se determinar o nível inicial dos alunos. Mas resta a pergunta: Como devem ser avaliadas as práticas investigativas dos estudantes? Assim, passamos agora à apresentação de alguns aspectos do ensino por investigação, como podem ser trabalhados em sala de aula e como se relacionam com o aprendizado da cultura científica.

3.4.2 Características do ensino por investigação

As propostas curriculares PCN (1998), AAAS (1990) e Millar (1996) enfatizam que o ensino através de investigação é uma metodologia capaz de aproximar o ensino de ciência de uma perspectiva mais próxima do trabalho do cientista, isto é, do fazer ciência, e dessa forma pode possibilitar o desenvolvimento de imagens mais “sofisticadas” sobre aspectos da natureza da ciência. Isto significa que entre pesquisadores da área de educação em ciências e mesmo cientistas há um razoável acordo sobre o que é importante a ser aprendido pelos estudantes sobre a natureza da ciência. No entanto, deve-se mencionar que os filósofos e sociólogos da ciência têm grandes desacordos sobre os princípios básicos que caracterizam a ciência (ALTERS, 1997; VÁZQUEZ et al., 2001) ou mesmo se existe uma natureza da ciência. Entretanto, acredita-se que o nível de abstração das polêmicas de especialistas da área está muito distante de qualquer repercussão na vida diária dos alunos(as) e na cidadania (ABD-EL-KHALICK e BOUJAOUDE, 1997; ACEVEDO et al., 2005).

Mas a investigação como estratégia de ensino e aprendizagem de ciências suscita na prática suscita um leque enorme de atividades investigativas. Cada atividade investigativa para se completar pode variar de uma seqüência de semanas ou apenas de poucas aulas. O ponto chave está em perceber os diferentes modos de implementação desejáveis para criar um quadro significativo de aprendizagem em diferentes situações (HARLEN, 2004).

De acordo com Munford (2006), um dos maiores desafios para que os estudantes engajem-se com perguntas de orientação científica, seria justamente compreender quais questões podem ser consideradas científicas. Assim, a autora apresenta sob a perspectiva dos Parâmetros Curriculares Norte-Americanos que as questões científicas passíveis de investigação por estudantes da educação básica são:

- 1) Centradas em objetos, organismos e eventos do mundo natural;
- 2) Estão relacionadas a conceitos científicos; e
- 3) Levam a investigações empíricas, à coleta e ao uso de dados para desenvolver explicações para fenômenos.

Além disso, destaca-se que questões do tipo “como” são mais apropriadas do que do tipo “por que”, pois estão centradas em caracterizar fenômenos naturais estabelecendo relações causais.

Munford (2006), destaca ainda o documento *Investigação e os Parâmetros Curriculares Nacionais de Ciências: Um Guia para Ensino e Aprendizagem* (Inquiry and the National

Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning), elaborado em 2000, que propõe um conjunto de elementos distintivos do ensino de ciências por investigação:

- Os aprendizes engajam-se com perguntas de orientação científica
- Os aprendizes dão prioridade às evidências ao responder as questões
- Os aprendizes formulam explicações a partir de evidências
- Os aprendizes avaliam suas explicações por comparação com explicações alternativas, em particular aquelas que refletem o conhecimento científico
- Os aprendizes comunicam e justificam explicações

Assim, a autora destaca que as situações de aprendizagem organizadas pelo professor devem atender a todos os componentes para que componham uma investigação. Ela aponta ainda que conforme a situação nem todos os cinco elementos destacados poderão ser agregados em uma única aula, sendo necessária uma seqüência investigativa de aulas (MUNFORD, 2006).

Nota-se, então um aparente desacordo entre Harlen (2004) e Munford (2006) quanto à caracterização de uma atividade de investigação. Para Munford, a partir das idéias contidas nos NSES uma atividade investigativa deve contemplar os cinco componentes essenciais ao ensino por investigação, mas para Harlen, que se fundamenta nas idéias da NRC (1996), a atividade de investigação ocorre quando professores e alunos estão engajados em determinadas ações. O autor lista uma dezena de ações que caracterizam a atividade em sala como uma investigação independente ou aberta (Ver quadro 2.1 a seguir), em que o professor possibilita ao estudante desenvolver suas próprias questões e planejar suas investigações (HARLEN, 2004).

Como conseqüência, a partir da interpretação de Harlen, as ações e atitudes dos professores e alunos durante uma atividade é que a caracterizam como investigativa, e não a existência ou não de um conjunto mínimo de atividades.

Existem, portanto, diferentes formas de caracterizar o ensino por investigação, resultando em descrições mais ou menos detalhadas do que é tipicamente observado na classe quando os estudantes realizam atividades investigativas. Alguns autores, como Munford, descrevem elementos que traduzem ciclos de atividades, com o engajamento em perguntas de orientação científica, a coleta de dados, formulação de explicações e elaboração de relatórios, uma proposta semelhante ao ciclo de investigação de Robert Karplus. Outra interpretação também bastante comum, mas relacionada às idéias de Schwab apresentada no capítulo 2, refere-se a

uma atitude dos professores e alunos. Trata-se de uma busca pelo significado seja de um dado ou de uma explicação contida no livro texto.

QUADRO 2 – Ações do professor e do aluno no ensino por investigação.

Ações do professor	Ações do aluno
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Promover experiências, materiais, fontes de informação para os estudantes utilizarem diretamente. ➤ Mostrar como se utiliza instrumentos ou materiais que os estudantes vão precisar nas suas investigações. ➤ Formular questões que ajudem a perceber o entendimento dos estudantes de como eles estão explicando seus achados. ➤ Engajar os estudantes em sugestões de como testar suas idéias ou responder suas questões através da investigação ou localizando informações de fontes secundárias. ➤ Quando necessário, ajudar os estudantes com o planejamento de forma que suas idéias sejam completamente testadas. ➤ Ouvir as idéias dos estudantes e levando-as a sério. ➤ Formular questões que ajudem os estudantes a pensarem sobre como explicar o que acharam. ➤ Promover oportunidades para aprendizado colaborativo e conversa dialógica. ➤ Apoiar idéias alternativas que podem explicar evidências da investigação deles. ➤ Reunir informações, através da observação, do questionamento e da interação, sobre o desenvolvimento das habilidades e idéias dos estudantes. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Engajar na exploração de materiais, eventos e objetos. ➤ Trabalhar em grupos colaborativos, dividir idéias e construir em conjunto um entendimento. ➤ Levantar questões e considerar como respostas podem ser encontradas através da investigação. ➤ Propor possíveis explicações para observações. ➤ Sugerir como idéias envolvidas em possíveis explicações podem ser testadas ou questões podem ser respondidas através de uma investigação ativa. ➤ Planejar e conduzir investigações, fazer observações e medidas quando apropriado, ou utilizar outras formas de reunir evidências, para testar idéias. ➤ Guardar anotações e registrar resultados de forma adequada. ➤ Relacionar resultados às idéias que serão testadas ou às questões formuladas; tentar explicar resultados. ➤ Comunicar o que eles fizeram, ouvir e compartilhar idéias com outros. ➤ Refletir sobre o processo de investigação e sobre qualquer mudança de idéias.

Sem querer extinguir a questão e alimentando as diferentes interpretações, apresentando fatores ainda não apresentados até agora, a revisão de literatura elaborada por Hinrichsen e Jarret (1999) intitulada “Science Inquiry for the classroom” apresenta quatro traços como essenciais para uma atividade investigativa:

- Conectar entendimentos pessoais com entendimentos científicos
- Planejar experimentos
- Investigar fenômenos
- Construir significados a partir de dados e observações

O trabalho também destaca outros três traços essenciais, mas que não são facilmente avaliados como:

- A colaboração
- A argumentação crítica
- A honestidade e a integridade durante a produção de relatos

Assim, as diferentes formas de interpretação da proposta de ensino por investigação atribuem à metodologia um leque bastante amplo de funções. Segundo Cuevas (2005), a investigação científica encoraja o desenvolvimento das habilidades de resolução de problemas, de comunicação e pensamento à medida que os estudantes formulam questões sobre o mundo e buscam evidências para responder suas questões. O artigo reafirma a filosofia pragmática de Dewey no mesmo sentido apresentado anteriormente por Cunha (2001), apontando na atualidade uma sociedade complexa demanda membros capazes de analisar e responder a assuntos e que a investigação escolar auxilia na formação destes cidadãos (CUEVAS, 2005).

Outros trabalhos também destacam a importância do ambiente de ensino no encorajamento dos estudantes a irem além da memorização de fatos e assumirem a responsabilidade pelo seu próprio aprendizado (ALBERTS, 2000; GIBSON & CHASE, 2002). Segundo vários pesquisadores (BORGES ET AL, 2002; BORGES, 1997; GOMES ET AL, 1999; WHITE, 1996; TAMIR, 1991; VARELA E MARTÍNEZ, 1997) as atividades investigativas podem ser utilizadas em todos os níveis de ensino com potencial para envolver os estudantes e confiar-lhes maior responsabilidade na definição do seu planejamento e condução (BORGES et al. 2002).

Na verdade, isso é uma falsa polêmica. O que ocorre é que os documentos publicados pelo NRC descrevem as características de atividades de investigação desejáveis para diferentes níveis de ensino. O que estas descrições têm em comum é a idéia de que as investigações surgem como forma de buscar respostas ou explicações para perguntas sobre fenômenos ou eventos naturais, o que leva à realização de observações e medições. Eventualmente, os estudantes precisam planejar e realizar experimentos, para controlar os efeitos de certos fatores, na produção e desenvolvimento do fenômeno. Os dados empíricos devem ser

organizados em tabelas, ou sistemas de categorias para produzir descrições detalhadas do fenômeno sob observação, ou representados graficamente para facilitar a visualização de tendências ou para possibilitar previsões e inferências. A partir de seus dados e observações estudantes formulam respostas e explicações para a questão que deu início à investigação. Estas respostas tentativas precisam ser avaliadas quanto à sua plausibilidade e comunicadas aos colegas. Ao final desse ciclo de investigação podem-se refinar as questões, planejar outras observações e experimentos, de forma a obter evidências mais detalhadas que possibilitem aprofundar a compreensão do evento ou fenômeno.

Desta forma, a partir de trabalhos de revisão e de outros mais específicos nota-se, como destacado, que alguns autores atribuem ao ensino por investigação diversas funções, sejam pedagógicas, como a função de relacionar o conhecimento do senso comum ao conhecimento científico, ou relativas ao conhecimento de como planejar uma investigação ou um experimento, e de promover o trabalho colaborativo. Ou seja, embora exista uma espécie de roteiro geral para o ciclo de investigação, esse é apenas uma representação mais abstrata do que pode acontecer de fato em diferentes classes ou na investigação de diferentes questões, dependendo de vários fatores, entre eles o nível de escolarização e de experiência dos estudantes com atividades de investigação. Aspectos que segundo os autores são inerentes à prática investigativa real e por isso precisam ser incorporados à prática investigativa escolar como forma de aproximar o ensino de ciências da realidade.

3.4.3 Aproximação entre a ciência escolar e a ciência real

Algumas vezes encontramos na literatura referências ao ensino de ciências através de investigações como equivalente a fazer nossos estudantes trabalharem como mini-cientistas. Nada mais equivocado! Por exemplo, Chinn e Malhotra (2002) analisaram as atividades de investigação propostas em livros didáticos para estudantes norte-americanos a partir do que os cientistas fazem. O quadro que emerge da análise é bastante negativo para as atividades investigativas na escola. Mas acreditamos que equiparar o trabalho dos estudantes da educação básica aprendendo ciências por meio de investigações com a ciência autêntica dos cientistas é pouco apropriado, principalmente no Brasil.

Os estudantes não são cientistas mirins, nem deve ser objetivo da educação em ciências promover tal perspectiva. Os cientistas levam anos sendo educados em áreas bem específicas

e delimitadas, de forma que têm compromissos intelectuais e afetivos bem diferentes com os problemas e questões que investigam comparados aos estudantes. Os cientistas aprenderam a utilizar um arsenal de táticas e técnicas de investigação, que dominam profundamente, mesmo sem ser capazes de explicitar um conjunto de práticas epistêmicas e investigativas. Entretanto, em alguns países da Europa e da América do Norte os estudantes da educação básica são habituados desde pequenos a realizar atividades práticas e, às vezes, pequenas investigações e experimentos. Além disso, a cultura científica é mais presente no cotidiano desses estudantes, principalmente através de programas de televisão que investigam mitos e objetos do dia a dia à luz da ciência. Nestes países foram conduzidas pesquisas comprometidas com a proposta de ensinar ciências através de investigações, algumas delas usando recursos sofisticados de tecnologia da informação ou abordando problemas complexos, como por exemplo, Edelson e colaboradores (1999), e White e Frederiksen (1998), entre outros, com resultados animadores, mas também apontando limitações. Neste sentido, destaco o trabalho de Zion et al. (2004) com alunos do ensino médio em Israel. Nesta pesquisa a investigação aberta é tratada como uma investigação dinâmica e a sua principal característica é que a aprendizagem é vista como um processo que se modifica ao longo da pesquisa que os estudantes realizam. Os estudantes realizam pesquisa bibliográfica com periódicos atuais da área, realizam experimentos controlando variáveis complexas, que conforme argumentam os autores, configuram pesquisas autênticas (ZION et al., 2004).

Em um trabalho que investigava a organização de conhecimentos em especialistas e novatos, Chi et al. (1981) argumentam que um cientista tem uma ampla base de conhecimentos específico da sua área de atuação, organizada de forma distinta da base de conhecimento de aprendizes novatos. Ele passa anos sendo formado e convivendo com outros cientistas, aprendendo a formular boas questões e a planejar como respondê-las, aprendendo a utilizar as ferramentas de análise qualitativa e estatística para transformar os dados primários em outros dados mais complexos, e, por fim, trabalha com um foco muito restrito comparado ao escopo de temas dos estudantes da educação básica. Além disso, dedica boa parte de seu tempo preparando relatos e comunicações sobre os problemas e questões que investiga para apresentar a seus pares em congressos e revistas especializadas. Dedicar ainda muito de seu tempo a ler o que outros cientistas escreveram sobre os temas de seu interesse.

Assim, decidimos focalizar essa pesquisa apenas nas etapas iniciais da investigação. A formulação de questões e hipóteses, a identificação de variáveis e idéias importantes acerca do fenômeno tratado e o planejamento dos passos seguintes da investigação para chegar a

uma solução para o problema. As pesquisas existentes sugerem que os processos cognitivos empregados por estudantes não são essencialmente diferentes daqueles de cientistas (Zimmerman, 2000; Koslowiski, 1996). Os jovens estudantes têm que desenvolver seus conhecimentos procedimental e conceitual de ciências e serem ajudados na tarefa de desenvolver práticas de investigação, antes que possam fazer atividades verdadeiramente autênticas. Acreditamos que o ensino de ciência por investigação poderia ser uma alternativa mais interessante e produtiva, mesmo para os alunos da segunda metade do ensino fundamental. Mas reconhecemos que algumas das habilidades e competências requeridas para investigar um problema só se desenvolverão em prazos muito longos. Por exemplo, a coordenação de teoria e evidência ou a extração de relações entre várias variáveis em problemas mais complexos.

Por outro lado, existem medidas interessantes e fáceis de serem tomadas na busca pela enculturação científica dos nossos jovens. Coll (1987) afirma que central à perspectiva investigativa de ensino está a idéia de que é essencial ter a organização e o planejamento dos experimentos a cargo dos estudantes. Para isso, de acordo com Alberts (2000) e Gibson e Chase (2002), é necessário que o professor crie um ambiente de aula encorajador para que os estudantes ultrapassem a memorização e se responsabilizem pelo seu aprendizado. Entretanto, é necessário um trabalho de aproximação sucessiva entre o ensino tradicional e a investigação escolar, buscando desenvolver o pensamento científico dos estudantes que, conforme apontam Borges e Borges (2001) e Chinn e Malhotra (2002), deve ser o principal objetivo da educação científica.

Tal aproximação sucessiva é determinada pela complexidade dos problemas investigados e pelo grau de abertura da atividade. Trata-se basicamente do grau de especificação de uma atividade em sala que é fornecida pelo professor. De acordo com Borges (2002), o controle da atividade investigativa pode variar ao longo de um contínuo. Num extremo estão os problemas fechados, ou altamente estruturados, apresentados já completamente especificados aos estudantes e eles seguem as instruções dadas, sem margem de decisão sobre o quê e como investigar. São atividades típicas do laboratório tradicional, ou seja, atividades completamente estruturadas. No outro extremo, estão os problemas completamente abertos, apresentados de maneira pouco definida. Aqui cabe ao estudante formular o problema de uma forma investigável, definir as observações e variáveis de interesse e os controles apropriados, decidir quantas vezes medir cada variável e em que condições, decidir como registrar e organizar os dados e o que fazer com eles para obter uma solução ou explicação. Além disso, caberia

discutir a confiança depositada na solução encontrada. O quadro 3 indica como o grau de abertura pode variar.

QUADRO 3 – Contínuo Laboratório Estruturado-Investigações

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

Fonte: Borges, 2002, p.304.

De acordo com Borges (2002), o professor deve considerar o nível de ensino e a familiaridade dos estudantes com esse tipo de atividade ao escolher o ponto do contínuo por onde começar. A literatura recomenda oferecer aos estudantes um leque variado de possibilidades, mas começando com investigações mais estruturadas e restritas a observações de aspectos mais salientes de problemas simples, com uma ou duas variáveis apenas.

De forma semelhante, Munford e Lima (2008) apresentam um quadro traduzido e adaptado a partir da NRC (2000) com algumas variações possíveis neste contínuo apresentado por Borges (2002).

O quadro 4 lista cinco características essenciais para uma atividade investigativa e quatro níveis diferentes do grau de abertura da atividade permitindo, assim, a aproximação sucessiva entre a atividade prática totalmente estruturada até a atividade prática totalmente aberta, com todas as etapas da investigação a serem definidas pelo estudante.

QUADRO 4 – Variações nas atividades que contemplam elementos essenciais do ensino de ciências conforme maior ou menor direcionamento do professor.

Característica Essencial	Variações			
	1. Aprendizes engajam-se com perguntas de orientação científica	Aprendizes colocam uma questão	Aprendizes selecionam entre questões, colocam novas questões	Aprendizes delimitam melhor e tornam mais clara questão fornecida pelo professor, ou por materiais ou outras fontes
2. Aprendizes dão prioridade às evidências ao responderem as questões	Aprendizes determinam o que se constitui de evidências e realizam coletas de dados	Aprendizes são direcionados na coleta de certos dados	Aprendizes recebem dados e tem de analisá-los	Aprendizes recebem dados e instruções de como analisá-los
3. Aprendizes formulam explicações a partir de evidências	Aprendizes formulam explicações após sumarizarem as evidências	Aprendizes são guiados no processo de formulação de explicações a partir de evidências	Aprendizes recebem possíveis formas de utilizar evidências para formular explicações	Aprendizes recebem evidências
4. Aprendizes avaliam suas explicações à luz de explicações alternativas e conectam suas explicações ao conhecimento científico	Aprendizes examinam independentemente outros recursos e estabelecem as relações com as explicações	Aprendizes são direcionados para áreas ou fontes de conhecimento científico	Aprendizes são informados acerca de possíveis conexões	
5. Aprendizes comunicam e justificam explicações	Aprendizes constroem argumentos razoáveis e lógicos para comunicar explicações	Aprendizes são treinados no desenvolvimento da comunicação	Aprendizes recebem diretrizes para tornar sua comunicação mais precisa	Aprendizes recebem instruções passo a passo e procedimentos para se comunicarem
Mais----- Nível de Auto-direcionamento dos Aprendizes ----- Menos Menos----- Nível de direcionamento do professor ou de material ----- Mais				

Fonte: Traduzido com adaptações a partir de NRC, 2000.

Além do grau de abertura variável, o ensino por investigação é diferente do ensino tradicional em vários aspectos. Os treze pontos abaixo são fruto desta revisão de literatura e indicam possíveis variações da implementação de uma atividade científica dependendo do aspecto que o professor deseja enfatizar em sala. Assim, uma atividade investigativa pode:

1. Envolver trabalho colaborativo entre os estudantes;
2. Conectar o conhecimento espontâneo ao conhecimento científico;
3. Comportar diferentes graus de abertura;
4. Ser original e motivadora para o estudante;
5. Transformar um problema em questões de orientação científica;
6. Envolver a criação de um planejamento prévio da investigação;

7. Envolver a manipulação de objetos técnicos;
8. Envolver um trabalho de pesquisa bibliográfica;
9. Envolver a realização de observações e de coleta de dados;
10. Envolver o aprendizado de formas de disposição e organização dos dados;
11. Conter a formulação de relatórios escritos com argumentação baseada em evidências;
12. Conter a reavaliação de hipóteses e métodos à luz de evidências;
13. Trabalhar a interpretação e formulação de conclusões;
14. Ocorrer ao longo de uma aula ou ao longo de várias semanas.

Para esta pesquisa, como exposto anteriormente, focalizo a aprendizagem de aspectos procedimentais, como contexto para efetivar uma avaliação do nível de alfabetização científica dos alunos da rede estadual neste aspecto. Assim, passo agora à apresentação dos conhecimentos procedimentais e de suas alternativas de avaliação nesse trabalho.

3.4.5 Aspectos procedimentais da cultura científica e sua avaliação

A avaliação dos aspectos aqui denominados de procedimentais da cultura científica envolve conceitos e habilidades que Jeong et al. (2007) agrupou no termo “competência evidenciativa”. De acordo com os autores para que desenvolvam a competência evidenciativa, os estudantes precisam compreender todo o processo de investigação, especialmente o planejamento e a etapa de coleta e interpretação de dados. Os pesquisadores desenvolveram o termo a partir de conceitos identificados pela literatura, destacando em especial o trabalho de Gott e Duggan (1996) e outros (Chinn & Brewer, 2001; Driver et al., 1996; Lubben & Millar, 1996).

A idéia específica é que os estudantes precisam primeiro desenvolver um entendimento do processo de coleta de dados em si, pois se falham no uso de instrumentos apropriados ou na repetição insuficiente de medidas, a qualidade dos dados coletados e observações realizadas comprometem as suas conclusões e respostas.

Em segundo lugar, os alunos precisam desenvolver um entendimento do estágio de planejamento da investigação. Este ponto está relacionado à seleção de observações e medições de fatores relevantes, à operacionalização de variáveis, ou o controle apropriado das variáveis. Sem isso, os dados podem se tornar confusos, falhos e tendenciosos não importando como o restante da investigação venha a ser conduzida.

Por fim, os estudantes precisam desenvolver as práticas de análise e interpretação. Os dados brutos precisam ser organizados, analisados e interpretados de forma que inferências lógicas possam ser feitas sobre a influência de variáveis específicas, ou características do problema. Para fazer isto os alunos precisam saber como organizar e sintetizar os dados em um formato apropriado e interpretar tais sumários por si mesmos.

Desta forma, a avaliação da “competência evidenciativa” exige o uso de múltiplas fontes de dados em face do grande número de aspectos do pensamento científico abarcado pelo termo. Entretanto, quando os alunos são solicitados a elaborar planos sobre como investigariam problemas específicos, elaborando planos de investigação, exercitam habilidades de organização do pensamento, destacando o que desejam observar e medir sobre um fenômeno e para que finalidade. Trata-se de uma excelente ferramenta para o desenvolvimento do pensamento científico, em especial para a escola pública porque não demanda equipamentos e aparatos de laboratório. A atividade investigativa de produção de um plano de investigação é reconhecida na literatura (Chinn e Malhotra, 2002) como “verbal design of studies”. Ela simula características de uma investigação científica real, mas os estudantes não têm necessariamente que executar seus planos de investigação. Seu uso pode, no entanto, ser expandido quando aliado à parte prática de investigações curtas e simples, especialmente quando os estudantes estão ainda aprendendo a produzir seus planos.

Assim, pode-se dizer que a partir do potencial do uso de planos de investigação como forma de avaliar os diferentes aspectos da “competência evidenciativa”, o Projeto Integrado de Pesquisa “Inovar – Desenvolvendo o pensar e o pensamento científico” (BORGES E BORGES, 2001) implementado no Colégio Técnico da UFMG, explorou o uso de planos de investigação na avaliação dos seus alunos. Tal projeto assumia o compromisso com o desenvolvimento de um currículo de Física que promovesse o desenvolvimento do pensar e do pensamento científico dos estudantes. Tinha como metas curriculares: (i) ensinar os principais modelos da ciência, (ii) ensinar a modelar fenômenos, eventos e situações, e (iii) desenvolver a capacidade e o hábito de buscar, avaliar e julgar o poder de convicção de evidências disponíveis. Metas que sem dúvida são de longo prazo, capazes de serem atingidas ao fim do ensino médio, mas que permitem avaliar a progressão dos estudantes individualmente como recentes estudos de curta duração no ensino médio indicam (BORGES; RODRIGUES, 2004 e 2005; BORGES; BORGES e VAZ, 2001; BORGES, et al., 2002).

A partir desse projeto integrado estudamos as dificuldades enfrentadas e as estratégias utilizadas por estudantes do ensino médio ao resolver problemas práticos, primeiramente

utilizando problemas práticos abertos com alunos do 3º ano do Colégio Técnico da UFMG no ano de 2000 (BORGES; BORGES e VAZ, 2001). Tais problemas são interessantes pelo potencial que apresentam para avaliar de forma integrada o conhecimento científico factual e procedimental. Isto ocorre devido à natureza da tarefa que requisita do aluno a produção de um texto relatando como poderiam investigar um problema. Avaliando assim o conhecimento conceitual dos estudantes sobre o fenômeno em questão, e obtendo indicadores de seu conhecimento procedimental, a partir da análise das decisões e estratégias que os estudantes escolhiam para a realização da investigação proposta. Os objetivos do projeto concordam com as perspectivas de uma pessoa cientificamente alfabetizada, que deve não apenas conhecer os conhecimentos científicos substantivos, mas também desenvolver formas complexas de raciocínio como, por exemplo, formular explicações e argumentos baseados em evidências, fazer previsões, saber avaliar a qualidade dos dados e evidências, bem como das afirmações derivadas deles. Conforme apontam Minstrell e van Zee (2000), a investigação científica de um problema representa os modos de pensamento e os processos de construção de conhecimento rotineiramente empregados na atividade científica que são difíceis de transpor para atividades a serem realizadas pelos estudantes em suas salas de aula. A persistência e a experiência em realizar atividades desse tipo permitem que, paulatinamente, os estudantes desenvolvam práticas incorporando esses modos de pensamento e processos de construção de conhecimento.

Os dois problemas mencionados foram então propostos de uma maneira pouco orientada para que os estudantes pudessem imaginar sua solução de muitas formas diferentes. A avaliação dos planos de investigação se baseava em um olhar amplo sobre a coerência do texto por professores com experiência no ensino de Física do Colégio Técnico da UFMG. Assim, desde que os procedimentos relatados fossem coerentes com o problema de tal maneira que se fossem implementados, produziriam dados confiáveis para resolver o problema, o plano era considerado de boa qualidade. Entretanto, existem muitas formas de descrever um plano de investigação coerente, o que abre grande espaço para o exercício da criatividade dos estudantes.

Naquele primeiro ano, os resultados indicaram que os estudantes geralmente: (i) não reconheciam a variável dependente e quais eram as variáveis independentes relevantes para a solução do problema. Alguns concentravam esforços no estudo de variáveis irrelevantes para a solução ou tratavam parâmetros constantes como se fossem variáveis, e (ii) não controlavam ou não determinavam a influência de outras variáveis causais (BORGES; BORGES e VAZ,

2001). Tais falhas no procedimento científico podem produzir testes experimentais inconsistentes e inapropriados do ponto de vista lógico ou metodológico, resultando na produção de soluções indeterminadas ou controversas (BORGES e GOMES, 2005).

Posteriormente, problemas investigativos foram novamente utilizados na avaliação da atividade experimental de estudantes do 1º ano do Colégio Técnico da UFMG, examinando-se também a qualidade de suas explicações e argumentos acerca de suas decisões e estratégias usadas para a obtenção de dados confiáveis na resolução de problemas práticos (BORGES e RODRIGUES, 2004). Nesse trabalho, os alunos resolveram individualmente um problema investigativo com uma variável. Os professores participantes foram orientados a discutir explicitamente com seus alunos os conhecimentos conceituais, procedimentais e condicionais envolvidos no planejamento da investigação do primeiro problema.

Duas semanas depois desta fase inicial, os alunos foram novamente solicitados a escreverem seus planos individuais e depois planos coletivos, baseando-se na discussão de seus planos individuais, para solucionar um segundo problema prático, desta vez mais complexo. A avaliação dos planos individuais e coletivos mostrou que mesmo aumentando a complexidade do problema, os estudantes produziram planos sensivelmente melhores. Isso nos levou a propor que parte deles aplicassem novos procedimentos ainda não utilizados na resolução do primeiro problema, o que significa dizer que parte daqueles alunos aprendeu ou melhorou em pouco tempo seu conhecimento sobre o processo de produção de planos de investigação relevantes e consistentes (BORGES e RODRIGUES, 2004).

Por último, Rodrigues e Borges (2005), utilizaram a avaliação de planos de investigação com 135 alunos(as) da rede estadual de ensino com o objetivo de identificar “perfis” de pensamento científico de alunos da rede estadual e sistematizar o processo da avaliação dos planos de investigação desenvolvidos. Esse trabalho colocou o desafio de implementar o ensino de ciências através de investigações em escolas estaduais e foi realizado um piloto da pesquisa relatada nessa dissertação.

Entretanto, como Rodrigues e Borges, (2005) constataram na implementação do piloto deste projeto, apesar das recentes propostas curriculares enfatizarem uma educação científica promotora de oportunidades para que o estudante vivencie a resolução prática de problemas desde o ensino fundamental, essa proposta quase não é implementada. Os estudantes chegam ao ensino médio com escassos conhecimentos sobre o processo de planejamento de uma investigação científica e pouca vivência em atividades práticas e de resolução de problemas práticos. As experiências que tiveram foram todas em contextos cotidianos e de seu trabalho.

O conhecimento dos conceitos científicos, entendimento dos métodos e ferramentas de investigação e as habilidades investigativas de especialistas não são componentes separáveis, ao contrário são mutuamente interdependentes. Por isso, planejou-se uma unidade de ensino com o objetivo de ajudar aos estudantes a desenvolver um movimento rumo a esta forma de compreensão integrada. Obviamente que os especialistas levam anos para se formar, têm motivação e relação com os problemas que investigam muito distintos dos estudantes. Mas a aprendizagem de qualquer assunto começa assim mesmo.

Acreditamos que a participação dos estudantes em atividades como as propostas na unidade podem contribuir para o desenvolvimento de competências gerais de investigação, permitindo que os aprendizes pratiquem habilidades específicas, dependentes da situação, de diferentes áreas de conhecimento, de diferentes formas de problemas. Dependendo da investigação proposta, pode-se enfatizar mais um ou outro desses aspectos. Decidimos trabalhar com os aspectos iniciais do processo de planejar e realizar uma investigação, priorizando o desenvolvimento de competências gerais de investigação.

Assim, para este trabalho planejou-se uma unidade de ensino voltada para estudantes habituados com aulas expositivas, sem o auxílio de aulas práticas de ciências, fossem elas tradicionais, demonstrativas ou de investigação. O objetivo principal da unidade é criar ambientes em sala contextualizados, fundamentando a realização de tarefas em sala a fim de explorar alguns aspectos da “competência evidenciativa”. Entretanto, como a base na aprendizagem de ciências através de atividades investigativas é a noção de que ela é baseada em problemas ou questões para os quais se busca soluções ou explicações satisfatórias, a formulação de questões passíveis de serem investigadas é algo que precisa ser aprendido, da mesma forma que a delimitação do sistema e a elaboração de planos de investigação. Ao elaborar seus planos, os estudantes devem saber distinguir o que é saliente sobre o problema ou fenômeno do que é relevante para a sua solução, saber operacionalizar a investigação, transformando estes aspectos relevantes em aspectos e variáveis a serem investigados. Todas essas competências gerais a serem aprendidas foram alvos da unidade que desenvolvemos e implementamos.

Através da realização de investigações o aluno pode desenvolver também habilidades específicas, dependentes da área de conhecimento, pois os diferentes domínios disciplinares usam diferentes métodos de pesquisa e padrões de qualidade. Estes métodos e habilidades específicas transparecessem nas práticas características de especialistas de cada disciplina, enquanto realizam suas pesquisas.

4 METODOLOGIA

*O que serve à vida imobiliza-a.
O que serve ao espírito põe-no em movimento.
(Gastón Bachelard)*

Neste capítulo, apresentarei as questões de pesquisa, o desenho metodológico da pesquisa e as características do ambiente de aprendizagem necessário para a sua realização. Discuto também as estratégias utilizadas na condução e coleta dos dados da pesquisa, bem como a sua análise quantitativa e qualitativa.

4.1 Questões de pesquisa

No capítulo anterior a educação do pensamento científico dos estudantes foi apresentada como um desafio complexo e de longo prazo, não restrito à educação básica. Segundo Hodson (1994), trata-se de um trabalho educativo cujos principais objetivos estão relacionados à aprendizagem de aspectos da natureza da ciência, à compreensão da ciência e seus métodos e para que o estudante conscientize-se das interações entre Ciência Tecnologia e Sociedade (CTS). Em função dos prazos limitados para a coleta de dados disponibilizados pelos professores participantes, para a análise, redação e apresentação foi necessário delimitar as questões de pesquisa.

Assim, ao invés de investigar a alfabetização científica em alunos da rede pública, o que necessitaria de um estudo longitudinal de longa duração, optou-se por avaliar o aprendizado dos estudantes apenas nas etapas iniciais da investigação: formular questões, identificar variáveis, utilizar estratégias apropriadas de controle das variáveis e elaborar o planejamento dos passos seguintes da investigação para chegar a uma solução para o problema. Desta forma, esta pesquisa pretende avaliar o conhecimento dos estudantes sobre os processos científicos, mais especificamente aquilo que denominamos de conhecimento geral acerca do processo investigativo, e não sobre a natureza da ciência.

De acordo com Lederman e colaboradores (2002), freqüentemente confunde-se o significado desses dois domínios, mas devem-se entender os processos científicos como sendo atividades

relacionadas ao planejamento, à coleta e interpretação de dados, e a derivação de conclusões. A concepção de natureza da ciência está relacionada ao entendimento de que as observações dependem dos instrumentos, materiais e conceituais, utilizados pelo investigador e que a geração de hipóteses necessariamente envolve imaginação e criatividade.

Assim, pretende-se avaliar o conhecimento procedimental de alunos da rede pública nos primeiros anos do E.M. através das etapas iniciais da investigação, que poderiam ser ensinadas aos alunos da segunda metade do ensino fundamental, ainda que algumas das habilidades e competências requeridas para investigar um problema, como a coordenação de teoria e evidência e a produção de relações entre as várias variáveis em problemas mais complexos só se desenvolverão em prazos mais longos.

Pretende-se investigar:

1. Qual o conhecimento procedimental geral de estudantes da rede pública no início do ensino médio?
2. Que tipo de dificuldades os estudantes das escolas da rede pública enfrentam para aprender ciências através de atividades investigativas atualmente (2007)?

Antes de realizar essa pesquisa e responder às suas questões foi necessário a aprovação do projeto de pesquisa pelo Comitê de Ética da UFMG, o COEP. Esta etapa, que antecedeu o levantamento da amostra de professores e alunos participantes, apesar de lenta e laboriosa, foi muito importante para o refinamento dessa pesquisa e da conscientização dos deveres do pesquisador.

4.2 Cuidados éticos

O COEP é o órgão institucional da UFMG que zela pela proteção do bem-estar dos sujeitos participantes em pesquisas realizadas no domínio da universidade. Todo projeto de pesquisa cuja fonte primária de informação são seres humanos precisa da aprovação do COEP. O órgão avalia principalmente se os participantes possuem autonomia para fazer escolhas, se não correm riscos e se todos serão tratados com igualdade e justiça.

Entretanto, antes do projeto ser analisado pelo COEP exige-se que um professor do programa de pós-graduação ao qual o projeto se vincula emita um parecer favorável à realização da pesquisa, bem como a direção da unidade em que o pesquisador responsável (orientador) está

vinculado. O pesquisador estudante do mestrado ou doutorado é o pesquisador co-responsável pela pesquisa.

No COEP, um grupo de membros da sociedade, composto não só de pesquisadores, avalia o projeto e o modelo do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) que será entregue aos convidados a participarem da pesquisa. Este instrumento é a garantia do participante do respeito aos seus direitos, e deve também ser redigido na forma de um convite, esclarecendo os objetivos e métodos da pesquisa para que o convidado possa refletir sobre sua participação.

Para esta pesquisa foram necessários três TCLE e uma carta de anuência para a direção das escolas. Os alunos receberam um TCLE mais simples, com linguagem adequada à faixa etária de adolescentes entre 13 e 17 anos de idade, outro mais detalhado foi encaminhado aos pais e o terceiro, semelhante ao encaminhado aos pais foi entregue aos professores participantes.

Desta forma, após a aprovação no COEP do projeto desta pesquisa e dos TCLE que seriam utilizados a pesquisa propriamente dita teve início. Para tal, foi planejada uma unidade de ensino, a ser apresentada no próximo capítulo (cap 5) com o intuito de criar situações de aprendizagem que permitissem discutir e avaliar o aprendizado dos estudantes sobre as etapas iniciais de uma investigação. Entretanto, seria necessária a participação de professores que apesar de não utilizarem aulas de laboratório, apreciassem o potencial da metodologia investigativa de ensino como didática adequada ao conteúdo.

4.3 Identificação da amostra de professores e alunos participantes

No ano de 2005 o piloto desta pesquisa foi realizado com o apoio e a participação de quatro professores de Física em três escolas da rede estadual de Belo Horizonte e Nova Lima. O trabalho foi muito interessante e útil no teste da unidade de ensino desenvolvida. Porém, uma das conclusões considerou que o material elaborado não pode ser aplicado por qualquer professor das ciências da natureza, pois é o professor em contato com os alunos quem dá vida à proposta de ensino através da sua pedagogia. Para Tardif (2002):

A pedagogia é um conjunto de meios empregados pelo professor para atingir objetivos no âmbito das interações educativas com os alunos. Noutras palavras, do ponto de vista da análise do trabalho, a pedagogia é a “tecnologia” utilizada pelos professores em relação ao seu objeto de trabalho (os alunos), no processo de trabalho cotidiano, para obter um resultado (a socialização e a instrução) (TARDIF, 2002, p.117).

Assim, para a realização da pesquisa convidei professores e professoras que cursavam Especialização em Ensino de Ciências por Investigação (ENCI), oferecido pelo CECIMIG/FAE/UFMG, sendo que o recrutamento de professores voluntários à pesquisa ocorreu em três momentos.

No primeiro deles, duas turmas da ENCI foram comunicadas pessoalmente sobre o meu interesse em recrutar voluntários para uma pesquisa, uma vez que estudavam o ensino por investigação. Expliquei que o material já fora testado com parte dos seus resultados transformada em fonte bibliográfica (RODRIGUES e BORGES, 2005) do curso de especialização ENCI. Seria uma oportunidade para os professores vivenciarem a aplicação de uma unidade de ensino voltada para a discussão de conhecimentos procedimentais apoiada em uma metodologia investigativa de ensino. O meu orientador também estava presente o que foi muito importante para aumentar a credibilidade da proposta.

No segundo momento, os professores que demonstraram interesse receberam por e-mail uma mensagem contendo toda a proposta de trabalho e tiveram duas semanas para apreciação. A proposta inclui os termos de consentimento para os estudantes, pais e professores, a carta de anuência da diretoria, a seqüência de aulas (unidade de ensino a ser testada) acompanhada da orientação de aplicação em sala do material e as avaliações (testes). Eles também receberam um questionário elaborado por Menezes (2003) de caracterização profissional, ligeiramente modificado para obter informações sobre as séries que trabalhavam naquele momento, o horário e a freqüência que utilizava aulas práticas (ver anexo A). Na mensagem os professores foram informados que se desejassem participar como voluntários deveriam reenviar o questionário preenchido, no máximo em duas semanas após a data de envio do e-mail.

No terceiro momento, os questionários de caracterização profissional dos professores passaram por uma análise. Observaram-se apenas três critérios: (i) ser professor(a) de física ou química da rede pública, (ii) dispor apenas de duas aulas por semana com alunos do ensino médio, e (iii) não ter o hábito de adotar aulas práticas no colégio que atua. Assim, após essas três etapas a amostra de professores participantes foi definida e através dos questionários foi possível saber as séries com que o professor trabalharia e ter uma idéia do número de alunos(as) que poderiam vir a participar da pesquisa.

A partir desta metodologia de seleção dos professores era esperado que mesmo aqueles selecionados tivessem dúvidas sobre a aplicação da unidade de ensino, possibilitando

discussões interessantes formuladas por profissionais interessados em trabalhar com a metodologia. Para tal, formou-se uma espécie de rede entre os professores, alunos e pesquisadores envolvidos, permitindo o deslocamento da representação que os participantes possuem sobre um ensino baseado em investigação do campo teórico para o campo prático, gerando uma discussão situada na interação social entre os membros da comunidade (GROSSMAN, 1991; PUTNAM E BORKO, 2000) que também contribuiu com o desenvolvimento profissional dos professores.

Assim, apesar da formação docente não ser o foco dessa pesquisa, a opção de trabalhar com professores interessados, mas inexperiente no uso de uma metodologia de ensino por investigação, foi intencional. Um professor externo e com experiência poderia mascarar os resultados dessa pesquisa.

Com relação à amostra de estudantes não havia restrições. A partir da seleção de professores, estudantes de ambos os sexos, matriculados regularmente nas escolas da rede estadual de Minas Gerais foram convidados a participar da pesquisa. Estes alunos e alunas que convivem com a realidade da rede pública de ensino forneceram informações valiosas sobre o potencial da unidade de ensino para auxiliar o ensino de Física na ausência do laboratório escolar, tendo em vista a limitação de duas aulas por semana.

4.4 A unidade de ensino e o currículo escolar

Após a fase inicial de seleção de professores agendei uma reunião com o objetivo de discutir o material impresso a ser utilizado, definir a amostra de alunos a ser convidada a participar da pesquisa e explicar as questões da pesquisa.

A unidade de ensino será apresentada em detalhes no próximo capítulo, mas adianto que foi planejada para ser executada em 8 aulas de 50 min, utilizando uma das duas aulas disponíveis por semana ao longo de um trimestre. Como foi relatado, este material foi testado em 2005 e foi enxugado para perturbar o mínimo possível o andamento do currículo normal das séries.

Após este trabalho exploratório inicial foi possível apurar algumas premissas e por esta razão pode-se caracterizar esta pesquisa como indutiva-dedutiva (COHEN ET AL, 2000). Entre as premissas foi citada a influência do docente na participação da pesquisa, pois se observou professores que não compreendiam completamente os processos da ciência a serem ensinados

por um ensino por investigação. Outra premissa relaciona-se ao tempo disponível, pois no piloto foram utilizadas doze aulas, o que prejudicou o andamento normal do currículo como relatado pelos professores.

Uma conta simples ajuda a ilustrar o percentual de horas/aula que a inclusão desta unidade representou para o ano letivo. Os professores das ciências (Física, Química e Biologia) dispoem em geral de duas aulas por semana na rede estadual, teriam cerca de 8 aulas/mês, e em um ano letivo com dez meses totalizando 80 aulas/ano para cobrir todo o conteúdo. Este cálculo aproxima o período de férias para 2 meses/ano e exclui as aulas destinadas a eventos culturais, cívicos, reuniões pedagógicas, feriados, etc, indicando as 8 aulas da unidade como cerca de 10% do tempo disponível para o ensino de cada uma das disciplinas.

Assim, a unidade possui o objetivo de introduzir aspectos mais básicos do trabalho científico e estimular a reflexão dos estudantes sobre a investigação científica e também de criar situações de aprendizado com diversas tarefas que permitam a avaliação do conhecimento dos estudantes sobre os processos da ciência. Almeja-se que os participantes comecem a construir uma imagem mais apropriada de como o conhecimento científico é gerado, sem perder de vista as limitações relacionadas à sua idade e ao seu nível de desenvolvimento cognitivo.

Desta forma, passo à apresentação da natureza dos conhecimentos procedimentais e como foi necessário planejar uma unidade de ensino para avaliá-los, para posteriormente, no capítulo 6 de resultados caracterizar os professores e escolas participantes desta pesquisa.

4.5 Conhecimentos procedimentais são abstratos

A unidade de ensino e os pré e pós-testes desta pesquisa tiveram como objetivo constituir-se como um trabalho educativo introdutório e como instrumentos de avaliação do nível de apropriação de conhecimentos procedimentais da cultura científica escolar. Ambas as metas não só podem coexistir como é necessário que assim seja, pois o conhecimento procedimental dos estudantes é algo abstrato existindo apenas na consciência dos alunos a ser inferido a partir de suas ações e palavras.

Entretanto, para melhor compreendermos como foi possível acessar alguns conhecimentos procedimentais dos estudantes a partir das suas palavras resgatamos alguns ensinamentos de

Vygotsky sobre “a internalização das funções psicológicas superiores”, o que passa necessariamente pela distinção entre signo e instrumento.

Vygotsky (1991) define, a partir de Marx, a função do instrumento, como um condutor da influência humana sobre o objeto da atividade, sendo orientado externamente e necessariamente levando a mudanças nos objetos. Por outro lado, os signos se constituem como um meio da atividade interna (intrapsicológica) dirigido para o controle do próprio indivíduo e orientado internamente. Entretanto, para Vygotsky, o controle da natureza através de instrumentos e o controle do comportamento humano através de signos estão mutuamente ligados.

De acordo com Vygotsky (1991), a essência da memória humana reside no fato dos seres humanos serem capazes de lembrar ativamente com a ajuda de signos. Como exemplo o autor cita a ação de frequentemente amarrarmos um laço no dedo quando não queremos esquecer de algo. Quando fazemos isto, o instrumento “laço” passa a adquirir um significado. Neste aspecto pode-se dizer que essencialmente a pessoa construiu um processo de memorização, tal qual o uso de uma agenda. Neste sentido, Vygotsky utiliza o termo função psicológica superior, ou comportamento superior para referir-se ao arranjo entre o instrumento e o signo na atividade psicológica.

Desta forma, ao longo da nossa existência o plano interno se enriquece por meio da internalização⁸ de estratégias de ação, motivação, valores e formas de conceber o mundo. No âmbito dos processos científicos instrumentos como tabelas, gráficos, planos de investigação entre outros, possuem um significado preciso para especialistas. Um significado mais articulado do que possuem os novatos no aprendizado de ciências. Entretanto, apesar de existir diversas diferenças entre novatos e especialistas na resolução de problemas (COSTA E MOREIRA, 2001), supõe-se que os estudantes participantes desta pesquisa possuem internalizadas estratégias de ação e conhecimentos procedimentais decorrentes de um aprendizado anterior. Ou seja, eles possuem uma determinada cultura científica cujo aspecto procedimental desejamos acessar, mesmo que este conhecimento possua um caráter de senso comum. Assim, o uso de signos torna-se uma atividade mediadora, e a palavra quando utilizada com a função de indicar ou nomear serve como indicador do desenvolvimento da ontogênese do indivíduo. Entretanto, não se pode esquecer que um conhecimento isolado

⁸ O termo internalização refere-se à assimilação de um conhecimento que pode ser conceitual, procedimental ou condicional, mas que é decorrente de um processo de aprendizado descrito pela teoria piagetiana da assimilação e acomodação.

possui um significado diferente de quando está em uso. Assim, é necessária a criação de um ambiente de aprendizagem apropriado para a discussão sobre os aspectos iniciais da investigação científica, para que o conhecimento internalizado pelo estudante seja acessado através das suas palavras. Mas também é necessário criar formas estratégicas de avaliação do conhecimento externalizado⁹ pelos alunos, sem que se constitua na mera repetição daquele apresentado pelo professor.

4.6 Pesquisa investigativa ou de avaliação

Apesar da estrutura desta pesquisa utilizar uma unidade de ensino como forma de criar situações contextualizadas de ensino e avaliação como será apresentado no capítulo 5, não é propósito deste trabalho pesquisar uma determinada estrutura curricular. Não pretendo avaliar a unidade de ensino utilizada e debater os propósitos da educação científica no E.F. e E.M. ou discutir meios para atingir esses propósitos de forma efetiva. O propósito desta pesquisa é apenas o de avaliar conhecimentos procedimentais gerais de estudantes da rede pública de ensino no início do Ensino Médio. A avaliação da unidade de ensino e implicações para o ensino e para a pesquisa na área poderá ser discutida posteriormente a partir do aprendizado observado na unidade.

Entretanto, de acordo com Cohen e colaboradores (2000) o trabalho investigativo de pesquisa sempre caminhou junto de atividades de caráter avaliativo da própria pesquisa e de seus achados. Uma pesquisa pode, por exemplo, apurar uma tendência na pesquisa educacional na linha de avaliação da implementação de projetos de ensino. São geralmente pesquisas encomendadas por departamentos ou secretárias de educação e entidades de classe, que precisam ser bem focadas para não se tornarem pesquisas abertas e puras.

Tanto a pesquisa pura como a avaliativa possui metodologias semelhantes. Ambas formulam questões e hipóteses, selecionam amostras, manipulam e medem variáveis, computam dados estatísticos ou dados qualitativos e formulam conclusões. Mas, em geral, o propósito das investigações puras é mais universal do que o da avaliação, pois aquelas freqüentemente relacionam-se à expansão de uma teoria, ou melhor, compreensão e caracterização de fenômenos naturais ou sociais, enquanto a avaliação possui propósitos mais estreitos e orientados para a prática futura. Os resultados da avaliação também tendem a ter maior

⁹ O termo externalizado refere-se ao ato de comunicar através de palavras o conhecimento internalizado.

utilidade prática para fundamentar decisões, enquanto os resultados das investigações são geralmente utilizados em pesquisas posteriores.

Outro ponto de diferença ressaltado por Cohen et al (2000) é o tempo de realização do estudo. As avaliações precisam ser bem programadas e possuem data para começar e terminar, enquanto as investigações não precisam de prazo estipulado. De fato, esta pesquisa necessitou de uma programação precisa em conjunto com os professores participantes para realizarmos nossas observações, pois caso contrário, com o fim do ano letivo seria incerto a localização dos estudantes, bem como a manutenção dos professores nas escolas no ano letivo seguinte. Lembrando ainda que a coleta de dados empíricos é apenas uma parte da pesquisa, seguida do trabalho de análise e interpretação, redação do relatório de pesquisa ou de artigos para comunicação dos resultados.

Desta forma, Cohen et al (2000) destacam algumas definições de avaliação que nos ajudaram a manter o foco desta pesquisa. De acordo com o autor uma pesquisa avaliativa precisa: (1) responder a perguntas específicas e pré-estabelecidas; (2) reunir informações; (3) fazer julgamentos; (4) tomar decisões; (5) posicionar politicamente um contexto específico. São definições complementares que vão nortear este trabalho de avaliação ao pretender responder às duas questões de pesquisa, reunir informações, fazer ponderações sobre a validade dos dados coletados, justificar tomadas de decisões e, por fim, situar o atual contexto político da educação estadual.

Assim, vejamos agora os instrumentos de coleta de dados utilizados.

4.7 Os testes

Como forma de eliminar o efeito da aprendizagem baseada em memorização simples, ou não significativa que pode ser externalizado pelos estudantes e mascarar a avaliação do conhecimento procedimental internalizado, primeiramente foi realizada a Atividade 1 a seguir, o primeiro pré-teste. A atividade consiste na elaboração de um plano de investigação sobre um problema simples, não requerendo conhecimento específico de Física. É solicitada aos estudantes a elaboração de um plano para investigar o efeito da quantidade de água sobre o crescimento de uma espécie determinada de planta. Outras variáveis que podem influenciar o crescimento da planta ao final de um certo período de tempo são fornecidas, mas devem ser mantidas constantes. Os principais elementos de um plano de investigação são fornecidos,

funcionando como um meta-roteiro. A sua função é lembrar aos estudantes quais são os aspectos sobre os quais devem pensar, ao redigir seus planos. O problema da planta é comum em pesquisas sobre o conhecimento procedimental de estudantes, especialmente sobre sua habilidade em controlarem variáveis (BORGES E GOMES; 2005), uma vez que não demanda conhecimento específico de conteúdo.

QUADRO 5 – Pré e pós-teste de elaboração do plano de investigação.

Nome: _____	Data de nascimento: _____
Professor(a): _____	Turma: _____ Data: _____
Atividade 1	
Você sabia que o desenvolvimento de uma planta depende do tipo de solo em que ela foi plantada, da quantidade de luz e de água que ela recebe?	
Desta forma, descreva um plano de investigação descrevendo como você realizaria uma pesquisa que nos permitisse descobrir qual a influência da quantidade de água no desenvolvimento de um determinado tipo de planta.	
Saiba que um plano de investigação deve conter os seguintes elementos:	
a) O objetivo;	
b) O material necessário;	
c) Como será montada a investigação ou pesquisa (se achar necessário desenhe);	
d) Os dados que serão coletados;	
e) Como os dados serão coletados;	
f) O que será feito com os dados.	

A atividade do quadro 5 também foi utilizada no piloto, permitindo formulação da premissa de que normalmente os estudantes têm inicialmente muita dificuldade em elaborar um plano de investigação. Isto se deve ao fato de que normalmente os professores do E.F. não trabalham o planejamento de um experimento o que torna a tarefa uma novidade para os estudantes e também porque os professores são aconselhados a não explicar como fazer, simplesmente instruindo aos alunos a fazer como entendem que deva a partir da orientação escrita.

Apesar da Atividade 1 ser do contexto da Ciências ou Biologia, não nos interessa o conhecimento factual do estudante a respeito do desenvolvimento de uma espécie de planta, mas sim o procedimento descrito pelo aluno(a). O desenvolvimento de uma planta foi adotado

como tema de contextualização do plano por ser um assunto familiar ao estudante e, portanto, interessante de ser utilizado como pré-teste. A adoção de um tema complexo poderia acarretar em problemas com a validade de face do teste, interferindo na avaliação dos conhecimentos procedimentais dos estudantes como discutem Lederman e O'Malley (1990) em um estudo sobre a visão dos alunos da natureza da ciência.

A análise deste teste é feita a partir da leitura atenta de cada plano e do preenchimento de um quadro (ver quadro 11 na pág. 114) com várias categorias que são relevantes para a elaboração de um plano de investigação completo. Assim, para cada um dos alunos, registra-se se o plano contemplou ou não cada subcategoria, marcando-se 1 ou 0, respectivamente. Este trabalho de identificação dos itens que o estudante julgou ser necessário registrar no seu plano representa uma espécie de “perfil” do planejamento.

Após esta atividade, os estudantes recebem na mesma aula o segundo pré-teste. Nessa, quatro pares de figuras são apresentados aos alunos que deve identificar qual(ais) par(es) de figura (ver anexos B e C), indica(m) uma comparação adequada, isto é, um bom teste, para coletar dados que contribuam para a resolução de um problema. Ou seja, o estudante é convidado a localizar e justificar que comparações utilizam boas estratégias de controle de variáveis a partir de contextos distintos. Foram elaborados dois conjuntos de comparações sobre dois problemas diferentes, constituindo duas formas do pré-teste. Estas formas do pré-teste foram entregues aleatoriamente pelos professor(as). Uma metade da turma recebe o teste do anexo B e à outra metade o teste do anexo C. O primeiro relaciona-se ao crescimento de uma planta como a Atividade 1 e o segundo relaciona-se com a maneira de voar de um avião. Estas atividades foram adaptadas do trabalho de Borges e Gomes (2005).

Ambos pré-testes foram utilizados como pós-testes na mesma ordem de aplicação com os mesmos alunos após o professor(a) ter ministrado a unidade de ensino. Entretanto, planejou-se aplicar dois meses após este pós-teste, dois outros testes também relacionados ao planejamento de uma investigação e ao controle de variáveis tratando de outros contextos, mas sem aviso prévio. Seriam testes de retenção, possibilitando avaliar se as habilidades observadas no pré e pós-teste também se mantiveram. Caso contrário a validade de constructo dos testes precisaria ser reavaliada. Ou seja, os conhecimentos procedimentais que o modelo de testes visa avaliar, para contextos simples e familiares aos estudantes, devem ser observados em outros contextos.

Após a aplicação dos pré-testes os estudantes participaram de sete aulas agrupadas em uma seqüência específica que foram dirigidas pelo professor(a) responsável pela turma. Cada aula

foi programada para ser ministrada em uma aula de cinquenta minutos. Desta forma, passo agora à apresentação dos dados coletados por esta pesquisa e como se relacionam às questões de pesquisa apresentadas anteriormente.

4.8 Os dados e as questões de pesquisa

O acompanhamento do trabalho desenvolvido pelos professores ocorreu através de seis fontes de dados: (i) Os testes utilizados como pré e pós-teste e teste de retenção; (ii) A gravação das conversas com os professores por telefone antes e após cada aula, identificando suas expectativas, dificuldades e impressões; (iii) Atividades de papel e lápis realizadas individualmente ou em grupo pelos estudantes durante as aulas; (iv) Entrevista presencial em grupos de dois ou três estudantes com alguns alunos selecionados; (v) Questionário suplementar, com quatro perguntas sobre o significado de um teste experimental, controle de variáveis, plano de investigação e o que os estudantes aprenderam durante as aulas; (vi) Anotações no caderno de campo sobre conversas não gravadas com alunos, professores, equipe pedagógica das escolas, gravações ao telefone, observações de algumas aulas, sobre as entrevistas e sobre reflexões diversas.

Assim, através do contato direto com os professores nas escolas e a partir das conversas gravadas com por telefone, foi possível acompanhá-los e discutir suas dificuldades em sala. A entrevista por telefone gravado digitalmente por um gravador acoplado ao aparelho, apesar de não ser usualmente utilizada em pesquisas educacionais foi extremamente importante para minimizar as dificuldades de agendar encontros e a distância, uma vez que um dos professores mora em Sete Lagoas. Entretanto, tal abordagem, com pelo menos dois diálogos semanais, permitindo um acompanhamento próximo do andamento da pesquisa só foi possível a partir do vínculo de respeito mútuo e confiança construído com os professores ao longo da pesquisa.

Quanto à primeira questão de pesquisa, avaliar o conhecimento procedimental geral dos estudantes, primeiramente realizei uma análise quantitativa do resultado dos testes, demonstrando como foi feita a análise através de vários exemplos. Quanto à segunda questão de pesquisa, referente às dificuldades dos estudantes de aprender ciências através de atividades investigativas, a abordagem qualitativa a partir das atividades realizadas em sala e das entrevistas, permitiu visualizar vários aspectos, como a formulação de questões de orientação científica, a identificação das variáveis relevantes, a formulação de hipóteses, o

conceito de margem de erro, sobre estratégia de controle de variáveis e a interpretação de tabelas e gráficos.

4.8.1 A análise dos testes

Para a análise quantitativa utilizei apenas os dados coletados através dos testes. A avaliação preliminar do Plano de Investigação (PI) elaborado individualmente pelos estudantes foi realizada por uma equipe de correção composta por três pesquisadores, contei com a colaboração de dois colegas, um dos quais com experiência anterior em avaliação de planos de investigação. A equipe avaliou 22 itens, transformando um único plano em um “mapa” detalhado do planejamento do aluno, identificando sobre quais dos 22 itens o estudante produziu uma marca textual no plano. Através deste “mapa” a avaliação foi dividida em duas etapas. A primeira, decorrente da soma do número de itens contemplados pelos estudantes que adquiriu o caráter de escore ou nota do plano de acordo com uma escala previamente estabelecida, e a segunda, por meio da categorização dos estudantes em seis aspectos distintos do plano (Identificação da variável dependente, identificação das variáveis independentes, relevância, estratégia de controle de variáveis, indicação do dado a ser medido e o tratamento dos dados).

Antes da análise da nota no plano foi possível avaliar a confiabilidade entre os três árbitros. Posteriormente foi feita uma análise estatística com o objetivo de avaliar se os estudantes das escolas participantes produziram resultados significativamente distintos entre si. Após esta análise seguiu-se a categorização dos seis aspectos destacados de cada plano.

Por fim, a partir dos dados coletados com o segundo teste, relacionado especificamente à Estratégia de Controle de Variáveis (ECV), verificou-se primeiro a robustez do resultado a partir do número de respostas corretas seguido pela categorização das justificativas dos estudantes para a estratégia identificada como correta. Entretanto, em função do tamanho da amostra, esta análise mostrou-se limitada, não permitindo amplas generalizações.

4.8.2 A análise qualitativa

A análise qualitativa ocorreu por meio do estudo das entrevistas e atividades realizadas em sala. Alguns estudantes foram selecionados a partir de uma análise preliminar do plano de investigação elaborado no primeiro pré-teste. Tal seleção teve como objetivo a construção de uma amostra heterogênea de estudantes. Ou seja, uma amostra composta por estudantes que demonstraram compreender como um plano de investigação deve ser feito, estudantes que apresentaram uma compreensão intermediária da tarefa e estudantes que não compreenderam a tarefa. Após esta seleção foram formados grupos homogêneos de no máximo três alunos para as entrevistas que ocorreram a cada duas aulas da unidade.

Desta forma, entrevistando estudantes de nível semelhante a cada duas aulas da unidade esperava-se que eles se ajudariam na exposição dos motivos pelos quais realizaram determinada atividade de uma maneira específica e assim, seria possível apurar a compreensão dos estudantes em três níveis distintos. O uso de grupos de três estudantes durante as entrevistas justifica-se também por uma questão de tempo, pois as entrevistas foram realizadas durante o horário de aula das outras disciplinas ministradas por professores não participantes da pesquisa, com até três alunos sendo entrevistados ao mesmo tempo sendo possível identificar nas gravações de áudio as contribuições individuais.

Em função das gravações compreenderem apenas o áudio foi necessário adotar uma rotina de análise das entrevistas tanto presenciais como por telefone no caso dos professores. Esta rotina envolvia primeiramente a escuta das gravações no mesmo dia ou dia seguinte à sua realização simultaneamente à anotação dos eventos e do tempo de gravação ocorridos. Estas anotações foram feitas no caderno de campo, pois poderiam ser utilizadas em entrevistas futuras com os mesmos entrevistados. Trata-se de um mapeamento dos eventos e de um exercício de reflexão e assimilação do pesquisador.

Em seguida, após o fim da unidade de ensino com a realização do pós-teste e da coleta de todas as atividades realizadas em sala iniciou-se a etapa de transcrição das entrevistas. A transcrição das entrevistas ocorreu antes da realização do teste de retenção durante as férias de verão dos estudantes. A transcrição foi então utilizada juntamente com a análise das atividades realizadas em sala na elaboração dos estudos de caso.

As sete aulas da unidade tinham propostas distintas, mas todas relacionadas ao planejamento de investigações. As três primeiras aulas resultaram em três produções coletivas de toda a

turma, em que o professor teve papel fundamental como organizador e provocador das discussões. As aulas se relacionavam respectivamente com a formulação de questões de orientação científica, com a identificação das variáveis de uma questão levantada pelos estudantes e com a formulação de hipóteses para cada variável levantada na aula anterior. O resultado destas três aulas permitiu uma análise da turma como um todo e identificar como cada professor implementou a proposta e algumas particularidades das turmas participantes.

A partir da quarta aula, em que os estudantes realizam uma atividade de revisão em pequenos grupos os resultados apresentados passaram a ser individual, buscando apresentar os diferentes significados que um mesmo aspecto da investigação científica pode adquirir para os estudantes participantes. Desta forma, esta pesquisa como um todo construiu uma análise iniciada na avaliação quantitativa dos testes, passando por uma investigação exploratória das primeiras aulas observando as turmas em cada colégio como um todo, terminando em análises individuais dos significados de determinados aspectos da investigação para alguns estudantes participantes.

Assim, passo à apresentação e justificação da unidade de ensino adotada nesta pesquisa. Também discuto como a teoria da transposição didática de Chevallard (1991) auxiliou na fundamentação teórica da proposta introdutória de ensino.

5 APRESENTAÇÃO DA UNIDADE DE ENSINO

Se eu tivesse de reduzir toda a psicologia educacional a apenas um princípio, eu diria o seguinte: O mais importante fator que influencia a aprendizagem é o que o aluno já sabe. Conheça isto e ensine-o em conformidade. (Ausubel, 1968, Epígrafe)

Neste capítulo pretendo apresentar a unidade de ensino e demonstrar como as aulas estão interligadas em uma seqüência que visa a introdução de alunos sem nenhuma experiência anterior com atividades de investigação em noções científicas que contribuam para o desenvolvimento e coordenação de seu pensamento científico em ação. Acredito também que as atividades realizadas em cada aula possibilitaram o levantamento de informações úteis para o planejamento de um trabalho a longo prazo, avaliando estas noções e possibilitando a construção de uma imagem nítida das habilidades dos estudantes da escola pública em planejar investigações. Assim, apesar da unidade destinar pouco tempo para a discussão do conceito de erro de medida e não adotar como didática uma rotina prática de planejamento, coleta e análise de dados e produção de relatórios, ela permite tanto a introdução dos estudantes no assunto, como uma avaliação exploratória do tema.

5.1 A Transposição Didática e os objetivos da unidade de ensino

Educar o pensamento científico representa um desafio complexo e de longo prazo, entretanto, como foi apresentado no capítulo 2, desde o século XIX, com a inserção do estudo de ciência no currículo escolar americano e europeu, educadores buscam alternativas para levar o conhecimento produzido por cientistas à sala de aula.

Trata-se de um problema que possui muitas soluções e a multiplicidade de trabalhos na área de educação em ciências comprova este fato. Entretanto, segundo Brockington e Pietrocola (2005) compreender melhor como a produção científica migra da comunidade acadêmica para a sala de aula nos capacita para a proposição de alternativas efetivas de inserção de conceitos das ciências na Educação Básica. Para esta pesquisa em especial, me refiro a saberes procedimentais ou sintáticos que foram transpostos para a Educação Básica e como veremos,

adquiriram novo status epistemológico a partir da teoria da transposição didática de Chevallard (1991).

Chevallard (1991) denomina o conhecimento produzido por cientistas de Saber Sábio e este ao ser transportado para os livros didáticos passa a ser um conhecimento distinto, denominado Saber a Ensinar. Este último por sua vez também é distinto do conhecimento que realmente aparece nas salas de aula, o Saber Ensinado. O processo de transposição transforma o conhecimento e lhe atribui um novo status epistemológico (ASTOLFI e DEVELAY, 1995). Não se trata de uma simplificação do saber, pois este “novo” conhecimento passa então a responder a dois domínios epistemológicos diferentes, o da ciência e o da sala de aula (BROCKINGTON e PIETROCOLA, 2005).

A chave para o raciocínio da teoria de Transposição Didática é que enquanto a pedagogia tradicional é pensada como um sistema binário, composto por dois atores, professor e aluno, para Chevallard é preciso inserir o próprio conhecimento como mais um objeto desse sistema. Assim, o processo de ensino e aprendizagem deixa de ser função apenas das relações humanas e um objeto da sociologia, passando a ser pensado como um sistema ternário em que a epistemologia também é um instrumento de análise (BROCKINGTON e PIETROCOLA, 2005).

Para tal análise, de forma geral, Brockington e Pietrocola (2005) afirmam que um Sistema Didático é uma sala de aula inserida em um Sistema de Ensino representado por uma escola ou uma rede de ensino que por sua vez está inserido em um contexto ainda mais amplo e complexo, a Sociedade. Denomina-se de noosfera o ambiente em que se encontram todos os atores: alunos, professores, pais, autores de livros didáticos, pesquisadores, etc. E o resultado do julgamento de todos os atores envolvidos sobre a eficiência da transposição didática do Saber Sábio para o Saber a Ensinar é balizado por cinco características. O Saber a Ensinar:

1. Deve ser Consensual. Ou seja, pais, professores, alunos não devem ter dúvida se o que é ensinado é correto. Esta característica é relativa ao status histórico de um conteúdo, pois existem temas menos tradicionais como evolução estelar e Big Bang cujo ensino pode não ser consensual para a noosfera.
2. Deve ser Pertinente, o que implica em dois tipos de atualidade.
 - 2.1. Atualidade Moral. Significa que para a sociedade o conteúdo é importante e necessário à composição curricular e por isso faz sentido a sua inclusão.

- 2.2. Atualidade Biológica. Significa atualidade em relação à ciência praticada. Ou seja, explicar a propagação eletromagnética utilizando o éter como meio material de propagação é um conteúdo sem atualidade Biológica.
3. Deve ser Operacional. Significa que o conteúdo deve gerar tarefas, exercícios e atividades em sala, além de avaliações objetivas.
 4. Deve ter Criatividade Didática. O Saber Sábio deve permitir que haja criatividade didática para ser transposto para o contexto escolar. Ou seja, o saber deve poder adquirir uma identidade própria de forma que exista apenas no contexto escolar.
 5. Deve submeter-se aos testes in loco. Significa verificar os resultados de aplicação em sala para verificar o que Chevallard denomina de Terapêutica, a experiência em termos de uma avaliação posterior e coletiva do conteúdo envolvido.

Assim, uma questão relevante para a comunidade acadêmica que pesquisa o Ensino em Ciências é: Como buscar formas de educar o pensamento científico ou de ensinar aos estudantes como coordenar o pensamento? Essa, entretanto, não é uma das questões desta pesquisa. Para esse trabalho o ideal seria perguntar: Como poderíamos iniciar a jornada enquanto coletamos dados sobre o conhecimento procedimental geral dos estudantes e suas dificuldades para aprender ciências por investigação? Como poderíamos investigar as habilidades dos estudantes em planejar investigações durante o primeiro ano do E.M., de forma a planejar o trabalho educativo para o próximo ano letivo? Estas são questões que começo a responder neste capítulo.

As aulas foram organizadas em duas partes de uma unidade de ensino e planejadas para serem aplicadas em módulos de 50 min, tendo, portanto, objetivos definidos a serem alcançados em cada etapa. Planejei desta forma porque os professores aplicadores do material teriam duas aulas por semana e por outro lado têm um programa para cumprir ao longo do ano letivo, portanto, podendo ceder apenas algumas aulas para este estudo, que teve caráter exploratório.

Assim, a unidade a ser apresentada nesta seção é fruto de escolhas balizadas por três pontos: (i) **Sistêmico**: promover o desenvolvimento e coordenação do pensamento dos estudantes da Educação básica é uma meta de longo prazo (Ruiz, 2005) e o que nós buscamos deve ser um caminho para iniciar o percurso dessa trilha. (ii) **Inovação**: os estudantes e professores que irão trabalhar com a unidade não possuem o hábito de adotar atividades de laboratório tradicional ou investigativo durante o ano letivo. (iii) **Objetividade**: a unidade não pode

ocupar um grande percentual das aulas no ano letivo uma vez que os professores dispõem de apenas duas aulas semanais para cumprir a grade curricular.

5.2 Unidade de Ensino – Parte 1 – Problematização da Realidade e dos Conhecimentos

Prévios dos Alunos

5.2.1 Aula 1 – Identificação de um Problema

Esta aula tem o propósito de explorar quais tipos de questões e problemas os estudantes imaginam que a ciência pode resolver e ajudá-los a transformar essas questões consideradas interessantes em problemas investigáveis, utilizando uma linguagem mais parecida com a da ciência. Nesta etapa eu estou primeiramente interessado na percepção dos estudantes na formulação de um problema a ser investigado.

O conhecimento de formular uma questão não representa a transposição de um Saber Sábido para o Saber a Ensinar, pois não há uma caracterização consensual do que seja um problema científico ou um problema não-científico. A preocupação é explicitar algumas ações a serem tomadas ou aspectos que serão objetos de atenção no processo de solucionar o problema. Segundo Brockington e Pietrocola (2005), é um equívoco acreditar que existe uma associação histórica entre tudo que compõe o currículo e o Saber Sábido.

Nesta aula os alunos devem ser estimulados a enxergar problemas triviais à luz da ciência. Ou seja, tentar formular questões de orientação científica para os mais variados problemas. Para tal, o professor deve solicitar aos alunos exemplos de problemas que a ciência pode ajudar a resolver, e ir escrevendo no quadro as sugestões sobre as quais parece haver acordo. Caso os estudantes não entendam a solicitação, o professor pode começar fornecendo um exemplo que envolva coisas do dia a dia dos alunos como: Determinar a vida útil de um modelo de tênis ou o tempo que a água de chuva empoçada leva para infiltrar-se na laje que cobre uma casa. Estes foram exemplos propostos por alunos da rede pública durante a aplicação do piloto deste projeto.

Trata-se de um exercício que possibilita ao professor auxiliar os estudantes enquanto procuram pensar em questões de interesse, chamando sua atenção para a necessidade de definir claramente o que interessa naquela situação. Para tal o professor deve, a cada tentativa,

ajudá-los pedindo esclarecimentos e fazendo questões. Adotamos na unidade uma definição simples de “problema científico”: um problema científico possui variáveis sobre as quais podemos formular hipóteses a serem testadas individualmente. E a cada problema levantado, o professor deve ajudar o estudante a transformar sua idéia em uma questão a ser investigada.

A decisão de adotar tal definição de “problema científico” se justifica pelo caráter introdutório da unidade de ensino, deixando de ser interessante o seu uso à medida em que os estudantes, ao longo da escolarização, compreendam problemas mais elaborados de variáveis não separáveis.

Nesta aula os professores fariam uma atividade tipo “Tempestade cerebral”, visando produzir o maior número possível de idéias que possam subsidiar as próximas aulas. Entretanto, durante todo o processo o professor deve auxiliar os estudantes a transformar as idéias ou temas motivadores de curiosidade em um problema científico. Ou seja, ajudá-los a definir claramente o interesse em uma situação.

Meu professor de metodologia na pós-graduação ironicamente costumava dizer que o seu aluno mais humilde no início do curso queria salvar o mundo e o seu trabalho era desiludi-lo, pois era preciso ter objetividade. Assim, nesta aula pode-se dizer que o Saber Sábio a ser transposto é a delimitação da situação de interesse do estudante. Ou seja, como formular corretamente a questão de interesse, pois se trata de um passo vital no aprendizado por investigação.

Por isso, apesar de parecer muito tempo utilizar uma aula de cinquenta minutos com o único objetivo de levantar problemas, reafirmo a sua necessidade. Primeiramente porque a aula 2 depende da escolha de um dos problemas apurados na aula 1 e quanto maior forem as opções, mais fácil será para o professor escolher um problema para trabalhar nas aulas seguintes. Em segundo lugar, para que todos os alunos tenham tempo de participar e perder a inibição uma aula é o mínimo.

Assim, não se trata de uma aula sobre um tópico ou um tema, mas puramente de uma oportunidade para o aluno formular questões com a orientação do professor. Trata-se, de certa forma, de um Saber Consensual e Pertinente e de uma forma específica de operacionalização, pois com a ajuda dos professores existe a possibilidade da melhora na argumentação das idéias dos estudantes (HARLEN, W., 2001). Isso é o primeiro passo rumo ao “aprender a falar ciência” (LEMKE, J.L., 1997).

Para esta pesquisa, este simples exercício também gera dados que juntamente com as entrevistas com alunos e professores, possibilita a construção de uma imagem sobre a habilidade daquele Sistema Didático envolvido na formulação de questões de investigação.

5.2.2 Aula 2 – Delimitação do problema

Nessa aula será trabalhado um dos problemas formulados pelos alunos na aula anterior. Para tal é preciso escolher um dos problemas para que os estudantes possam explicitar quais são as variáveis relevantes. Esse problema e suas variáveis se tornarão objeto de estudo dos estudantes, não constituindo-se em objeto dessa pesquisa. Queremos ajudar os alunos a destacar o objetivo da investigação e associá-lo às variáveis envolvidas, mas apenas o material produzido pelos estudantes e professores durante esta aula serão considerados dados desta pesquisa.

No problema da durabilidade de um modelo de tênis, por exemplo, o professor poderia perguntar aos estudantes quais são os fatores ou variáveis importantes para investigar a sua vida útil. Podemos, então, supor que a durabilidade de um tênis irá depender entre outros fatores do peso do usuário, do tipo de uso (isto é, se é para corrida, para caminhada ou uso diário contínuo), do tipo de terreno em que anda, da frequência com que usa, dos materiais utilizados em sua confecção, etc. Já no exemplo do problema da água na laje, supondo que a água fique empoçada, podemos dizer que o tempo de infiltração pode depender da espessura da laje, do volume de chuva, da densidade do concreto, etc. Desta forma, seria feita uma lista das variáveis identificadas com a participação de toda a turma, como foi feito na aula 1.

Assim, a proposta desta aula é operacionalizar o exercício de identificar as variáveis de um problema, transpondo o Saber Sábio de análise de uma questão por meio das suas variáveis para o ambiente escolar. Espera-se, portanto, que os estudantes consigam compreender melhor a dimensão de uma das questões levantadas. Novamente, para esta pesquisa a atividade em sala irá resultar em uma lista que juntamente com as entrevistas, permitirá a construção de uma imagem introdutória dos Sistemas Didáticos pesquisados sobre a habilidade de explicitar as variáveis de um problema simples.

Vale ressaltar que neste tipo de proposta o professor, apesar de ter a liberdade de escolha do problema a ser utilizado, está limitado pela qualidade dos problemas levantados e pela

curiosidade e interesse dos estudantes. Na aula 1 costumam surgir problemas extremamente inusitados refletindo interesses específicos do grupo ou, às vezes, de apenas um ou mais estudantes. Assim, a recomendação para os professores é evitar selecionar problemas que despertaram pouco interesse. Por outro lado, reconhecemos que o professor deva ter certa margem de escolha, pois pode não se sentir confiante a avaliar os fatores envolvidos em certos problemas. Durante atividades desse tipo, é comum aos estudantes fazerem perguntas de esclarecimento sobre o tema, e o professor pode se sentir inseguro para falar tópicos que desconhece.

De forma complementar pontuamos também que em atividades investigativas abertas, segundo Borges (1997), os estudantes não possuem, de antemão, um roteiro, nem sabem resposta devam alcançar, diferentemente de exercícios e atividades de ilustração e verificação. Ou seja, essas atividades constituem desafios à atividade criativa dos estudantes, enquanto procuram construir uma trajetória que conduza a uma ou mais soluções, a serem avaliadas em termos da qualidade das explicações que a solução produz para a situação problemática e da adequação da resposta aos fatos e dados disponíveis. Nossa experiência acompanhando professores aplicadores das formulações iniciais dessa seqüência de ensino sugere que a maioria dos problemas é pouco estruturada, acarretando investigações de caráter mais aberto.

5.2.3 Aula 3 - A formulação de hipóteses

Esta etapa, também parte da construção na segunda aula para orientar os estudantes a apresentar suas crenças sobre o efeito de cada fator relevante levantado na aula 2 tem sobre a variável dependente.

A proposta consiste na criação do quadro 6 a seguir contendo três colunas. Na primeira o professor escreve todas as variáveis listadas na aula 2. Na segunda, novamente em conjunto com toda a turma, o professor escreve, para cada variável, o tipo de relação de dependência apontado pelos estudantes. Por exemplo, no problema de determinar a vida útil de um tênis, a segunda coluna ficaria similar à tabela abaixo.

Neste módulo podem surgir divergências entre os alunos sobre as hipóteses. Ou seja, um grupo de alunos acredita que existe relação de dependência direta enquanto outro acredita que a relação é inversa. Nesta situação o professor pode escrever ambas hipóteses. Afinal de contas à hipótese por definição possui a característica de representar um palpite baseado em

nosso conhecimento. Não estamos interessados em que formulem hipóteses verdadeiras, mas que comecem a entender o significado de uma relação direta e de uma inversa, o significado de realizar experimentos e observações para testar uma hipótese. Se por acaso a turma entender que na verdade a relação é neutra, então, é hora de rediscutir a relevância da variável levantada na aula 2.

QUADRO 6 – Exemplo de uma tabela típica da aula 3.

Variável	Hipóteses	Justificativas
1- Peso do usuário	Quanto maior o peso menor será a durabilidade do tênis.	Como o peso do usuário comprime o tênis é mais provável que o tênis de um usuário pesado dure menos do que o de um mais leve.
2- Terreno	Quanto mais áspero for o terreno menor será a durabilidade do tênis.	Como a aspereza do terreno pelo qual o usuário caminha desgasta o solado do tênis, a durabilidade do tênis de um usuário que caminhe por um terreno mais áspero deve durar menos.
Etc	Idem	Idem

De fato, o professor antes de definir o problema a ser utilizado na aula 2 deve pensar também nas possíveis hipóteses a serem levantadas na aula 3. Laburu (2003) destaca que muitos estudantes não apresentam uma diferenciação inteligível entre o significado de uma hipótese científica e a sua proposta de explicação. O autor argumenta ainda que a falta de compreensão da hipótese insere-se na natureza cognitiva do "*possível*" e não daquilo que é "*necessário*" (PIAGET, 1987). Este deve ser um aspecto de atenção dos professores durante a definição e delimitação do problema, propondo ser conduzido através de questões adicionais.

Assim, com esta aula esperamos também ter desenvolvido uma forma criativa de transposição didática do conceito de hipótese, bem como um método de operacionalização deste conteúdo, considerado pela literatura um saber Consensual e Pertinente.

5.2.4 Aula 4 – Revisão: Estudando o desenvolvimento de sementes

É uma aula em que os estudantes devem trabalhar em grupo e o objetivo é promover uma revisão a partir de outro contexto, ao mesmo tempo em que começamos a introduzir a idéia de construção de um plano de investigação.

Cada grupo recebe uma folha (Ver anexo D) que inicialmente apresenta o contexto da atividade. Nele os alunos devem se colocar no lugar de pesquisadores ou engenheiros agrônomos que conseguiram criar duas sementes geneticamente modificadas e que precisam testar uma hipótese específica sobre elas, tendo que planejar a investigação. A atividade, do tipo "role-playing", ainda informa que estes testes sempre possuem um objetivo visando a comparação ou contraste entre pelo menos duas situações específicas e que a partir deste contexto será feita uma revisão sobre o conteúdo das aulas anteriores.

Em seguida, na primeira parte da tarefa os alunos devem escrever com as próprias palavras qual o problema enfrentado pelos cientistas para descobrir se alguma das sementes se desenvolve melhor. Esta etapa visa rever com os estudantes a aula 1 de formulação de uma questão, em seguida identificar as variáveis como na aula 2 e por fim formular hipóteses e justificativas para testar as sementes como na aula 3.

Por fim o grupo deve explicar como faria para descobrir qual semente se desenvolve melhor supondo disponíveis as sementes A e B, dos tipos de solo vermelho e roxo e a quantidade de água desejada. Neste momento os grupos apesar de não terem o material necessário em mãos devem imaginar todos os procedimentos e relatá-los, escrevendo como fariam.

Durante toda a aula 4, foi recomendado que o professor deve circular entre os grupos, auxiliando os estudantes, ler o que escreveram, discutir e esclarecer dúvidas para a superação das dificuldades encontradas. Através desta atividade de revisão buscamos uma forma de operacionalizar todo o conteúdo apresentado até então. O exercício também serve como uma forma de mostrar aos estudantes que o raciocínio desenvolvido pode ser adaptado a outras questões, o que nós denominamos anteriormente de conhecimentos gerais sobre investigações ou roteiro geral do ciclo de investigação.

Esperamos também, coletar dados distintos dos daqueles coletados nas aulas 1, 2 e 3 que representam a produção de um Sistema Didático, possam indicar mais individualmente o nível de desenvolvimento de algumas das habilidades de planejamento de investigação dos estudantes.

Com o fim desta aula 4 encerra-se também a primeira parte da unidade de ensino e passo agora a apresentar as aulas que compõem a segunda parte da unidade.

5.3 Unidade de Ensino - Parte 2 - Produção, sistematização e organização de conhecimentos

A parte 2 da unidade de ensino inicia-se com a proposta de explicitar para os estudantes o conhecimento procedimental relacionado à adoção de uma estratégia de controle de variáveis durante a investigação das variáveis de uma questão de pesquisa.

5.3.1 Aula 5 – A estratégia de controle de variáveis (ECV)

Esta etapa foi planejada para ajudar os estudantes a compreenderem o significado de uma estratégia de controle de variáveis (ECV) e a sua importância para um experimento científico. Assim, vamos propor problemas com mais de uma variável e ajudá-los a compreender quando a ECV adotada é boa e quando é ruim, tendo em vista o objetivo do problema. Além de identificar as variáveis dependentes e independentes e exercitar a produção da descrição de uma investigação na forma de um plano.

Uma ECV comporta aspectos operacionais e conceituais. O entendimento operacional de uma estratégia de controle de variáveis significa que devemos produzir contrastes ou comparações em que apenas uma variável independente é modificada de cada vez, mantendo todas as outras inalteradas, para examinar seu efeito sobre a variável dependente. O conhecimento conceitual ou lógico associado com uma ECV envolve a capacidade de distinguir contrastes ou testes consistentes de testes confusos e inconsistentes. Envolve também competências de fazer inferências válidas de testes consistentes e o entendimento que testes inconsistentes levam a resultados controversos ou indeterminados. Pesquisas recentes, como as de Chen e Klahr (1999) e Borges e Gomes (2005), entre outras, sugerem que os estudantes conseguem entender e aplicar o entendimento operacional de ECV, sem, contudo exibir bom entendimento de seus aspectos conceituais.

Como Borges e Gomes (2005) destacam, esta definição de ECV é suficiente para a análise de situações de ensino, pois enfatiza que se o estudante a domina, ele deve ser capaz de planejar experimentos consistentes. Experimentos nos quais apenas a variável em foco, cujo efeito deseja-se determinar, é alterada, e as demais variáveis são mantidas constantes, e rejeitar experimentos inconsistentes, nos quais tal situação não ocorre.

Então, para ilustrar essa idéia, os estudantes trabalharão em pequenos grupos uma atividade (ver anexo E) semelhante àquela utilizada como pré-teste (ver anexos B e C) para avaliar a capacidade dos alunos de identificar ECV boas e ruins, mas tratando de outro contexto. A tarefa desta aula também é simples e refere-se basicamente a um teste de tração. Ou seja, a determinação do peso máximo que um fio metálico pode suportar. Nessa parte, o grupo de alunos identifica dentre quatro pares de figuras, qual delas apresenta um bom controle de variáveis, que oferece um bom contraste para solucionar o problema e, em seguida, justifica sua resposta. Após a determinação em grupos de quais pares de figuras ilustram boa ECV, os alunos são solicitados a escreverem individualmente como realizariam a investigação.

Novamente o professor fica apenas circulando em sala orientando os grupos e auxiliando-os a lidarem com suas dúvidas. O objetivo não é fornecer a resposta correta aos estudantes, mas auxiliá-los a compreender a tarefa e a produção de planos claros e justificados. Acreditamos que assim contribuímos para a promoção da autonomia dos estudantes, o que vários pesquisadores pontuam ser uma das qualidades do ensino por investigação (DRIVER, 1983; WENHAM, 1993; GIL & CASTRO, 1996; LIANKO, 1999). Visa também promover o engajamento pessoal do estudante além de novamente representar a nossa busca por transpor de forma operacionalizável o Saber Sábido da ECV para o Saber a Ensinar.

5.3.2 Aula 6 – Erro experimental

Foi planejada para introduzir a noção de erro experimental, pois quando realizamos uma medida precisamos estabelecer o grau de confiança do valor medido. Tal erro pode ser decorrente de erros dos instrumentos de medida, do operador do instrumento, do processo de medida entre outros.

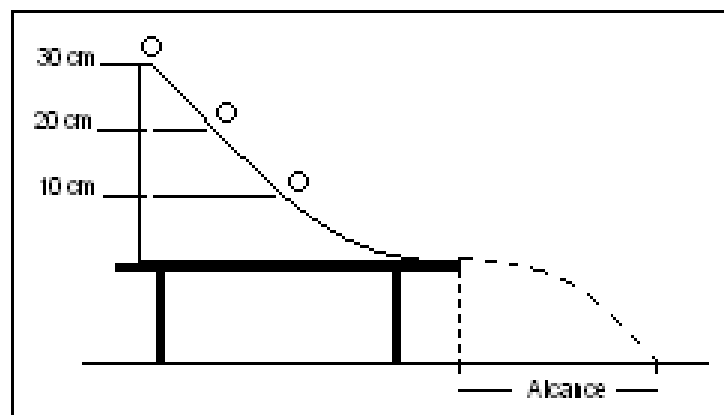
Podemos classificar os erros como sendo do tipo sistemático, quando há falhas no método empregado, defeitos ou má-calibração do instrumento de medida, alterando a medida sempre para mais ou para menos e como erro aleatório que ocorre por imperícia do operador, erro de leitura em uma escala, na avaliação da menor divisão da escala adotada e que podem ocorrer tanto para mais ou como para menos. Erros sistemáticos podem ser eliminados com a adoção de cuidados preventivos e atenção. Erros aleatórios, ao contrário, ocorrem sempre e são inerentes ao processo de medição. Assim, em qualquer situação, tomados os cuidados para eliminar os erros sistemáticos, devem-se adotar procedimentos para minimizar os efeitos de

erros aleatórios, para determinar que valor melhor represente a grandeza e estimar o erro cometido naquela medida que explique as possíveis diferenças entre medidas repetidas.

Nesta aula o objetivo tratar especificamente do erro aleatório com o intuito de demonstrar que erros de medida existem em qualquer experimento. Ou seja, independentemente da ECV e de todos os cuidados, ainda assim existe um erro aleatório associado a qualquer medida.

A aula pode ser dividida em três momentos. A preparação, execução e discussão. Durante a preparação os alunos se posicionam em círculo em volta da mesa central onde o professor realizará a demonstração, ou em grupos de três também em volta da mesa central. Enquanto os alunos se organizam o professor fixa com fita adesiva uma rampa de lançamento horizontal na mesa. A rampa é composta por uma calha de altura regulável por onde desliza uma pequena esfera, a partir de um ponto determinado na rampa. Ao atingir a parte baixa, a bolinha é lançada horizontalmente (ver figura 1).

FIGURA 1 – Ilustração da rampa de lançamento horizontal utilizada na aula 6.



Após fixar a rampa o professor solta a esfera para avaliar aproximadamente onde ela irá cair e fixa no local uma folha em branco. Depois coloca uma folha de papel carbono por cima de forma que a esfera ao cair bata no carbono, deixando uma marca na folha presa ao chão.

Feito isso, tem início a etapa de execução. Nela o professor primeiro explica aos alunos que a esfera será solta sempre da mesma posição na rampa, que a rampa está bem fixa à mesa, que as janelas e portas da sala estão fechadas para evitar o vento, enfim. O professor pondera com os alunos que todas as variáveis possíveis de serem controladas foram controladas para depois soltar a esfera e mostrar a marca do papel carbono na folha branca.

Depois de obter essa marca o professor explica desenhando no quadro o que é o alcance da esfera (distância horizontal entre a borda da rampa e o ponto em que a esfera toca o chão). Em

seguida, ele mede o alcance com uma trena e registra o valor em uma tabela desenhada no quadro. A tabela deve ter espaço para mais umas cinco medidas. Então o professor pergunta: Qual será o alcance se repetirmos o lançamento soltando a esfera da mesma posição?

Usualmente os alunos pensam que a esfera cairá exatamente no mesmo ponto, de tal forma que não é necessário fazer outra medida para determinar o alcance da esfera naquelas condições. Independente das respostas, o professor propõe repetir o procedimento de soltar a esfera por mais cinco vezes, medindo e registrando os alcances encontrados na tabela. Existem variações no alcance da esfera. Anotados os valores de alcance, deve ficar claro que existem variações nele. O professor então coloca a questão: Uma vez que todas as medidas foram realizadas sob as mesmas condições, qual é o valor que ‘melhor representa’ o alcance da bolinha de gude naquelas condições. A seguir, introduz a noção do alcance médio e do desvio absoluto.

Coelho e Séré (1998) relatam que muitos dos alunos pesquisados com idade entre 14 e 17 anos apresentam dificuldade em diferenciar a noção de valor real de uma medida e sua variabilidade, não compreendendo a importância da realização de mais de uma medida. De acordo com Rollnick, M. et al. (2002) trata-se de uma noção alinhada à visão da ciência como um corpo fixo de fatos. Para Fairbrother e Hackling (1997) os estudantes pensam que se ocorre variação na medida de uma grandeza física isto se deve aos erros daqueles que executam o experimento.

Lubben et. al. (2001) denominam de “point reasoning” à noção de que cada medida poderia a princípio ser o valor verdadeiro, e usam o termo “set reasoning” para designar a idéia de que cada medida é apenas uma aproximação do valor verdadeiro, que possui uma variação aleatória.

Após a etapa de medida dos alcances inicia-se a etapa de discussão dos resultados. Com a demonstração queremos criar um contexto adequado para discutir a variabilidade inerente a qualquer medida e apresentar os procedimentos para o cálculo da média aritmética e do desvio absoluto médio. Demonstrando que a esfera não cai no mesmo lugar, independente da ECV e que, assim como pesquisas de intenção de voto usualmente veiculadas pelas mídias impressas e televisão, a melhor representação da medida é a sua média, seguido de uma medida da dispersão para mais ou para menos dos dados.

Para esta pesquisa, a atividade da aula 6 não gerou nenhum dado direto sobre a compreensão dos estudantes sobre o tema, mas posteriormente, através das entrevistas a compreensão sobre o conceito de erro de medida foi explorada e será apresentada no capítulo 7.

5.3.3 Aula 7 – Teste de tração

Nesta última aula, os alunos são convidados a testar a informação técnica de que um fio de cobre seria capaz de suportar uma certa massa pendurada nele, mas a atividade apresenta o problema de uma forma desafiadora, como segue:

“ A empresa Fios de Cobre S.A. fabrica fio de cobre de 0,25mm de diâmetro e afirma que ele suporta uma massa entre 1,0 e 2,0 Kg. Entretanto, a especificação não nos permite saber com precisão qual é a carga máxima que o fio pode suportar. Dizer que o valor máximo está entre 1,0 e 2,0 é útil, mas implica em uma margem de erro muito grande. Assim, utilizando o material disponível determine a carga máxima que um pedaço desse fio suporta e um intervalo de erro menor do que o estipulado pelo fabricante”.

O professor e os alunos têm à disposição uma haste horizontal e um suporte, que amarrado ao fio pode sustentar diferentes massas de 5, 10, 20, 50, e 100 gramas, além de um massa inicial com 1,0 Kg e uma régua para medir a distensão do fio. Assim eles poderiam investigar a carga máxima variando a massa com precisão de 5 gramas. Em face do material disponível, os alunos são organizados em círculo e elegem dois representantes para realizarem a investigação a partir da discussão de todos. Ou seja, toda a turma participa do exercício de antever como a investigação deverá ser conduzida, enquanto alguns a executam sob o olhar atento dos colegas até descobrir o valor da massa necessária para arrebentar o fio. Após o exercício, a turma pode repetir todo o processo para verificar o valor medido na primeira tentativa.

Esta é a única aula em que os estudantes de fato realizam uma investigação na prática. Entretanto, a investigação foi proposta com um pequeno grau de abertura, pois além de apresentar o problema e o material a ser utilizado, o professor também orienta as escolhas procedimentais. Millar, et al. (1994) distinguem o conhecimento procedimental em três áreas: a percepção dos estudantes dos propósitos de se realizar um trabalho experimental, as decisões sobre procedimentos experimentais que se relaciona com a habilidade de

manipulação dos recursos técnicos por parte dos estudantes e o entendimento da qualidade de uma evidência experimental.

Moreira e Guimarães (2007) destacam que a literatura é repleta de críticas ao laboratório estruturado, em que objetivos e procedimentos da atividade prática são previamente determinados pelo professor. Os autores pontuam ainda que neste ambiente os alunos têm pouca autonomia e executam suas ações e interpretações mediadas pelo roteiro da atividade. Entretanto, investigando as visões de cento e oitenta estudantes do ensino médio Profissional do CEFET-MG sobre suas vivências no laboratório estruturado de física, os autores encontraram dados muito interessantes, evidenciando que caracterizar o laboratório estruturado de verificacionista pode significar um reducionismo, sem reconhecer aspectos relevantes vivenciados pelos estudantes (MOREIRA e GUIMARÃES, 2007).

De forma semelhante, a atividade da aula 7 teve como objetivo proporcionar uma vivência prática de investigação que, mesmo de forma limitada, permitisse ao pesquisador observar as três áreas do conhecimento procedimental apresentadas anteriormente por Millar et al. (1994). Como objetivo de ensino, a aula buscava aprofundar um pouco mais a noção de erro de medida introduzida na aula anterior, visando apresentar de forma intuitiva o significado de “margem de erro” ou “intervalo de erro”, noção esta posteriormente investigada por meio das entrevistas com os alunos.

Assim, com esta aula de número 7 encerramos a unidade de ensino e nos preparamos para na semana seguinte aplicar mais uma vez o pós-teste (aula 8) cuja codificação será debatida no capítulo 6. O teste de retenção (anexo F), apresentado no capítulo 4, foi aplicado após as férias encerrando o processo de avaliação dos estudantes. O quadro 7 abaixo sintetiza as aulas diferenciando os objetivos de ensino das observações realizadas em cada aula para esta pesquisa.

QUADRO 7 – Resumo das aulas e observações para esta pesquisa.

<i>Aula</i>	<i>Conteúdo</i>	<i>Estratégia de ensino</i>	<i>Propósito Educacional *</i>	<i>Observação de pesquisa</i>
1	Formular questões.	Pedir aos estudantes que indiquem problemas que a ciência pode ajudar a resolver.	Estimular o desenvolvimento da habilidade de elaborar questões de investigação.	Verificar como o Sistema Didático formula as questões.
2	Identificar variáveis.	Apresentar uma das questões da aula 1 e pedir que identifiquem os fatores relacionados com a questão.	Estimular o desenvolvimento da habilidade de identificação das variáveis ou fatores de um problema de investigação.	Verificar como o Sistema Didático identifica as variáveis relevantes.
3	Formular hipóteses.	Discutir com os estudantes a relação de dependência de cada uma das variáveis da aula 2.	Estimular o desenvolvimento da habilidade de pensar a relação de dependência entre as variáveis.	Verificar como o Sistema Didático identifica e justifica as hipóteses de dependência.
4	Revisão.	Apresentar um novo problema de investigação simples e pedir aos estudantes que identifiquem o problema, suas variáveis, formule hipóteses e planeje como investigar.	Estimular a percepção dos estudantes da generalização do pensamento científico para novos problemas.	Observar em nível mais microscópico do que o Sistema Didático (pequenos grupos de alunos) todas as habilidades focadas nas aulas anteriores.
5	Controle de variáveis.	Apresentar através de figuras quatro estratégias de controle de variáveis, para um problema similar a um teste de tração e discutir com os estudantes quais estratégias são boas e por quê.	Estimular a habilidade e a compreensão da qualidade de uma evidência experimental e sua relação com o controle de variáveis.	Observar em nível mais microscópico do que o Sistema Didático (pequenos grupos de alunos) a justificativa para a escolha da estratégia adequada pelos estudantes.
6	Erro de medida aleatório.	Demonstrar como a medida do alcance de um lançamento horizontal de projétil apresenta erros inerentes à prática.	Introduzir o conceito de “erro de medida” e estimular a reflexão sobre a sua existência independentemente do rigor do controle de variáveis.	Observar a compreensão do conceito de “erro de medida” através das entrevistas com alunos.
7	Investigação prática.	Apresentar uma investigação com o caráter de verificação de especificações técnicas de um fabricante de fios de cobre.	Estimular o uso de conhecimentos procedimentais das três áreas definidas por Millar et al (1994).	Verificar presencialmente e através de gravações de áudio da aula como o Sistema Didático realizou a investigação.

Nota: O propósito é o objetivo educacional, imediato ou de mais longo prazo, que o professor espera alcançar com a atividade ou aula. Não é o objetivo da atividade/aula declarado para os estudantes.

6 ANÁLISE DOS RESULTADOS I

6.1 Caracterização profissional dos professores participantes

O trabalho de campo começou com a apresentação da proposta de pesquisa para duas turmas de professores da especialização Enci (Ensino de Ciências por Investigação), convidando-os a participar como aplicadores do material desenvolvido. A princípio 14 professores se interessaram e permitiram que eu enviasse a proposta detalhada por e-mail para conhecerem melhor. Desta forma, eles puderam conhecer todo o programa de aula, os testes e exercícios que seriam utilizados e instruções de aplicação. Os professores interessados em participar como voluntários deveriam retornar o e-mail em até duas semanas, respondendo a um questionário de caracterização profissional (Anexo A).

Apenas três professores retornaram o e-mail, mas por coincidência todos apresentaram um perfil muito parecido. Todos eram homens, professores de física da rede estadual e trabalhavam com o primeiro turno de alunos no ensino médio. Apenas um deles, também lecionava matemática na rede municipal no terceiro turno. Através do questionário também afirmaram trabalhar como professores por um período entre 5 e 10 anos e possuíam 30, 35 e 41 anos de idade. O mais velho lecionava em uma escola de bairro próxima à região central de Belo Horizonte localizada no bairro Calafate, o mais novo em Betim e o terceiro em Sete Lagoas, cidades pertencentes à região metropolitana de Belo Horizonte.

Assim, eu e estes três professores nos tornamos uma equipe de trabalho que dependia da manutenção da sua unidade. Ou seja, da vontade de aplicar todo o material desenvolvido para a pesquisa. Ao longo de um período de três meses surgiram diversas dificuldades em termos da administração das prioridades de todos os participantes e julgo que por isso apenas os dois professores mais velhos conseguiram permanecer até o final. Assim, para este relato denominei de Sérgio e Alberto os professores de Sete Lagoas e de Belo Horizonte respectivamente que participaram de toda a pesquisa. Como forma de sintetizar este capítulo, para focar a discussão nos resultados de aprendizado dos estudantes, não relatarei o processo de desistência do terceiro professor, mas pretendo traçar um resumido perfil profissional dos três, caracterizando melhor esta pequena amostra de professores interessados.

Todos os três fizeram licenciatura plena com habilitação para a docência em Física e Matemática, sendo que o professor Sérgio de Sete Lagoas também atua na rede municipal e

concluiu também uma licenciatura curta em Ciências. O quadro 8 abaixo resume estas informações e apresenta as siglas das instituições em que estudaram, bem como o ano de conclusão dos cursos e o respectivo número N de professores.

QUADRO 8 – Número de professores e a respectiva formação profissional.

N	Formação	Habilitação	Instituição	Ano de conclusão
1	Licenciatura Curta	Ciências	FEMM	1998
3	Licenciatura Plena	Física e Matemática	FAFI-BH/ FCHPL / FUNEC/ UNI-BH	1997/2000/2003

Sobre a atualização profissional destes professores nos últimos dois anos, verificou-se que apenas a especialização ENCI representa um ponto em comum. Todos também citaram em comum a UFMG como instituição referência, mas a UFOP, o CEFET-MG e um Grupo de Professores de Física de Sete Lagoas foram lembrados individualmente. Interessante destacar que o grupo de professores de Sete Lagoas citado é coordenado pelo professor e colega Paulo Menezes que gentilmente disponibilizou o questionário de caracterização profissional da sua dissertação, defendida neste Programa de Pós-Graduação, “Tradição e inovação no ensino de física: grupos colaborativos de professores dando estabilidade a mudanças” (MENEZES, 2003), utilizado como base para a elaboração do questionário enviado por e-mail aos professores.

Sobre o tipo de fonte de informação que costumam utilizar na preparação das aulas, verificou-se que além de utilizarem mais do que um livro didático os três professores também utilizam programas de vestibular. O que demonstra a preocupação dos professores com o programa do vestibular, em especial da UFMG, na preparação de suas aulas.

O questionário avaliou também se os professores produzem material didático para uso em sala. Dois professores afirmaram que preparam apostilas complementares, roteiros de laboratório e texto didático, porém responderam contraditoriamente em outra questão que não dão aulas de laboratório ou o fazem muito raramente. Eles também afirmam que discutem seus problemas de ensino com colegas, mas apenas o professor do grupo de Sete Lagoas o faz semanalmente.

Sobre o nível de satisfação com o próprio trabalho, variando de *muito satisfeito* a *satisfeito*, *insatisfeito* e *muito insatisfeito*, apenas o professor Alberto de Belo Horizonte declarou-se satisfeito enquanto os demais se declararam insatisfeitos. Entretanto, sobre o nível de satisfação com o aprendizado dos seus alunos todos se consideram insatisfeitos. Este fato indica que talvez esta tenha sido uma das razões para que estes professores buscassem a especialização ENCI e o CECIMIG (Centro de Ensino de Ciências e Matemática) na UFMG como fonte de aprimoramento profissional.

Os professores foram questionados ainda sobre o que deveria mudar para melhorar a qualidade do ensino de física. Sobre este aspecto observa-se que os três acreditam ser preciso mudar a prática do professor, e em segundo lugar o currículo, a carga horária e os recursos disponíveis na escola. De fato, eu imaginava que a carga horária seria um fator de peso, pois como professor da rede estadual julgo difícil cumprir o programa de ensino voltado para atender às exigências do vestibular da UFMG, uma vez que atuo em Belo Horizonte, ao longo de todo o ensino médio com duas aulas semanais.

Por fim, apenas o Sérgio e o Alberto apresentaram o que entendem por aulas de laboratório. Alberto destacou que *“são aulas que devem levar o aluno à investigação de fenômenos”*, uma perspectiva que demonstra provável influência do curso de especialização em andamento. O professor Sérgio deu uma resposta tradicional: *“são aulas que mostram na prática o que é visto nos livros e que normalmente não é observado no dia-a-dia”*. Este último explicou ainda que a escola em que trabalha em Sete Lagoas é discriminada por ser uma das *“piores da cidade e situada na periferia”*, abrigando alunos com *“baixíssima renda e com poucas expectativas tanto na vida como na educação”*, o que não o motiva a realizar um bom trabalho em face da baixa expectativa de crescimento dos estudantes.

De fato, o que foi relatado pelo professor Sérgio foi verificado a partir de dados da Prova Brasil e do SIMAVE obtidos no site do Inep como será apresentado a seguir.

6.2 Caracterização das escolas

Como foi apresentado, os professores Sérgio e Alberto, respectivamente de Sete Lagoas e Belo Horizonte, aplicaram as aulas, sendo que Alberto trabalhou com uma turma do primeiro ano do EM diurno e o professor Sérgio trabalhou com três turmas menores. Duas do diurno, primeiro e segundo ano, e uma do segundo ano noturno como o quadro 9 sintetiza.

QUADRO 9 – Distribuição do número de estudantes por município, série e turno de estudo.

<i>Local</i>	<i>Série</i>	<i>Turno</i>	<i>N</i>
Belo Horizonte	1º ano	Diurno	31
Sete Lagoas	1º ano	Diurno	18
	2º ano	Diurno	10
	2º ano	Noturno	14
Total			73

A escola de Belo Horizonte apesar de também pertencer à rede estadual apresenta características muito distintas da escola de Sete Lagoas, pois está localizada na região central da capital e atende estudantes de classe baixa e média. Em contraste, à escola de Sete Lagoas está localizada na periferia, em uma região quase rural da cidade atendendo apenas estudantes de famílias de baixa renda.

Por uma questão de ética, o nome das escolas será preservado nesta pesquisa, mas foi a partir deles que localizei dados da Prova Brasil Avaliação do Rendimento Escolar e do SIMAVE (Sistema Mineiro de Avaliação da Educação Pública), disponíveis no site no Inep (Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira) do Ministério da Educação referentes a cada escola. A partir de tais dados, foi possível caracterizar as duas escolas e seus estudantes.

6.2.1 Dados da Prova Brasil

A Prova Brasil avalia os estudantes da 4ª e 8ª série do Ensino Fundamental. Como trabalhamos com estudantes do Ensino Médio, apresentarei apenas os dados da 8ª série. A tabela 1 abaixo sintetiza os dados disponíveis.

Verifica-se a partir da tabela 1 resultados de 2004 e 2005 das escolas em comparação à média dos municípios, do estado de Minas Gerais e do Brasil. Tais dados demonstram que comparando cada escola pesquisada com os dados médios do seu município, enquanto a escola de Belo Horizonte situa-se sempre acima da média a de Sete Lagoas é o oposto. Nota-se também uma diferença brutal entre os índices de aprovação, abandono e de distorção idade-série entre as escolas. Também se verifica que em todos os dados o município de Sete Lagoas apresenta resultado inferior ao de Belo Horizonte.

TABELA 1 – Dados percentuais nacional, estadual, municipal e das escolas no Prova Brasil.

<i>2004</i>	<i>Brasil</i>	<i>MG</i>	<i>Sete Lagoas (SL)</i>	<i>Belo Horizonte (BH)</i>	<i>Escola de SL</i>	<i>Escola de BH</i>
<i>Aprovação</i>	76,8	70,2	64,9	76,7	38,9	89,8
<i>Reprovação</i>	12	16,2	19	16,4	28,2	9,4
<i>Abandono</i>	11,2	13,6	16,1	6,9	32,9	0,8
<i>2005</i>						
<i>Média de horas-aula diária</i>	4,4	4,4	4,4	4,5	4,4	4,5
<i>Docentes com curso superior</i>	87,2	90,1	96,6	98,6	94,4	100
<i>Distorção idade-série</i>	38,8	37,9	38,2	35,3	78,1	23,6

Com relação ao desempenho dos estudantes em Língua Portuguesa e Matemática no Prova Brasil não foi possível comparar as escolas. Porque enquanto para a escola de Sete Lagoas encontravam-se disponíveis apenas dados da 4ª série do E.F., para a de Belo Horizonte estava disponível apenas para a 8ª série.

Entretanto, através dos dados do SIMAVE, foi possível comparar a média do desempenho dos estudantes das escolas. O SIMAVE no ano de 2006 avaliou a proficiência dos estudantes da 4ª e 8ª série do E.F. e da 3ª série do E.M. em Língua Portuguesa e Matemática. Mas para esta análise utilizei apenas os dados da 8ª série e do 3ª série do E.M. para melhor caracterizar o E.M.

6.2.2 Dados do SIMAVE

Algumas das proficiências em Língua Portuguesa avaliadas são interessantes para este trabalho, pois uma das principais ferramentas de coleta de dados foi o plano de investigação escrito pelo estudante. Uma atividade que demanda do aluno a coordenação de informações e metas em uma estrutura coerente. Assim, apresentarei o resultado de proficiências relativas à identificação do tema de textos e à habilidade de reconhecer relações de causa e efeito.

Com relação às proficiências matemáticas avaliadas apresentarei os resultados relacionados ao tratamento de informações a partir de gráficos e tabelas. Especialmente para os estudantes da 3ª série, em função da diferença entre as avaliações da 8ª e 3ª, também apresentarei resultados referentes à resolução de problemas simples com as quatro operações fundamentais

e problemas de proporcionalidade. Tais dados serão úteis na construção de uma imagem mais completa da alfabetização científica dos estudantes pesquisados.

Os resultados que serão apresentados devem ser interpretados ao nível de ilustração, uma vez que não tive acesso ao real conteúdo do teste SIMAVE. Para tal será destacado a média da pontuação obtida por cada escola em relação à média estadual, além do posicionamento das escolas para algumas proficiências selecionadas. As proficiências foram agrupadas por temas e é interessante destacar que os dados foram coletados um ano antes desta pesquisa, representando, portanto, o mesmo público além de parte do trabalho das equipes pedagógica e de direção das escolas.

6.2.3 Proficiência de Língua Portuguesa 8ª série

O primeiro tema é o *Tema I – Procedimentos de Leitura*, em que a média dos estudantes da 8ª série de ambas as escolas Identificam o tema ou o sentido global de um texto institucional ou de divulgação científica simples. Tal proficiência foi testada através de um texto de divulgação científica, sendo considerada uma habilidade básica (150 a 200 pontos) e também por meio de um texto institucional, mas de nível intermediário (220 a 275). Os dados indicam que a escola de Sete Lagoas atingiu 226,0 pontos de proficiência, enquanto a de Belo Horizonte obteve 248,6 (ver histograma 1).

No *Tema II – Implicações do Suporte, do Gênero e/ou do Enunciador na Compreensão do Texto* também se verifica que em média os estudantes da 8ª série de ambas as escolas *Interpretam um texto que conjuga linguagem verbal e não verbal* como um gráfico e uma “tirinha”. Sendo que a interpretação conjunta do texto com o gráfico foi considerada uma habilidade intermediária, e com a “tirinha” uma habilidade básica

Estas proficiências foram selecionadas porque representam parte do trabalho científico. Frequentemente os cientistas necessitam analisar gráficos conjugados com relatos de pesquisa, uma habilidade importante do pensar científico que também está presente no nosso dia a dia através de reportagens em jornais e revistas.

No *Tema III – Relação Entre Textos* é que a diferença entre a média de proficiência das escolas começa a ser evidente. Observa-se que o nível da primeira proficiência de *reconhecer posições distintas entre duas ou mais opiniões relativas* é intermediário (varia de 225 a 275).

Nesta habilidade verifica-se que em média os alunos da 8ª série de Sete Lagoas apresentam alguma dificuldade, pois obtiveram média de 226, implicando que cerca de metade da turma possui a habilidade. Já os estudantes da escola de Belo Horizonte se saíram um pouco melhor, pois apresentaram pontuação média de 248,6.

Entretanto com relação à segunda proficiência do Tema III de *reconhecer diferentes formas de abordar uma informação ao comparar*, uma habilidade de nível intermediário para avançado (250 a 300), observa-se que a média de estudantes de Sete Lagoas não contempla esta habilidade. Com relação aos alunos de Belo Horizonte cuja média é próxima de 250, pode-se afirmar que metade dos estudantes apresenta esta habilidade.

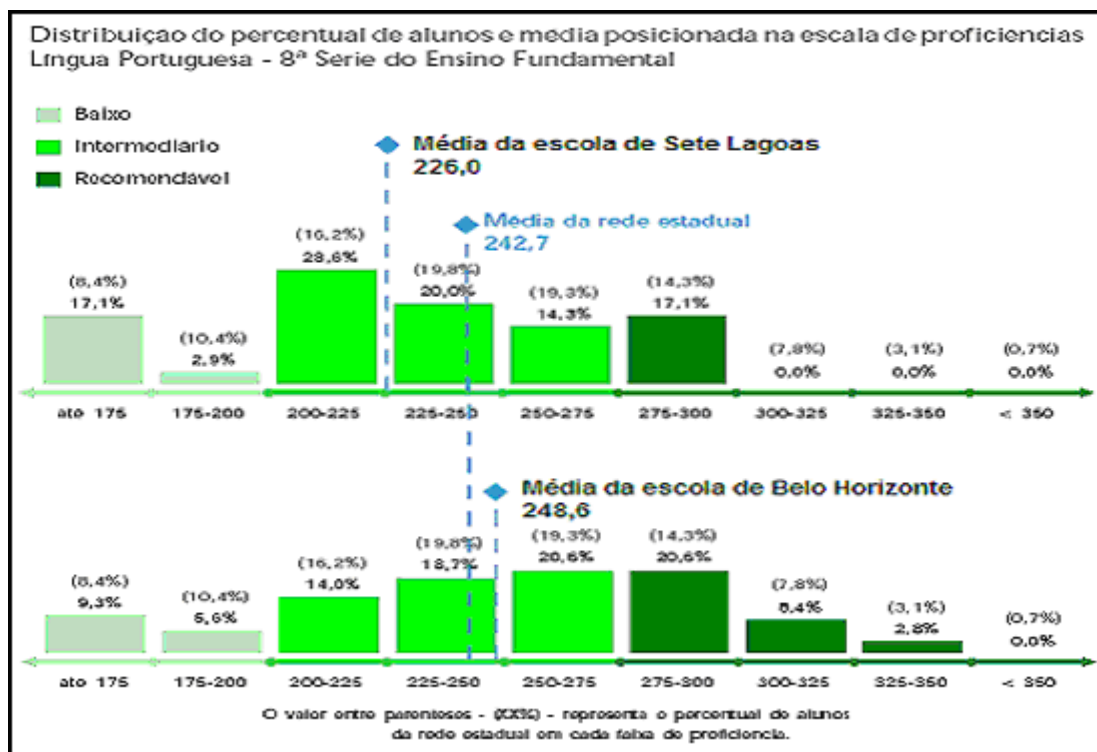
Tais proficiências avaliadas no Tema III podem estar relacionadas ao reconhecimento da lógica de duas ou mais hipóteses. O primeiro passo para elaborar mais de uma frente de investigação é um aspecto importante do pensar científico, sendo por isso também foi selecionado.

No Tema IV – *Coerência e Coesão no Processamento do Texto*, na primeira proficiência relativa a *reconhecer relação lógica discursiva* em fragmentos de textos de divulgação científica, a média de ambos os grupos de estudantes (ver histograma 1) não atingiu o mínimo desta habilidade considerada avançada (275 a acima de 350). Na segunda proficiência, que avalia se o estudante *estabelece relação de causa/conseqüência entre partes e elementos de um texto científico* observam-se resultados semelhantes. Na terceira proficiência que *estabelece relação entre a tese e os argumentos oferecidos para sustentá-la* o resultado foi também semelhante, mas quando a avaliação ocorreu a partir de um texto de divulgação científica sobre impacto ambiental (250 a 300) com apenas um argumento cerca de metade dos alunos de Belo Horizonte apresentaram a proficiência.

Estes resultados do Tema IV indicam que a percepção de uma relação lógica, de causa/conseqüência entre tese e argumento são proficiências que estão acima das habilidades dos estudantes de 8ª série de ambas as escolas. Indica também que são habilidades que ao longo do ensino médio precisam ser trabalhadas, para possibilitar a promoção de uma alfabetização científica adequada.

O histograma 1 apresenta a distribuição percentual dos estudantes de ambas as escolas, indicando também o percentual de estudantes em cada nível de proficiência. Na figura percebe-se comparando os estudantes das escolas um maior percentual de estudantes de Belo Horizonte no nível avançado.

HISTOGRAMA 1 – Distribuição percentual e média de proficiência dos estudantes das escolas pesquisadas em Língua Portuguesa.



Nota: Distribuição obtida a partir dos arquivos originais e completos das escolas disponível no site da Secretaria de Educação de Minas Gerais.

6.2.4 Proficiência Língua Portuguesa 3ª série

Passando à análise das proficiências dos estudantes da 3ª série do E.M. das escolas pesquisadas será possível então vislumbrar um horizonte um pouco mais nítido do nível de proficiência média dos estudantes das escolas. No 3º ano novamente os estudantes de Sete Lagoas atingiram média inferior à estadual, iguais a 243,3 e 267,6 respectivamente. Os alunos da escola de Belo Horizonte obtiveram 283,8, sendo novamente acima da média estadual de 267,3 (ver histograma 2).

No Tema I – *Procedimentos de Leitura* a média dos alunos de ambos os grupos *identifica o tema ou o sentido global de um texto* expositivo de caráter científico. Tal proficiência (200 a 225) foi considerada básica (175 a 250), e diferentemente do que foi observado com a 8ª série em Língua Portuguesa, na 3ª série do E.M. a média dos estudantes de Sete Lagoas não atingiu um nível intermediário (250 a 300) como os de Belo Horizonte atingiram. Ocorre, porém, que tal nível cujo mínimo na 8ª série era 200 pontos passou para 250.

Com relação ao *Tema II – Implicações do Suporte do Gênero e/ou do Enunciador na Compreensão do Texto* na primeira proficiência onde avalia se o estudante *identifica a função* de um texto de divulgação científica também se observa que em média os estudantes apresentam esta habilidade. Entretanto, como o nível desta proficiência varia de 225 a 275 pontos, pode-se dizer que em média os estudantes de Belo Horizonte dominam esta habilidade por apresentarem uma média superior a 275 (ver histograma 2).

Ainda com relação a esta proficiência de *identificação da função* de um texto de divulgação científica justifico sua seleção por que ela pode indicar que em média os estudantes identificam, por exemplo, a função de campanhas de saúde pública como as de dengue ou de vacinação contra a febre amarela. Um dado que nos ajudará a construir uma imagem do nível de alfabetização científica dos estudantes.

Com relação à segunda proficiência que verifica se em média o estudante *interpreta texto que conjuga imagem verbal e não verbal* em mapa de tempo, “tirinha” (175 a 225) e gráfico (200 a 225), o resultado é semelhante ao obtido com a 8ª série. Ambos os grupos de estudantes apresenta em média a proficiência, mas apenas os estudantes de Belo Horizonte parecem dominá-la (ver histograma 2).

Analisando o *Tema III – Relação Entre Textos*, o teste SIMAVE verificou se o estudante *reconhece diferentes formas de abordar uma informação ao comparar* artigo expositivo de caráter técnico com reportagem na qual são apresentados dados de pesquisa relativa ao tema comum aos textos. E o resultado indica que esta é uma proficiência bastante avançada (325 a 375) para ambos os grupos de estudantes, apesar de ser uma habilidade muito interessante e que frequentemente nos é exigida no dia a dia.

Quando o teste verificou se o estudante *reconhece diferentes formas de abordar uma informação ao comparar* em textos que tratam de um mesmo tema (planetas), uma habilidade considerada básica (175 a 250), verificou-se que em média os dois grupos de estudantes apresentaram resultados positivos. Entretanto, novamente, o grupo de Belo Horizonte destaca-se e demonstra dominar a habilidade, ao contrário do de Sete Lagoas (ver histograma 2).

Esta proficiência nos remete a um aspecto da investigação escolar que é o simples contraste entre dados. Para o problema da planta seria a comparação entre a quantidade de água que cada grupo de plantas recebeu, com a medida da variação da altura ao longo do tempo de observação. Uma habilidade como esta de contrastar dois tipos de dados é simples, porém, também é fundamental para a elaboração de um plano de investigação e para a sua execução.

Com relação à segunda proficiência do *Tema III*, reconhece posições distintas entre duas ou mais opiniões relativas ao mesmo fato ou ao mesmo tema em artigos opinativos, uma proficiência considerada intermediária, verifica-se uma clara distinção entre os grupos de estudantes. Enquanto o grupo de Belo Horizonte em média parece dominar a habilidade o de Sete Lagoas em média nem mesmo apresentou tal proficiência.

No *Tema IV – Coerência e Coesão no Processamento de Textos* o teste verificou se o estudante *estabelece relações de continuidade* em texto de divulgação científica com apoio de imagem. Nesta proficiência também se verificou uma clara distinção entre os grupos em face de a habilidade ser considerada de nível intermediário (250 a 275). Assim, em média, o grupo de Belo Horizonte demonstra dominar a habilidade enquanto o de Sete Lagoas em média não apresenta a proficiência.

Tal habilidade é muito importante para a alfabetização científica, porque tanto em investigações escolares como no dia a dia precisamos estabelecer relação de continuidade entre determinados eventos a fim de solucionar problemas um pouco mais complexos. Por exemplo, se um computador não está funcionando como deveria é preciso formular e testar algumas hipóteses. O cabo de energia está conectado? Existe algum disquete que não é de boot inserido no computador? Enfim, é preciso testar uma a uma as hipóteses, eliminando possibilidades até o ponto em que o problema passa a ser de competência de um técnico especializado. Do contrário, você corre o risco de ter que pagar alguém para fazer um serviço que você mesmo poderia fazer.

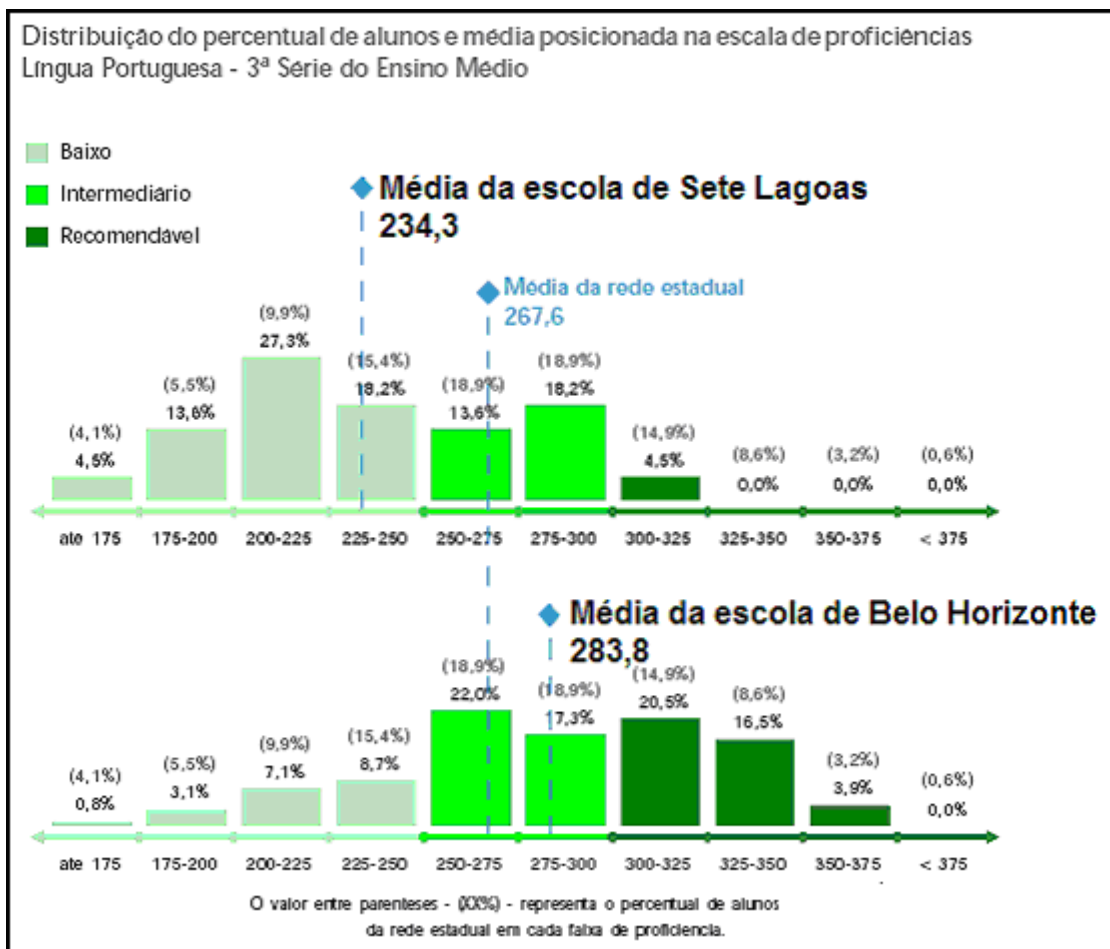
Quanto à segunda proficiência que verifica se o estudante *estabelece relação entre a tese e os argumentos oferecidos para sustentá-la* em texto de divulgação científica sobre impacto ambiental com um único argumento o resultado foi semelhante ao anteriormente destacado. Em média os alunos da 3ª série de Sete Lagoas possuem um nível de proficiência básico e esta habilidade foi considerada de nível básico para intermediário (220 a 275). Desta forma, apenas os estudantes de Belo Horizonte apresentaram domínio da proficiência.

Uma proficiência importante para a alfabetização científica e para o ensino de ciências através de investigações que se baseia em formular questões investigáveis acerca de um problema ou sobre um tópico de interesse para um indivíduo, para um grupo ou uma comunidade. Estas questões podem ser transformadas em hipóteses que precisam ser testadas através de experimentos ou observações. No final do processo fazemos inferências e formulamos conclusões que expressam nosso conhecimento sobre o problema ou tópico. E então devemos

comunicá-los, apresentando nossas explicações e as evidências que lhes dão suporte. Também em muitas situações do cotidiano, temos que avaliar as informações que nos são oferecidas acerca das vantagens de produtos e serviços que consumimos. E é necessário que de forma inteligente sejamos capazes de nos colocar em uma postura crítica e investigativa sobre a relação entre os argumentos que o anunciante oferece e a tese que ele defende. Talvez verificando com um profissional do ramo a sua opinião a respeito, ou testando anteriormente métodos mais convencionais para armazenar informações úteis na escolha do melhor caminho.

De forma complementar o histograma 2 abaixo apresenta a distribuição percentual dos alunos por nível de proficiência e novamente indica como os estudantes da escola de Belo Horizonte estão mais bem distribuídos em um nível mais avançado do que os de Sete Lagoas.

HISTOGRAMA 2 – Distribuição percentual e média de proficiência dos estudantes das escolas pesquisadas em Língua Portuguesa.

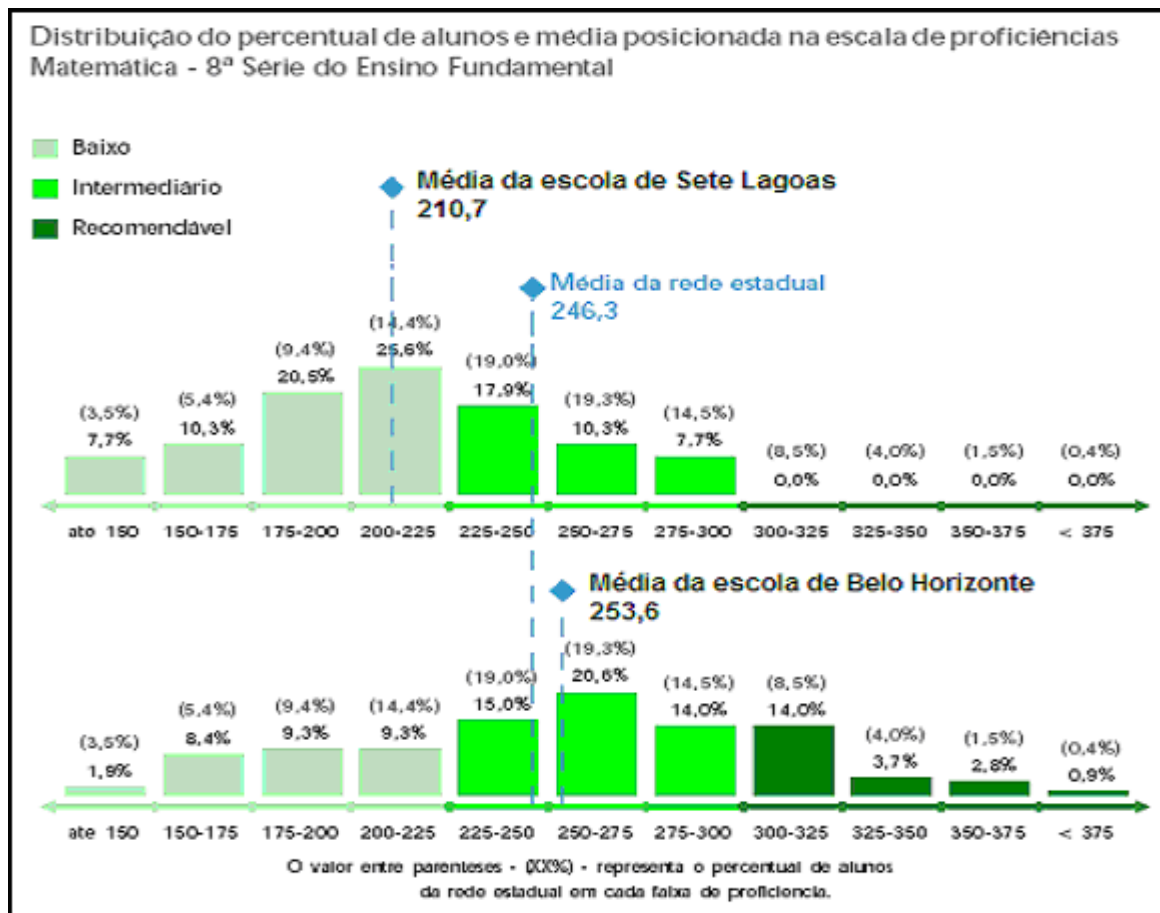


Nota: Distribuição obtida a partir dos arquivos originais e completos das escolas disponível no site da Secretaria de Educação de Minas Gerais.

6.2.5 Proficiência matemática na 8ª série

Com relação à proficiência em matemática, como já destaquei, apenas as habilidades relativas do *Tema IV – Tratamento da Informação* serão apresentadas. De fato os dados demonstram que ambos os grupos de estudantes da 8ª série em média apresentam as habilidades. Entretanto, o grupo de Sete Lagoas (210,7) não atingiu o nível intermediário (225 a 300) como o de Belo Horizonte (253,6). Por outro lado, observa-se que novamente os alunos de Sete Lagoas tiveram uma média inferior à média estadual e os de Belo Horizonte uma média superior (ver histograma 3).

HISTOGRAMA 3 – Distribuição percentual e média de proficiência dos estudantes das escolas pesquisadas em Matemática.



Nota: Distribuição obtida a partir dos arquivos originais e completos das escolas disponível no site da Secretaria de Educação de Minas Gerais.

Mais especificamente os estudantes em média *identificam* dados apresentados em tabelas (150 a 200), *interpretam* dados apresentados em gráficos (220 a 225) e em tabelas (175 a 225) e *associam* informações apresentadas em listas e tabelas aos gráficos correspondentes (175 a 225).

Observando a distribuição percentual dos estudantes por escola no histograma 3, novamente percebe-se que alguns estudantes de Belo Horizonte em relação a todo o teste de proficiência de Matemática, e não apenas nas proficiências selecionadas, encontra-se em um nível avançado.

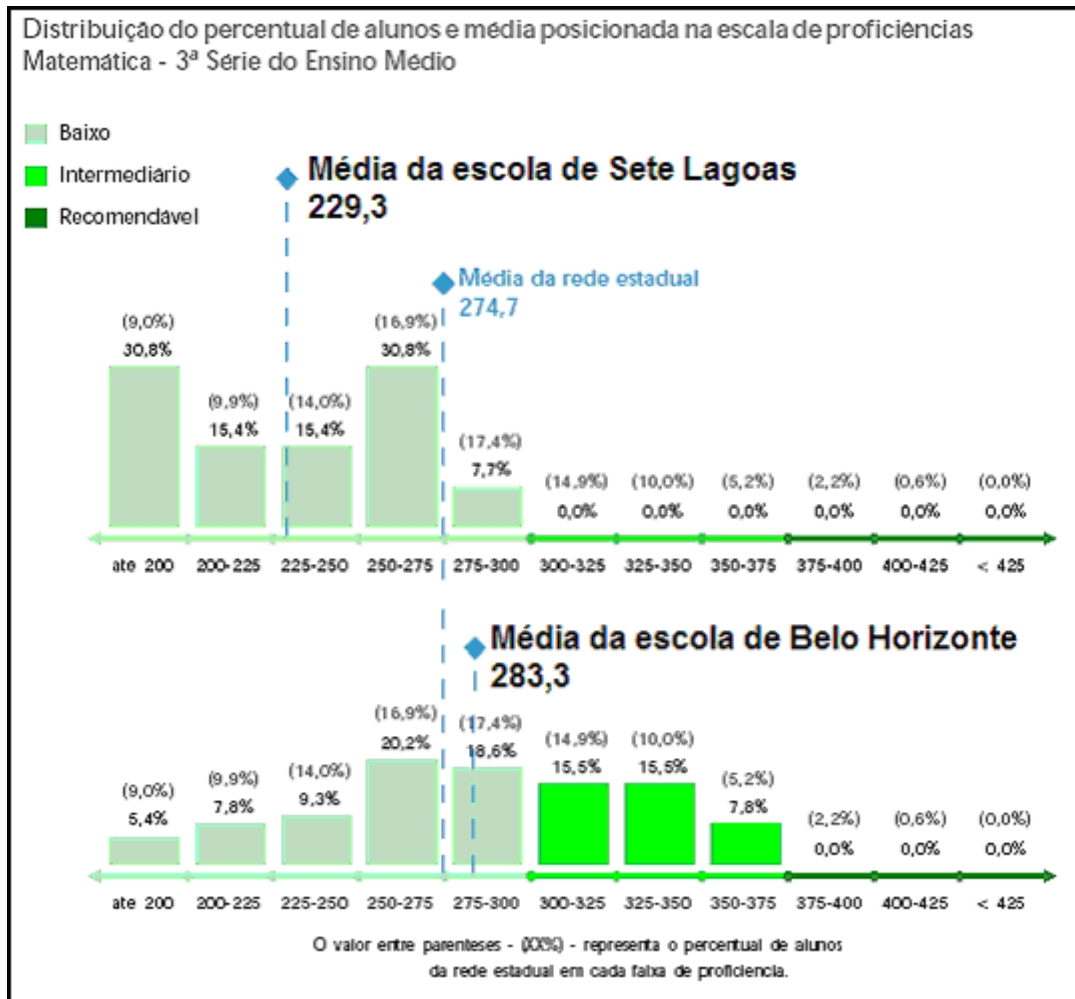
6.2.6 Proficiência de matemática 3ª série

Por fim, passo à análise de algumas proficiências em Matemática avaliadas também com a 3ª série do E.M. de ambas as escolas. Os resultados destacam que ambas as escolas permaneceram em um nível considerado básico (200 a 300 pontos), mas a escola de Belo Horizonte permaneceu acima da média estadual de 274,7 com 283,3 e a escola de Sete Lagoas permaneceu abaixo com média de 229,3 (ver histograma 4).

No *Tema III – Números e Operações/Álgebra e Funções* o teste SIMAVE verificou primeiramente se o estudante *resolve* problemas envolvendo adição e subtração de números inteiros. Uma habilidade básica (220 a 250) que foi apresentada por ambos os grupos de alunos. Entretanto, quando o teste avaliou se o estudante *resolve* problemas simples envolvendo noção de proporcionalidade, uma proficiência também considerada básica, verifica-se que em média os estudantes de Sete Lagoas apresentam a habilidade, tendo alcançado 229,3, próximos ao limite inferior da faixa que varia de 225 a 275. . Esse valor indica que cerca da metade dos estudantes não apresenta a proficiência. Por outro lado, os estudantes de Belo Horizonte, estão acima da média do estado o que indica que, em média, dominam a proficiência.

Tal noção de proporcionalidade é importante para a alfabetização científica, pois durante uma investigação sobre a relação de uma variável com outra, antes mesmo de se determinar como ocorre a variação é preciso observar o sentido da variação.

HISTOGRAMA 4 – Distribuição percentual e média de proficiência dos estudantes da terceira série do E.M. das escolas pesquisadas em Matemática.



Nota: Distribuição obtida a partir dos arquivos originais e completos das escolas disponível no site da Secretaria de Educação de Minas Gerais.

Assim, além destes dados, na qualidade de pesquisador que visitou e conheceu as duas escolas, bem como todos os estudantes participantes, eu avalio que as diferenças culturais, sociais e econômicas entre as três turmas de Sete Lagoas não são diferenças significativas, tais como as diferenças de mesma natureza destes alunos em relação aos da escola pesquisada em Belo Horizonte. Cada escola configura-se como uma comunidade à parte, com um nível de organização e tradição no ensino diferente.

Por isso, optei por separar inicialmente a análise das escolas, verificando semelhanças e diferenças ao longo das atividades feitas em sala. Assim, acredito que será possível estruturar uma imagem mais clara do pensamento científico destes estudantes e a partir dos resultados.

Desta forma, avanço à apresentação dos resultados obtidos com os dois professores restantes. Veremos adiante neste capítulo uma análise estatística simples dos resultados dos pré e pós-

testes dos seus alunos, para no capítulo seguinte apresentar de forma mais individualizada uma análise qualitativa sobre o conhecimento dos estudantes sobre alguns aspectos da alfabetização científica. Retornando com mais detalhes às dificuldades e facilidades encontradas pelos três professores e alunos, de forma a desenhar sobre este pequeno universo um panorama da alfabetização científica destes estudantes.

6.3 Avaliação dos planos de investigação

No final, os dois professores que iniciaram os trabalhos juntos aplicaram os pós-testes com sucesso. O primeiro teste aplicado foi o de produção de um plano de investigação, sobre o qual apresento os resultados nesta seção e detalhes da sua correção. Posteriormente apresentarei também os resultados e detalhes da correção do segundo teste voltado apenas para a avaliação do controle de variáveis.

6.3.1 A codificação dos testes e as marcas textuais

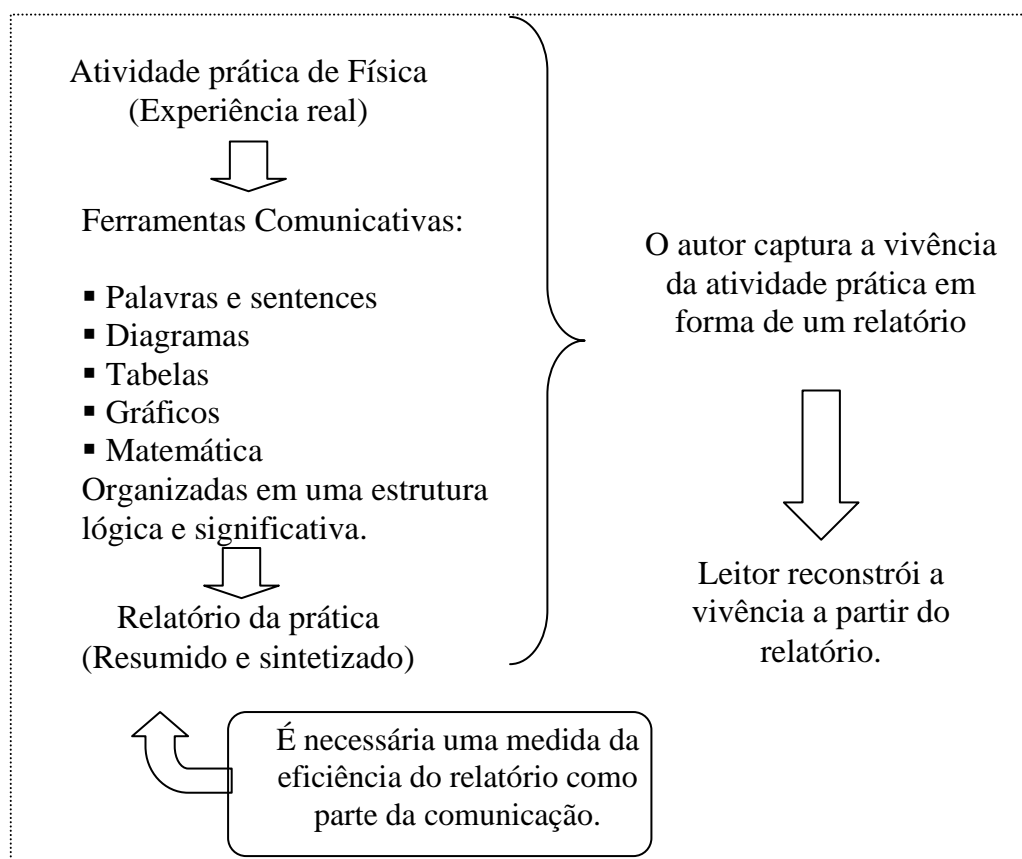
A correção de Planos de Investigação (PI) utilizada nesta pesquisa teve origem nos trabalhos de (Borges; Borges e Vaz, 2001), (Borges e Rodrigues, 2004) como foi apresentado no capítulo 3. Entretanto esse estudo amplia o embrião da categorização dos PIs desenvolvida no piloto desta pesquisa (Rodrigues e Borges, 2005) com 135 alunos(as) da rede estadual de ensino com o objetivo de sistematizar o processo da avaliação dos planos de investigação. Tal sistematização resultou em um trabalho de identificação dos elementos importantes do plano de investigação totalizando 22 itens no total. Cada item representa um tipo de elemento que um plano de investigação deve conter e cada elemento refere-se a um descritor. Quando tais elementos são identificados no plano do estudante ele adquire o status de marca textual representativa de um descritor.

Em sua dissertação de mestrado Silva (2007) considerou como marca textual qualquer fragmento que contivesse elementos que expressassem a imagem que o livro de química atribuía à natureza da ciência. Este fragmento poderia ser uma frase, um parágrafo, uma figura com sua legenda, etc.. De forma semelhante, na presente pesquisa considerei um

simples fragmento do plano de investigação ou todo o plano do estudante como uma marca textual desde que de forma explícita representasse uma intenção do aluno.

Os planos de investigação são como relatos que adquirem diversas formas dentro dos limites da linguagem escrita, utilizando inclusive desenhos ilustrativos. Os estudantes podem elaborar seus planos de investigação utilizando a escrita, tabelas, gráficos, equações, ilustrações, e outros recursos. Buffler e Allie (1999) desenvolveram o esquema abaixo (quadro 10), em que a tradução é desse autor, para mostrar como as diferentes representações de um relatório – organizadas em uma estrutura – influenciam o entendimento do leitor sobre o que foi relatado.

QUADRO 10 – Modelo explicativo da elaboração de relatos de atividades práticas.



Neste esquema observa-se que as ferramentas comunicativas e a forma como são estruturadas compõem, em resumo, o relatório da experiência vivida pelo estudante. O esquema destaca ainda que a partir desta síntese o leitor pode reconstruir a vivência do autor do relatório. Desta forma, a avaliação do relatório além da simbologia tradicional decorrente da análise dos resultados encontrados pelo estudante em face do resultado esperado, seria também uma

espécie de medida da sua proficiência comunicativa, isto é, da capacidade de transmitir ao leitor a vivência prática de uma atividade de Física ou outra disciplina.

Com relação ao plano de investigação, espera-se um relatório mais simples do que um produzido a partir de uma experiência real e prática de Física, pois não há coleta de dados. Mesmo considerando que a imaginação não possui limites e que o estudante pode planejar diagramas, tabelas, gráficos e equações que poderiam ser articuladas com os dados, mesmo que a sua produção não fosse factível. Ainda sim é esperado um relatório mais simples, por causa do caráter de novidade e do pouco tempo disponível para produzir seus planos.

Acredito, contudo que as dificuldades de avaliação do plano de investigação são semelhantes às encontradas na avaliação do relatório de uma prática ou de um trabalho enviado para um evento. Ao dirigir a atenção não para a obtenção de um determinado valor, digamos, a corrente elétrica em um circuito simples, mas para as habilidades de produzir coerência na relação entre a questão de pesquisa e os dados a serem coletados ou grandezas a serem medidas para responder à questão. Isto é possível através de um ensino por investigação ao adotar atividades de natureza mais abertas, em que o problema é apresentado ao estudante, mas os procedimentos para a sua resolução não, deixando o planejamento da investigação ao encargo do estudante.

De acordo com Bereiter (1980), estudos no campo da lingüística referentes ao desenvolvimento da escrita, tradicionalmente concentram seus esforços na determinação da frequência com que determinadas palavras surgem por unidade de comunicação, verificando, por exemplo, o desenvolvimento da escrita segundo a faixa etária. Entretanto, apesar deste tipo de análise ser informativa ao estudo do desenvolvimento da linguagem, é insatisfatória do ponto de vista educacional, pois desconsidera os propósitos relacionados à produção de um texto instrutivo (Nystrand, 1977). Por outro lado, uma abordagem que considera os propósitos do estudante admite que as estratégias cognitivas utilizadas por uma criança e suas adaptações são balizadas por sua capacidade de processar informações (Case, 1975; Klahr e Wallace, 1976).

Para a análise dos planos de investigação priorizei justamente a análise dos propósitos do estudante, que foram caracterizados por 22 descritores observados a partir das marcas textuais dos estudantes na elaboração do plano de investigação. Acredito assim, que essas marcas textuais são dados empíricos da capacidade de processar as informações da atividade e elaborar com lógica uma estrutura teórica que permita resolver uma questão experimental.

Desta forma, não me importei se o estudante respeitou a organização sugerida como forma de normatizar o fazer científico (objetivo, material, montagem da investigação, dados a serem medidos, como serão medidos e o que será feito com os dados). Também não me preocupei se os “materiais necessários” correspondem, na verdade, à montagem da investigação e vice-versa. A definição e a análise das marcas textuais ocorreu a partir da busca pelos 22 descritores, atentando exclusivamente ao que foi escrito pelos estudantes.

6.3.2 Avaliação da confiabilidade entre os árbitros

A aplicação do pós-teste realizou-se cerca de três meses após o pré-teste e o teste de retenção também três meses após o pós-teste. A avaliação do pré e pós-teste ocorreu em um mesmo instante seguida da avaliação do teste de retenção, que focalizou um problema semelhante, num contexto distinto. Todos os três testes foram avaliados por uma equipe composta por mim, o árbitro mais experiente na correção de planos de investigação e um dos pesquisadores responsáveis pelo desenvolvimento da metodologia utilizada e por outros dois árbitros denominados simplesmente por T e L, ambos estudantes de Física no final da graduação. T já havia trabalhado comigo avaliando planos de investigação feitos por alunos da rede estadual sobre o mesmo problema adotado nesta pesquisa durante seu estágio na graduação. L, no entanto, não tinha experiência prévia neste tipo de avaliação, pois era mais novo no grupo, estagiário de um projeto de pesquisa mais amplo coordenado pelo meu orientador.

A avaliação do pré e pós-teste do plano de investigação ocorreram ao longo de cinco rodadas que sucederam a etapa inicial de treinamento da equipe. Cada árbitro utilizou o mesmo conjunto de 22 descritores na codificação e avaliação de cada plano de investigação. A tarefa consistia em ler os planos e marcar com um lápis “zero” ou “um” na coluna correspondente a cada descritor em uma planilha, identificando quais alunos produziram marcas textuais que caracterizavam os descritores.

Após cada rodada verificamos o percentual de acerto dos três árbitros, analisando o número de vezes em que cada árbitro observou cada um dos 22 descritores em acordo com os critérios determinados, após muito tempo de conversas. Este percentual de acordo foi denominado de concordância observada (CO). Para padronizar a avaliação dos planos, essa ocorreu com o cabeçalho da atividade coberto e embaralhando os pré e os pós-testes, evitando assim que

cada árbitro soubesse se estava corrigindo um pré ou um pós-teste, ou se de uma escola ou de outra.

A etapa inicial de treinamento e apresentação da metodologia foi composta por uma fase teórica, explicando as idéias que compunham cada descritor e outra prática, de aplicação e adaptação à planilha ou à lista de descritores a serem observados no plano do aluno. Os planos são como uma redação e no treinamento cada um da equipe corrigiu os mesmos 12 planos de investigação, tendo a oportunidade de discutir como foi a interpretação de cada descritor. A tabela 2 indica o número de planos avaliados em cada rodada, sendo que a etapa treino recebeu o número zero.

TABELA 2 – Número de planos de investigação avaliados em cada rodada.

Rodada de avaliação	Pré e pós-teste							Teste de retenção			
	Zero	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	Total	1 ^a	2 ^a	3 ^a	Total
Número de PI	12	18	30	30	15	29	134	21	21	16	58

Este total de planos inclui os planos de alunos que não participaram da análise estatística e qualitativa por terem faltado ao pré ou ao pós-teste. Todos foram avaliados pelos três árbitros e ao longo da avaliação a equipe teve a curiosidade de investigar a influência do número de planos por rodada no índice percentual de acordo.

Queríamos verificar se o cansaço provocado pela codificação exaustiva de 30 planos de investigação por rodada produzia um efeito negativo na confiabilidade entre árbitros. Já havíamos medido e a correção individual por plano ocorria em cerca de 2 minutos. A verificação conjunta entre os árbitros sequer cerca de 5 minutos por plano, dependendo da clareza do estudante para expor suas idéias. Entretanto, ficávamos cerca de duas horas e meia para concluir uma rodada com trinta planos. Por isso, avaliamos na quarta rodada apenas 15 PI, chegando à conclusão que reduzir o número de planos por rodada apesar de não interferir na concordância observada, não eliminava a sensação provocada pelo desgaste de que mais de 30 planos poderiam alterar a confiabilidade da codificação.

A partir da tabela 3 observa-se que, em média, o índice percentual de acordo manteve-se acima de 90% durante toda a correção, indicando principalmente que L teve facilidade para assimilar os diferentes tipos de marcas textuais que os 22 descritores representavam. Verifica-

se também que o desvio padrão (DP) entre os árbitros manteve-se abaixo de 5%, demonstrando que a equipe como um todo foi muito coerente na interpretação de cada descritor.

TABELA 3 – Índice percentual da Concordância Observada média dos 22 descritores de cada árbitro por rodada de avaliação.

	<i>Rodada</i>	<i>Bruno</i>	<i>T</i>	<i>L</i>	<i>DP</i>
<i>Pré e pós-teste</i>	1^a	0,97	0,94	0,90	0,04
	2^a	0,96	0,95	0,93	0,02
	3^a	0,96	0,95	0,91	0,03
	4^a	0,96	0,95	0,92	0,02
	5^a	0,97	0,95	0,96	0,01
<i>Teste de retenção</i>	1^a	0,93	0,94	0,92	0,01
	2^a	0,96	0,90	0,95	0,03
	3^a	0,94	0,95	0,91	0,02

Entretanto, observou-se isoladamente que em alguns descritores os árbitros atingiram um índice de acordo menor que 90%. A tabela abaixo apresenta de forma resumida os 22 descritores e o percentual de acerto de cada árbitro em cada descritor ao longo das cinco rodadas de correção do pré e pós-teste e das três rodadas do teste de retenção. Em destaque percebem-se os acertos percentuais menores que 90%.

Estes dados da tabela 4 indicam o percentual de acordo de cada árbitro em relação à avaliação estabelecida pela equipe como a padrão e nesse sentido, observa-se que a concordância observada (CO) no segundo aspecto avaliado foi o de menor índice de acordo com o padrão. Significa também que durante a avaliação dos planos a equipe gastou a maior parte do tempo discutindo o aspecto “clareza no procedimento”, argumentando e ponderando sobre quando um tipo de marca textual indica que o estudante ao elaborar o seu plano descreveu como tratar uma determinada variável. A idéia é diferenciar os estudantes que descrevem as ações de manipulação das variáveis, daqueles que apenas identificam as variáveis.

Como consequência da dificuldade de interpretação do aspecto “clareza no procedimento”, o aspecto “coerência com o objetivo” foi o segundo pior aspecto. Não por uma dificuldade de interpretação do aspecto, pois é fácil perceber quando o estudante produziu um controle de variáveis consistente e adequado.

TABELA 4 – Percentual de acerto dos árbitros para cada descritor.

Aspectos	Descritor	Pré e Pós-teste			Teste de retenção		
		Bruno	T	L	Bruno	T	L
1 - Identificação de variáveis	1 A-Quantidade de água (a) ou tipo de aerofólio	95,5	94,0	89,6	96,6	91,4	100,0
	2 B-Quantidade de Luz ou temp ambiente (lz) ou bico	97,8	96,3	97,8	96,6	96,6	100,0
	3 C-Tipo de solo (s) ou pneu do F1	97,0	97,8	100,0	98,3	96,6	100,0
	4 D-Variável dependente – Desenvolvimento da planta (dp)	96,3	98,5	94,8	93,1	94,8	91,4
	5 E-Identifica outras variáveis que não são relevantes	99,3	99,3	100,0	93,1	87,9	93,1
2 – Clareza no procedimento	6 A-Descreveu como vai tratar a variável (a) ou aerofólio	88,1	88,1	83,6	93,1	86,2	91,4
	7 B-Descreveu como vai tratar a variável (lz) ou bico	95,5	94,8	94,0	93,1	86,2	94,8
	8 C-Descreveu como vai tratar a variável (s) ou pneu do F1	93,3	94,0	88,1	87,9	84,5	96,6
	9 D-Descreveu como vai acompanhar o crescimento da planta ou o desempenho do F1 (dp)	95,5	86,6	82,1	89,7	84,5	86,2
	10 E-Plano irrelevante	92,5	89,6	85,1	96,6	96,6	91,4
3 - Coerência com o objetivo	11 A-Consistente na variável (a) ou aerofólio	94,8	93,3	89,6	93,1	81,0	96,6
	12 B-Consistente na variável (lz) ou bico	97,8	95,5	94,0	98,3	98,3	89,7
	13 C-Consistente na variável (s) ou pneu do F1	100,0	96,3	89,6	91,4	100,0	87,9
	14 D-Consistente na variável (dp)	98,5	94,0	91,8	96,6	98,3	77,6
	15 E-Trata fatores constantes como variáveis	94,0	91,0	88,1	87,9	93,1	91,4
	16 F-Se indicou mais do que uma medida (a)	98,5	96,3	93,3	93,1	87,9	87,9
4 - Indicação de como coletar os dados	17 A-Indicou equipamento para medir variável (a)	99,3	98,5	97,0	87,9	96,6	93,1
	18 B-Indicou parâmetro para medir variável (dp)	97,8	94,0	85,1	96,6	93,1	86,2
	19 C-Se indicou como registrar os dados	94,0	91,0	98,5	94,8	96,6	91,4
5 - Indicação do que fazer com os dados	20 A-Se retomou o objetivo da investigação	97,0	98,5	95,5	98,3	94,8	91,4
	21 B-Se propôs a construção de algum gráfico	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	22 C-Se especificou alguma análise comparativa dos dados	99,3	96,3	97,0	100,0	98,3	100,0
Nº de descritores com índice de acerto abaixo de 90%		01	03	09	04	07	06

Mas sim porque como apresentarei a codificação pode ser entendida como score do PI, mas se o estudante é pouco claro na exposição das suas idéias, o avaliador pode entender que o

estudante não descreveu como pretende manipular uma determinada variável. Por consequência, se o árbitro acredita que o aluno não descreveu um procedimento como é possível mesmo assim que o seu procedimento seja consistente? Desta forma, atribuo o baixo índice de acerto no terceiro aspecto principalmente ao erro no segundo aspecto. O árbitro que visa uma codificação do plano com coerência interna, pode cometer este equívoco que só se esclarece quando os demais árbitros apresentam uma leitura diferente para o plano de investigação analisado.

Desta forma, a cada rodada de avaliação através do debate dos pontos em desacordo, o grupo foi refinando os tipos de marcas textuais de cada descritor, ampliando o número de exemplos e de contra-exemplos.

6.4 Resultados pré e pós-teste e teste de retenção

Como foi apresentado, avaliamos 22 descritores nos planos de investigação. A partir desta análise exploratória o trabalho foi dividido em duas frentes de análise. A primeira decorre da soma do número de descritores encontrados em cada plano de investigação e a segunda a partir da categorização de seis aspectos do plano de investigação.

A soma do número de descritores observados em cada plano representa a nota do plano, que varia de zero a 22 desde que se atribua peso equivalente a todos os descritores. Este processo de avaliação, no entanto, possui uma lógica interna na forma de pirâmide evitando alguns equívocos.

A planilha dos descritores começa em um nível mais básico, o nível de identificação das variáveis, pois apesar do enunciado da atividade apresentar as variáveis, não necessariamente o estudante as identifica em seu plano de investigação. Em seguida o árbitro passa para o nível da descrição, em que avalia se o estudante descreve como manipularia cada variável, não se importando com a qualidade da manipulação. Neste ponto se admite que se o estudante descreve com tratar uma determinada variável também a identifica, pois caso não a tenha identificado não seria possível a manipulação.

Por último o árbitro avalia a qualidade da manipulação descrita pelo estudante, observando se é consistente e adequada para a produção dos dados desejados. Desta forma, um estudante com uma nota baixa no plano de investigação fatalmente não consegue transpor o nível da

identificação das variáveis. Por outro lado, o estudante com nota alta não só identifica as variáveis como elabora uma descrição adequada e consistente.

Entretanto, ao longo da utilização deste processo com os dados coletados no piloto deste projeto de pesquisa foi possível observar alguns problemas. Por exemplo, imagine um aluno que identifica todas as variáveis, mas descreve um plano inconsistente, significando acúmulo de quatro pontos pela identificação das variáveis e mais quatro pela descrição inconsistente (Veja quadro 11 a seguir). Sua nota base seria oito sem considerar outros pontos positivos de um plano de investigação agrupados nos aspectos 4 (Indicação de como coletar os dados) e 5 (Indicação do que fazer com os dados). Por outro lado, um outro estudante que identifique apenas a variável em foco (quantidade de água) e o desenvolvimento da planta e descreve um plano adequado e consistente ganharia dois pontos pela identificação, mais dois pela descrição e mais dois pela consistência da descrição, ficando com uma nota base igual a seis. Em situações como esta, apesar do segundo aluno demonstrar ter conhecimento sobre o controle das variáveis na experimentação, ficaria com nota base inferior à do primeiro, que mesmo tendo identificado e descrito todas as variáveis, não o fez de forma consistente.

Para contornar o impasse encontrei duas soluções. Pode-se atribuir um peso diferenciado para os descritores ou elaborar novos descritores que permitam verificar por outras marcas textuais conclusões semelhantes às indicadas pelo primeiro descritor. De fato, optei pela segunda opção por entender que permitiria uma avaliação mais detalhada de cada plano. Essa escolha, entretanto, não exclui a primeira opção e o professor que venha a utilizar esta ferramenta pode optar pelo que julgar mais adequado.

Como exemplo, o leitor pode observar no quadro 11 a seguir o descritor 5 (variáveis irrelevantes), elaborado para que o árbitro além de verificar se o estudante identificou as variáveis do problema, possa também observar se o plano identifica variáveis irrelevantes. Se isso ocorreu o aluno ganha zero no descritor, caso contrário ganha um.

Outro exemplo, relacionado ao controle de variáveis diz respeito aos descritores 15 (fatores constantes como variáveis) e 16 (indica mais de uma medida da variável quantidade de água). Além de verificar se o controle de variáveis foi consistente em cada caso (descritores 11, 12, 13 e 14), verifica-se no descritor 15 se o estudante não manteve fatores ou variáveis que deveria manter constante, e no descritor 16 se o estudante indicou que regaria as plantas com quantidades diferentes de água, ou alteraria o aerofólio no caso de teste de retenção. Se o

aluno não manteve os fatores constantes ou não indicou mais de uma medida obteve zero em cada descritor.

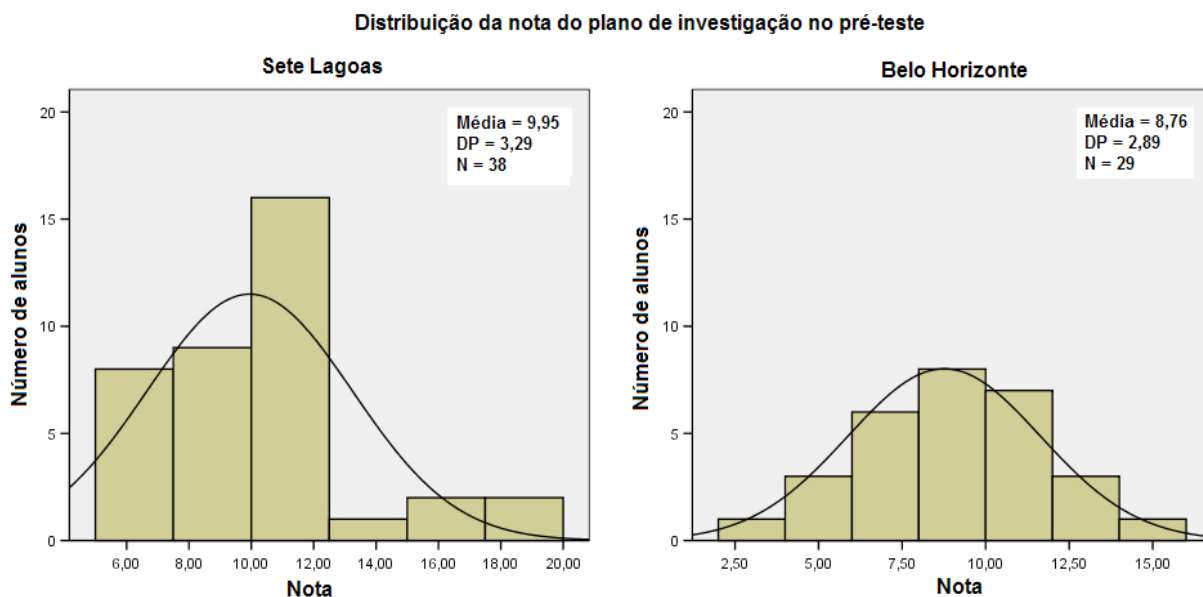
QUADRO 11 – Aspectos e Descritores dos planos de investigação.

Aspectos	Descritor
1 - Identificação de variáveis	1 A - Quantidade de água (a) ou tipo de aerofólio.
	2 B - Quantidade de Luz ou temp ambiente (lz) ou bico.
	3 C - Tipo de solo (s) ou pneu do carro de fórmula 1 (F1).
	4 D - Variável dependente – Desenvolvimento da planta (dp).
	5 E - Identifica outras variáveis que não são relevantes.
2 - Clareza no procedimento	6 A - Descreveu como vai tratar a variável (a) ou aerofólio.
	7 B - Descreveu como vai tratar a variável (lz) ou bico.
	8 C - Descreveu como vai tratar a variável (s) ou pneu do F1.
	9 D - Descreveu como vai acompanhar o crescimento da planta ou o desempenho do F1 (dp).
	10 E - Plano irrelevante.
3 - Coerência com o objetivo	11 A - Consistente na variável (a) ou aerofólio.
	12 B - Consistente na variável (lz) ou bico.
	13 C - Consistente na variável (s) ou pneu do F1.
	14 D - Consistente na variável (dp).
	15 E - Trata fatores constantes como variáveis.
	16 F - Se indicou mais do que uma medida (a).
4 - Indicação de como coletar os dados	17 A - Indicou equipamento para medir variável (a).
	18 B - Indicou parâmetro para medir variável (dp).
	19 C - Se indicou como registrar os dados.
5 - Indicação do que fazer com os dados	20 A - Se retomou o objetivo da investigação.
	21 B - Se propôs a construção de algum gráfico.
	22 C - Se especificou alguma análise comparativa dos dados.

Desta forma, com o resultado desta avaliação atribuindo nota aos planos de investigação primeiramente observei a forma da distribuição das notas por escola (escola de Sete Lagoas e de Belo Horizonte) como o histograma 5 ilustra.

Através da distribuição das notas por escola observam-se algumas pequenas diferenças. A nota média dos estudantes de Belo Horizonte é cerca de um ponto menor do que a dos alunos de Sete Lagoas, apresentando também um desvio padrão (DP) cerca de 0,40 menor. Observa-se também que apenas alguns estudantes de Sete Lagoas obtiveram nota superior a 16 e de forma oposta apenas alguns estudantes de Belo Horizonte obtiveram nota inferior a 5.

HISTOGRAMA 5 – Distribuição da nota no plano de investigação dos estudantes no pré-teste.



De fato era esperado que a distribuição de ambos os grupos fosse semelhante à de Belo Horizonte, uma distribuição normal. Entretanto, antes do início da pesquisa, o professor Sérgio, de posse do artigo (Rodrigues e Borges, 2005) citado anteriormente como parte da bibliografia da especialização ENCI, havia me confirmado que discutiu o teste com seus alunos.

Neste momento pensei descartar o grupo de estudantes de Sete Lagoas da amostra, mas como não havia a disponibilidade de outro professor motivado e que se encaixasse nos critérios de seleção, acreditei que o desempenho desses estudantes não seria distinto dos estudantes de Belo Horizonte, cujo professor não havia discutido o teste.

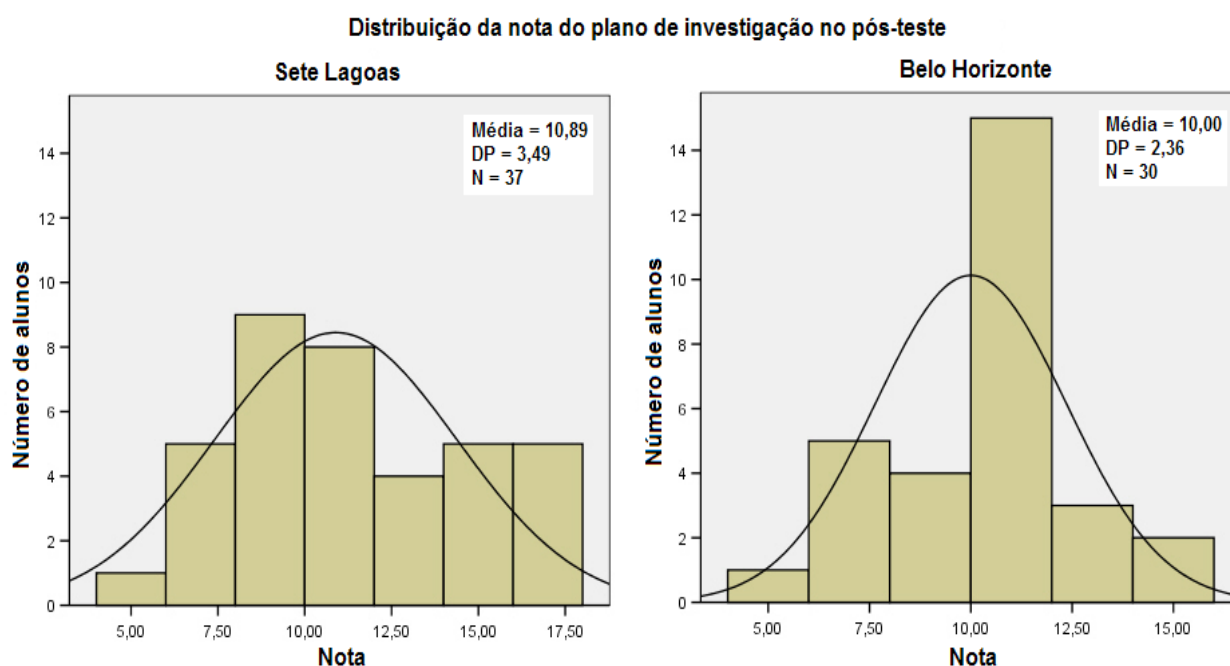
Entretanto, minha hipótese mostrou-se falha, pois a partir da avaliação da nota verificou-se não só que a distribuição da nota para os estudantes de Sete Lagoas não tinha a forma normal, como as três notas de corte dos estudantes de Sete Lagoas para grupos com o mesmo número de estudantes foram sempre superiores (ver tabela 5), demonstrando que não foram apenas alguns alunos que se saíram melhor. Em média a maioria destes estudantes estava mais bem preparada para fazer o teste do que os estudantes de Belo Horizonte e isso a nota demonstrou.

Entretanto, a partir do desvio padrão DP observado (ver histograma 5) percebe-se que apesar dos grupos serem distintos a partir dos dados do SIMAVE e Prova Brasil, se assemelham na elaboração do plano de investigação.

TABELA 5 – Nota de corte dos estudantes dividindo cada amostra em partes iguais.

<i>Percentual</i>	<i>Sete Lagoas</i>	<i>Belo Horizonte</i>
25	8,0	6,5
50	10,0	9,0
75	11,0	10,0

HISTOGRAMA 6 – Distribuição da nota no plano de investigação dos estudantes no pós-teste.

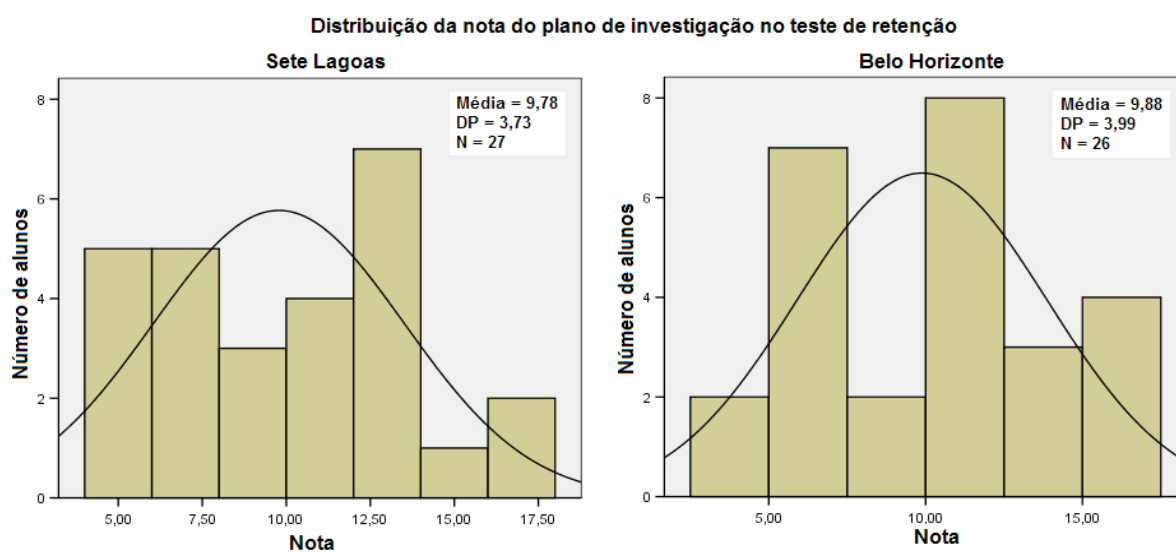


Também é possível observar através da distribuição das notas no pós-teste (ver histograma 6) que apesar da média da nota nos dois grupos ter aumentado, o desvio padrão DP ainda é muito alto e não permite fazer uma distinção clara entre a nota no pré-teste com a nota no pós-teste. O grupo de Sete Lagoas permaneceu com uma nota média superior.

De fato, era esperado que não houvesse grande variação na nota dos estudantes por considerar que o aprendizado de planejamento de uma investigação é fruto de um processo longo de amadurecimento. Como exemplo posso citar o fato de nenhum estudante ter proposto em seus planos de investigação o uso de um número grande de plantas que permitiria fazer uma média do crescimento da espécie. Um assunto que, como outros, foi estudado de forma introdutória, como foi exposto no capítulo 5, sem ter sido agregado pelos estudantes na elaboração dos planos.

Observando os gráficos da distribuição das notas no teste de retenção (ver histograma 7) observa-se pequenas diferenças em relação ao pós-teste e um valor médio para a nota intermediário ao valor do pré e pós-teste. Um resultado interessante, pois a nota dos estudantes não regrediu ao nível do pré-teste, apesar de que o desvio padrão DP aumentou um pouco, indicando as férias acentuaram as variações internas dos grupos.

HISTOGRAMA 7 – Distribuição da nota no plano de investigação dos estudantes no teste de retenção.



6.5 Categorização de aspectos do plano de investigação

Para a segunda análise não separei os estudantes de Belo Horizonte e de Sete Lagoas, por dois motivos. Primeiro que apesar do grupo de Sete Lagoas ter se saído um pouco melhor a partir dos resultados dos planos de investigação, não foi estatisticamente diferente do grupo de Belo Horizonte. E em segundo lugar, este é um trabalho de pesquisa exploratório em pequena escala, com um número de alunos insuficiente para caracterizar os estudantes de uma cidade como a de Sete Lagoas e muito menos como a de Belo Horizonte.

Para esta análise nem todos os descritores foram utilizados, mas contribuíram para a visualização de um horizonte mais amplo que permitiu a consolidação de categorias mais coesas sobre aspectos da elaboração de um plano de investigação. Cada aspecto gerou a elaboração de duas ou mais categorias identificadas a partir das marcas textuais representativas de alguns descritores que serão indicados ao longo da apresentação.

Entretanto, para a apresentação dos resultados da categorização dos aspectos do plano de investigação, é necessário ressaltar que como foi pedido aos estudantes que copiassem o objetivo em negrito do enunciado da atividade antes de escrever o plano, como forma de orientação, adotou-se como critério de correção ignorar o que o estudante denominou de objetivo, freqüentemente destacado pela letra “a” e observar no plano de investigação o que de fato foi elaborado pelo aluno. Esta manobra deixa à margem informações interessantes associadas à interpretação do objetivo quando o estudante optou por reescrevê-lo com suas palavras, mas direciona a discussão sobre a percepção real do estudante para o objetivo da atividade.

De qualquer forma, apesar de não ser analisado o objetivo escrito pelo estudante, todas as transcrições serão mantidas na íntegra para que o leitor tenha a oportunidade de discordar das observações feitas sobre cada plano.

Assim, apresento o primeiro aspecto referente à identificação da variável dependente do problema utilizado como pré e pós-teste “o desenvolvimento da planta” e do teste de retenção “o desempenho de um carro de fórmula 1 (F1)”.

6.5.1 Identificação da variável dependente

A equipe considerou que o estudante identificou a variável dependente quando em seu plano de investigação explicitou que o “desenvolvimento da planta” seria observado, ou para o teste de retenção, que o carro de fórmula 1 (F1) seria testado para avaliar o seu “desempenho”. Pode parecer simples, mas argumento que para os estudantes participantes não foi tão simples. Este aspecto foi categorizado a partir do descritor 9 do quadro 11.

Como exemplo destaco o pré e pós-teste do aluno T4, que não menciona no pré-teste que o desenvolvimento da planta será observado. Nestes casos a equipe considerava que não foi percebido qual a variável dependente do problema de “planejar como observar a influência da quantidade de água no desenvolvimento de uma determinada planta”. Algo que de fato só pode ser verificado através das entrevistas.

(Estudante T4 – pré – Belo Horizonte)

a)A influência da quantidade de água no desenvolvimento de um determinado tipo de planta.

(Objetivo não analisado)

b)Lápis, borracha, papel, livro pra pesquisa e Internet.

c)Através de dados obtidos pela pesquisa.

- d) *Planta, água...*
- e) *Através de pesquisas.*
- f) *Será enviado a um instituto de pesquisa para desenvolver uma pesquisa mais detalhada sobre o assunto pra questão.*

Observa-se que o estudante foi extremamente sucinto, sem detalhar como realizar a investigação. Para o estudante a palavra “pesquisa” diz tudo, não se colocando como o cientista encarregado de bolar o planejamento. No pós-teste o mesmo estudante escreveu:

(Estudante T4 – pós – Belo Horizonte)

- a) *Descobrir a influência da quantidade de água no desenvolvimento das plantas.*
- b) *Água, sol, planta, solo...*
- c) *Expôr a planta a uma quantidade necessária de água e sol para ver se vai se desenvolver.*
- d) *Ver se a planta se desenvolveu em determinado tipo de solo.*
- e) *Através de experimentos, você irá coletar os dados...*
- f) *Será feita uma pesquisa sobre ele...*

No pós-teste deixou mais explícito que precisava observar o desenvolvimento da planta. Entretanto, observa-se que elaborou um plano irrelevante (que ainda será discutido), observando a influência do tipo de solo e não da quantidade de água. Observa-se na tabela 6 o percentual de estudantes que apresentaram planos de investigação com a explicitação da variável dependente.

TABELA 6 – Percentual de estudantes que identificaram a variável dependente.

Categorias PI		Pré-teste		Pós-teste		Teste Retenção	
		N	%	N	%	N	%
Identificação da Variável dependente	C1-Identifica.	41	61,19	55	82,09	34	64,15
	C2-Não identifica.	26	38,81	12	17,91	19	35,85
Total		67	100	67	100	53	100

Houve um aumento expressivo de pouco mais de 20% do pré-teste para o pós-teste do número de estudantes que assim como T4 explicitaram a variável dependente do teste, resultado este não mantido no teste de retenção, que apesar disso ainda apresenta um percentual maior do que no pré-teste em relação à identificação da variável dependente. Consideramos que esse é um efeito que pode ser atribuído à unidade de ensino e sua aplicação pelos professores.

6.5.2 Identificação das variáveis independentes

No segundo aspecto observou-se o número de variáveis independentes identificadas pelo estudante, lembrando que no enunciado da atividade três variáveis eram apresentadas para o aluno. Neste aspecto o percentual de estudantes que identifica essas três variáveis (Ver tabela 7) aumentou cerca de 40% e manteve-se acima de 50% no teste de retenção. Este dado é interessante porque representa o percentual de alunos que citaram todas as variáveis identificadas no enunciado da atividade, sem necessariamente descrever uma estratégia de controle de variáveis adequada. Para a categorização deste aspecto foram utilizados os descritores 1, 2, 3 e 5 do quadro 11 (pág. 114).

TABELA 7 – Percentual de estudantes que identificaram as variáveis independentes.

Aspecto	Categoria	N	% pré	N	% pós	N	% ret
Identificação das Variáveis independentes	C1-Identifica três variáveis.	20	29,85	46	68,66	29	54,72
	C2-Identifica duas variáveis.	32	47,76	15	22,39	3	5,66
	C3-Identifica apenas uma variável.	15	22,39	5	7,46	9	16,98
	C4-Não identifica variáveis.	0	0,00	0	0,00	3	5,66
	C5-Identifica variáveis irrelevantes.	0	0,00	1	1,49	9	16,98
	Total	67	100	67	100	53	100

Entretanto, observa-se também que o percentual de estudantes que não identifica as variáveis, identificando variáveis irrelevantes aumentou no teste de retenção. Era esperado que o desempenho no teste de retenção decaísse em relação ao pós-teste. O lado positivo da intervenção é que mesmo após as férias escolares, 54,7 % dos estudantes enumeram as três variáveis independentes em seus planos.

Com relação aos estudantes que identificaram apenas uma variável apresento o estudante T44 que no pré-teste descreveu um PI muito superficial, utilizando termos gerais e sem especificar uma ação concreta de investigação.

(Estudante T44 – pré – Belo Horizonte)

a) *Descobrir a influência da quantidade de água no desenvolvimento de um determinado tipo de planta.*

b) *Livros, pesquisas, documentários e etc.*

c) *Desenhou um menino e uma menina com uma pá em um terreno com plantas e uma placa dizendo “Pesquisando o solo”.*

d) *Os dados que são coletados são os experimentos feitos na terra.*

e) *Através de observação e testes.*

f) Será utilizado para colocar em exposição para que a sociedade possa ter oportunidade de aprender mais.

Percebe-se que após apresentar o objetivo, o aluno apenas citou a variável “solo”, quando através do desenho informa que está “pesquisando o solo”. Ressaltando novamente que, como foi pedido aos estudantes que copiassem o objetivo do enunciado da atividade, adotou-se como critério de correção ignorar o que o estudante destacou como objetivo e observar no PI o que de fato foi elaborado. Como consequência, este plano foi categorizado como irrelevante no próximo aspecto considerado, pois analisando qual de fato era o objetivo do plano elaborado por T4 verifica-se que era testar a influência do solo e não da quantidade de água no crescimento da planta.

Também destaco um aspecto não categorizado, mas que pode ser incluído no prosseguimento da pesquisa, pois o PI apresenta como material algumas fontes de pesquisa bibliográfica. O que é uma das ferramentas da pesquisa científica real.

Quanto ao percentual de estudantes que não identificaram nenhuma variável independente, observa-se que apenas no teste de retenção surgiram alguns casos. São os estudantes 17L e 3T e 5L. Veja a transcrição dos planos.

(Estudante 17L – ret – Sete Lagoas)

**Objetivo: é descobrir como será a influência do aerofólio.*

**O material necessário: primeiro o carro e segundo a equipe de trabalho.*

**Como será montada a experiência: vamos trabalhar em equipe.*

**O que será feito com os dados: colocaria em uma TV ou jornal.*

Neste PI, desconsiderando o objetivo transcrito a partir do enunciado da atividade, considerou-se que o aluno não identificou nenhuma das variáveis independentes e também não identificou a variável dependente “desempenho do carro”, pois não destaca como irá observar o desempenho do carro. Percebe-se também a ausência de uma postura investigativa, sem detalhar procedimentos controlando as variáveis do problema.

(Estudante 3T – ret – Belo Horizonte)

Eu acho que precisa de material completo para ser feito o trabalho, com material completo será mais completo.

O PI transcrito acima é de uma aluna com sérias dificuldades de aprendizado. Ela tinha pouco mais de 23 anos de idade, quando a média da turma era de 17 e cursava o primeiro ano do ensino médio. Alberto havia me alertado, mas ela foi mantida na amostra, pois a idéia é estudar alunos da rede pública sem distinção. E a partir do PI elaborado pela aluna percebe-se

que além dela não ter compreendido o objetivo da tarefa, ela possui uma enorme dificuldade de exposição por escrito das suas idéias, repetindo várias vezes a mesma mensagem. Esta aluna, assim como o estudante anterior, fez um plano de investigação categorizado como não tendo identificado a variável dependente e as independentes.

(Estudante 5L – ret – Belo Horizonte)

**Objetivo; observar a influência do pneu e do bico do aerofólio.*

**Material necessário; Observação e concentração.*

**Será montada em uma pista com vários observadores.*

**Com os dados será observado o porque dos acontecimentos.*

Este PI, assim como os outros dois apresentados não detalham as ações necessárias para estudar o problema. Falta a estes alunos assumir uma postura investigativa de busca por respostas, além de conhecimento metodológico. Para esta pesquisa tais planos representam os estudantes que não souberam expor no papel aspectos da investigação como a delimitação do sistema, o controle de variáveis, a identificação dos dados que precisam ser medidos, entre outros. Indicam também que estes estudantes necessitam de uma metodologia de ensino diferente daquela denominada de 5E, que em inglês representa (Engagement, Exploration, Explanation, Elaboration e Evaluation) (BYBEE, 2006). É necessário ressaltar que são alunos que já haviam elaborado dois planos de investigação para o problema da planta (pré e pós-teste) e pela terceira vez faziam um plano de investigação, apesar de cada plano ter sido feito em um intervalo de tempo de três meses. Também podem representar alunos sem motivação para elaborar um PI detalhado, ou que não desenvolveram a habilidade de exposição escrita das suas idéias.

6.5.3 Relevância do plano

O terceiro aspecto categorizado apresenta apenas duas categorias para diferenciar estudantes como o aluno T44 (ver seção 6.5.2 anterior), que descreveu um plano para pesquisar o solo e não para investigar a influência da quantidade de água no desenvolvimento da planta. Assim, a equipe considerou como relevante todo plano de investigação, bom ou fraco, que elaborou uma proposta de investigação de acordo com objetivo proposto. Como exemplo:

(Estudante T16 – pré – Sete Lagoas)

a)O objetivo dessa investigação é descobrir a influência da quantidade de água no desenvolvimento de um determinado tipo de planta.

- b)Primeiramente nós precisaremos de três vasos de planta, três mudas de planta da mesma espécie, da mesma terra para colocar nos vasos, luz e água.*
c)Nós colocaremos o primeiro vaso com a planta em lugar em que pega muito sol, o segundo vaso na sombra e o terceiro vaso no sol e também na sombra. Depois colocaremos a mesma quantidade de água nos três vasos e molhar uma vez por semana durante três meses.
d)Nós iremos observar se a água está influenciando nos três ambientes o desenvolvimento da planta.
e)Os dados serão coletados através da observação, podemos também medir as plantas.
f)Esses dados serão passados para outros alunos terem a consciência da importância da água no planeta Terra.

Percebe-se, portanto, que a aluna descreve um PI correto para testar a influência da luz solar no desenvolvimento da planta, mas acredita que pode assim determinar a influência da água em três ambientes distintos. Neste caso consideramos que o plano foi irrelevante, pois detalha uma estratégia de controle de variáveis irrelevante para o problema proposto, porém consistente se o objetivo fosse testar a influência da luz solar sobre o desenvolvimento da planta.

TABELA 8 – Percentual de estudantes que produziram planos relevantes.

Aspecto	Categoria	N	% pré	N	% pós	N	% ret
Relevância	C1-Plano relevante.	58	86,57	62	92,54	50	94,34
	C2-Plano irrelevante.	9	13,43	5	7,46	3	5,66
Total		67	100	67	100	53	100

Sobre este aspecto, observa-se na tabela 8 uma redução do pré para o pós-teste de cerca de 6% no percentual de estudantes que descreveram planos irrelevantes, reduzindo ainda cerca de 2% no teste de retenção.

6.5.4 Estratégia de Controle de Variáveis – ECV

O quarto aspecto categorizado refere-se ao controle de variáveis e utilizou os descritores 11, 12, 13, 14, 15 e 16 (ver quadro 1, pág. 114) para dividir os estudantes em quatro categorias:

A categoria C1 representa o percentual de alunos que descreveram planos de investigação completos (tratam das três variáveis) e com ECV adequada e consistente, ou seja, observando o desenvolvimento de dois ou mais grupos de plantas da mesma espécie, tratados com o mesmo tipo de solo e a mesma exposição à luz, mas com quantidades diferentes de água.

Nesta categoria o resultado médio não foi expressivo. Observou-se na tabela 9 um aumento de 3% após o pré-teste e uma regressão da mesma ordem no teste de retenção.

TABELA 9 – Percentual de estudantes e a consistência no plano de investigação.

Aspecto	Categoria	N	% pré	N	% pós	N	% ret
Estratégia de Controle de Variáveis	C1-Consistente na variável dep, na variável em foco e trata demais fatores constantes.	5	7,46	7	10,45	4	7,55
	C2-Consistente na variável dep e na variável em foco.	9	13,43	8	11,94	5	9,43
	C3-Inconsistente.	45	67,16	40	59,70	28	52,83
	C4-Trata fatores constantes como variáveis.	8	11,94	12	17,91	16	30,19
Total		67	100	67	100	53	100

A aluna L7, cujo PI foi transcrito abaixo é um exemplo de estudante que migrou da categoria C2 para a categoria C1. Observa-se no pré-teste que a aluna percebe a necessidade de utilizar dois ou mais grupos de plantas tratados com quantidades diferentes de água e de se observar ao longo do tempo o desenvolvimento da planta.

Entretanto, a categoria C2 representa o percentual de alunos que descreveram PI incompletos, pois não consideram a variável “tipo de solo” e “exposição à luz”, mas que apresentaram ECV adequada e consistente, pois descreveram um plano centrado na variação da “quantidade de água” que é a variável em foco na atividade. São PIs que planejam observar dois ou mais grupos de plantas da mesma espécie tratados com quantidades diferentes de água, sem no entanto, explicitar que os outros fatores (luz e tipo de solo) deveriam permanecer inalterados.

(Estudante L7 – pré – Belo Horizonte)

**Objetivo: descobrir a influência da quantidade de água no desenvolvimento de um determinado tipo de planta.*

**O material necessário: planta, água, papel e caneta.*

**Montagem da investigação: pegamos vários vasos de planta, sendo que cada um receberá uma determinada quantidade de água.*

**Os dados que serão coletados: basta observar a reação de cada planta, com isso protocolando todas as suas reações.*

**O que será feito com os dados: serão novamente analisados para que futuramente possam ser utilizados na agricultura ou algo do gênero.*

Observa-se a partir do terceiro ponto do PI que a aluna percebe a necessidade de vários vasos, mas não considera as demais variáveis. Ela se preocupa apenas com a variável em foco “quantidade de água” e com a variável dependente “desenvolvimento da planta”. Já no pós-teste a aluna passou a incluir os demais fatores ou variáveis. Ela controla a exposição à luz e o

tipo de solo foi interpretado a partir do fator quantidade de adubo mencionado por ela. A aluna produz um bom PI em que se pode além de estudar a influência da água, estudar também a influência da quantidade de água em duas situações, solo bastante adubado e com muita luz e solo pouco adubado e com pouca luz, veja:

(Estudante L7 – pós – Belo Horizonte)

a)Objetivo: Qual a influência da quantidade de água no desenvolvimento de um determinado tipo de planta.

b)Material necessário: Água, terra, planta e luz.

c)Desenhou quatro plantas agrupadas dois a dois. No primeiro par a estudante desenhou duas plantas recebendo muito sol e muito adubo, mas com quantidades diferentes de água e no segundo, as duas plantas recebem quantidades de sol e de adubo pequena, mas a quantidade de água também é diferente.

d)A influência de uma determinada quantidade de água no desenvolvimento de uma planta.

e)Observando como a planta reage a determinada quantidade de água.

f)Podem ajudar as pessoas a respeito da quantidade de água que cada planta deve receber.

No teste de retenção a mesma estudante escreveu o seguinte plano:

(Estudante L7 – ret – Belo Horizonte)

**Objetivo: Testar a influência do aerofólio sobre o carro.*

**Material: carro, aerofólio, bicos fino e largo, pneu liso e rugoso e uma pista para os testes.*

**Como será montada a experiência:*

- Um carro com pneu liso e bico fino colocaremos um aerofólio alto e depois colocaremos o aerofólio baixo.

- Um carro com pneu rugoso e bico largo colocaremos o aerofólio alto e depois o aerofólio baixo.

**Os dados que serão coletados: como o carro se comporta em cada um dos casos.*

**Como serão coletados: observar a estabilidade do carro em uma curva ou até mesmo em uma reta.*

**O que será feito com os dados: serão utilizados para sabermos qual é o aerofólio indicado para cada tipo de carro.*

Através deste plano percebe-se que novamente a estudante elaborou um plano consistente que investiga além do que foi pedido na atividade. Esta aluna representa os estudantes que compreendem uma estratégia de controle de variáveis adequada consistente.

A categoria C3 corresponde ao percentual de alunos que descreveram PIs considerados inconsistentes por vários motivos. Ou porque não menciona a necessidade de dois ou mais grupos de plantas da mesma espécie, ou porque não perceberam a necessidade de se observar as plantas por um certo período a fim de medir o desenvolvimento, ou porque não percebe a necessidade de se variar a quantidade de água. São também planos fracos, em que o estudante não apresenta desenvoltura para a exposição escrita das suas idéias, ou simplesmente não percebe como poderia planejar a investigação requisitada na atividade.

Mais de 67% dos estudantes descreveram no pré-teste PI inconsistente na ECV (categoria C3 da tabela 9) e mais de 59% permaneceram nesta categoria no pós-teste, um percentual que se manteve acima de 52% no teste de retenção. O estudante T9, cujo PI está transcrito abaixo é um deles. No pós-teste o estudante demonstra uma evolução na identificação das variáveis, mas não percebeu a necessidade de se utilizar dois ou mais grupos de plantas, veja:

(Estudante T9 – pré – Belo Horizonte)

- a) *A influência da quantidade de água no desenvolvimento de um determinado tipo de planta.*
- b) *Água, terra, planta, adubo e consciência.*
- c) *Será montada através de pesquisas feitas sobre o assunto, perguntando, observando e coletando dados.*
- d) *Os dados são justamente a observação, e aulas práticas com alguém que entende do assunto.*
- e) *Através de comunicações como o centro ambientalista e até em casos explicações através da Internet.*
- f) *Serão usados, avaliados, testados e comprovados.*

Observa-se também, que o estudante não expõe as ações que, como pesquisador, realizaria para resolver o problema. Ele esquivava-se da tarefa, apresentando “alguém que entende do assunto” para o comando da pesquisa. Este estudante escreveu um plano que em vários aspectos lembra um trabalho tradicional de pesquisa escolar. Visitando centros de referência, pesquisando na Internet e conhecendo especialistas. No pós-teste o mesmo estudante escreveu:

(Estudante T9 – pós – Belo Horizonte)

- Nosso objetivo é determinar a quantidade de tempo e com quais procedimentos a planta irá brotar e crescer.*
- Nosso material é simples, usaremos: pá, adubo, água, a planta da espécie que preferir, terra e luz solar.*
- Plantaremos a planta em um lugar estratégico e seguindo o procedimento diário como a planta evolui, ou seja, observar.*
- O tempo que a planta levou para crescer, o que foi usado e qual a quantidade.*
- O material é analisado para chegar à conclusão do nosso objetivo.*

No pós-teste o estudante apresentou um PI mais detalhado, mas assim como no pré-teste, não observou a necessidade de se utilizar pelo menos dois grupos de plantas. De forma semelhante o estudante T4 no teste de retenção escreveu:

(Estudante T4 – ret – Belo Horizonte)

- 1) *Descobrir o efeito do aerofólio no carro.*
- 2) *Analisando todo o desempenho do carro em movimento.*
- 3) *Será montada através de dados obtidos através dos testes.*
- 4) *Serão coletados os dados dos desempenhos dos carros. Se foi ruim ou bom.*
- 5) *Através dos testes desenvolvidos.*

6)Será estudado desenvolvendo técnicas de bom desempenho com o carro que tem a melhor performance com o aerofólio.

Este estudante não especifica como serão os testes e apesar de mencionar que “*Serão coletados os dados dos desempenhos dos carros*” não descreve o que será observado ou medido, não sendo possível afirmar que são carros com diferenças apenas no aerofólio.

Por fim, a categoria C4 representa o percentual de estudantes que descreveram PI em que as variáveis ou fatores “tipo de solo”, “exposição à luz” ou “tipo de pneu” e “bico do carro” não eram mantidos constantes. O PI da aluna T16 (veja seção 6.5.3) é um exemplo, pois a quantidade de luz não é mantida constante. Outro exemplo é o PI transcrito abaixo da aluna L20.

(Estudante L20 – pré – Sete Lagoas)

- a)Saber a influência da quantidade de água no desenvolvimento de um determinado tipo de planta.*
- b)3 plantas da mesma espécie (jaboticaba), água, terra, vaso.*
- c)A primeira planta com muita terra, muita água e muito sol. A segunda com muita terra, mais ou menos água e pouco sol. A terceira muita terra, sem água e pouco sol.*
- d)A 1ª cresce com mais força. A 2ª pode não sobreviver. A 3ª não sobreviverá.*
- e)No caso dessa planta eu acho que usando o método de olhar já está bom.*
- f)Repassados para quem se interesse pelo assunto.*

Este PI além de representar aqueles que não mantêm fatores ou variáveis que deveriam estar constantes como a “exposição à luz” e o “tipo de solo”, tratado pela aluna como a quantidade de solo, também representa aqueles em que o estudante se preocupa em informar qual vai ser o resultado da investigação. Parece que os estudantes em geral são treinados para saber responder “o que”, e quando se pergunta “como” ainda sim indicam o resultado final. A mesma aluna no pós-teste escreveu:

(Estudante L20 – pós – Sete Lagoas)

- a)Descobrir qual a influência da quantidade de água no desenvolvimento de um determinado tipo de planta.*
- b)3 plantas de uma mesma espécie, terra, água.*
- c)As plantas serão colocadas em um determinado ambiente onde o clima será o mesmo.*
- d)Serão anotados.*
- e)Eu optaria por uma régua, onde eu pudesse estar medindo o crescimento das plantas com o dia a dia.*
- f)Passados para quem se interessar pelo assunto.*

Assim, apesar do percentual de estudantes que no pré-teste trataram fatores constantes como variáveis ter aumentado cerca de 6%, esta aluna fez o caminho inverso. De uma maneira

muito elegante ela apenas destaca que “*o clima será o mesmo*” para as três plantas, além de indicar que mediria o desenvolvimento da planta com uma régua, o que, aliás, refere-se ao próximo aspecto categorizado.

Como exemplo do plano de retenção destaco o plano da aluna L6 que não manteve constante os pneus e o bico do F1.

(Estudante L6 – ret – Belo Horizonte)

**Objetivo é testar a influência do aerofólio sobre o carro.*

**Material necessário, carro de corrida de F1 contendo principalmente aerofólios, pneus e bicos de diferentes tamanhos, formas e texturas.*

**Desenhou a lápis dois carros, sendo um com pneu liso, bico largo e aerofólio baixo escrito teste 1 e outro com pneu rugoso, bico fino e aerofólio alto escrito teste 2.*

**As variáveis:*

- A influência do aerofólio (alto e baixo)

- A influência dos pneus (liso e rugoso)

- A influência dos bicos (fino e largo)

(o piso, o tempo, o peso).

**Fazendo as experiências com a mesma velocidade, com o mesmo piso, só que com materiais em posições e texturas diferentes.*

**Vou concluir a influência dos aerofólios, na minha opinião o que vai influenciar mais é o baixo que é mais compacto para a corrida.*

Interessante notar que a estudante apesar de aparentemente compreender a necessidade de se manter alguns fatores constantes, ao padronizar as experiências afirmando que os testes devem ser com a mesma velocidade e mesmo piso, ainda sim descreve duas configurações totalmente diferentes para o carro e acredita que desta forma poderá verificar a influência do aerofólio.

6.5.5 Grandeza a ser medida

Este aspecto foi dividido em duas categorias, separando os estudantes que destacaram no PI o que seria medido para resolver o problema, daqueles que não o fizeram. Observa-se que o percentual de estudantes que indicaram uma variável ou grandeza que seria medida referente ao desenvolvimento da planta aumentou de cerca de 17% no pré-teste para cerca de 28% no pós e para mais de 50% no teste de retenção. São PIs como o da estudante L20 (pós) apresentado anteriormente, ou como o do estudante B5 a seguir, que escreveu no pré-teste:

(Estudante B5 – pré – Sete Lagoas)

a)Descobrir qual a influência da quantidade de água no desenvolvimento de uma planta.

- b) *Água, planta e luz.*
- c) *Serão duas plantas iguais, mas sendo tratadas de maneira diferentes. Uma será menos regada do que a outra, assim vou saber a influência da quantidade de água.*
- d) *As diferenças no desenvolvimento das plantas.*
- e) *Olhando qual cresceu mais, qual está com cor mais viva.*
- f) *Seriam escritos passo a passo e guardaria como uma experiência que fiz.*

Neste PI a estudante apresenta dois parâmetros para observação do desenvolvimento da planta, a altura e a cor da planta. Destaco, no entanto, que neste aspecto não se julgou o mérito do parâmetro apresentado pelo estudante. A idéia era apenas separar os estudantes que expressaram o que observariam ao longo do desenvolvimento da planta daqueles que não expressaram. Esta categorização foi feita a partir do descritor 18 do quadro 11 (pág. 114).

A tabela 10 indica um significativo aumento no percentual de estudantes que indicaram uma grandeza a ser medida desde o pré-teste até o teste de retenção. Além de um correspondente declínio no percentual de estudantes que não indicam o que medir. Tal resultado representa um indício valioso de aprendizagem duradoura promovida pelas atividades realizada na unidade de ensino.

TABELA 10 – Percentual de estudantes que indicam o dado a ser observado.

Aspecto	Categoria	N	% pré	N	% pós	N	% ret
Grandeza a ser medida	C1-Indica o que observar na variável dep.	12	17,91	19	28,36	27	50,94
	C2-Não indica o que observar na variável dep.	55	82,09	48	71,64	26	49,06
Total		67	100	67	100	53	100

6.5.6 O que fazer com os dados

O último aspecto categorizado do PI foi baseado apenas nos descritores 19 e 22, após verificar através do descritor 21, que nenhum estudante propôs a construção de um gráfico como forma de auxiliar a análise dos dados. Assim, os estudantes foram divididos em três grupos. Em geral a maioria dos alunos, com mais de 80% tanto no pré como no pós-teste e no teste de retenção não indicaram “o que fazer com os dados” e permaneceram na categoria C3 como a tabela 11 indica.

TABELA 11 – Percentual de estudantes que indicaram o que fazer com os dados.

Aspecto	Categoria	N	% pré	N	% pós	N	% ret
O que fazer com os dados	C1-Indica como registrar os dados e propõe análise comparativa de dados.	1	1,49	1	1,49	0	0
	C2-Indica apenas como registrar os dados.	6	8,96	11	16,42	7	13,21
	C3-Não indicou o que fazer com os dados	60	89,55	55	82,09	46	86,79
Total		67	100	67	100	53	100

Em segundo lugar em termos percentuais com quase 9% no pré-teste, passando para cerca de 16% no pós e terminando com cerca de 13% no teste de retenção, estão os estudantes que apenas indicaram “como registrar os dados”. São os PIs em que os estudantes mencionaram que os dados seriam registrados seja na forma de tabela, de anotações, de filmagens, fotografias, etc, veja:

(Estudante B26 – pré – Sete Lagoas)

- a) *O objetivo é saber a quantidade de água suficiente para planta obter um bom desenvolvimento.*
- b) *O material necessário plantas iguais, mesma quantidade de água, terra adubo.*
- c) *Plantaremos quatro plantas iguais e colocaremos em lugar diferente onde a planta possa tomar muito sol, pouco sol e metade do dia sol e na outra metade sombra e onde não bate sol e cada semana cada planta tomará quantidade de água diferente.*
- d) *Os dados que serão coletados são transformação de cada planta.*
- e) *Os dados que podem ser coletados através de fotografia e observação.*
- f) *Serão passados para outras pessoas.*

A estudante B26 indicou na letra “e” do seu PI que pretende coletar seus dados através de “fotografia e observação”, o que foi considerado como uma forma de registrar seus dados, assim como a estudante L20 no pós-teste (transcrito anteriormente), que indicou apenas na letra “d” que os dados “Serão anotados”.

Apenas um estudante foi enquadrado na categoria C1 que é a categoria mais completa nesse aspecto. Este aluno não só indicou em seu PI como pretende registrar os dados, mas também propôs um tipo de análise comparativa entre os dados.

(Estudante T20 – pré – Sete Lagoas)

- a) *Saber a quantidade de água necessária para um bom desenvolvimento da espécie a ser pesquisada.*
- b) *Três vasos com solo fértil, semente, água e com o mesmo clima.*
- c) *Serão colocadas nos três vasos as sementes já contendo o solo apropriado, todas sob o mesmo clima. Somente depois será colocada a água no decorrer dos dias, sendo a 1ª semente regada 4 vezes ao dia com as horas exatas. A 2ª semente somente 2 vezes ao dia com as horas exatas. A 3ª semente somente 1ª vez ao dia com horas exatas.*

d)1º passo: qual se desenvolveu mais, a quantidade de água que foi necessária para chegar até esse ponto de desenvolvimento. 2º passo: ver o desenvolvimento das folhas, do seu tamanho, etc.

e)Através de anotações com quantidade de água e também através de fotos.

f)Repassado para alguma entidade que esteja interessada na pesquisa.

Observa-se, portanto, que se trata de um PI mais completo do que a média. Na letra “c” nota-se que o controle de variáveis é apropriado e que o aluno ainda é cuidadoso ao apontar que as sementes devem ser regadas sempre no mesmo horário (“com horas exatas”). Então no item “d” o estudante explica o que foi denominado de análise comparativa, explicando que além de observar “*qual se desenvolveu mais, a quantidade de água que foi necessária para chegar a esse ponto de desenvolvimento*” também é uma informação útil para o problema. Ou seja, é necessário comparar os dados coletados a fim de solucionar o problema. O aluno indica ainda que pretende observar o desenvolvimento das folhas e o tamanho da planta e registrar os dados “através de anotações com quantidade de água e também através de fotos”.

Através deste plano pode-se inferir que foi elaborado por um estudante com boa capacidade intelectual, pois soube aproveitar as instruções prévias do professor Sérgio fazendo um plano quase completo, deixando apenas de produzir as marcas textuais dos descritores 17, 20 e 21 de indicação do equipamento para medir a quantidade de água, de retomada do objetivo da investigação e de propor algum gráfico para análise dos dados (ver quadro 11, pág. 114). Os descritores foram avaliados, mas dependendo do foco do trabalho do professor podem ser utilizados apenas no momento oportuno, tendo em vista um plano de metas para o ensino.

6.6 Resultados do teste de controle de variáveis

6.6.1 Codificação do teste de controle de variáveis

O segundo teste é composto de quatro pares de figuras apresentados aos alunos que deveriam identificar qual(ais) par(es) de figura (ver anexos B e C), indica(m) uma comparação adequada ou um bom teste, para a resolução de um problema. Ou seja, o estudante é convidado a localizar e justificar qual figura ilustra um contraste com boa estratégia de controle de variáveis. Como mencionado, o teste foi elaborado em duas formas ou versões, que foram distribuídas aleatoriamente aos estudantes. Uma metade da turma recebeu o teste do anexo B relacionado com o crescimento de uma planta como o plano de investigação e à

outra metade recebeu o teste do anexo C que relaciona-se com a maneira de voar de um avião. Estas atividades foram utilizadas modificando a ordem das alternativas no pré e pós-teste e foram adaptadas do trabalho de Borges e Gomes (2005).

A apuração deste teste pautou-se no trabalho de Borges e Gomes (2005), porém com pequenas alterações. A nota foi avaliada em uma escala de 0 a 4, pois havia duas marcações corretas (comparações adequadas e consistentes) e duas erradas (uma inconsistente em todas as variáveis e a outra consistente, mas inadequada) e o estudante ganhava um ponto para cada uma das quatro comparações se marcasse corretamente e se deixasse sem marcar corretamente, deixando de ganhar o ponto se marcasse uma errada ou deixasse de marcar uma certa.

A idéia de utilizar dois testes semelhantes, porém tratando de contextos distintos era a de avaliar a influência do contexto da atividade assim como Borges e Gomes (2005) também discutiram. Desta forma, seria possível discutir comparativamente os resultados encontrados por estes autores com alunos da rede particular, com os resultados desta pesquisa com alunos da rede pública.

As categorias utilizadas para analisar as justificativas dos estudantes são idênticas àquelas construídas por Borges e Gomes (2005) com também o intuito de permitir o diálogo entre aquela pesquisa e esta. As categorias são apresentadas abaixo como:

J1 – Justificativa completa e adequada

Através deste tipo de justificativa, percebe-se a preocupação do estudante com relação ao controle de variáveis. Sua justificativa é clara quanto à necessidade de se variar apenas o fator cujo efeito deseja-se determinar, mantendo as outras variáveis do problema constantes.

J2 – Justificativa completa e inadequada

A segunda justificativa foi formulada para categorizar os estudantes que possuem um bom entendimento do controle de variáveis e reconhecem sua importância, porém perdem de vista o objetivo da atividade e coloca em foco uma variável irrelevante para o problema proposto.

J3 – Justificativa incipiente

Esta categoria representa os estudantes que não dominam totalmente o controle de variáveis, pois contrastam mais de uma variável ao mesmo tempo e ainda assim acreditam que é possível determinar o efeito da variável relevante para o problema.

J4 – Justificativa precária

É a categoria de justificativa em que o aluno demonstra preocupação apenas com a variável cujo efeito deseja-se determinar. Apresenta compromisso com o objetivo da atividade, mas deixa à margem a lógica do experimento, revelando não ter consciência da importância do controle de variáveis para a lógica da experimentação.

J5 – Justificativa irrelevante

Esta categoria de justificativa representa os alunos que recorrem às suas concepções alternativas sobre os problemas (da planta e do avião) para avaliar os experimentos. Os estudantes utilizam o seu “senso de mecanismo”, que é uma espécie de conhecimento pouco organizado, responsável pelas previsões, expectativas, explicações e relações de causalidade que todos nós possuímos sobre diversos fenômenos (DI SESSA, 1993). Funciona como uma base para o raciocínio do indivíduo, enquanto este não adquire conhecimento estruturado e específico sobre o domínio do fenômeno estudado. É também justificativa que não apresentam qualquer indício de controle de variáveis ou por desconsiderarem o objetivo da atividade, ou devido a uma preocupação com os resultados finais do experimento, que seria, promover o desenvolvimento da planta ou construir um bom avião. Comportamento semelhante ao modo típico de trabalho de engenheiro (SCHAUBLE, KLOPFER, RAGHAVAN, 1991).

Os testes (plano de investigação e esse último de controle de variáveis) foram utilizados como pré e pós-testes na mesma ordem de aplicação com os mesmos alunos. Entretanto, planejou-se aplicar, sem aviso prévio e após um período de três meses, outros dois testes também relacionados ao planejamento de uma investigação e ao controle de variáveis tratando de outro contexto (ver anexo H). Os testes de retenção possibilitaram avaliar se houve retenção dos conhecimentos aprendidos durante a aplicação da unidade, mas em função da pequena amostra de estudantes, não foi possível verificar influências da mudança de contexto.

6.6.2 Apresentação e análise de resultados do teste de controle de variáveis

A idéia inicial era investigar a influência do contexto da atividade, porém assim como na seção anterior de análise dos aspectos do plano de investigação, em face do número reduzido de estudantes optei por apenas observar os estudantes de Sete Lagoas separadamente dos estudantes de Belo Horizonte. Não se trata de admitir equidade entre os testes. Borges e

Gomes (2005) observaram, em seu estudo com alunos da 8ª série e do 2º ano que os estudantes tendem a se sair melhor no problema da planta, o que pode ser explicado por uma maior familiaridade com o problema, haja vista o tema ser estudado em ciências no ensino fundamental, o que não ocorreu com o problema do avião para os estudantes da 8ª série. Os autores explicam que enquanto os estudantes do 2º ano já tiveram aulas formais sobre pressão, atrito viscoso ou empuxo, aspectos relacionados ao problema de vôo do avião, os da 8ª série não dispõem de conhecimento estruturado específico sobre o assunto. Esse fato também poderia ter sido observado nesta pesquisa, entretanto, as circunstâncias não permitiram a investigação de um número suficiente de estudantes para estudar o contexto da planta, do avião e do carro de fórmula 1.

A tabela 12 apresenta a distribuição do número de alunos e do percentual de estudantes por nota no teste. É importante destacar que o professor Sérgio não teve acesso a este teste antes do início da coleta de dados e não cometeu o mesmo equívoco de preparar seus estudantes para o pré-teste.

TABELA 12 Distribuição do percentual dos alunos por nota e cidade no teste de controle de variáveis.

<i>Nota</i>	<i>Pré-teste</i>		<i>Pós-teste</i>		<i>Teste de retenção</i>	
	<i>SL</i>	<i>BH</i>	<i>SL</i>	<i>BH</i>	<i>SL</i>	<i>BH</i>
0	5,3	3,4	13,5	0,0	7,4	0,0
1	34,2	62,1	18,9	33,3	22,2	30,8
2	13,2	3,4	16,2	13,3	22,2	0,0
3	47,4	27,6	27,0	50,0	33,3	57,7
4	0,0	3,4	24,3	3,3	14,8	11,5
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
N	38	29	37	30	27	26

Entre os resultados observa-se que apesar de mais de 47% dos alunos de Sete Lagoas (SL) terem tirado nota igual a 3 no pré-teste, nenhum deles obteve a nota máxima, o que ocorreu com apenas um estudante (3,4%) de Belo Horizonte (BH). Em um segundo momento, quando todos os estudantes repetiram o teste logo após o fim da intervenção, cerca de 50% fizeram o problema da planta e o restante o problema do avião, mais de 24% dos estudantes de Sete Lagoas obtiveram a nota máxima enquanto o percentual correspondente para os estudantes de Belo Horizonte manteve-se estável, porém 50% destes estudantes obtiveram nota 3. Ao que parece houve uma grande migração de estudantes com nota igual a 1 no pré-teste para notas maiores no pós-teste.

Outro fato interessante é que no pós-teste enquanto o percentual de estudantes de Belo Horizonte com nota igual a 0 diminuiu para 0%, o percentual equivalente para os estudantes de Sete Lagoas aumentou. Fato difícil de explicar, pois os estudantes de ambas escolas participaram das mesmas atividades e apesar da atividade pós-teste ser a mesma do pré-teste, a ordem das alternativas foi alterada.

Por outro lado, no teste de retenção, enquanto observa-se um aumento no percentual de estudantes de Belo Horizonte com nota igual a 3 e 4, houve um aumento daqueles com nota igual a 3 e uma redução daqueles com nota igual a 4 para os estudantes de Sete Lagoas. Este fato também indica que os estudantes de Belo Horizonte tiveram maior facilidade em aprender as idéias avaliadas neste teste do que aqueles de Sete Lagoas, enfatizando que neste teste não houve qualquer intervenção anterior dos professores.

O gráfico 1 corresponde aos dados da tabela 12 e facilita a visualização da variação do percentual de estudantes por nota no teste. Repare como o percentual de alunos por nota de Sete Lagoas manteve-se melhor distribuído do que os estudantes de Belo Horizonte, concentrados principalmente nas notas 2 e 3 durante os três testes.

Também se avaliou a justificativa de cada resposta dos estudantes. A distribuição dos alunos por categoria concentrou-se prioritariamente na categoria J5, indicando que a grande maioria dos estudantes utiliza suas concepções alternativas para justificar suas respostas, sem compreender o objetivo da atividade. A tabela 13 apresenta estes resultados.

Analisando a tabela 13 observa-se que o percentual de estudantes na categoria J1¹⁰ que no pré-teste foi igual a zero aumentou para 13,5 e 10% no pós-teste e para 18,5 e 19,2% no teste de retenção. A estudante L7 é um exemplo de aluna que migrou da justificativa J5 para a justificativa J1 no pós-teste e também aumentou sua nota de 1 para 4.

No pré-teste ela havia marcado a comparação 1 (ver anexo B) em que apenas a quantidade de alimento varia, uma alternativa adequada mas inconsistente. Apresentamos a seguir sua justificativa:

(Estudante L7 – pré – Belo Horizonte)

Comparação 1: *Porque não adianta nada se jogarmos muita água sendo que não irá utilizar toda água independentemente se há sol ou não.*

¹⁰ A categoria J1 é aquela em que o estudante é claro quanto à necessidade de se variar apenas o fator cujo efeito deseja-se determinar.

GRÁFICO 1 – Distribuição percentual de alunos por nota no teste de controle de variáveis.

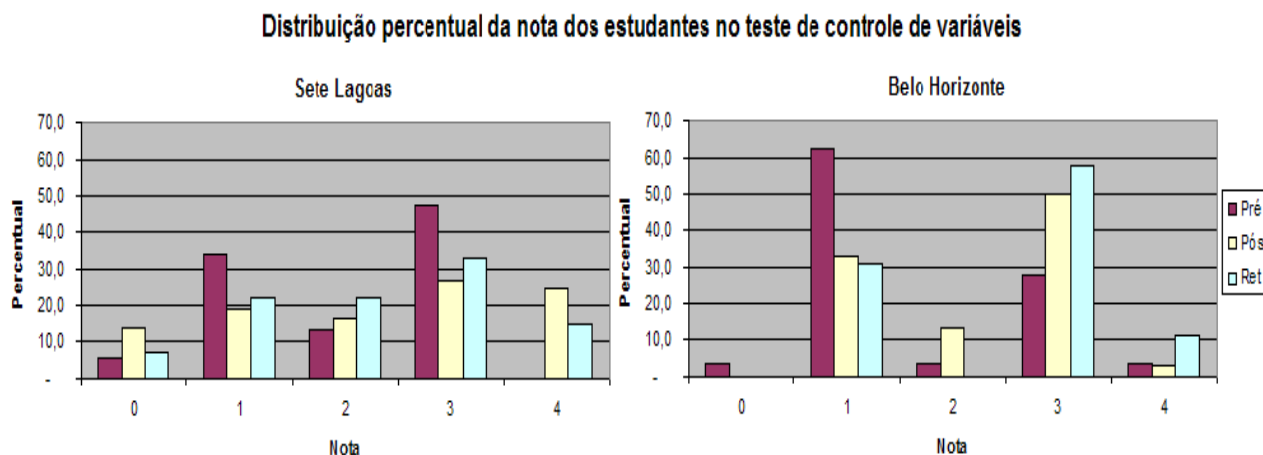


TABELA 13 – Distribuição do percentual de alunos por justificativa no teste de controle de variáveis.

Justificativa	Pré-teste		Pós-teste		Teste de retenção	
	SL	BH	SL	BH	SL	BH
J1	0	0	13,5	10	18,5	19,2
J2	0	3,4	2,7	0	0	0
J3	0	3,4	5,4	3,3	14,8	15,4
J4	7,9	6,9	5,4	6,7	11,1	7,7
J5	92,1	86,2	73,0	80,0	55,6	57,7
Total	100	100	100	100	100	100
N	38	37	27	29	30	26

No pós-teste ela corretamente marcou as comparações 3 e 4 em que varia-se apenas a quantidade de água e justificou da seguinte forma:

(Estudante L7 – pós – Belo Horizonte)

Comparação 3: *Para que possamos observar o efeito da quantidade de água sobre o crescimento da planta as duas [plantas] têm que receber a mesma quantidade de luz e alimento.*

Comparação 4: *Agora repetimos a experiência só que mudamos a quantidade de luz e alimento. E sempre variando a quantidade de água.*

A mesma estudante no teste de retenção (ver anexo F) independentemente de não ter estudado hidrostática aplicou o mesmo raciocínio de controlar as variáveis independentemente do contexto, atenta ao objetivo da atividade, e novamente marcou as comparações adequadas e consistentes, escrevendo a seguinte justificativa:

(Estudante L7 – ret – Belo Horizonte)

Teste 1: *Os dois possuem bico fino e pneu liso, alterando somente a altura do aerofólio. Podendo assim observar a sua influência.*

Teste 3: *E neste caso observamos a influência do aerofólio em um carro de bico largo e pneu rugoso.*

A categoria J3, na tabela 13, em que o estudante contrasta mais do que uma variável, também apresenta um aumento progressivo de 0 e 3,4%, para 5,4 e 3,3% e no teste de retenção para 14,8 e 15,4%. Tal fato pode indicar que alguns estudantes percebem a necessidade de se contrastar, mas ainda não compreendem exatamente como. Uma vez que a categoria J3 corresponde aos alunos que acreditam na variação de todas as variáveis para observar a influência de uma delas.

A distribuição da justificativa J4 indica estabilidade com cerca de 7% dos estudantes dos dois grupos. Essa alternativa representa os estudantes que se preocupam apenas com a variável cujo efeito deseja-se determinar, ignorando que as demais variáveis devem permanecer constantes. Como exemplo apresento o estudante 6B que no teste de retenção escolheu o teste 3, adequado e consistente, justificando da seguinte forma:

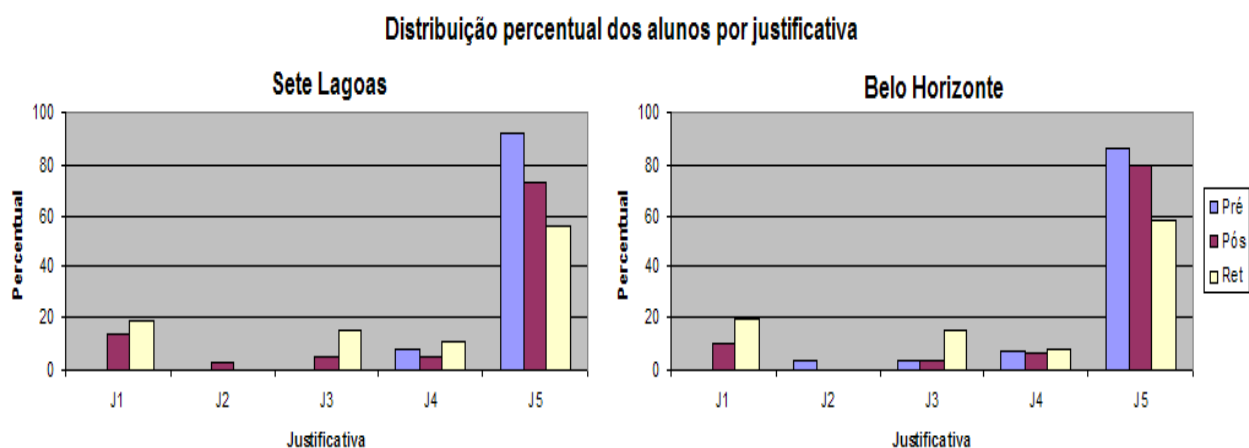
(Estudante 6B – ret – Belo Horizonte)

Teste 3: *Porque a única coisa que mudou foi o aerofólio. O aerofólio tem influência na curva.*

Por outro lado, a categoria J5, em que os estudantes recorrem às suas concepções alternativas, diminuiu também progressivamente de 92,1 e 86,2% para 73,0 e 80,0% no pós-teste e 55,6 e 57,7% no teste de retenção. Tais dados são significativos em termos do aprendizado dos estudantes e indicam que o estudo isolado do controle de variáveis, como foi testado através deste segundo teste é um conteúdo relativamente fácil de ser assimilado no ensino médio. Ao contrário da sua avaliação através de um problema aberto como o plano de investigação em que se observou maior dificuldade dos estudantes.

O gráfico 2 a seguir ilustra perfeitamente o predomínio do percentual de estudantes na justificativa J5 e um discreto aumento na categoria J1. Um dado muito diferente do que Borges e Gomes (2005) observaram investigando alunos de um colégio particular de classe média pertencente a uma rede de ensino confessional tradicional de Belo Horizonte. Participaram daquela pesquisa 122 alunos da 8ª série e 78 do 2º ano.

GRÁFICO 2 – Distribuição percentual de alunos por justificativa no teste de controle de variáveis.



Os dados coletados pelos autores indicam que cerca de 40% dos estudantes da 8ª série e pouco mais de 55% do 2º ano apresentaram em média a justificativa J1 para os problemas da planta e do avião. Com cerca de 42 e 30% respectivamente na categoria J5. Uma diferença enorme em relação aos alunos da rede estadual aqui pesquisado, mesmo se utilizarmos os dados do pós-teste ou teste de retenção como referência.

Com relação à repetição do pré-teste como pós-teste, o fato do resultado encontrado no teste de retenção ser parecido, ou melhor, do que o do pós-teste indica que o aprendizado dos alunos não foi apenas um efeito da repetição da atividade. Indica também que quase 19% dos estudantes conseguiram generalizar o aprendizado para outro contexto e produziram a justificativa J1, cerca de 7% a mais do que o pós-teste.

6.7 Síntese

Neste capítulo relatei que três professores do curso de especialização Enci aceitaram participar desta pesquisa. Os professores apresentavam um perfil profissional semelhante. Todos formados em licenciatura plena em Física e Matemática, professores da rede estadual de Minas Gerais, não utilizam aulas práticas de física e dispõem de duas aulas semanais com suas turmas do ensino médio. Eles declararam utilizar como base para preparação de aulas dois ou mais livros didáticos e programas de vestibular. Todos concordam que a melhoria no ensino de Física passa pela prática do professor, seguido empatado de mudanças no currículo, na carga horária da disciplina e da disponibilidade de recursos na escola.

Apresentei também que em função da pequena carga horária que os professores dispunham para cobrir o currículo de Física e também devido a prioridades particulares, um dos três professores desistiu de participar da pesquisa, enquanto que os outros dois professores, mais experientes, conseguiram concluir a unidade. Os professores contaram com minha assessoria antes e após cada aula e conseguiram ministrar toda a unidade de ensino da pesquisa paralelamente ao curso normal de Física das suas escolas.

O trabalho de equipe foi coordenado por meio de conversas gravadas ao telefone com os professores e encontros presenciais para a realização de entrevistas gravadas em áudio com os professores e seus alunos. Ao longo de três meses foi possível aplicar pré e o pós-testes e estabelecer um vínculo ético com as duas instituições de ensino, uma localizada em um bairro próximo ao centro de Belo Horizonte e outra na periferia da cidade de Sete Lagoas, na região metropolitana.

Tal vínculo permitiu o retorno aos estabelecimentos de ensino em uma visita surpresa cerca de três meses após a realização do pós-teste. Tal visita teve como objetivo realizar mais uma coleta de dados utilizando dois testes semelhantes aos utilizados como pré e pós-teste, mas que tratavam de um contexto diferente e de um questionário aberto.

Neste capítulo vimos também alguns resultados da Prova Brasil de 2004 e 2005 que posicionam as escolas participantes desta pesquisa em relação aos resultados municipais, estaduais e nacionais. Através destes dados foi possível observar que os índices da escola de Sete Lagoas encontram-se abaixo da média estadual, enquanto no caso da escola de Belo Horizonte foram superiores. A escola de Sete Lagoas possui um índice de aprovação de cerca de 40% e a escola de Belo Horizonte de 90%. O nível de abandono e distorção idade série também ilustram bem as diferenças entre escolas, sendo respectivamente cerca de 33 e 78% para a escola de Sete Lagoas e 1 e 24% para a de Belo Horizonte.

Este capítulo também demonstrou a partir de alguns resultados do teste SIMAVE realizado em 2006, o nível de desenvolvimento de algumas proficiências de Matemática e Língua Portuguesa para a 8ª série do E.F. e 3º ano do E.M das escolas participantes.

Em média, os estudantes da 8ª série de ambas as escolas identificam o sentido global de um texto institucional ou de divulgação científica. Estes estudantes também demonstraram serem capazes de interpretar um texto que conjuga linguagem verbal e não verbal. Entretanto, o mesmo teste indicou que existia uma diferença entre os estudantes de Sete Lagoas e de Belo Horizonte em favor dos últimos no que diz respeito ao reconhecimento de duas ou mais

opiniões distintas, e também, no reconhecimento de diferentes formas de abordar uma informação ao compará-la. Por fim, verificou-se também que no estabelecimento da relação de causa/conseqüência entre partes e elementos de um texto científico os estudantes de ambas as escolas não se saíram bem, assim como na proficiência de estabelecimento da relação entre tese e argumentos para sustentá-la, com ligeira diferença em favor dos estudantes de Belo Horizonte quando a avaliação ocorreu a partir de um texto de divulgação científica sobre impacto ambiental com apenas um argumento.

Para o 3º ano verificou-se que em média ambos os grupos de estudantes identificam o tema ou sentido global de um texto de divulgação científica, bem como a sua função. Em simetria com os resultados da 8ª série também se verificou que os estudantes interpretam texto que conjuga linguagem verbal e não verbal. Entretanto, novamente com relação ao estabelecimento da relação entre artigo expositivo de caráter técnico e reportagem com dados de pesquisa os estudantes de ambas as escolas não apresentam a proficiência, o que não ocorreu quando se adotou textos tratando de um mesmo tema como a juventude e os planetas. Por fim, também em conformidade com os dados da 8ª série observou-se que os estudantes possuem dificuldades no estabelecimento de relações de continuidade, ou entre tese e argumentos, com ligeira diferença em favor dos estudantes de Belo Horizonte.

Através da prova de matemática também para a 8ª série verificou-se que os estudantes de ambos os grupos em média identificam, interpretam e associam informações em tabelas e gráficos.

No resultado da prova de matemática no 3º ano observou-se que todos os estudantes resolvem problemas de soma e subtração, mas em problemas simples, envolvendo noção de proporcionalidade, em média apenas os estudantes de Belo Horizonte apresentaram a proficiência. Com relação a problemas que envolvem regra de três entre grandezas diretamente proporcionais, cerca de metade dos estudantes da capital apresentaram a proficiência, enquanto os de Sete Lagoas em média não a apresentaram. Com relação à aplicação da regra de três composta entre grandezas diretamente proporcionais e problemas envolvendo proporcionalidade direta ou inversa entre grandezas em situações complexas, em média nenhum dos grupos de estudantes apresentou proficiência.

Com relação ao tratamento da informação, assim como na 8ª série, os estudantes selecionam informações em gráficos e associam informações de tabelas e gráficos, mas com relação à

interpretação de dados em gráficos e tabelas, em média apenas os estudantes de Belo Horizonte possuem a proficiência.

Este capítulo também tratou da avaliação dos planos de investigação que ocorreram por meio de um trabalho em equipe com bom nível de acordo na identificação de 22 descritores a partir das marcas textuais dos estudantes. A identificação destes descritores resultou em duas frentes de trabalho, sendo uma proveniente da nota do plano de investigação a partir da soma do número de descritores encontrados em cada plano, e outra a partir da categorização de seis aspectos do plano de investigação, apresentados e ilustrados com transcrições completas.

A análise da nota no plano de investigação indicou que os estudantes de Sete Lagoas em média estavam em um nível de desenvolvimento de pensamento científico semelhante ao dos estudantes de Belo Horizonte. Entretanto, não se pode perder de vista que talvez o resultado fosse diferente haja vista o professor de Sete Lagoas ter previamente discutido o plano de investigação utilizado como pré e pós-teste com seus estudantes.

Por outro lado, a análise dos aspectos do plano de investigação permitiu a visualização do patamar médio de desenvolvimento dos estudantes, indicando que cerca de 60% dos estudantes identificaram a variável dependente de um problema aberto investigativo com três variáveis. E que cerca de 50% dos alunos identificaram as três variáveis do problema e apenas cerca de 10% elaboraram planos irrelevantes, ou seja, que não tratavam da questão proposta.

A introdução de alguns conceitos produziu oscilações na percepção dos estudantes sobre o planejamento de uma investigação. O aspecto controle de variáveis mostrou-se resistente ao aprendizado, apresentando inclusive um declínio registrado a partir do aumento progressivo de planos tratando fatores constantes como variáveis do pré-teste ao teste de retenção.

Por outro lado, o aspecto de indicação da grandeza ou fator a ser medido aumentou progressivamente, reduzindo na mesma proporção o percentual de alunos que não indicavam se algo seria medido.

Por fim, quanto à apresentação do que seria feito com os dados observou-se um percentual muito alto de estudantes que não indicaram o que fazer com os dados, apresentando aumento no pós-teste, mas retornando ao nível do pré-teste no teste de retenção. Em nenhum dos momentos de avaliação nenhum estudante chegou a sugerir a elaboração de algum gráfico para auxiliar a análise dos dados.

Quanto ao segundo teste de controle de variáveis aplicado como pré, pós e teste de retenção, observou-se que a nota da amostra indicou um declínio no número de estudantes com nota

igual a 1 e um aumento correspondente de estudantes com nota igual a 4, o que se estabilizou no teste de retenção.

A análise da categorização das justificativas apresentadas pelos estudantes indicou que a grande maioria dos estudantes utilizou o senso comum para justificar a escolha da alternativa, resultado que em comparação ao estudo realizado por Borges e Gomes (2005) evidenciou grande diferença entre os estudantes de uma escola particular de classe média e os estudantes da escola pública pesquisados neste trabalho. Em média cerca de 50% dos estudantes da escola particular compreendem a necessidade do controle das variáveis de um problema experimental e descreveram justificativas J1, enquanto a grande maioria dos estudantes da escola pública, com mais de 85%, adotaram no pré-teste a justificativa J5, de senso comum, sendo que esse resultado modificou-se pouco no pós-teste e teste de retenção.

No próximo capítulo, apresento a análise qualitativa em que será possível observar parte do percurso da vivência dos estudantes e discutir de forma mais detalhada as dificuldades dos estudantes de escola pública participantes desta pesquisa em aprender ciência através de atividades investigativas. Apresentarei alguns exemplos e tentarei construir empiricamente, a partir das atividades feitas em sala o perfil do aluno do estado quanto ao conhecimento que possui sobre a investigação científica simples.

7 ANÁLISE DOS RESULTADOS II

Neste capítulo aprofundo um pouco mais a avaliação do conhecimento procedimental geral dos estudantes, bem como das dificuldades que enfrentaram para aprender ciências por investigação. Para isso, primeiramente analiso dados coletados durante as três primeiras aulas da unidade sobre a formulação de questões de orientação científica, seleção de variáveis e aspectos a serem observados e formulação de hipóteses. Por fim, apresento resultados obtidos através de entrevistas referentes ao entendimento dos estudantes sobre o conceito de erro, controle de variáveis e leitura e interpretação de tabela e gráfico.

Ao longo das discussões referentes aos resultados das primeiras aulas procuro demonstrar: três pontos: (i) Como as aulas foram realizadas, destacando diferenças entre a condução das aulas pelos professores em relação ao planejamento inicial, (ii) A produção dos estudantes a partir das tarefas feitas em sala e da ênfase de cada professor, (iii) A reflexão conjunta entre o pesquisador e os professores realizada após as aulas em face dos objetivos educacionais e de pesquisa. Para a análise do entendimento dos estudantes sobre o conceito de erro, controle de variáveis e sobre a interpretação de tabelas e gráficos apresentarei trechos de algumas entrevistas presenciais realizadas durante a intervenção.

7.1 Uma unidade introdutória

Em geral as atividades feitas pelos estudantes durante a intervenção podem ser divididas em atividades individuais, atividades em pequenos grupos e atividade coletivas, envolvendo toda a turma. Para esta análise inicial utilizaremos apenas as atividades coletivas, analisando a produção de cada uma das quatro turmas como um Sistema Didático único inserido em um Sistema de Ensino, representando uma escola específica (Brockington e Pietrocola, 2005).

Como apresentei no capítulo 5, esta pesquisa limitou-se a investigar em pequena escala a extensão do pensar científico de alunos do ensino médio da rede estadual de ensino e para tal, além dos testes, utilizei uma seqüência de atividades simples com o objetivo de explicitar o significado de algumas idéias básicas da investigação em ciência, bem como exemplificar o seu uso. A ausência de vivências anteriores dos estudantes na realização de atividades práticas

aliada ao pouco tempo dos professores disponível para a implementação de nossa unidade de ensino não permitiu planejar atividades de investigação completas para serem executadas pelos estudantes. Desta forma, optei por avaliar o nível de entendimento dos estudantes de alguns aspectos iniciais do processo de investigação, solicitando-lhes que formulassem questões a serem investigadas pela ciência.

Desta forma, esperava-se avaliar o nível de percepção dos estudantes sobre diferentes aspectos da elaboração de um plano de investigação no dia em que a aula foi ministrada a partir da produção in loco. A primeira atividade, como foi apresentado no capítulo 5, envolvendo toda a turma, tratava-se da elaboração de uma lista de problemas que a ciência pode ajudar a resolver.

7.1.1 Aula 1: Questões de orientação científica

A lista deveria ser formulada a partir das idéias dos estudantes com a orientação e auxílio do na reformulação de suas propostas para tornarem-se questões investigáveis. A idéia era levantar material para o desenvolvimento das três primeiras aulas da unidade e ajudar os estudantes a desenvolverem a habilidade de formular questões com orientação científica.

Para tal os professores foram orientados a adotarem uma definição simples de “problema científico”: É aquele acerca do qual se podem formular hipóteses sobre o comportamento de variáveis a serem testadas individualmente. Assim, a cada nova idéia dos estudantes o professor deveria verificar a possibilidade de reescrever a idéia no quadro levando em conta a definição proposta, enquanto um aluno registrava em uma folha para servir fonte de informação da pesquisa. O controle de que esse procedimento de fato ocorreu foi feito através das entrevistas conduzidas com os estudantes e com os professores.

A turma do professor Alberto listou depois de muita discussão os seguintes ‘problemas’ a serem resolvidos pela ciência:

- 1- O tempo de durabilidade de uma amostra de tecido.*
- 2- O tempo de decomposição de um determinado material.*
- 3- O tempo de durabilidade de um lápis.*
- 4- Quanto tempo um remédio demora para fazer efeito em uma dor de cabeça.*
- 5- Quanto tempo demora para uma determinada massa de água evaporar*.*
- 6- A perda de peso de uma pessoa numa atividade física.*
- 7- O tempo de crescimento de uma planta.*
- 8- O tempo de cozimento de um pedaço de carne.*

9- *A durabilidade de um quilo de batatas.*

10- *A velocidade necessária para um avião levantar vôo.*

Observe que todos os problemas, mesmo de forma incompleta sem especificar as condições de contorno, são relacionados à determinação de algum parâmetro de medida. A maioria relacionado ao tempo, com exceção dos problemas 6 e 10. O próprio professor Alberto em conversa gravada ao telefone relatou que os alunos parecem ter ficado presos ao levantamento de questões sobre “tempo de duração”. O professor atribui isso aos dois exemplos do tênis e da laje (ver capítulo 5) comentados no início da aula quando explicava o que queria dos alunos. Relatou ainda que após o quinto problema pediu aos alunos que criassem um problema diferente, mas neste sentido surgiram apenas os problemas 6 e o 10.

O professor Sérgio, com a turma do 1º ano elaborou a seguinte lista para a mesma questão.

1- [Desenvolver um tipo de] *Combustível que não libere poluentes.*

2- *Remédios que não possuam contra indicação.*

3- [Como] *Aumentar a validade dos alimentos.*

4- *Criar um “agrotóxico” que não faça mal à saúde.*

5- *Produtos alimentícios com rótulo indicando características para cada consumidor.*

6- *Diminuir o número de conservantes nos alimentos*.*

7- *Reaproveitar todo o lixo produzido.*

8- *Despoluir as águas.*

9- *Depilação com cera sem dor.*

10- *Descobrir se existe vida em outros planetas.*

11- *Partos normais menos dolorosos.*

12- *Método de produção sem que haja desmatamento.*

13- *Aproveitar melhor a energia solar.*

14- *Protetor solar que possa filtrar 100% dos raios UV.*

Para apresentar a lista acima, escrevi nos ‘problemas’ de número 1 e 3 entre colchetes o real sentido do problema para a turma. E, de forma geral, nota-se que são problemas com uma característica diferente da lista anterior. Todos parecem ser relacionados à aplicação de novas tecnológicas para desenvolver novos produtos ou à criação de uma invenção. Seja um combustível, um remédio, um método. Ou seja, são problemas que envolvem produzir um efeito prático ou otimizar a sua produção. Com a turma do 2º ano diurno o mesmo professor elaborou os problemas de:

1- *Aumentar o desenvolvimento de uma árvore*.*

2- *Aumentar o desenvolvimento de um bebê.*

3- *Produção de energia através da água do mar.*

4- *Reparar a camada de ozônio para diminuir o índice de raios UV.*

5- Com a presença de nuvens o homem possa fazer chuva.

Os problemas 1 e 2 são problemas típicos de otimização. Árvores e crianças desenvolvem-se com a idade. Ambos os problemas propõem encontrar formas de aumentar esse desenvolvimento. Essa característica apareceu também nos problemas formulados pelas outras turmas, com a mesma característica, porém com problemas mais ambiciosos. Refletindo parte do imaginário dos estudantes com relação à ciência, mais familiar dos filmes e livros. Por fim, mas não menos ambicioso, com a turma do 2º ano noturno o professor preparou a seguinte lista:

- 1- Como retardar a oxidação das células.*
- 2- Alarme popular para informar sobre terremotos e afins.*
- 3- Descobrir substâncias que acelerem o crescimento de plantas.*
- 4- Creme dental que realmente protegesse os dentes 24 horas.*
- 5- Perfume que não perdesse o cheiro.*
- 6- [Desenvolver ou inventar] Meios de transporte menos poluentes.*
- 7- Carro que não necessitasse de combustível.*
- 8- Pneu que não gaste*.*
- 9- Nova fonte de energia para substituir o carvão vegetal.*
- 10- Converter O₂ artificialmente.*
- 11- Converter H₂O salgada em H₂O potável.*
- 12- Meio de despoluir todos os rios.*
- 13- Cura para o vírus HIV.*
- 14- Cura para o câncer.*

Analisando os problemas listados pelos estudantes, percebe-se uma gama ampla de temas viáveis de serem abordados em uma sala de aula do EM, permitindo inclusive orientar o planejamento de algumas etapas do ano letivo.

Por exemplo, os problemas 1, 2 e 9 da turma de Belo Horizonte, que tratam de um tema comum, a decomposição, pode ser desmembrada em vários outros, construindo um mapa conceitual que pode permitir a exploração de conteúdos da química e da biologia. Ainda os problemas 5 e 8 da mesma turma, poderiam ser utilizados para explorar conceitos da termodinâmica, enquanto os problemas 4 e 6 poderiam ser relacionados ao metabolismo humano e seus variáveis e os problemas 7 e 10, relacionados ao domínio da biologia e da física respectivamente, permitindo a discussão de conceitos relevantes para as disciplinas no EM.

Assim, a aula 1 pode ser também interessante no planejamento do currículo letivo, mas o meu interesse ao planejá-la como a aula introdutória fundamenta-se no que Royce e Holzer (2003)

pontuam sobre a habilidade dos estudantes em formular questões. Os autores argumentam que o desenvolvimento de tais práticas é mais difícil se antes não processarem sua experiência pessoal sobre o tópico a ser estudado. Neste caso, não se trata de um tópico ou um tema, mas puramente da capacidade de formular questões para que o professor tenha a oportunidade de orientá-los nessa tarefa.

Desta forma, existe a possibilidade com a ajuda dos professores de melhoria na sua argumentação proporcionando uma real comunicação entre elas (HARLEN, W., 2001). Trata-se do início do “aprender a falar ciência” (LEMKE, 1997).

Outro ponto interessante é que a construção de saberes básicos pode ser feita a partir de questões centrais, do interesse dos alunos, e que lhe despertem a atenção e curiosidade pelo tema em estudo. Assim, apesar da proposta não ser estudar um tema de física, química ou biologia específico, estudar um problema científico levantado pelo estudante tem o potencial de aumentar seu interesse e curiosidade.

7.1.2 Aula 2: Fatores relevantes

Com a aula 2 inicia-se o processo de identificação dos fatores relevantes para o problema. Como foi apresentado no capítulo 5, em acordo com os professores selecionamos um problema de cada lista para ser tratado em sala com a respectiva turma. Discutimos também quais eram as variáveis mais relevantes dos problemas a fim de nos prepararmos para a aula. Caso os estudantes não listassem fatores importantes para a resolução do problema escolhido, o professor deveria auxiliá-los nesse processo. Entretanto, tínhamos consciência de que no dia de realização da aula os alunos poderiam levantar fatores e variáveis relevantes, não imaginados anteriormente.

Os problemas selecionados foram os de número 5, 6, 1 e 8 na ordem em que as listas foram apresentadas na seção anterior, marcados com um * no final de cada frase. E como foi apresentado, os estudantes na aula 1 contribuíram com muita criatividade e sem muita noção da amplitude dos problemas propostos. Isto era algo esperado, pois a imagem mais corrente de ciência divulgada na televisão, jornais e outras mídias é relacionada com a invenção de novos medicamentos, aparelhos para exames médicos e diagnósticos, criação de novos produtos e melhoria dos produtos e medicamentos existentes. De qualquer forma, é muito

forte no imaginário popular e na mídia a associação de ciência e aplicações tecnológicas, especialmente na área da saúde. Essas imagens apresentam uma ciência cheia de mistérios e inacessível ao cidadão comum, habitual para os cientistas, sem menciona as complexidades envolvidas na produção e descoberta de novos tratamentos e produtos, ou o tempo necessário para o seu desenvolvimento até serem colocados em uso. Desta forma, foi necessário discutir com os estudantes os fatores envolvidos nos problemas listados.

Entretanto, em função do tempo restrito e da pretensão da unidade de ensino de simplesmente servir como uma introdução, a aula 2 tem como objetivo explicitar com os estudantes quais são os fatores envolvidos em apenas um dos problemas listados na aula 1. Colocando em prática a definição de problemas científico que orientou a aula anterior um problema científico possui fatores ou variáveis que podem ou não ser responsáveis por efeitos desejados e, portanto, precisam ser submetidas a testes. Isso é fundamental se desejamos ir além de simplesmente produzir um fenômeno ou efeito, mas tornando-nos capazes de produzir explicações para as questões formuladas.

Desta forma, na aula 2 o professor Alberto escreveu no quadro: “*Quais fatores são importantes no problema de determinar quanto tempo demora para uma determinada massa de água evaporar?*” E os estudantes juntamente com o professor listaram que:

- 1-*Depende da temperatura.*
- 2-*Depende da quantidade de água.*
- 3-*Depende do recipiente onde essa massa de água se encontra (largura ou tamanho).*
- 4-*Depende do tempo de observação.*
- 5-*Depende do nível de umidade do ar.*
- 6-*Depende da pressão atmosférica.*
- 7-*Depende se o recipiente está aberto ou fechado.*
- 8-*Depende da pureza da água.*
- 9-*Depende do estado físico da água.*
- 10-*Depende do material de que e feito o recipiente onde a água se encontra.*

A lista acima foi transcrita exatamente como listada, e recolhida ao final da aula. De sua observação nota-se a preocupação do professor em iniciar os fatores com a palavra “depende” prosseguindo com “de alguma condição”. O professor relatou que desejava enfatizar a relação causal existente entre a evaporação da água e suas variáveis independentes. Também se percebe que em alguns casos, por exemplo, em 7, 9 e 10, os fatores envolvidos são variáveis categóricas, sendo que nos demais casos, o fator interveniente pode ser operacionalizado por meio de variáveis contínuas. De fato, cada professor operacionalizou a atividade à sua

maneira como previsto em função das suas crenças pessoais da melhor forma de ensinar o conteúdo.

O professor Sérgio, tentando tornar mais clara a questão 6 escreveu no quadro “*De que forma podemos descobrir como diminuir o número de conservantes nos alimentos?*” E a classe com o professor construíram:

O isolamento do sistema

- 1- Ambientes (embalagem) que melhor conservam os alimentos.*
- 2- Testar novas misturas para aumentar a durabilidade dos alimentos usando menos conservantes.*
- 3- Diminuir o conservante e o prazo de validade.*
- 4- Novos conservantes que prejudiquem menos a saúde.*

A questão colocada pelo professor é vaga e deu origem a reformulações do problema. A transcrição acima reflete a dificuldade da equipe formada por alunos, professor e pesquisador em determinar as variáveis relevantes para o problema. Isto porque apesar de ter conversado com o Sérgio sobre as variáveis antes da aula, em sala com os alunos levantaram-se apenas quatro fatores ao longo de uma aula inteira de 50 min. Desta forma, é interessante notar que os resultados dessa pesquisa dependem fortemente de como o conteúdo foi abordado in loco.

E independente da quantidade de fatores, a qualidade da apresentação das variáveis pode confundir os estudantes. Diminuir o número de conservantes nos alimentos pode significar usar uma variedade menor de produtos conservantes ou utilizar uma quantidade menor de um certo conservante num determinado tipo de alimento. Por exemplo, o item 3 apresenta-se como uma formulação desse entendimento, na medida em que propõe encontrar a relação entre o conservante utilizado e o prazo de validade de um certo alimento. Desta forma, o fator 3 poderia ter sido definido como “quantidade de conservantes”. De forma semelhante, a variável 2 poderia ter sido definida como “novas receitas”, pensando em testar o aumento do prazo de validade a partir de novas misturas, sem alterar a quantidade total de conservantes. E a variável 4 poderia ter sido definida como “efeito do tipo de conservante sobre a saúde do consumidor”, tendo em vista a possibilidade de manter ou aumentar do prazo de validade com novos conservantes que causem menores danos à saúde. Talvez implicitamente era nisso que todos em sala estavam pensando, mas como sabemos é normal o aluno desconcentrar, pensando em outra coisa, sendo fundamental a forma de apresentação no quadro quando ele volta a se concentrar.

Assim, tendo em vista o objetivo da aula 2 que consistia tanto em delimitar o problema quanto em transferir para um contexto cotidiano – conservantes em alimentos – uma forma científica de observar um problema. A estratégia do professor Alberto de enfatizar a relação de dependência existente entre uma variável dependente e uma independente parece ser mais eficiente.

De forma geral, estávamos eu e os professores em uma busca cotidiana de exploração teórica. Esta aula integrada no conjunto de aulas da unidade visa a introdução do ensino da coordenação do pensamento na rede estadual. Um ensino que visa apresentar a ciência como uma ferramenta intelectual de coordenação, sem a pretensão de querer resultados. Lembramos que para Piaget a ciência é um instrumento espiritual que nos ajuda a compreender e atuar no mundo (PIAGET, J.;1998, p.100).

Com a turma do 2º ano diurno de Sete Lagoas, o professor Sérgio repetiu o procedimento escrevendo no quadro:

O isolamento do sistema

De que forma podemos descobrir como aumentar o desenvolvimento de uma árvore?

Quais fatores são importantes no problema?

1-Quantidade de água

2-Quantidade e tipo de solo

3-Hormônio de crescimento

4-Melhoramento genético

5-Clima favorável

6-Combate a pragas

7-Fases da lua para plantio

8-Agrotóxico (ecologicamente correto ou não correto)

Com esta turma foi interessante observar que surgiram variáveis não previstas pelo Sérgio e por mim, como “as fases da lua” e a idéia de “hormônio de crescimento”. Ao todo a turma construiu uma lista com oito fatores que poderiam se relacionar com o desenvolvimento de uma árvore.

A lista também poderia ser utilizada como ponto de partida para a distribuição de trabalhos de pesquisa para os estudantes de biologia. Imaginando um trabalho de longo prazo no formato de uma investigação mais extensa, com levantamento de dados teóricos e testes empíricos em uma horta, por exemplo.

Por fim com a turma do 2º ano noturno o problema escolhido gerou o levantamento dos seguintes fatores:

O isolamento do sistema

De que forma podemos descobrir pneus que desgastem menos?

Quais fatores são importantes no problema?

- 1- Atrito
- 2- Tipos de freio
- 3- Tipo de piso (asfalto com borracha)
- 4- Tipos de veículos
- 5- Velocidade
- 6- Tração
- 7- Tipos de pneu
- 8- Amortecedores
- 9- Peso do veículo mais passageiro
- 10- Frequência de uso do automóvel

Observa-se pelo número de variáveis levantadas que assim como no caso do crescimento da planta, o problema de levantar as variáveis do desgaste de um pneu não gerou dificuldades para a turma.

7.1.3 Aula 3: Formulação de hipóteses

Na aula 3, o professor em conjunto com a turma construiu uma tabela de três colunas. Uma coluna contendo as variáveis levantadas na aula anterior, outra com uma hipótese sobre a relação de dependência da variável e a terceira com uma justificativa para cada hipótese.

Nesta aula era previsto que surgissem divergências entre os alunos sobre as hipóteses. Mas não é do interesse da pesquisa que eles entendam uma hipótese específica ou que saibam formular as hipóteses em linguagem matemática. Defendo que dependendo do nível instrucional dos alunos existe a necessidade de trabalhar o sentido do termo hipótese de uma forma bem simples.

Entendo que o conceito de hipótese, ao contrário de conceitos da Física como o de Trabalho e de Calor apresenta boa semelhança entre o sentido cotidiano e o científico. No dia a dia quando falamos em formular uma hipótese estamos pensando em fazer uma espécie de previsão e por isso alguns professores podem julgar que não há o que explicar sobre hipótese. Isto não ocorre, por exemplo, quando falamos em Trabalho, pois em Física não existe Trabalho se não houver deslocamento e, portanto, quando não estamos nos deslocando não estamos realizando Trabalho, independente de termos trabalhado o dia inteiro sentado em

frente ao computador. Diferenças como esta entre o sentido científico e o cotidiano levam os professores a gastarem boa parte do tempo de aula diferenciando-as. O conceito de calor também possui no dia a dia sentidos diversos diferentes do exato sentido científico de energia em trânsito.

Desta forma, apesar da aparente facilidade de ensino de uma hipótese científica julgo interessante explicitar com os estudantes as possíveis hipóteses entre as variáveis levantadas e a variável dependente, pensando apenas se a variável é diretamente ou inversamente proporcional à variável dependente.

Assim, o professor Alberto, trabalhando com sua classe produziu o quadro 12:

QUADRO 12 – Hipóteses para o problema do tempo de evaporação de uma massa de água.

<i>Variável.</i>	<i>Hipótese.</i>	<i>Justificativa</i>
1- Depende da temperatura	Maior a temperatura, maior a evaporação.	Quanto mais aumentarmos a temperatura, maior o número de moléculas que vão deixar o líquido.
2- Depende da quantidade de água.	Maior a quantidade de água, maior será o tempo de evaporação.	Quanto mais água mais ela demora para aquecer.
3- Depende do recipiente (largura)	Mais largo maior será a evaporação.	Quanto mais largo maior a área para as moléculas evaporarem.
4- Depende do tempo de observação.	Menor o tempo, menor a evaporação.	Menor tempo de observação menor quantidade se observa de evaporação.
5- Depende do nível de umidade do ar	Menor a umidade, maior a evaporação.	Mais umidade menor a quantidade que evapora.
6- Depende da pressão atmosférica.	Maior a pressão, maior a evaporação *.	A pressão facilita a evaporação.
7- Depende se o recipiente esta aberto ou fechado	Quanto mais fechado menor a evaporação.	Fechado impede as moléculas de saírem.
8- Depende da pureza da água.	Maior a pureza, maior será a evaporação.	Mais sujeira impede a evaporação.
9- Depende do estado físico da água.	Líquida evapora mais.	Estado sólido tem que derreter para depois poder evaporar.
10- Depende do material que e feito o recipiente.	Mais rígido implica maior evaporação.	Mais rígido mais absorve calor e mais rápida será a evaporação.

Observando o quadro 12 se percebe que quase todas as hipóteses são plausíveis, mas algumas delas nem tanto, por exemplo, a hipótese 6. Sabe-se que a hipótese correta é justamente o contrário do que foi escrito se entendermos a palavra pressão como pressão atmosférica. A

variável 10 também precisa ser melhor explicitada, explicando exatamente o que quer dizer rigidez. Se rigidez for o oposto de porosidade, recipientes porosos como a argila, favorecem mais a evaporação do que recipientes não porosos como o vidro, sendo inclusive utilizados em filtros de barro porque tendem a manter a água em seu interior mais fresca e fria.

Assim, percebe-se que a atividade proporcionou não só um momento para o professor discutir e explicitar o processo de formulação de hipóteses a partir de um problema elaborado pelos estudantes, como criou contextos “autênticos” de elaboração de conhecimento científico.

Com a turma do primeiro ano de Sete Lagoas, a aula não foi tão simples. Em conversa gravada ao telefone com o Sérgio um dia antes da aula fui informado que o problema dos conservantes “*estava dando uma dor de cabeça danada*”. Ele tentava ilustrar como foi o momento de levantamento dos fatores relevantes com seus alunos que, como já observamos, constou de apenas quatro fatores em uma aula de 50 min devendo ter lhe gerado um desconforto enorme. Trata-se também de um assunto sob o qual tínhamos pouco conhecimento.

Ainda ao telefone, eu lhe expliquei que poderia escolher outro problema da lista elaborada na aula 1 e detalhar novamente as variáveis. Tanto o problema 7 de reaproveitar todo o lixo produzido, quanto o problema 8 de despoluir as águas, são problemas que permitem a separação das variáveis e agregam questões de caráter ético (Jiménez e Pereiro, 2002; Sadler e Zeidler, 2005).

De forma geral, era previsto que o sucesso da escolha do problema seria decidido apenas na aula 2 e mudar de problema não era o ideal em função do tempo disponível, mas poderia ser feito porque havia uma certa folga no cronograma.

Entretanto, prosseguindo com a conversa, gradativamente nós reconstruímos os fatores listados, visando uma melhor explicitação dos limites de variação de cada um e Sérgio se animou a continuar com o mesmo problema. Para começar, escolhemos o bolo pronto e embalado industrialmente, como exemplo de alimento para repensar os fatores ou variáveis do problema. Nós reestruturamos as variáveis para:

1- *Embalagem vedada a vácuo ou não.*

2- *Novas misturas transformaram-se em receita de bolo a base de água ou leite, pois era o que os alunos já tinham falado, pensando que uma receita a base de água pode demorar mais para estragar do que uma a base de leite.*

3- *Diminuir no conservante e no prazo se transformou em quantidade de conservante.*

4- *Novos conservantes que prejudiquem menos a saúde passaram a ser tipo de conservante.*

5- *E foi acrescentada a variável temperatura.*

Em conversa após a aula 3, Sérgio relatou que iniciou a aula 3 rerepresentando as variáveis da aula 2 exatamente como transcrevi acima. Note que as variáveis 1, 2 e 4 são do tipo categóricas e as variáveis 3 e 5 são do tipo contínuas. Assim, deixando de lado a variável 4 “*tipo de conservantes*”, as hipóteses elaboradas foram:

QUADRO 13 – Hipóteses para o problema de diminuir a quantidade de conservantes nos alimentos.

<i>Variável.</i>	<i>Hipótese.</i>	<i>Justificativa</i>
1- Embalagens a vácuo.	Aumenta a validade	Com a presença do ar há uma menor “durabilidade” do alimento (proliferação de micro organismos).
2- Novas receitas (Ex: água no lugar do leite).	Água no lugar do leite aumenta a validade.	Como o leite estraga rapidamente essa troca deve aumentar a durabilidade do bolo.
3- Quantidade de conservantes.	Maior a quantidade de conservante, menor a validade.	Idem hipótese.
4- Temperatura.	Menor a temperatura, maior a validade.	Idem hipótese.

De fato, senti durante a conversa o professor estava mais animado com o problema da validade dos alimentos, sentindo-se mais confiante ou tão confiante quanto estava com relação aos outros dois problemas. Apresentou a seguinte tabela como resultado do trabalho com o segundo ano diurno.

QUADRO 14 – Hipóteses para o problema do desenvolvimento de uma árvore.

<i>Variável</i>	<i>Hipótese</i>	<i>Justificativa</i>
1- Solo	Quanto melhor a qualidade e maior a quantidade de adubos, maior será o desenvolvimento.	O solo de boa qualidade depende da variável tipo de planta.
2- Água	Quanto maior a quantidade melhor o desenvolvimento até o ponto em que começa a prejudicar.	Para cada tipo de planta teremos uma quantidade ideal de água.
3- Hormônio de crescimento	Havendo esse hormônio maior será o desenvolvimento.	Com o uso deste hormônio espera-se que a planta desenvolva-se +.
4- Sol	Quanto maior a quantidade melhor o desenvolvimento até o ponto em que começa a prejudicar.	Idem água.
5- Clima	Clima favorável aumenta o desenvolvimento.	Idem água.

Observa-se na variável solo uma hipótese relacionada tanto à qualidade como a quantidade de adubo, com uma justificativa indicando que para os estudantes um solo é bom para uma determinada espécie de planta. O mesmo ocorreu com relação aos fatores água, sol e clima, demonstrando o entendimento dos estudantes de que a relação entre esses fatores, ainda não operacionalizada em variáveis, e o desenvolvimento da planta é uma relação direta até um certo ponto, e a partir deste a relação passa a ser uma relação inversa, do tipo quanto mais de x menor o efeito.

Este fato poderia ser utilizado como contexto para o aprendizado de gráficos, utilizando a altura da árvore como função do seu desenvolvimento e a quantidade de água ou de luz solar como uma variação média ao longo dos anos.

Outra forma de aproveitar este momento para trabalhar o ensino de representações gráficas poderia ser através da apresentação de dados reais coletados pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). Um trabalho um pouco mais complexo que aproxima ainda mais a ciência escolar da real. Novamente esbarramos na disponibilidade de tempo, mas trabalhos desse tipo foram relatados por Sandoval (2004) e Edelson e colaboradores (1999), em outros contextos.

A turma do segundo ano noturno com o problema do desgaste de um pneu preparou o quadro 15:

QUADRO 15 – Hipóteses para o problema do desgaste de um pneu.

<i>Variável</i>	<i>Hipótese</i>	<i>Justificativa</i>
1-Tipo de piso.	Quanto mais áspero menor será a duração.	Se o piso for mais liso o desgaste será menor.
2-Tipo de veículo.	Quanto mais pesado o veículo, maior será o desgaste.	Maior o peso maior o atrito com o solo.
3-Tipo de pneu (borracha).	Quanto mais macio menor será o desgaste.	Obs: Metade da sala não concorda com a hipótese, achando que um pneu duro terá menor desgaste.
4-Tipo de freio.	Freio que não deixa travar as rodas (ABS) diminui o desgaste.	Idem (sala dividida)
5-Velocidade.	Quanto maior a velocidade maior será o desgaste.	Idem (sala dividida)
6-Freqüência de uso do automóvel.	Quanto maior o uso, maior será o desgaste.	Quanto maior o uso maior será o desgaste do pneu.

Nesta turma a sala ficou dividida com relação aos fatores tipo de pneu, freio e velocidade do veículo. Uma parte da turma acreditava em uma hipótese e a outra entendia que era exatamente o contrário. Uma situação muito interessante e típica, apesar de simplificada, do trabalho da comunidade científica. É inclusive uma discussão que frequentemente, através da transmissão de corridas de carros pela televisão, temos a oportunidade de acompanhar. Os especialistas discutem e formulam hipóteses sobre o número de voltas da prova que os pilotos devem concluir antes de ser efetuada a troca dos pneus, ponderando a respeito do tipo de asfalto e de outros fatores como a temperatura da pista, traduzindo para os telespectadores em termos mais populares, o jargão técnico.

Assim, estas três primeiras aulas geraram condições que permitiram de forma exploratória observar como as turmas participantes, analisadas a partir das categorias de Brockington e Pietrocola (2005) como diferentes Sistemas Didáticos inseridos em um Sistema de Ensino, formularam questões de orientação científica, tentando distinguir fatores relevantes para uma das questões e formularam hipóteses qualitativas.

Assim sendo, vejamos agora em um nível mais individualizado como os estudantes compreendem alguns aspectos da “competência evidenciativa” a partir das atividades realizadas em sala e das entrevistas.

7.2 Apresentação dos estudantes selecionados

O processo de seleção dos alunos pautou-se na avaliação da consistência dos planos de investigação (ver seção 6.5.4) feitos como pré-teste, por considerar tal exercício útil e preciso na separação dos estudantes em três níveis. O primeiro grupo representa os estudantes que demonstraram compreender um controle de variáveis adequado e consistente, elaborando planos bem descritos, completos e relevantes (G1). O segundo grupo foi composto por aqueles que elaboraram planos relevantes, mas com inconsistências no controle de variáveis (G2). No terceiro grupo, os estudantes entenderam muito pouco da tarefa, deixando seus planos de investigação muito incompletos (G3). Depois da classificação procurei formar um trio de estudantes de cada grupo em cada sala, ainda sem conhecer os alunos, observando apenas o plano de investigação, para realizar as entrevistas e investigar mais de perto alguns aspectos da sua “competência evidenciativa”.

Assim, a partir das entrevistas com os estudantes a cada duas semanas, eu tive a oportunidade de desvelar com mais detalhes suas idéias sobre as aulas e sobre outras situações contextualizadas e elaboradas para a entrevista. Os resultados foram arranjados em três grandes momentos, no primeiro analiso o conhecimento dos estudantes sobre o significado do erro de medida, no segundo focalizo as estratégias de controle de variáveis e, finalmente, no terceiro a habilidade dos alunos de ler e interpretar dados na forma de tabela e gráfico.

7.2.1 Contingências e a seleção dos estudos de caso

Durante a etapa de coleta de dados foram realizadas diversas entrevistas. Durante o primeiro dia de entrevistas na escola de Sete Lagoas (Sérgio) ao todo 18 alunos foram entrevistados. Na escola de Belo Horizonte (Alberto) foram entrevistados 10 estudantes. Na escola do Alberto realizei ao todo quatro seções de entrevistas e na do Sérgio, em virtude de requerer deslocamentos maiores até Sete Lagoas foram três. Ao longo da intervenção, o número de entrevistados gradativamente foi diminuindo por diversos motivos. Alguns estudantes não se sentiram a vontade para continuar as entrevistas, outros abandonaram ou mudaram de escola. No fim, apenas nove estudantes participaram de todas as entrevistas. Cinco de Sete Lagoas e quatro de Belo Horizonte, mas destes nove excluí deste relatório um estudante do professor Sérgio, pois no dia da entrevista final todos os seus colegas saíram mais cedo devido a ausência de um professor, deixando o entrevistado sozinho e ansioso para, como os demais, ir para casa, não sendo possível realizar toda a entrevista.

Desta forma, apresento no quadro 16 o nome fictício dos estudantes selecionados e seu desempenho qualitativo inicial no plano de investigação.

QUADRO 16 – Estudantes selecionados para o estudo de casos.

Município	Nome fictício	Avaliação preliminar	Número
Belo Horizonte	Gisele	G1	T42
	Pedro	G1	L8
	Lucia	G2	L6
	Renato	G2	T9
Sete Lagoas	Ana	G2	L1
	Adriana	G2	T2
	Val	G2	T17
	Bernardo	G2	T14

Destaco que tanto na escola de Belo Horizonte como na de Sete Lagoas surgiram planos de investigação classificados preliminarmente como ótimos e como fracos. Entre eles apenas o Pedro e a Gisele demonstraram inicialmente reconhecer a necessidade de se controlar a variável intensidade de luz solar e tipo de solo para se investigar a influência da quantidade de água no crescimento da planta.

7.2.3 Repetição de medidas e margem de erro

Durante as entrevistas foi possível explorar o conhecimento dos estudantes sobre repetição de medidas e para determinação da margem de erro de várias formas. A aula 6 em que utilizamos o lançamento horizontal de uma esfera para discutir de forma introdutória o conceito de erro de medida, juntamente com a aula 7 sobre o teste de tração de um fio de cobre, fundamentaram algumas perguntas durante as entrevistas. Em uma delas, após a verificação de como as aulas foram realizadas pelos professores a partir do ponto de vista dos estudantes, solicitei que me explicassem o significado do termo “margem de erro”. Veja o diálogo que tive com o aluno Pedro de Belo Horizonte. (Nas transcrições a seguir o Entrevistador foi abreviado para Entrev):

Pedro – Margem de erro seria se ele (fio de cobre) agüenta pra mais ou pra menos. Se ele poderia agüentar mais ou menos. O valor que ele agüenta.

Entrev – Mas isso não seria o valor máximo?

Pedro – É. Isso é a margem de erro que pode ser tanto pra mais como pra menos.

Entrev – Mas e na atividade de lançamento da bolinha, o que seria margem de erro?

Pedro – Mas margem de erro como?

Entrev – Quando soltamos a bolinha e ela toca o chão o que nós medimos é o alcance, né?

Pedro – É, mas se caísse no mesmo lugar não teria erro.

Através deste trecho da entrevista verifica-se como o estudante, que foi categorizado inicialmente como G1 apesar de compreender que se a esfera caísse sempre no mesmo lugar não haveria erro de medida, confunde o conceito com o valor máximo.

Entrevistando outro estudante do mesmo colégio também se verificou a concepção da margem de erro como relacionada ao valor máximo, mas o estudante também fez referência às pesquisas eleitorais. Veja:

Entrev – O que é margem de erro?

Renato – É o limite que pode [acontecer]. Pode ser entre 1 e 2 [1 e 2 Kg como a especificação do fabricante de fio de cobre indicava], mas nem sempre é igual ao limite. É igual eleição, o candidato tem dois pra mais ou dois pra menos.

Entrev – E qual é a margem de erro neste caso?

Renato – O candidato tem dois pra mais ou dois pra menos. Pode ter tido um erro de contagem ou não.

Entrev – Ok, mas qual é a margem de erro neste exemplo?

Renato – [Após longa pausa] Não sei.

Esta entrevista, realizada com o estudante Renato, cujo plano inicial foi classificado como G2, destaca que o mesmo associa o termo margem de erro às pesquisas eleitorais, mas confunde-se com a precaução dos institutos de pesquisa em estabelecer uma margem de erro a partir da pesquisa de intenção de voto ou de boca de urna, com o erro da contagem dos votos. Com os estudantes de Sete Lagoas através da mesma pergunta foi possível observar outras interpretações para o mesmo conceito, lembrando que em todos os casos a pergunta foi feita após a verificação de como o professor realizou as aulas 5 e 6 (ver capítulo 5). Veja o diálogo entre as estudantes Ana e Adriana de Sete Lagoas e o entrevistador:

Entrev – O que vocês entendem por margem de erro?

Ana – É que o fabricante não fez a experiência.

Entrev – Vocês acham que o fabricante não testou o fio e por isso estipulou a margem de erro?

Ana – É.

Entrev – E você Adriana?

Adriana – Ele (fabricante) não testou direito.

Entrev – E o que é a margem de erro que o fabricante não testou direito?

Adriana – É a do fio.

Entrev – Ta, mas o fabricante falou que o fio suporta entre 1 e 2 kg. O que você acha desta margem do fabricante?

Adriana – Ela não é boa.

Entrev – Qual seria uma margem boa.

Adriana – Tinha que ter testado?

Entrev – Mas vocês testaram não foi? Nós vimos que o cabo não agüenta 2 kg, pois arrebentou nas duas tentativas em torno de 1,730 Kg. Assim, o que vocês entendem por margem de erro ou intervalo de certeza.

Ana e Adriana – (Silêncio)

Ana – Não sei.

As alunas Ana e Adriana a partir da leitura do pré-teste foram classificadas como G2 e no início da entrevista percebe-se outra interpretação para o significado de margem de erro. As estudantes parecem crer que a margem de erro é algo que surge quando não se testa corretamente algum equipamento. Outra impressão deixada pela entrevista registrada em caderno de campo foi a de que se o professor Sérgio de Sete Lagoas não tivesse trabalhado a

atividade 1 do pré-teste antes da intervenção, as alunas seriam classificadas como de nível G3. Pois apesar delas terem escrito planos com falhas no controle de variáveis, ambas perceberam que seria necessário pelo menos dois grupos de plantas regadas diferentemente, algo que acredito ser fruto da intervenção anterior do professor.

Por fim, destaco um trecho semelhante aos anteriores, mas que foi registrado em uma entrevista com dois estudantes do segundo ano do EM, também da escola do professor Sérgio. Nele destaca-se a estudante Val, muito tímida e concordando com tudo que o estudante Bernardo falava, veja:

Entrev – (...) o cabo agüentava entre 1 e 2 Kg, mas o objetivo era achar uma margem de erro menor. Na atividade da bolinha, nós vimos que ela não cai no mesmo lugar apesar de cair próxima [de onde caiu no lançamento anterior]. Vimos também que o fio arrebentou entre 1,700 e 1,730 Kg. Desta forma Val, se fosse para você explicar o que é intervalo de certeza ou margem de erro, o que você falaria.

Val – Margem de erro?

Entrev – É. Você pode definir a partir destas aulas o que é?

Val – Não sei.

Entrev – E você, Bernardo?

Bernardo – Que nem na atividade da bolinha, ela não caia no mesmo lugar.

Entrev – Mas se fosse para você definir margem de erro o que você diria.

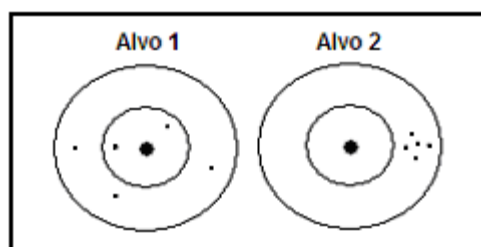
Bernardo – É uma margem não exata, não concreta. Pode haver variação entre duas medidas.

Entrev – Você pode dar outro exemplo?

Bernardo – Pesquisa eleitoral diz que a margem é de 2% pra mais ou pra menos, não exato.

Desta forma, verifica-se que o conceito de margem de erro não é simples de ser compreendido. Os estudantes apresentaram diversas interpretações, mas a maioria entende que existe um valor correto a ser medido, sem associar a margem de erro a uma medida da dispersão dos dados em torno do valor médio, que representa uma melhor aproximação que se pode obter a partir de um conjunto de medidas de uma grandeza. Este mesmo aspecto também foi explorado através das entrevistas por meio da figura 2 que representa o alvo de dois atiradores participando em um torneio de tiro ao alvo.

FIGURA 2 – Ilustração de dois alvos adotados em entrevistas com os estudantes.



Observe na ilustração que ambos os atiradores fizeram cinco disparos, mas enquanto no alvo 1 dois disparos atingiram o círculo central, no alvo dois todos os cinco disparos não atingiram o círculo central e estão deslocados para a direita. A partir desta ilustração os estudantes foram questionados em entrevista sobre qual atirador possui a maior margem de erro, veja:

Entrev – Qual competidor possui a maior margem de erro?

Pedro – O numero 1. Porque aqui os pontos estão mais afastados.

Entrev – Qual dos dois é melhor na pontaria?

Pedro – Pela lógica do jogo o 1, pois o objetivo é o centro e o 1 acertou pelo menos uma vez enquanto o 2 nenhuma (risos). Mas na verdade o 2 é o melhor.

Entrev – E qual é o seu problema então?

Pedro – Sei lá.

Através deste contexto foi possível perceber que o estudante Pedro compreende a relação entre a dispersão de medidas e o significado de margem de erro, mas desconhece a diferença entre erro sistemático e aleatório. Com o estudante Renato esta parte da entrevista transcorreu de forma semelhante, veja:

Entrev – Qual é melhor na mira?

Renato – O 2, porque chegou mais perto em todas.

Entrev – E no torneio quem ganharia?

Renato – Depende do valor da região acertada, pois poderia ser o 2.

Entrev – Mas o número 1 é o melhor na mira?

Renato – Não, porque ele acertou por sorte, se ele fosse bom os cinco estariam próximos da mira.

Entrev – Qual tremeu mais pra atirar?

Rnatol - O 1.

Entrev – Em qual a margem de erro é maior?

Renato – O 1 por causa da distância entre os tiros.

Entrev – O que aconteceu com o 2?

Renato – Ele não conseguiu acertar o centro.

Entrev – Você acha que ele mirou do lado de fora?

Renato – Não. Todo mundo mira no centro.

Entrev – Mas porque ele acertou tudo do lado?

Renato – Por causa da pressão (do torneio).

Observa-se que o estudante Renato raciocinou de forma semelhante ao estudante Pedro. Ambos percebem que o atirador 1 apesar de ter acertado duas vezes no círculo central não é o melhor atirador, pois a dispersão entre as marcas de tiro são maiores do que as do atirador 2. Infelizmente o mesmo recurso não foi utilizado com os estudantes de Sete Lagoas porque com estes eu realizei uma entrevista a menos em função do deslocamento.

O próximo aspecto a ser apresentado é o do controle de variáveis. Para a análise deste aspecto utilizei o exercício feito em sala na aula 5 e as respostas a uma pergunta direta sobre o que é controle de variáveis feito em por meio de um questionário entregue após o teste de retenção.

7.2.4 Estratégia de controle de variáveis

A atividade realizada na aula 5 (ver anexo D) é um exercício simples e semelhante às atividades utilizadas como pré e pós-teste e teste de retenção (anexos B, C e G). Entretanto, o contexto da atividade era referente ao teste de resistência de um cabo e o estudante deveria escolher a comparação que poderia ajudar a testar a resistência do cabo e justificar a escolha.

Como a atividade foi feita em sala e em conjunto, não teve a característica de um teste e todos os estudantes entregaram-na marcando a resposta correta (Teste 2 e Teste 4). Entretanto as justificativas são livres permitindo-nos verificar o entendimento do grupo da tarefa. Assim, vejamos primeiramente como o grupo da estudante Ana do 1º ano do E.M. de Sete Lagoas justificou a escolha:

Cabos iguais com pesos diferentes dá para calcular a resistência do cabo. Porquê a resistência será diferente.

O grupo era composto da estudante Ana e outras duas alunas e a partir da resposta pode-se fazer três considerações. O grupo da estudante percebe que para testar a resistência do cabo é necessário variar a massa presa ao mesmo, mas o grupo confunde o ato de medir com o de calcular e, no fim, contradiz o que afirmou anteriormente, dizendo que a resistência será diferente. Desta forma, percebe-se que o grupo não compreendeu completamente a estratégia de manter o mesmo cabo e variar apenas a força atuando sobre o mesmo esticando-o para testar a sua resistência.

Respondendo à pergunta “O que é o controle de variáveis? Se achar necessário dê exemplo.” do questionário final (ver anexo I) a aluna Ana respondeu:

Eu acho que é o resultado que você acha nas experiências que se torna uma variável e você tem que ter um controle delas. (Estudante Ana, 1º ano, Sete Lagoas)

A resposta evidencia que a aluna confunde o controle das variáveis na obtenção de um resultado cuidadoso com o próprio resultado de um teste experimental.

A estudante Adriana e seu grupo, também do 1º ano do E.M. de Sete Lagoas justificou a resposta da atividade da aula 5 da seguinte forma:

Com cabos iguais e pesos diferentes poderemos descobrir quanto de peso o cabo sustentará. Os dois cabos têm a mesma resistência, com isso poderemos descobrir o máximo de peso que ele iria suportar.

Com esta resposta o grupo da estudante demonstra compreender o sentido do controle do cabo utilizado no experimento para testar sua resistência.

Ao responder à pergunta do questionário sobre significado de controle de variáveis Adriana escreveu:

O controle de variável é saber o que varia, quais os efeitos, etc (Estudante Adriana, 1º ano, Sete Lagoas).

Assim, a estudante demonstra ter um conhecimento um pouco mais sofisticado do que sua colega Ana, relacionando a manipulação das variáveis ao efeito final. Já o grupo do estudante Pedro também do 1º ano, mas de Belo Horizonte justificou a escolha da comparação adequada na atividade da aula 5 assim:

Para testar a resistência de um cabo devemos utilizar dois pesos diferentes, um leve e outro pesado.

A resposta deste estudante evidencia que talvez não tenha compreendido a linguagem visual da atividade que utiliza dois desenhos em cada teste, querendo mostrar apenas as variáveis a serem modificadas ou não em cada teste, sem querer dizer que seriam necessários apenas dois pesos para testar a resistência do cabo. Este estudante individualmente escreveu a seguinte resposta ao questionário sobre significado de controle de variáveis:

Se no decorrer do teste há variações de resultados. Ex: Se você soltar um objeto de um mesmo lugar várias vezes se ele irá ter o mesmo resultado (Estudante Pedro, 1º ano, Belo Horizonte).

Desta forma, o estudante parece perceber a relação entre o efeito de exercitar o controle de variáveis na realização de um teste e o resultado esperado. De certa forma, sua resposta parece estar embasada na prática realizada na aula 6 de lançar horizontalmente uma esfera, em que o professor buscou demonstrar a existência de um erro aleatório.

Finalizando a apresentação dos resultados e da análise deste aspecto destaco a resposta do grupo da estudante Gisele do 1º ano de Belo Horizonte composto por ela e mais dois colegas, que justificaram da seguinte forma:

Utilizando o mesmo cabo vamos aumentando o peso para testar a sua resistência. Com o cabo mais grosso fazemos o mesmo que no exercício anterior para testarmos o quanto o cabo pode suportar.

Entre os alunos selecionados, esta resposta foi a mais completa, demonstrando compreender que é necessário variar apenas o peso para se testar o quanto o cabo suporta, explicando ainda que não importa o tipo de cabo, o procedimento de controle das variáveis deverá ser o mesmo. Esta estudante se destacou desde o início, quando foi classificada como G1 (ver quadro 16) e respondendo ao questionário disse que o controle de variáveis é:

É um controle de hipóteses (Estudante Gisele, 1º ano, Belo Horizonte).

Tal estudante demonstra assim, que possui um entendimento mais completo e sofisticado do que os demais, permitindo inferir sobre sua resposta que o controle de variáveis relaciona-se com a investigação de uma determinada hipótese.

Assim, de fato percebe-se que o universo dos estudantes da rede estadual pode ser extremamente amplo e difuso. Um problema simples como este do teste da resistência de um cabo pode ser extremamente confuso para alguns estudantes e o entendimento da influência do controle de variáveis adequado é peça fundamental no desenvolvimento do pensamento científico.

7.2.5 Interpretação de dados na forma de tabela e gráfico

Para a investigação das habilidades dos estudantes de ler e interpretar uma tabela e um gráfico utilizei o contexto de um grupo de estudantes que investigaram a influência do diâmetro de uma mola na sua capacidade de deformar. Eu apresentei uma tabela de dupla entrada, indicando o diâmetro da mola e qual a sua deformação em centímetros quando submetida a uma determinada força em newtons (veja tabela 16).

TABELA 14 – Deformação de molas de diferentes diâmetros.

Deformação de molas de diferentes Diâmetros				
Diâmetro (cm) \ Peso (N)	0,10	0,20	0,30	0,40
1,3	5,0	7,3	10,5	12,5
2,7	11,0	17,0	23,5	29,0
4,3	13,0	23,0	35,0	41,5

Observa-se na tabela 16 a deformação de três molas semelhantes, porém com diferentes diâmetros. A mola de diâmetro igual a 1,3 cm teve a deformação de 5,0 cm quando submetida a um peso de 0,10 N e uma deformação de 12,5 cm quando submetida a um peso de 0,40 N. Em contraste, verifica-se que a mola de maior diâmetro, com 4,3 cm foi a que mais deformou quando submetida às mesmas forças de 0,10 e 0,40 N.

Durante as entrevistas com os estudantes primeiramente foi verificando se sabiam ler a tabela como foi feito no parágrafo anterior. Ou seja, verificando, por exemplo, se o estudante sabia dizer, observando a tabela, qual foi a deformação da mola com diâmetro igual a 2,7 cm quando submetida a uma força de 0,30 N (resposta 23,5 cm).

Entre todos os estudantes selecionados para esta entrevista, verificou-se que quase todos dominavam este tipo de habilidade. Em geral eles conseguiam localizar qual foi a deformação de uma mola específica quando era submetida a uma determinada força. A única exceção entre os estudantes selecionados para esta análise foi a estudante Val do 2º ano de Sete Lagoas.

Esta estudante demonstrou alguma dificuldade como a transcrição da entrevista demonstra:

Entrev – Observando a tabela qual foi a deformação da mola de 2,7 cm de diâmetro quando atuou nela um peso de 0,20 N?

Val – Maior?

Entrev – Maior do que o que?

Val – É... O que você perguntou?

Entrev – É porque aqui na tabela você tem o diâmetro de três molas, 1,3; 2,7; e 4,3 e o quanto elas deformaram quando foi pendurado em cada uma o peso de 0,10; 0,20; 0,30 e 0,40 N, tá?

Val – Tá.

Entrev – Então, você pode me dizer quanto a mola de 2,7 cm de diâmetro deformou quando o peso de 0,20 N foi preso nela?

Val – 17.

Entrev – Isso. Agora eu vou fazer outra pergunta, tá? Qual foi a deformação da mola de 1,3 cm de diâmetro quando o peso era de 0,40 N?

Val – Maior?

Observando a tabela 16 vê-se que a mola com 1,3 cm de diâmetro apresentou deformação de 12,5 cm quando atuou o peso de 0,40 N, um valor menor do que os 17 cm da mola média anterior. Ao longo da entrevista foi possível perceber que a estudante observava a tabela, mas tinha muita dificuldade para localizar a deformação correspondente a uma determinada mola, quando atuava uma determinada força. A impressão que registrei no caderno de campo foi a de que a aluna compreendia a pergunta que lhe era direcionada, mas como não lia a tabela, apenas dizia “maior” ou “menor”.

Ainda a partir dos dados da tabela 16, verifiquei se os estudantes sabiam fazer interpolação dos dados. Novamente verifiquei que entre os entrevistados apenas a estudante Val não sabia responder às minhas perguntas. Veja como as entrevistas com as estudantes Ana e Adriana de Sete Lagoas:

Entrev – Com 0,25 N a mola de 1,3 de diâmetro teria qual deformação?

Ana – 8,5.

Entrev – Por quê?

Ana – Deixa pra lá.

Entrev – Não, eu insisto.

Ana – Pergunta pra ela [apontando a colega].

Entrev – Tá. E você Adriana, quanto que você acha que seria a deformação da mola de 1,3 com 0,25 N?

Adriana – 7,9.

Entrev – Por quê?

Adriana – É um valor intermediário.

A partir dos dados da tabela 16 vê-se que a mola de 1,3 cm de diâmetro teve deformação de 7,3 cm com 0,20 N e 10,5 cm com o peso de 0,30 N. Desta forma, as respostas das estudantes estão adequadas por serem valores intermediários. Os estudantes de Belo Horizonte também demonstraram que são capazes de fazer interpolação dos dados, entretanto todos eles justificam as respostas dizendo que se trata de um valor intermediário. Nenhum deles falou em um valor médio entre as medidas contidas na tabela.

Outro aspecto que verifiquei foi a habilidade de produzir extrapolações, perguntando qual seria a deformação das molas quando submetidas a um peso de 0,50 N. Neste aspecto novamente os estudantes em geral não tiveram grandes dificuldades e responderam com relativa rapidez. Entretanto, eles não pensaram em termos de uma progressão sistemática e regular. Nenhum dos estudantes observou, por exemplo, que a deformação da mola de 2,7 cm de diâmetro aumentou cerca de 6,0 cm a cada 0,10 N de peso, e, portanto, com 0,50 N a

deformação deveria ser de 35,0 cm (ver tabela 16). Em geral, eles disseram que seria um valor maior do que o valor correspondente ao peso de 0,40 N, mas não tiveram o cuidado de perceberem como tinha sido a variação da deformação até 0,40 N. Veja outro trecho da entrevista com as estudantes Ana e Adriana:

Entrev – Qual seria a deformação da mola de 1,3 cm se eu pendurasse um peso de 0,50 N?

Ana – 13,5?

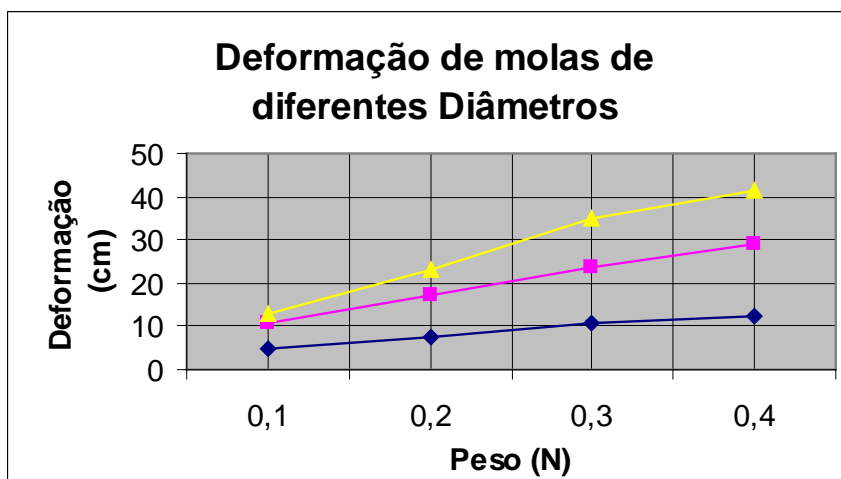
Entrev – Tá. E você Adriana, você concorda?

Adriana – Sim, ela [a mola] deve esticar mais.

Observando a tabela 16 verifica-se que a mola de 1,3 cm estica cerca de 2,0 cm a cada 0,10 N, sendo desta forma esperado que com o peso de 0,50 N ela deformasse cerca de 14,5 cm e não 13,5 cm como a estudante disse.

Com relação à habilidade de ler e interpretar gráfico utilizamos os mesmos dados da tabela 16 como o gráfico 3 indica. Entretanto, o gráfico não distingue as molas. Ele apenas indica qual a deformação das molas para um determinado peso e assim, a primeira pergunta que fiz aos estudantes foi referente à identificação de cada gráfico.

GRÁFICO 3 – Gráfico da deformação de molas de diferentes diâmetros.



Novamente, os estudantes selecionados de Belo Horizonte (Pedro, Renato, Gisele e Lucia) demonstraram não ter dificuldades para fazer a relação entre a tabela e o gráfico. Eles identificaram corretamente o gráfico de triângulo com a mola de maior diâmetro, e o gráfico de círculo com a mola de menor diâmetro. Eles também não tiveram dificuldade para fazer interpolação e extrapolação dos dados a partir do gráfico.

Os estudantes de Sete Lagoas (Bernardo, Val, Ana e Adriana) também se saíram bem nas tarefas, mas novamente a estudante Val do 2º ano demonstrou pouca intimidade na leitura do gráfico. Veja como foi a sua entrevista:

Entrev – Val, você pode me mostrar qual destes três gráficos corresponde ao da mola de 1,3 cm de diâmetro?

Val – Esse [apontando para o gráfico de círculo].

Entrev – Ok, e neste gráfico qual foi a deformação da mola para o peso de 0,2 N?

Val – Menor?

Entrev – Menor? Mas qual é o valor?

Val – Não sei.

Entrev – E você Bernardo? Qual é o gráfico da mola de diâmetro maior?

Bernardo – Esse de triângulo.

Entrev – E qual foi a deformação desta mola quando atuou um peso de 0,4 N?

Bernardo – 40 cm.

Entrev – Isso. Agora você Val. Você viu como ele respondeu né? Me diz, qual é a deformação da mola média [diâmetro igual a 2,7 cm] com o peso de 0,2 N?

Val – Maior?

Desta forma, percebe-se que nas duas escolas existem estudantes que através deste contexto de investigação de molas de diferentes diâmetros demonstraram serem capazes de ler e interpretar uma tabela de dupla entrada e o gráfico. Entretanto, verificou-se que a interpolação e a extrapolação dos dados é feita de uma maneira intuitiva, sem raciocinar em termos da variação média da deformação da mola. Os exercícios de extrapolação são difíceis, mesmo para estudantes mais avançados, porque não têm nenhuma experiência anterior nessas atividades. Os exercícios de interpolação são mais intuitivos se o estudante consegue entender o que a tabela representa.

7.3 Síntese

A partir dos resultados da primeira aula da unidade observou-se como o Sistema Didático, constituído dos estudantes e do professor de uma escola, formularam questões de orientação científica. Com a turma do professor Alberto de Belo Horizonte verificou-se um predomínio de questões relacionadas à determinação de parâmetros como o tempo de duração de um tecido, à velocidade de decolagem de um avião ou ao tempo de evaporação de uma massa de água. Em contraste, os estudantes do professor Sérgio de Sete Lagoas formularam questões envolvendo prioritariamente uma aplicação tecnológica ou à criação de uma invenção, como

diminuir os conservantes de alimentos, aumentar o desenvolvimento de uma árvore e a construção de pneus que não desgastem.

Em seguida, após a escolha de uma das questões levantadas pelos estudantes, identificaram, em conjunto com seus professores, variáveis relevantes na investigação da questão. Através desta abordagem verificou-se que o professor Alberto teve a preocupação de listar os fatores enfatizando a relação causal entre a variável dependente e os fatores, algo interessante e importante para a explicitação dos fatores. Por outro lado, foi possível acompanhar o professor Sérgio que, trabalhando com três turmas, nos mostrou como a explicitação da variável pode influenciar o entendimento do problema em questão e como o conhecimento factual sobre o problema é significativo no levantamento de fatores relevantes.

Através da terceira aula, referente à formulação qualitativa de hipóteses foi possível observar que os estudantes são capazes de formular hipóteses de relação direta e inversa para cada fator levantado na aula 2. Além disso, também se observou que compreendem que determinadas variáveis podem exercer uma relação de proporção direta até certo ponto, passando a ser inversa como ocorre com a relação entre o desenvolvimento de uma planta e a quantidade de água recebida. Outro fato interessante observado surgiu a partir da divergência de opinião entre os estudantes durante a formulação de hipóteses, podendo estimular disputas intelectuais e sadias entre os estudantes.

Em seguida, foi apresentado o processo de participação de oito estudantes em todas as entrevistas com parte das suas atividades em sala, resposta ao questionário final e entrevistas utilizadas em uma análise mais individualizada das dificuldades dos estudantes. A análise foi separada em três pontos: o significado do conceito de margem de erro e erro de medida, o que significa o controle de variáveis e a leitura e interpretação de uma tabela e um gráfico específico.

Os resultados indicaram que os conceitos de dispersão e margem de erro fazem parte de um tópico de conteúdo mais complexo para os estudantes, que apesar de compreenderem o sentido, não demonstraram domínio do significado. Com relação ao significado do controle de variáveis observou-se algo semelhante. Alguns estudantes compreendem o significado apesar de ficarem presos aos exemplos vistos em sala sem serem capazes de definir o conceito. Por fim, observou-se também que em geral os estudantes conseguem ler, fazer interpolação e extrapolação de tabela e gráfico, apesar de uma estudante em especial ter demonstrado muita dificuldade na tarefa, um resultado semelhante ao observado através dos dados do SIMAVE.

8 CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES

Neste capítulo final, destaco os resultados mais relevantes provenientes desta pesquisa. A partir destes resultados decorrentes das análises realizadas nos capítulos 6 e 7 discuto as implicações e contribuições desta pesquisa para o ensino de Ciências, sobretudo na rede pública e traço novas possibilidades de pesquisa na área.

Vários documentos recentes propõem e discutem mudanças na educação em ciências na escola básica (PCN, 1998; NRC, 1996; AAAS, 1990; Millar e Osborne, 1998; Millar, 2006), visando garantir a alfabetização científica e a compreensão pública da ciência. Essas discussões não abandonam a necessidade de que todos os estudantes aprendam os conteúdos mais fundamentais de ciências, mas alertam para a necessidade de selecionar cuidadosamente o que é importante para o aprendizado de nossos estudantes para que atuem como cidadãos responsáveis, informados e preparados para procurar novos conhecimentos e informações em outras fases de suas vidas. Para isso é fundamental que saibam ler e interpretar textos, extrair informações desses, compreender gráficos e outras formas representacionais normalmente utilizadas nos livros, jornais, revistas e mídias eletrônicas. Os textos e inscrições são fundamentais e constituintes da ciência ocidental, tal como a coleta e análise de dados empíricos (Norris e Phillips, 2003).

Esta pesquisa teve como finalidade avaliar o conhecimento procedimental de estudantes da escola pública, além das suas dificuldades para aprender ciências por investigação. Para isso, foi desenvolvida uma unidade de ensino com o intuito de criar um ambiente contextualizado de discussão sobre diferentes aspectos da investigação científica, bem como introduzir o tema para estudantes não familiarizados.

Apesar das entrevistas terem se constituído como ricas fontes de dados, a principal fonte de dados utilizados foi o plano de investigação, que permitiu a avaliação dos estudantes em 6 aspectos distintos do planejamento de uma investigação, considerados como categorias de análise. Ainda, a análise de dados complementares como os da Prova Brasil e do SIMAVE, dos testes específicos de controle de variáveis e das entrevistas com os estudantes nos auxiliaram a responder as questões de pesquisa.

Acreditamos que os dados apresentados e a metodologia adotada nesta pesquisa são adequados para responder às questões. Entendemos também que apesar da amostra de estudantes ser insuficiente para permitir generalizações no âmbito estadual, nossos dados indicam uma imagem consistente do conhecimento procedimental geral dos estudantes da rede pública e das suas dificuldades para aprender ciências por investigação.

8.1 Principais resultados e conclusões

No capítulo 6 analisamos alguns resultados da Prova Brasil e do SIMAVE para as escolas participantes da pesquisa, bem como os resultados de três testes de controle de variáveis e de elaboração de planos de investigação. Mas para responder à primeira questão de pesquisa e traçar um quadro do conhecimento procedimental dos estudantes da escola pública no início do ensino médio utilizaremos apenas os dados dos pré-testes e do SIMAVE.

Primeira Questão: Qual o conhecimento procedimental geral de estudantes da rede pública no início do ensino médio?

A partir dos de Língua Portuguesa avaliados pelo SIMAVE em 2006, verificou-se que os estudantes de ambas as escolas formam dois grupos bem distintos. Enquanto a escola de Sete Lagoas se posicionou sempre abaixo da média estadual, a de Belo Horizonte manteve-se sempre acima, tanto no nível da 8ª série do E.F. como do 3º ano do E.M. Entretanto, em média os estudantes de ambas as escolas da 8ª série conseguem identificar o tema ou sentido global de um texto de divulgação científica. Os estudantes em média também dominam a habilidade de interpretar um texto que conjuga linguagem verbal e não verbal como um gráfico e uma “tirinha”. Tais informações são relevantes porque frequentemente os cientistas necessitam analisar gráficos conjugados com relatos de pesquisa. Um aspecto importante do pensar científico que também está presente no nosso dia a dia através de reportagens em jornais e revistas.

Entretanto, ainda ao nível da 8ª série, com relação à proficiência de estabelecer relação entre duas opiniões distintas ou com relação ao reconhecimento de diferentes formas de abordar uma informação ao compará-la observou-se que, em média, os estudantes apresentaram

proficiência insatisfatória. O resultado também não foi bom quanto ao estabelecimento da relação de causa/conseqüência entre partes e elementos de um texto científico, assim como na proficiência de estabelecimento da relação entre tese e argumentos para sustentá-la. O que se relaciona com o reconhecimento da lógica de duas ou mais hipóteses ou com a tomada de decisão embasada em dados científicos.

Para o 3º ano verificou-se que em média ambos os grupos de estudantes também identificam o tema ou sentido global de um texto de divulgação científica, bem como a sua função e conjugam linguagem verbal e não verbal. Entretanto, novamente os estudantes falham no estabelecimento da relação entre duas fontes de informação, ou na percepção da relação de continuidade entre tese e argumentos.

Assim, os resultados da proficiência em Língua Portuguesa avaliada no SIMAVE, indicam uma lacuna na alfabetização científica dos estudantes com relação à formulação de uma argumentação embasada em evidências, ou no estabelecimento de relações. Uma proficiência que pode ser mais bem desenvolvida a partir do ensino por investigação como a literatura em ensino de ciência aponta (AAAS, 1990; NRC, 2000; PCN, 1998).

Através da prova de matemática para a 8ª série verificou-se que os estudantes de ambos os grupos em média identificam, interpretam e associa informações apresentadas em tabelas e gráficos, fato que também foi verificado no 3º ano. Outra proficiência que também foi confirmada pela avaliação SIMAVE foi a de que os estudantes em média resolvem problemas de soma e subtração. Entretanto, no que diz respeito a problemas simples de proporcionalidades já se observou diferenças entre a média dos estudantes das escolas pesquisadas. Em média, apenas os estudantes de Belo Horizonte apresentaram a proficiência. E com relação a problemas que envolvem regra de três entre grandezas diretamente proporcionais apenas cerca da metade dos estudantes da capital apresentaram a proficiência. Com relação ao 3º ano, as proficiências de compreensão de gráficos e tabelas também foi verificada, mas a aplicação da regra de três composta entre grandezas diretamente proporcionais e problemas envolvendo proporcionalidade direta ou inversa entre grandezas em situações complexas, em média representou um grande desafio para todos.

Desta forma, em média nossos estudantes no início do E.M. possuem habilidades na compreensão de tabelas e gráficos, mas não são capazes de trabalhar com os dados das tabelas e gráficos para testar uma hipótese de proporcionalidade entre duas ou mais grandezas. Ressaltando que foi verificado no capítulo 7, que os Sistemas Didáticos de ambas as escolas

foram capazes de desenvolver hipóteses de proporcionalidade para cada uma das variáveis levantadas.

Estes dados, por si só, nos permitem vislumbrar um esboço do pensamento científico dos estudantes, mas o resultado dos pré-testes nos auxiliou a refiná-lo. Pois a partir da metodologia de codificação dos planos adotada, obtive indícios de que os estudantes ao redigirem um plano de investigação: identificaram a variável dependente e as independentes, perceberam a relevância do plano, observaram o controle de variáveis adequado, perceberam que grandezas seriam medidas e se indicaram o que fazer com os dados.

A tabela 15 a seguir resume os resultados obtidos a partir do plano de investigação pré-teste. Nela observa-se o aspecto categorizado, as categorias deste aspecto, o número de estudantes em cada categoria e o respectivo percentual. Tal tabela indica que os estudantes avaliados ao elaborarem seus planos da forma com que eles foram requisitados, em média identificam a variável dependente (o desenvolvimento da planta) com 61%, mas no segundo aspecto entre as três variáveis independentes apresentadas em média eles identificam apenas a variável em foco (quantidade de água), categoria C2, com 47%.

Outro resultado relevante é que os estudantes inicialmente, apesar de elaborarem planos relevantes, como o terceiro aspecto destaca, com mais de 86% dos estudantes na categoria C1, não percebem a influência das demais variáveis, além da variável em foco, poderiam ter para a resolução do problema. Como consequência, o quarto aspecto destaca que cerca de 7% dos estudantes elaboraram um plano consistente levando em conta as três variáveis, como a categoria C1 destaca.

Também é interessante notar que, apesar de 47% dos estudantes terem identificado apenas a variável em foco (quantidade de água) e a variável dependente (desenvolvimento da planta), apenas 13% foram capazes de elaborar um plano consistente, ou seja, um plano que produzisse dados confiáveis capazes de resolver o problema mesmo levando-se em conta apenas estas variáveis.

Por fim, também foi possível observar no quinto aspecto que 82% dos estudantes não indicam como observariam o desenvolvimento da planta na categoria C2. Mesmo sendo capazes de ler e interpretar tabelas e gráficos, cerca de 89% dos estudantes não indicaram que registrariam os dados em tabelas, gráficos ou qualquer outro tipo de registro.

TABELA 15 – Resultados da codificação do plano de investigação pré-teste

Aspecto	Categorias PI	Pré-teste	
		N	%
Identificação da Variável dependente	C1-Identifica.	41	61,19
	C2-Não identifica.	26	38,81
	Total	67	100
Identificação das Variáveis independentes	C1-Identifica três variáveis.	20	29,85
	C2-Identifica duas variáveis.	32	47,76
	C3-Identifica apenas uma variável.	15	22,39
	C4-Não identifica variáveis.	0	0
	C5-Identifica variáveis irrelevantes.	0	0
	Total	67	100
Relevância	C1-Plano relevante.	58	86,57
	C2-Plano irrelevante.	9	13,43
	Total	67	100
Estratégia de Controle de Variáveis	C1-Consistente na variável dep, na variável em foco e trata demais fatores constantes.	5	7,46
	C2-Consistente na variável dep e na variável em foco.	9	13,43
	C3-Inconsistente.	45	67,16
	C4-Trata fatores constantes como variáveis.	8	11,94
	Total	67	100
Grandeza a ser Medida	C1-Indica o que observar na variável dep.	12	17,91
	C2-Não indica o que observar na variável dep.	55	82,09
	Total	67	100
O que fazer com os dados	C1-Indica como registrar os dados e propõe análise comparativa de dados.	1	1,49
	C2-Indica apenas como registrar os dados.	6	8,96
	C3-Não indicou o que fazer com os dados	60	89,55
	Total	67	100

Assim, o quadro final traçado indica que os estudantes avaliados da região metropolitana são capazes de identificar o sentido ou o tema de uma investigação, a sua relevância e os fatores importantes para a solução do problema. Entretanto, eles possuem pouco conhecimento procedimental para auxiliá-los a perceber a importância de outras variáveis. Apesar de serem capazes de interpretar texto conjugando linguagem verbal e não verbal, como tabelas e gráficos, não percebem a necessidade de utilização desta ferramenta como forma de registrar e analisar dados.

Para responder à segunda questão desta pesquisa utilizaremos a análise comparativa entre os pré, pós-teste e teste de retenção, bem como alguns resultados das entrevistas.

Segunda Questão: Que tipo de dificuldades os estudantes de escolas da rede pública enfrentam para aprender ciências através de atividades investigativas, nas condições que vigoram hoje?

A tabela 16 a seguir sintetiza como o aprendizado dos estudantes oscilou a partir de três medidas. A primeira através do pré-teste já destacado, a segunda através do pós-teste cerca de três meses após o pré e a terceira através do teste de retenção, também cerca de três meses após o pós-teste e após as férias dos estudantes.

Com relação aos dois primeiros aspectos de identificação das variáveis nota-se que o percentual de ocorrências no pós-teste aumentou bastante em relação ao pré-teste. No teste de retenção o desempenho dos estudantes decaiu, mas manteve-se acima do índice registrado no pré-teste. Em especial, com relação ao segundo aspecto percebe-se uma diferença entre o pré-teste com cerca de 29%, para o teste de retenção com cerca de 54%, o que sugere um bom aprendizado.

Com relação à relevância do plano elaborado, os resultados foram mais positivos, indicando uma facilidade dos estudantes para compreenderem este aspecto a partir da unidade utilizada na intervenção. Os alunos começaram com cerca de 86% dos planos relevantes no pré-teste, passando para 92% no pós-teste e terminando com cerca de 94% no teste de retenção.

Com relação ao quarto aspecto referente à estratégia de controle de variáveis, o aprendizado foi mais difícil. Verifica-se que o percentual de estudantes que elaboraram planos inconsistentes, categorizados como C3, reduziu de cerca de 67% para 59%, terminando com cerca de 52% no teste de retenção. Entretanto o percentual de planos nas categorias C1 e C2 (consistentes) manteve-se praticamente estável, com um percentual que varia de 7% a 13%. Observou-se ainda um aumento no percentual de estudantes na categoria C4 que passou a tratar fatores constantes como variáveis, principalmente no teste de retenção com cerca de 30%.

Em seguida, observa-se no quinto aspecto um aumento progressivo no percentual de estudantes que indicou a grandeza a ser medida, categoria C1, de cerca de 17%, para 28%, atingindo cerca de 50% no teste de retenção. Um resultado muito bom como indicativo de que o aspecto foi assimilado por metade da amostra.

TABELA 16 – Síntese percentual dos resultados da codificação do plano de investigação pré, pós-teste e teste de retenção.

Aspecto	Categorias PI	Pré-teste	Pós-teste	Teste retenção
		%	%	%
Identificação da Variável dependente	C1-Identifica.	61,19	82,09	64,15
	C2-Não identifica.	38,81	17,91	35,85
	Total	100	100	100
Identificação das Variáveis independentes	C1-Identifica três variáveis.	29,85	68,66	54,72
	C2-Identifica duas variáveis.	47,76	22,39	5,66
	C3-Identifica apenas uma variável.	22,39	7,46	16,98
	C4-Não identifica variáveis.	0	0	5,66
	C5-Identifica variáveis irrelevantes.	0	1,49	16,98
	Total	100	100	100
Relevância	C1-Plano relevante.	86,57	92,54	94,34
	C2-Plano irrelevante.	13,43	7,46	5,66
	Total	100	100	100
Estratégia de Controle de Variáveis	C1-Consistente na variável dep, na variável em foco e trata demais fatores constantes.	7,46	10,45	7,55
	C2-Consistente na variável dep e na variável em foco.	13,43	11,94	9,43
	C3-Inconsistente.	67,16	59,7	52,83
	C4-Trata fatores constantes como variáveis.	11,94	17,91	30,19
	Total	100	100	100
Grandeza a ser Medida	C1-Indica o que observar na variável dep.	17,91	28,36	50,94
	C2-Não indica o que observar na variável dep.	82,09	71,64	49,06
	Total	100	100	100
O que fazer com os dados	C1-Indica como registrar os dados e propõe análise comparativa de dados.	1,49	1,49	0
	C2-Indica apenas como registrar os dados.	8,96	16,42	13,21
	C3-Não indicou o que fazer com os dados	89,55	82,09	86,79
	Total	100	100	100

E, por fim, o sexto aspecto, com relação à indicação do que fazer com os dados ou como registrá-los, o percentual manteve-se extremamente baixo. A grande maioria dos estudantes (mais de 80%) manteve-se na categoria C3. Ou seja, seus planos não indicaram como tratar os dados. Esse resultado é indicativo de uma ausência na prática de construção de tabelas e gráficos como instrumento para o registro e análise de dados.

Através da análise do capítulo 7 também foi possível perceber que os Sistemas Didáticos das escolas foram capazes de estimular o aprendizado dos estudantes na reformulação de um problema, na delimitação das variáveis relevantes e na formulação de hipóteses de proporcionalidade para cada variável. O capítulo também demonstrou que os estudantes intuitivamente compreendem o significado do conceito de erro de medida, mas que tal conceito não é facilmente aprendido, assim como o aprendizado do conceito de estratégia de controle de variáveis.

8.2 Implicações educacionais

Assim, nossos resultados sugerem que a abordagem utilizada pelos professores, bem como a seqüência de atividades gerou um aprendizado inicial em todos os seis aspectos. Mas apenas com relação à identificação das variáveis de um problema experimental, a relevância do problema e a indicação do dado a ser medido foi possível observar um aumento percentual no número de ocorrências nos planos de investigação ao longo do pré-teste, do pós e do teste de retenção. A unidade de ensino adotada procurou utilizar diferentes contextos para ensinar os aspectos do planejamento de uma investigação, deixando a cargo do estudante fazer as relações entre o que se estudava e os testes utilizados como avaliação.

A maioria desses estudantes serão consumidores de conhecimentos, e dessa forma é importante que eles aprendam sobre aspectos da natureza da ciência e da atividade científica (Millar, 2006). Em especial, que tenham algum entendimento de como o conhecimento científico, expresso como leis, modelos e teorias, é produzido, testado e refinado. Aprendam a apreciar a qualidade dos argumentos em favor de uma determinada posição e como se relacionam com os dados, teorias e evidências em que se apóiam. Sem isso, o futuro consumidor de proposições e idéias científicas terá pouco sucesso em avaliar em que acreditar, ou o que é razoável ou mais viável. É um empreendimento ousado, uma utopia a ser perseguida, mas a ciência escolar é o ponto de partida apropriado para começar esse aprendizado.

Entre outros aspectos do conhecimento procedimental de ciência sobre os quais os estudantes devem desenvolver entendimentos mais sofisticados estão as idéias de que a ciência depende fundamentalmente de sua base empírica. Portanto é importante aprender a pensar em termos das variáveis ou fatores dos fenômenos naturais, entender que podemos formular boas

explicações desses fenômenos se relacionamos as variações em alguns desses fatores ao comportamento de um outro fator selecionado e que desejamos compreender e explicar. Também é relevante entender que formular uma explicação relacional entre um conjunto de fatores é um argumento que deve estar embasado em medidas e observações, ao mesmo tempo permitindo testar nossas explicações e servindo de apoio para elas (Norris e Phillips, 2003).

Apresento dois aspectos importantes relacionados com as observações e medidas de grandezas e fatores associados a um fenômeno particular. Em primeiro lugar, há uma incerteza inerente ao processo de medição e devemos saber representar essa incerteza, sendo que o mesmo se aplica a observações realizadas sobre um sistema natural. Existem modos apropriados para lidar com essas incertezas, por exemplo, repetindo medidas de cada configuração de fatores, calculando o valor médio obtido e um indicador de dispersão dos dados, ou ainda, coletando observações de dois ou mais observadores independentes, tentando obter aquelas características do fenômeno sobre as quais há acordo (Norris e Phillips, 2003; Millar; 2006)

Em segundo lugar, é importante entender que ao comparar hipóteses com os dados obtidos estamos obtendo evidências e explicações que apóiam nossas idéias, sendo que as hipóteses e explicações são idéias desenvolvidas através do exercício da imaginação e criatividade. Apenas devemos ter cuidado para que nossas idéias sobre o fenômeno tenham o “pé no chão”, pois em algum momento serão operacionalizadas para serem medidas.

Por fim, é necessário destacar que diversas propostas curriculares propõem aos estudantes desenvolverem seu conhecimento sobre o fazer ciência, referindo-se ao desenvolvimento de competências e entendimentos na prática. Isso é, deseja-se que os estudantes obtenham conhecimento procedimental sobre métodos e técnicas de investigação o que é difícil de desenvolver, visto que é gradual, dependente de conhecimentos específicos do objeto de estudo e advindos da experiência na condução de outras investigações. Assim, apesar de reconhecer a relação íntima entre o conhecimento declarativo e o procedimental, optei por enfatizar a operacionalização das fases iniciais de uma investigação e desconsiderar o primeiro, focando uma amostra de estudantes com baixo conhecimento conceitual (declarativo, procedimental e condicional) da investigação.

Como implicação para o ensino de ciência na rede pública, este trabalho indica que na primeira série do ensino médio os estudantes apresentam um conhecimento procedimental bastante limitado, produz evidências de que compreendem o sentido geral de uma

investigação e sua relevância, mas sentem muita dificuldade na elaboração de um planejamento escrito consistente. Parece, portanto, fundamental que os professores de ciência discutam aspectos básicos da investigação científica com o intuito de conectar o conhecimento conceitual ao conhecimento procedimental e condicional necessário para produzi-lo. Está claro que os estudantes precisam ser explicitamente ensinados sobre diversos conceitos além de vivenciar muitas atividades diferenciadas para que possam desenvolver práticas de planejar e realizar investigações.

A pesquisa demonstrou ainda que destinando cerca de 10% das aulas de parte do ano letivo para aulas de caráter investigativo permitiu desde o primeiro ano observar resultados positivos em alguns aspectos, bem como uma análise detalhada do aprendizado procedimental geral dos estudantes no início do E.M.

O trabalho também nos permite sugerir que no primeiro ou segundo ano do ensino médio os estudantes precisam praticar a coleta de dados e o seu registro na forma de tabelas e gráficos, aprofundar a compreensão da importância da adoção de uma boa estratégia de controle de variáveis e aprimorar a noção intuitiva que possuem do conceito de erro de medida. Acredito que esse aprendizado é possível de ser desenvolvido, culminando no terceiro ano do ensino médio discussões sobre a modelagem e o modelamento de fenômenos naturais.

8.3 Novas questões de pesquisa

Como consequência deste trabalho de avaliação do conhecimento procedimental geral dos estudantes da rede pública e do aprendizado destes conhecimentos proveniente de uma abordagem investigativa de ensino, as novas questões de pesquisa que apresentamos são referentes a uma aplicação longitudinal da abordagem. Ou seja, propomos sua aplicação ao longo de todo o ensino médio, dedicando cerca de 10% das aulas programadas em cada um dos três anos letivos. A aposta considera ser possível desenvolver nos estudantes uma noção mais sofisticada da investigação científica de maneira paralela ao currículo normal. Assim, mais especificamente podem-se elaborar as seguintes questões:

A adoção dessa estratégia de ensino por investigação se traduz em práticas de formular boas questões investigáveis?

Os estudantes aprendem a distinguir o que é relevante do que é saliente acerca de um fenômeno de interesse e a operacionalizar suas investigações selecionando que características do fenômeno serão observadas ou que grandezas serão medidas?

Ao final do ensino médio os nossos alunos da rede pública serão capazes de elaborar planos de investigação consistentes?

Os estudantes serão capazes de coletar dados relevantes para a investigação e elaborar relatos de pesquisa capaz de responder com embasamento empírico questões com orientação científica?

É possível desenvolver nos estudantes o hábito de utilizar tabelas e gráficos como forma de registro de dados?

Os estudantes serão capazes de ao fim do ensino médio, aplicar satisfatoriamente o conceito de erro de medida e da estratégia de controle de variáveis em investigações simples?

Tais questões demandam não apenas uma pesquisa longitudinal, mas o teste de diferentes abordagens pedagógicas passando por investigações mais direcionadas até investigações totalmente abertas. Entretanto, sem dúvida trata-se de um desafio que vale a pena, em prol de uma educação científica de qualidade que auxilie no desenvolvimento de cidadãos alfabetizados cientificamente.

Um desdobramento mais amplo desse trabalho seria ampliar o seu escopo e abrangência para tratar do processo todo de investigação. Isso provavelmente exigiria pesquisar diferentes grupos ao longo de prazos sensivelmente maiores do que tivemos. Pesquisar o conhecimento tácito de saber fazer uma investigação dos estudantes provavelmente requeria uma outra forma de negociação com os professores das turmas participantes, por causa do tempo envolvido, e também porque se trata de estudar como se desenvolve a sabedoria dos estudantes, mesmo que limitada, da condição de novatos à condição de saber fazer investigações simples, que sejam de seu interesse e pertinentes ao currículo de ciências. É claro que as demandas sobre os professores e escolas participantes são de outra natureza.

9 Referências Bibliográficas

AAAS (American Association for the Advancement of Science) *Project 2061: Science for all Americans*. New York: Oxford University Press; 1990.

ABD-EL-KHALICK, F. e BOUJAOUDE, S. An exploratory study of the knowledge base for science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, New York, v. 34, n. 7, p. 673-699, 1997.

ACEVEDO, J. A.; VÁZQUEZ, A.; PAIXÃO, M. F.; ACEVEDO, P.; OLÍVIA, J. M. e MANASSERO, M. A. Mitos da Didática das Ciências acerca dos Motivos para incluir a Natureza da Ciência no Ensino de Ciências. *Ciência & Educação*, v. 11, n. 1, p. 1-15, 2005.

AIKENHEAD, G. S. STS Education: A Rose by Any Other Name. En R. Cross (Ed.), *A Vision for Science Education: responding to the work of Peter J. Fensham*. New York: Routledge, p. 59-75, 2003, (on line), disponível em <<http://www.usask.ca/education/people/aikenhead/stsed.htm>>.

ALBERTS, B. Some thoughts of a scientist on inquiry. In J. MINSTRELL & E. VAN ZEE (eds.), *Inquiring into inquiry learning and teaching in science*, Washington, DC: American Association for the Advancement of Science, p. 3-13, 2000.

ALEXANDER, P. A. e JUDY, J. E. The interaction of domain-specific and strategic knowledge in academic performance. *Review of Educational Research*, 58, p. 375-404, 1988.

ALTERS, B. J. Whose nature of science? *Journal of Research in Science Teaching*, New York, v. 34, n. 1, p. 39-55, 1997.

ASTOLFI, J-P e DEVELAY, M. *A Didática das Ciências*. Papirus. Campinas, 1995.

AULER, D. e DELIZOICOV, D. Alfabetização Científico-Tecnológica Para Que? *Ensaio*, v. 3, n. 2, 2001.

BEREITER, C. Development in Writing, In: GREGG, L. W. and STEINBERG, E. R. (eds.) *Cognitive Processes in Writing*. Carnegie, Mellon University, Editora: Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, New Jersey, 1980.

BORGES, A. T.; GOMES, A.D.T. Percepção de estudantes sobre desenhos de testes experimentais. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 22, n. 1, p. 71-94. Florianópolis: UFSC, 2005.

BORGES, A. T. e RODRIGUES, B. A. Aprendendo a planejar investigações. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 9, Jaboticatubas, MG, *Atas...* SBF, 2004.

BORGES, A. T.; BORGES, O. N.; SILVA, M. V. D. e GOMES, A. D. T. A Resolução de Problemas Práticos no Laboratório Escolar. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS, 3, Atibaia, SP, *Anais...* ABRAPEC, 2002.

BORGES, A. T. e BORGES, O. N. INOVAR – Currículos: desenvolvendo o pensar e o pensamento científico. Projeto Integrado de Pesquisas Apoiado pelo CNPq, 2001.

BORGES, A. T., BORGES, OTO. e VAZ, A. Planejamento da Solução de um Problema. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 3, Porto Alegre. *Anais...* ABRAPEC, 2001, v. 1, p. 1-12.

BORGES, A.T. O papel do laboratório no ensino de Ciências. ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 1, Águas de Lindóia, SP, *Anais...* ABRAPEC, 27 a 29 de setembro de 1997, p. 2-11, 1997.

BRASIL. MEC. PCN. Parâmetros curriculares nacionais: terceiro e quarto ciclos do ensino fundamental: ciência naturais, 1998. (on line) Disponível em <www.mec.gov.br/sef/estrut2/pcn/pdf/ciencias.pdf> Acesso em 14 de junho 2008.

BROCKINGTON, G. e PIETROCOLA M. Serão as Regras da Transposição Didática Aplicáveis aos Conceitos de Física Moderna? *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 10, n. 3, 2005.

BYBEE, R. W. Scientific Inquiry and Science Teaching. In: FLICK, L. B., LEDERMAN, N. G. (eds.) *Scientific Inquiry and Nature of Science Implications for Teaching, Learning and Teacher Education*, Springer, 2006.

BYBEE, R. W. Teaching Science as Inquiry. *Inquiring into Inquiry Learning and Teaching in Science*. (J. Minstrell & Emily H. van Zee, eds.) p. 20-46. AAAS, Washington, DC, 2000.

BYBEE, R. W. Achieving scientific literacy: *From purposes to practice*. Portsmouth, NH: Heinemann, 1997.

BYBEE, R. & DEBOER, G. E. Research on goals for the science curriculum in *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*, p. 357-387, 1994.

CAMPOS, C. CACHAPUZ, A. Imagens de ciência em manuais de química portugueses. *Química nova na escola*. n. 6, novembro, p.23-29, 1997.

CAPECCHI, M. C. V. de M. e CARVALHO, A. M. P. Atividade de laboratório como instrumento para abordagem de aspectos da cultura científica em sala de aula. *Pró-Posições*, v. 17, n. 1, 2006, *apud* DRIVER, R.; ASOKO, H.; LEACH, J.; MORTIMER, E.; SCOTT, P. Constructing scientific knowledge in classroom. Paper for Submission to Educational Researcher, 1994.

CARVALHO, A. M. P. de. Enseñar física y fomentar una enculturación científica. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, n. 51, 2007.

CASE, R. Gearing the demands of instruction to the developmental capacities of the learner. *Review of Educational Research*, v. 45, n. 1, p. 59-87, 1975.

CHEVALLARD, Y. La Transposición Didáctica: del saber sabio al saber enseñado. La Pensée Sauvage, Argentina, 1991.

- CHI, M.T.H., FELTOVICH, P.J., GLASER, R. Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive Science*, v. 5, p. 121-152, 1981.
- CHI, M.T.H.; FELTOVICH, P.J. e GLASER, R. Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive Science*, v. 5, p. 121-152, 1981.
- CHINN, C. e MALHOTRA, B.A. Epistemologically authentic inquiry in schools: A theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *Science Education*, v. 86, n. 2, p.175-218, 2002.
- CHINN, C. A. & BREWER, W. F. Models of data: A theory of how people evaluate data. *Cognition and Instruction*, v. 19, n. 3, p.323-393, 2001.
- COELHO, S. & SÉRÉ, M. G. Pupils' reasoning and practice during hands on activities in the measurement phase. *Research In Science and Technological Education*, v. 16, n. 1, p. 79–96, 1998.
- COHEN, L.; MANION, L. e MORRISON, K. *Research Methods in Education* (5th ed.). London and New York: RoutledgeFalmer. Capítulo 1: The Nature of Inquiry, 2000.
- COLL, C. As contribuições da psicologia para a educação: Teoria genética e aprendizagem escolar. In: LEITE, L. B.; MEDEIROS, A. A. (org.) *Piaget e a Escola de Genebra*. São Paulo: Cortez, p. 164-197, 1987.
- CONDÉ, M. L. L. Paradigma *versus* estilo de pensamento na história da ciência. In: FIGUEIREDO, B. G.; CONDÉ, M. L. L. (orgs.) *Ciência, história e teoria*. Belo Horizonte: Argvmentvm, 172p. p. 123-146, 2005.
- COSTA, S. S. C. da e MOREIRA, M. A.; A Resolução de Problemas como um Tipo Especial de Aprendizagem Significativa. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 18, n. 3, 2001.
- COSTENSON, K., and LAWSON, A. Why isn't inquiry used in more classrooms? *The American Biology Teacher*, v. 48, n. 3, p. 150-158, 1986.
- CUNHA, M. V. da. John Dewey e o pensamento educacional brasileiro: a centralidade da noção de movimento. *Revista Brasileira de Educação*. n. 17, p.86-98, mai-ago 2001.
- DEBOER, G. E. Historical Perspectives on Teaching in Schools. In: FLICK, L. B., LEDERMAN, N. G. (eds.) *Scientific Inquiry and Nature of Science Implications for Teaching, Learning and Teacher Education*, Springer, 2006.
- DEBOER, G. E. Scientific literacy: another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 37, n. 6, p. 582-601, 2000.
- DEBOER, G. E. *A history of ideas in science education: Implications for practice*. New York, NY: Teachers College Press, 1991.
- DEWEY, J. Thought and its subject matter: The content and object of thought, 1903. In J. Dewey (ed.), *Studies in logical theory*. Chicago: University of Chicago Press, p. 65-85.

DEWEY, J. Science as a subject matter and as method. In R. D. Archambault (ed.), John Dewey on Education. Chicago: University of Chicago Press, p. 182-192, 1910/1964. Apud DEWEY, J. Democracy and Education: an introduction to the philosophy of education, by John Dewey. New York, NY: MacMillan, 1916. Apud RUDOLPH, J. L. Inquiry, Instrumentalism, and the Public Understanding of Science. *Science Education*, v. 89, n. 5, p. 803-821, 2005.

DEWEY, J. Experience and education. New York: Century, 1938.

DELIZOICOV, D.; CASTILHO, N.; CUTOLO, L. R. A.; DA ROS, M. A.; LIMA, A. M. C. Sociogênese do conhecimento e pesquisa em ensino: contribuições a partir do referencial fleckiano. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 19, número especial, p. 52-69, jun. 2002.

DI SESSA, A. A. Toward an epistemology of Physics. *Cognition and Instruction*, v. 10, n. 2 e 3, p.105-225, 1993.

DOW, P. Why inquiry? A historical and philosophical commentary. In: National Science Foudation Inquiry: *Thoghts, and Strategies fo the K-5 Classroom*, FOUNDATIONS: v 2, 2005.

DRIVER, R.; LEACH, J.; MILLAR, R. e SCOTT, P. Young people´s images of science. Open University Press, Philadelphia, PA, 172 p, 1996.

DRIVER, R.; ASOKO, H.; LEACH, J.; MORTIMER, E.; SCOTT, P. Constructing scientific knowledge in classroom. Paper for Sumission to Educational Researcher, 1994.

DRIVER, R. *The pupil as scientist?* Milton Keynes, Open University Press, 1983.

EDELSON, D. C., GORDIN, D. N., & PEA, R. D. Addressing the challenges of inquiry-based learning through technology and curriculum design. *The Journal of the Learning Sciences*, v. 8, p. 391-450, 1999.

FAIRBROTHER,R. & HACKLING, M. Is this the right answer? *International Journal for Science Education*, v. 19, n. 8, p. 887–894, 1997.

FERREIRA, L. H. e HARTWIG, D. R. Experimentação. Coordenação do GT 2 no I Encontro Paulista de Pesquisa em Ensino de Química, 2004. (on line) Disponível em <<http://gpquae.iqm.unicamp.br/EPPEQ.pdf>>. Acesso em 14 de junho 2008.

FLECK, L. Gênesis and Development of a Scientfic Fact. Chicago: The University of Chicago Press, 1979

GIBSON, H.L. & CHASE, C. Longitudinal impact of an inquiry-based science program on middle school students' attitudes toward science. *Science Education*, v. 86, p. 693-705, 2002.

GIL, D. & CASTRO, V. P. La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: un ejemplo ilustrativo. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 14, n. 2, p. 155-163, 1996.

GODFREY-SMITH, P. Dewey on naturalism, realism, and science. *Philosophy of Science*, v. 69, p.25-35, 2002.

GOMES, A.D.T., SILVA, M.V.D., BORGES, Oto N., BORGES, A.T. Formação e Desenvolvimento das Habilidades Relativas ao Processo de Investigação Científica Mediado por Sensores. *Atas do II Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, Valinhos, 1 a 4 de setembro de 1999.

GOTT, R. & DUGGAN, S. Practical work: Its role in the understanding of evidence in science. *International Journal of Science Education*, v. 18, n. 7, p. 791-806, 1996.

HARLEN, W. Evaluating Inquiry-Based Science Developments – A Paper Commissioned the National Research Council in Preparation for Meeting on the Status of Evaluation of Inquiry-Based Science Education. Bristol-Myers Squibb Foundation, 11 de mar, 2004.

HARLEN, W. *Primary Science, Taking the Plunge*, second edition, Heinemann, Portsmouth, NH, 2001.

HARMS, N. C., and YAGER, R.E. (eds.) *What research says to the science teacher*. v. 3, Washington, DC: National Science Teachers Association, 1981.

HARMS, N. and KOHL, S. Project synthesis. Final report submitted to the National Science Foundation. Boulder, CO: University of Colorado, 1980.

HINRICHSEN, J. e JARRETT, D.. *Science Inquiry for the Classroom: A Literature Review*. Northwest Regional Educational Laboratory, December, 1999 (on line) disponível no site: www.nwrel.org/msec/images/science/pdf/litreview.pdf Acesso em 14 de agosto de 2007.

HURD, P. D., BYBEE R.W., KAHLE, J.B., and YAGER R. Biology education in secondary schools of the United States. *The American Biology Teacher* v. 42, n. 7, p. 388-410, 1980.

HURD, P. *New directions in teaching secondary school science*. Chicago: Rand McNally. 1970.

JEONG, H.; SONGER, N. B. e LEE, S. Y. Evidentiary Competence: Sixth Graders` Understanding for Gathering and Interpreting Evidence in Scientific Investigations. *Research in Science Education*, v. 37, p. 75-97, 2007.

JIMÉNEZ, A. e PEREIRO, M. C. Knowledge producers or knowledge consumers? Argumentation and decision making about environmental management. *International Journal of Science Education*, v. 24, p. 1171-1190, 2002.

KLAHR, D. e WALLACE, J. G. *Cognitive development: An information-processing view*. Hillsdale, N. J.: Lawrence Erlbaum Associates, 1976.

KOSLOWISKI, B. *Theory and Evidence: The Development of Scientific reasoning*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 288 p., 1996.

KROMHOUT, R. e GOOD, R. Beware of societal issues as organizers for science education. *School Science and Mathematics*, v. 83, p. 647-650. 1983.

American Association for the Advancement of Science. *Science for all Americans*. New York: Oxford University Press. 1989.

KUHN, T. *The Structure of Scientific Revolution*. Chicago: The University of Chicago Press, 2ed. 1970.

LABURU, C. E.; Problemas Abertos e seus Problemas no Laboratório de Física: Uma Alternativa Dialética que Passa pelo Discurso Multivocal e Univocal, *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 8, n. 3, 2003.

LATOURETTE, B e WOOLGAR, S. *A vida no laboratório: a produção de fatos científicos*. Rio de Janeiro. Relume Dumará, 1997.

LEDERMAN, N. G.; ABD-EL-KHALICK, F.; BELL, R. L. e SCHWARTZ, R. S. Views of Nature of Science Questionnaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners' Conceptions of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*. v. 39, n. 6, p. 497-521, 2002.

LEDERMAN, N. G. e O'MALLEY, M.; Students' perceptions of tentativeness in science: Development, use, and sources of change. *Science Education*, v. 74, p. 225-239, 1990.

LEMKE, J. L. *Aprender a hablar ciencia. Lenguaje, aprendizaje y valores*. Paidós, Buenos Aires, 1997.

LIMA, A. M. C. *Estilo de pensar no ensino de medicina homeopática*. Florianópolis, 2003. 209p. Tese (Doutorado em Educação) – Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

LIANKO, A. A. Investigative laboratory - (I-Labs) as a high school science elective, *Toward Scientific Literacy, HPSST Conference Proceedings*, Faculty of Education, University of Calgary, p. 485-492, 1999.

LUBBEN, F., BUFFLER, A., ALLIE, S., & CAMPBELL, B. Point and set reasoning in practical science measurement by entering university freshmen. *Science Education*, v. 85, p. 311-327, 2001.

LUBBEN, F. & MILLAR, R. Children's ideas about the reliability of experimental data. *International Journal of Science Education*, v. 18, p. 955-968, 1996.

MARTIN, S. Investigation Documenting Secondary Science Teacher Beliefs about Laboratory Experiences. In: *NARST Annual Meeting in Boston, Massachusetts*, 1999.

MILLAR, R. Twenty First Century Science: Insights from the design and implementation of a scientific literacy approach in school science. *International Journal of Science Education*. v. 28, n. 13, p. 1499-1521, outubro 2006.

MILLAR, R. e OSBORNE, J. Beyond 2000. *Science education for the future*. London: Nuffield Foundation, 1998.

MILLAR, R. Towards A Science Curriculum For Public Understanding School. *Science Review*, v. 18, n. 2, p. 761-774, 1996.

MILLAR, R., LUBBEN, F., GOTT, R., & DUGGAN, S. Investigating in the school science laboratory: Conceptual and procedural knowledge and their influence on performance. *Research Papers in Education*, v. 9, n. 2, p. 207-248, 1994.

MOREIRA, A. F. e GUIMARÃES, A. R. O Caráter Verificacionista (?) do Laboratório Estruturado. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 7. *Anais...* ABRAPEC, 2007.

MUNFORD, D. e LIMA, M. E. C. de C. Ensinar ciências por investigação: em quê estamos de acordo? *Revista Ensaio*, v. 1, 2008.

MUNFORD, D. A ciência escola em busca de aproximação com a ciência dos cientistas: Uma caracterização de duas diferentes perspectivas no ensino de ciências por investigação, 2006. (on line) Disponível em <<http://www.fae.ufmg.br:8080/cecimig/enci/>>. Acesso em 15 de dezembro 2006.

National Research Council. Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning. Washington, DC: National Academy Press, 2000.

National Research Council. *National science education standards*. Washington, DC: National Academy Press. 1996.

National Society for the Study of Education. *A program for teaching science: Thirty-first yearbook of the NSSE*. Chicago: University of Chicago Press, 1932.

NORRIS, S. e PHILLIPS, L. How literacy in its fundamental sense is central to scientific literacy. *Science Education*. v. 87, n. 2, p. 224-240, 2003.

NYSTRAND, M. *Assessing written communicative competence: A textual cognition model*. Toronto: The Ontário Institute for Studies in Education, 1977. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 133 732)

OECD/INECSE Marcos teóricos de PISA 2003. *Conocimientos y destrezas em Matemáticas, Lectura, Ciencias y Solución de Problemas* (tradução de The PISA 2003 Assessment Framework: Mathematics, Reading, Science and Problem solving Knowledge and Skills). Madrid: Instituto Nacional de Evaluación y Calidad del Sistema Educativo. Ministerio de Educación y Ciencia), 2004.

O'NEILL e POLMAN, J. L. Why Educate “ Little Scientists?” Examining the Potential of Practice-Based Scientific Literacy. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 41, n. 3, p. 234-266.

PFUETZENREITER, M. R. A utilização do referencial fleckiano como eixo orientador para o ensino de ciências e tecnologia. ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 6, Florianópolis, SC, *Anais...* ABRAPEC 26 de novembro a 01 de dezembro de 2007.

PIAGET, J. *Sobre pedagogia*. São Paulo: Casa do Psicólogo, 1998.

PIAGET, J. O possível, o impossível e o necessário. In: Luci Banks Leite (org.) e Ana Augusta de Medeiros (colab.). *Piaget e a escola de genebra*, Cortez Editora, São Paulo, SP, 1987.

RAMSEY, J. STS issue instruction: Meeting the goal of social responsibility in a context of scientific literacy. In W. GRABER e D. BOLTE (eds.), *Scientific literacy*. Kiel, Germany: Institute for Science Education, p.305-330, 1997.

RIVAROSA, A. Alfabetización científica y construcción de ciudadanía: retos y dilemas para la enseñanza de las ciencias, Setembro de 2006. Disponível em <<http://www.unesco.cl/medios/biblioteca/documentos/>> Acesso em 14 de junho de 2008.

RODRIGUES, B. A. e BORGES, A. T. A Avaliação de Planos de Investigação. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 5, Bauru, SP, *Anais...* ABRAPEC, 2005.

ROLLNICK, M.; LUBBEN, F.; LOTZ, S. and DLAMINI, B. What do Underprepared Students Learn about Measurement from Introductory Laboratory Work? *Research in Science Education*, v. 32, p. 1-18, 2002.

ROYCE, C. & HOLZER, M. What would it be like without? *Science Teacher*, v. 27, p. 20-24, 2003. Apud CUEVAS, P. (2005) (Improving Science Inquiry...)

RUDOLPH, J. L. Inquiry, Instrumentalism, and the Public Understanding of Science. *Science Education*, v. 89, n. 5, p. 803-821, 2005.

RUIZ, A. R. Ciência e sua Iniciação: Anotações para reflexão. *Ciência & Educação*. v. 11, n. 2, p. 319-326, 2005.

RUTHERFORD, F. J. The role of inquiry in science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 2, p. 80-84, 1964.

SÁ. E. F. de, PAULA, H. de F. e, LIMA, M. E. C. de C. e AGUIAR, O. G. de. As Características das Atividades Investigativas Segundo Tutores e Coordenadores de um Curso de Especialização em Ensino de Ciências. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS, 6, Florianópolis, SC, Atas... SBF, 2007.

SACLER, T. D. e ZEIDLER, D. L. Patterns of Informal Reasoning in the Context of Socioscientific Decision Making. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 42, n.1, p. 112-138, 2005.

SCHAUBLE, L.; KLOPFER, L.; RAGHAVAN, K.; Students` transition from an engineering model to a science model of experimentation. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 28, p. 859-882, 1991.

SCHWAB, J.J. The teaching of science as inquiry. In: J.J. Schwab & P. F. Brandwein (eds) *The teaching of science*, Cambridge: Harvard University Press, p. 3-103, 1962.

SHAMOS, M. H. The myth of scientific literacy. New Brunswick, NJ: Rutgers University Press, 1995.

SILVA, G. J. da e MARTINS, C. M. DE C.; A Epistemologia-Em-Uso:Imagens da Ciência em Livros Didáticos de Química. Dissertação de mestrado, Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, 2007.

TAMIR, P. Practical work at school: an analysis of current practice. In B. Woolonough (ed.) *Practical Science*. Milton Keynes: Open University Press, 13-20, 1991.

VARELA, M.P. e MARTÍNEZ, M.M. Una estrategia de cambio conceptual en la enseñanza de la física: la resolución de problemas como actividad de investigación. *Ensenanza de las Ciências*, v. 15, n. 2, p. 173-188, 1997.

VÁZQUEZ, A. et al. Cuatro paradigmas básicos sobre la naturaleza de la ciencia. Argumentos de Razón Técnica, Sevilla, v. 4, p. 135-176, 2001. Disponível em: <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo20.html>. Acesso em 8 de dezembro 2006.

VYGOTSKY, L. A internalização das funções psicológicas superiores. In: *A formação social da mente*. São Paulo: Martins Fontes, 1991, p. 59-65.

WENHAM, M. The nature and role of hypotheses in school science investigations, *International Journal of Science Education*, v. 15, n. 3, p. 231-240, 1993.

WESTBROOK, R. B. John Dewey and American democracy. Ithaca, NY: Cornell University Press, 1991.

WHITE, B. Y., & FREDERIKSEN, J. R. Inquiry, modeling, and metacognition: Making science accessible to all students. *Cognition and Instruction*, v. 16, p. 3-118, 1998.

WHITE, R.T. The Link between the laboratory and learning. *International Journal of Science Education*, v. 18, n. 7, p. 761-774, 1996.

WONG, D.; PUGH, K. and the Dewey Ideas Group at MSU. Learning Science: A Deweyan perspective. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 30, n. 3, p. 317-336, 2001.

ZIMMERMAN, C. The Development of Scientific Reasoning Skills. *Developmental Review*, v.20, p.99-149, 2000.

10 Anexos

Anexo A – Questionário Caracterização Profissional

Caracterização da situação atual dos professores de Física e Química matriculados no Enci.

O presente questionário pretende levantar dados sobre a situação atual dos professores de física e química, do ensino médio, na cidade de Belo Horizonte e região. Por isso, solicito a você que responda às perguntas, sem se preocupar com as minhas expectativas.

Esse questionário faz parte da pesquisa que realizo, sobre a educação do pensamento científico de alunos da rede pública, no Programa de Pós-graduação da FaE/UFMG. Suas informações são confidenciais, somente poderão vir a ser publicados os resultados da análise geral dos dados fornecidos.

Para responder às questões fechadas utilize o símbolo ■ e as funções Ctrl C para recortar e Ctrl V para colar no local correspondente.

1. Sexo: Masculino Feminino
2. Idade: _____
3. Cidade em que leciona: _____

4. Em qual(is) rede(s) de ensino você leciona, qual disciplina, em quais séries e em quais dias e horários?	Rede	Disciplina(s) que leciona	Série(s) em que leciona	Dias e horários em que leciona	
	Privada <input type="checkbox"/>				
	Pública Estadual <input type="checkbox"/>				
	Pública Municipal <input type="checkbox"/>				

5. Há quanto tempo você atua como professor?
 Menos de 1 ano Entre 1 e 5 anos Entre 5 e 10 anos Entre 10 e 15 anos Mais de 15 anos.

6. Assinale a opção referente a sua formação, e escreva sua habilitação, instituição e ano de conclusão do curso:

Formação	Habilitação	Instituição	Ano de conclusão
<input type="checkbox"/> Licenciatura Curta			
<input type="checkbox"/> Licenciatura Plena			

<input type="checkbox"/> Bacharelado			
<input type="checkbox"/> Especialização			

7. Qual(is) atividade(s) você tem feito ou participado para se manter atualizado(a) nos últimos dois anos?

<input type="checkbox"/> Cursos de educação continuada	<input type="checkbox"/> Cursos de atualização	<input type="checkbox"/> Seminários
<input type="checkbox"/> Cursos de Especialização	<input type="checkbox"/> Simpósios	<input type="checkbox"/> Outros: _____
<input type="checkbox"/> Encontros pedagógicos	<input type="checkbox"/> Palestras educacionais	<input type="checkbox"/> Nenhum.

8. Qual(is) instituição(ões) você tem procurado para fazer essa(s) atualização(ões)? Cite-a(s):

- A) _____
 B) _____
 C) _____

Assuntos Gerais:

9. Qual(is) a(s) fonte(s) de informação que você costuma utilizar para o planejamento de suas aulas?

<input type="checkbox"/> Manual do Professor	<input type="checkbox"/> Revistas, periódicos e jornais	<input type="checkbox"/> Programas de Vestibulares
<input type="checkbox"/> O livro didático adotado	<input type="checkbox"/> Enciclopédias	<input type="checkbox"/> Projeto Pedagógico da Escola
<input type="checkbox"/> Outros livros didáticos	<input type="checkbox"/> Orientações da supervisão	<input type="checkbox"/> Diretrizes curriculares
<input type="checkbox"/> Livros especializados	<input type="checkbox"/> Orientações dos PCNs	<input type="checkbox"/> Outros: _____

10. Você tem o costume de ler algum periódico (jornais ou revistas) específicos da área de ensino de Ciências e ou Física?

Sim. Qual(is) _____
 Não.

11. Você tem o costume de ler livros?

Sim. De que tipo(s)? _____
 Não.

12. Você participou ou está participando de algum projeto educacional?

Sim. Qual(is) _____
 Não.

13. Nos últimos dois anos, você produziu materiais didáticos para uso em sala de aula?
 Sim. Não

Em caso afirmativo, indique o tipo de material produzido.

<input type="checkbox"/> apostila complementar	<input type="checkbox"/> kit/montagem de demonstração	<input type="checkbox"/> texto didático
<input type="checkbox"/> roteiro de laboratório	<input type="checkbox"/> jogo pedagógico	<input type="checkbox"/> livro didático
<input type="checkbox"/> material de apoio individual	<input type="checkbox"/> vídeo	<input type="checkbox"/> outros: _____

Esse material foi utilizado por outros professores? Sim. Não.

14. Você tem costume de utilizar a internet? Sim. Não.

Em caso afirmativo, com qual frequência?

Diariamente. Semanalmente. Algumas vezes no mês. Raramente.

15. Você tem costume de discutir com seus colegas as dificuldades e experiências que você vivencia na sala de aula? Sim. Não.

Em caso afirmativo, com qual frequência?

Diariamente. Semanalmente. Algumas vezes no mês. Raramente.

16. Assinale a alternativa que melhor representa o seu grau de satisfação com o trabalho que você vem desenvolvendo em sala de aula.

Muito satisfeito. Satisfeito. Insatisfeito. Muito insatisfeito.

17. Como você avalia o nível de aprendizado de seus alunos?

Muito satisfatório. Satisfatório. Insatisfatório. Muito Insatisfatório.

18. Para você, o que é preciso mudar para melhorar a qualidade do ensino de física?

<input type="checkbox"/> A prática do professor	<input type="checkbox"/> Os livros didáticos
<input type="checkbox"/> O currículo	<input type="checkbox"/> Os recursos disponíveis na escola
<input type="checkbox"/> A distribuição do conteúdo	<input type="checkbox"/> Os métodos de avaliação
<input type="checkbox"/> A carga horária da disciplina	<input type="checkbox"/> Outros: _____

19. O que você entende por aulas de laboratório?

20. Você costuma dar aulas de laboratório?

21. Caso você tenha alguma informação ou sugestão, que não tenha sido contemplada em suas respostas, registre-a no espaço abaixo.

Anexo B – Teste de Controle de Variáveis

Cada comparação abaixo representa dois experimentos que serão comparados. Você tem que observar cada hora um deles (o experimento da esquerda e o da direita) e **marcar um X no parêntese à frente da comparação que pode te ajudar a determinar o efeito da quantidade de água sobre o crescimento da planta**. Podem existir mais de uma resposta. Justifique sua(s) resposta(s).

Comparação 1 ()

Justifique:



Comparação 2 ()

Justifique:



Comparação 3 ()

Justifique:



Comparação 4 ()

Justifique:



Anexo C – Teste de Controle de Variáveis

Cada comparação abaixo representa dois experimentos que serão comparados. Você tem que observar cada hora um deles (o experimento da esquerda e o da direita) e **marcar um X no parêntese à frente da comparação que pode te ajudar a determinar o efeito do tamanho da asa sobre a maneira do avião voar**. Podem existir mais de uma resposta. Justifique sua(s) resposta(s).

Comparação 1 ()

Justifique:



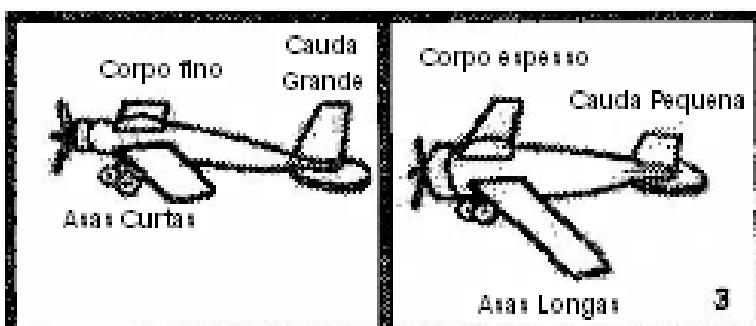
Comparação 2 ()

Justifique:



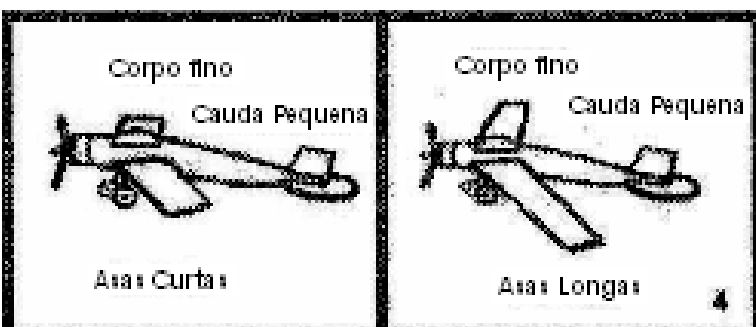
Comparação 3 ()

Justifique:



Comparação 4 ()

Justifique:



Anexo D – Atividade da Aula 4

ATIVIDADE 3:

Grupo: _____ **Data:** _____ **Professor(a):** _____

Alguns dias após plantarmos uma semente em um certo tipo de solo, ela pode germinar e desenvolver-se caso receba uma quantidade adequada de água e luz. Mas para uma mesma espécie de planta agrônomos conseguem criar diferentes sementes que podem apresentar diferentes ritmos de desenvolvimento. Assim, para pesquisar o desenvolvimento de duas sementes geneticamente alteradas devo fazer testes. Planejar uma investigação. Definir o que medir, como e o que fazer para analisar as medidas.

Tais testes sempre são planejados com um objetivo e visam à comparação entre duas situações específicas. Assim, a partir deste contexto vamos fazer uma revisão do que foi visto sobre o trabalho do cientista até agora.

- A. **Escreva** com suas palavras **qual é o problema** que os cientistas enfrentam para descobrir entre duas sementes geneticamente modificadas se alguma delas se desenvolve melhor do que a outra. Formule o problema cientificamente falando.
- B. **Preencha a tabela** com as variáveis do problema formulado na letra A e **escreva suas hipóteses** para a relação entre o desenvolvimento da planta e as variáveis listadas na letra B.

VARIÁVEL	HIPÓTESE	JUSTIFICATIVA

- C. **Explique como você faria para descobrir** qual semente se desenvolve melhor. Suponha que você disponha das sementes A e B, dos tipos de solo roxo e vermelho e da quantidade de água que quiser.

- D. Qual foi o objetivo da aula hoje?

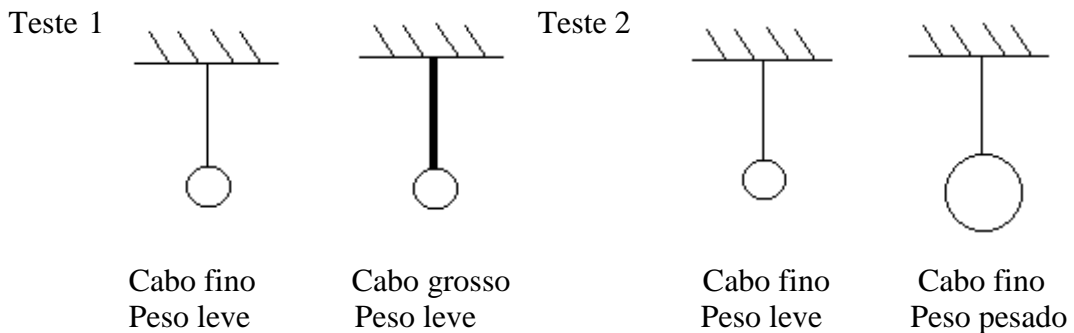
Anexo E – Atividade da Aula 5

ATIVIDADE 4: Estudando a resistência de um cabo.

Se pendurarmos um peso (vaso de planta, balanço de criança, etc) em um cabo ele pode ceder e partir ou suportar o peso. Se a informação da carga máxima suportada pelo cabo não for disponível, como posso testar o limite do cabo? Assim, para estudarmos a resistência de um cabo eu devo fazer testes com o cabo. Planejar uma investigação. Definir o que medir, como e o que fazer para analisar as medidas.

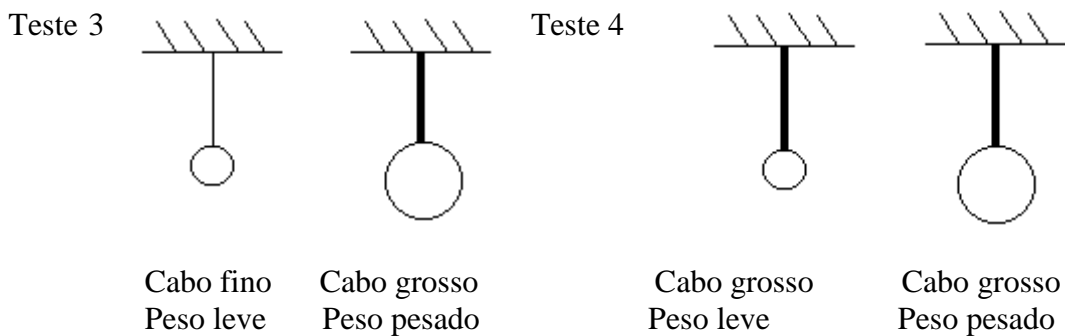
Tais testes sempre são planejados com um objetivo e visam à comparação entre duas situações específicas.

Assim, marque um X nos testes ou comparações ilustradas abaixo que poderiam te ajudar a **testar a resistência do cabo**. Justifique sua resposta.



Justificativa: _____

Justificativa: _____



Justificativa: _____

Justificativa: _____

Anexo F – Teste de Retenção

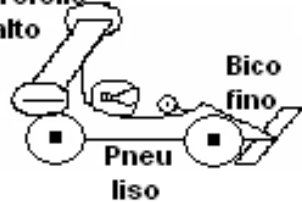


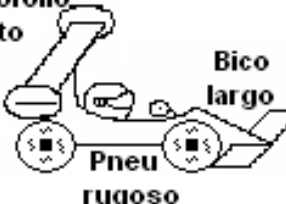
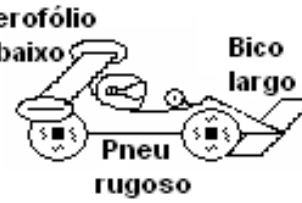
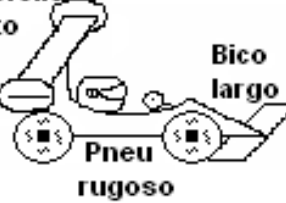

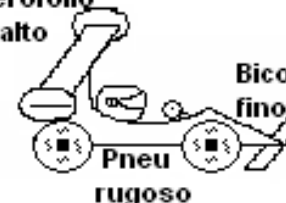
Estudando a influência do aerofólio de um carro de Fórmula 1.

Esta atividade foi planejada para avaliar o que você aprendeu sobre investigação e é composta de duas partes. Na primeira você deve escolher e justificar qual teste é mais adequado. Na segunda você vai escrever um plano de investigação. Imagine que você é o chefe de uma equipe de Fórmula 1 (F1) e **deseja testar a influência do aerofólio do carro na sua performance.**

Parte 1

Você e sua equipe devem descobrir qual é a influência do aerofólio sobre o carro. Para isso prepararam quatro testes experimentais diferentes. Cada teste visa à comparação entre duas montagens específicas (conforme ilustradas abaixo). Considerando que o piloto é sempre o mesmo e os testes podem utilizar pneu liso ou rugoso, bico fino ou largo, aerofólio alto ou baixo. Lembre-se que o seu objetivo é descobrir a influência do aerofólio.

Marque com um X os testes que lhe ajudarão a descobrir a influência do aerofólio sobre o carro. **Lembre-se, podem existir uma ou mais respostas.** Escolha e justifique suas respostas ao lado das ilustrações.

Teste 1			<hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>
Teste 2			<hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>
Teste 3			<hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>
Teste 4			<hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>

Parte 2

Agora descreva como a sua equipe irá trabalhar. **Planeje como testar a influência do aerofólio sobre o carro.** Lembre-se que você tem dois tipos de pneu e bico, mas quer investigar o efeito dos aerofólios.

Procure fazer um plano de investigação bem detalhado, contendo:

- ✓ O objetivo;
- ✓ O material necessário;
- ✓ Como será montada a experiência (se achar necessário desenhe);
- ✓ Os dados que serão coletados;
- ✓ Como serão coletados;
- ✓ O que será feito com os dados.

Anexo G – Questionário Suplementar

Questões suplementares

Nome: _____ Data: _____

- a) O que é um teste experimental?

- b) O que é controle de variáveis? Se achar necessário dê exemplo.

- c) O que um plano de investigação deve conter?

- d) O que você acha que aprendeu com as aulas de investigação?