

Trabalho de Conclusão de Curso

Curso de Graduação em Física

Laboratório Didático: perspectivas experimentais do
Ensino de Física no nível Médio.

André Luis da Silva

Prof. Dr. Eugenio Maria de França Ramos
(orientador)

Rio Claro (SP)

2012

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Câmpus de Rio Claro

ANDRÉ LUIS DA SILVA

Laboratório Didático: perspectivas experimentais
do Ensino de Física no nível Médio

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Instituto de Geociências e Ciências Exatas - Câmpus
de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho”, para obtenção do grau de
Licenciado em Física.

Rio Claro - SP
2012

530.07 Silva, André Luis da
S586L Laboratório didático : perspectivas experimentais do ensino de física
no nível médio / André Luis da Silva. - Rio Claro : [s.n.], 2012
61 f. : il., figs., quadros, fots.

Trabalho de conclusão de curso (licenciatura - Física) - Universidade
Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Orientador: Eugenio Maria de França Ramos

1. Física - Estudo e ensino. 2. Didática. 3. Laboratório didático. I.
Título.

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI - Biblioteca da UNESP
Campus de Rio Claro/SP

Termo de Aprovação

ANDRÉ LUIS DA SILVA

Laboratório Didático: perspectivas experimentais do Ensino de Física no nível Médio

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas - *Campus* de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, para obtenção do grau de Licenciada em Física.

Comissão Examinadora

- Prof. Dr. Eugenio Maria de França Ramos (Orientador)
- Prof. Dr. Valdeci Pereira Mariano de Souza
- Dra. Ana Paula Mijolaro

Rio Claro, 14 de novembro de 2012

André Luis da Silva

Eugenio Maria de França Ramos

AGRADECIMENTOS

É chegada a hora da conclusão de meu curso em Licenciatura em Física, e ao pensar sobre o futuro e os prováveis caminhos, não há muitas certezas. Entretanto, quando olho para trás, vejo que um longo caminho foi percorrido, e é claro que não o percorri sozinho. Muitas pessoas me ajudaram e ainda me ajudam de uma forma ou de outra, e é neste pequeno espaço que pretendo citar seus nomes em reconhecimento à contribuição que tiveram na minha conquista de mais uma etapa.

Agradeço em primeiro lugar a Deus, pois foi sempre a Ele que me apeguei em oração ao longo de todos esses anos diante de minhas dificuldades.

A meus irmãos Adriana, Alison, Patrícia, Karinna e Kátia, e a meus pais, Clarice e Gumercindo, por me apoiarem incondicionalmente em todas as minhas decisões e por ser toda a base que tive para a constituição do meu caráter.

Aos grandes amigos que a vida me deu: Roberto Lázaro, Igor Félix de Moraes, Rignaldo Rodrigues Carvalho, Rodrigo Roberto Gallo e Nivaldo Costa Menezes. Pois acredito que só quem conhece pessoas como vocês pode ser realmente feliz.

Aos íncolas que conviveram comigo por todos esses anos de graduação. Foram diversas casas e diversas pessoas, mas algumas merecem consideração especial, e são elas: Celso, Raul, Cesar, Everton, Alessandra, Aline, Camila, Bruna e mais especialmente a Emily, com quem o tempo de convivência me aproximou cada vez mais até que o namoro confirmou-se o inevitável.

Aos colegas da Física, Geografia, Pedagogia, Educação Física, Biologia e Matemática, cujo convívio e as trocas de experiências foram importante complemento para minha formação.

Aos funcionários do Câmpus de Rio Claro, especialmente à Nilza Harue Sartori (Biblioteca), Valdir Sartori (Serviço de Atividades Auxiliares), Luiz Henrique Falcão e Telma Fernanda Sodelli Manoel (Diretoria Técnica Administrativa).

Aos professores do Departamento de Física: Alzira C.M. Stein-Barana, Deisy Piedade Munhoz, Roberto Hessel, Ligya de Moura Walmsley, Jorge Roberto Pimentel e Dante Luis Chinaglia.

Ao Professor Sérgio Nobre (vice-diretor do Instituto de Geociências e Ciências Exatas)

Aos contribuintes, que, apesar de não participarem dos processos decisórios, pagam o ICMS e possibilitaram meu acesso à Universidade Pública gratuita e de excelente qualidade.

Ao meu orientador, Professor Eugenio Ramos de Maria França, que ensina a ensinar. Um verdadeiro revolucionário que de maneira concisa, coerente e contundente mostra cotidianamente que trabalho, cidadania e diversão andam juntos.

RESUMO

Apresentamos neste trabalho um estudo exploratório sobre a utilização de laboratórios didáticos em quatro escolas de Educação Básica do município de Rio Claro – SP, sendo três delas de ensino médio e outra do segundo ciclo do ensino fundamental, desenvolvido nos anos 2011 e 2012, no âmbito de atividades da disciplina “Prática de Ensino e Estágio Supervisionado”, do curso de Licenciatura em Física – UNESP câmpus de Rio Claro, e do trabalho com o PIBID (Projeto Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência) no convênio UNESP – CAPES Edital 2009. Inicialmente, diagnosticamos a situação dos laboratórios e identificamos a sua utilização para o Ensino de Física, a partir de observações diretas e pelo contato com professores. Com base na realização de atividades didáticas experimentais em tais escolas, discutimos diferentes estratégias pedagógicas, utilizando inclusive experimentos construídos com materiais de baixo custo (FERREIRA e RAMOS, 2008). Procuramos analisar o papel do Laboratório Didático no desenvolvimento de competências e habilidades dos alunos relacionadas ao ensino e à aprendizagem de Física, bem como aspectos acerca do uso de laboratórios didáticos.

Palavras-chave: Laboratório didático. Experimentos didáticos de Física. Educação Básica. Estratégias Didáticas Experimentais. Ensino de Física.

ABSTRACT

Here we present an exploratory study on the use of laboratory teaching in four schools of Basic Education in Rio Claro, SP, three of them high school and one of the second cycle of basic education, developed in the years 2011 and 2012, under activities of the course "Prática de Ensino e Estágio Supervisionado", the Degree in Physics - UNESP, Rio Claro campus and work with Pibid (Projeto Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência) in agreement UNESP CAPES Notice 2009. Initially, we diagnose the situation and identify the laboratories using them for Teaching Physics, from direct observation and contact with teachers. Based on the experimental realization of educational activities in such schools, we discuss different teaching strategies, and using experiments built with inexpensive materials (Ferreira and Ramos, 2008). We analyzed the role of the teaching laboratory in the development of skills and abilities of students, related to the teaching and learning of Physics, as well as aspects concerning the use of instructional laboratories.

Keywords: Teaching laboratory. Experiments in physics textbooks. Basic Education. Experimental Teaching Strategies. Physics Teaching

SUMÁRIO

Introdução	1
Escolas e o espaço dedicado à experimentação	5
Resquícios “arqueológicos” nas escolas visitadas	9
As escolas de nosso estudo e seus laboratórios	11
Ensino de Ciências e atividades didáticas experimentais	21
Concepções de Laboratório Didático e o uso de atividades experimentais no Ensino	25
Ações didáticas realizadas nas escolas	29
Alguns exemplos de conflitos conceituais gerados pelo professor para auxiliar os alunos na reformulação conceitual	32
Oficina de eletrostática	33
Laboratório Tradicional - Construção de um dinamômetro	37
Experimento didático da pipoca e os primeiros passos para construção de um modelo	41
Experimentos didáticos e suas possibilidades em nossas observações	47
Considerações finais	50
Referências	53
Apêndice 1	55
Anexo 1	58

Índice de Figuras

Figura 1	Fac-símile de um trecho do livro-texto utilizado na escola 3, mostrando o esquema excessivamente simplificado com o qual o conteúdo é oferecido aos estudantes, privilegiando a exibição de fórmulas e a apresentação de exercícios de aplicação. ...	1
Figura 2	Fluxograma do “Programa arquitetônico” para Escolas da Educação Básica editado pela FDE-SP, órgão da Secretaria de Educação do Estado de São Paulo. Veja-se em especial as salas que compõem o módulo pedagógico proposto (em destaque), em que não se menciona o laboratório didático.	6
Figura 3	Fac-símile da proposta de organização para construção de laboratório didático para o Ensino Fundamental em documento do Programa FUNDESCOLA.	8
Figura 4	Mapa do estado de São Paulo, que indica a localização aproximada da cidade de Rio Claro, em relação à capital do Estado.	11
Figura 5	Mapa do município de Rio Claro, indicando aproximadamente a localização das escolas 1, 2, 3 e 4 em relação à zona central.	12
Figura 6	Croqui da escola 1: 1) Administração, sala dos professores e área de serviços em geral para os funcionários; 2) Salas de aula (indicado pelo contorno, pois ocupam todo o 1º andar do prédio); 3) Quadra esportiva; 4) Campo de futebol; 5) Estacionamento dos funcionários; 6) Pátio interno aberto; 7) Sala de informática; e 8) Pátio interno coberto.	12
Figura 7	Croqui da escola 2: 1) Administração, sala dos professores e área de serviços em geral para os funcionários; 2) Salas de aula; 3) Pátio interno aberto; 4) Pátio interno coberto; 5) Refeitório. A área assinalada como 3* indica o espaço aberto onde o professor realiza alguns experimentos; e 2* indica a Sala ambiente de Física e Geografia, onde o professor realiza a maior parte das experimentações.	13
Figura 8	Croqui da escola 3: 1) Administração, sala dos professores e área de serviços em geral para os funcionários; 2) Salas de aula em dois andares (térreo e 1º andar assinalados como +2*); 3) Quadra esportiva; 4) Serviços de fotocópia e cantina; 5) Auditório, almoxarifado e outros; 6) Sala de informática do Ensino Médio; 7) Pátio interno aberto; e L) Laboratório Didático de Física e Química, próximo à entrada.	14
Figura 9	Croqui do laboratório da escola 3: 1) Armário em alvenaria; 2) Bancada de canto com pia e torneira; 3) Bancada hexagonal com pia e torneira; 4) Lousa de giz; 5) Capela.	15
Figura 10	Croqui da escola 4: 1) Administração, sala dos professores e área de serviços em geral para os funcionários; 2) Salas de aula; 3) Quadra esportiva; 4) Biblioteca; 5) Cozinha; 6) Pátio interno coberto; 7) Sala de informática; 8) Pátio interno aberto; e S) Sala de aula ambiente de ciências.	19
Figura 11	Diagrama representativo de um fluxograma com o “Método Científico” em sua concepção indutivista e ingênua.	22
Figura 12	Diagrama representativo das estratégias da atividade científica.	23
Figura 13	Fac-símile das respostas de um estudante da 6ª série.	31
Figura 14	Interface do <i>software</i> livre <i>Audacity</i> de análise do áudio.	47

Índice de Fotos

Foto 1 Base para haste com o nome da FUNBEC gravada	10
Foto 2 Material didático de Biologia em potes com formol.....	10
Foto 3 Armário com diversos reagentes químicos	10
Foto 4 Vidraria para aulas de química dentro de um armário	10
Foto 5 No laboratório da escola 3, cada bancada possui uma pia em funcionamento, bem como uma das laterais.	15
Foto 6 Foto do laboratório didático da escola 3: no armário de portas abertas contém o material do PIBID. Também é possível notar uma balança sobre a bancada hexagonal, alguns livros didáticos que não foram distribuídos aos alunos, uma impressora aparentemente inutilizada, quadro verde pequeno, tabela periódica, e um compressor de ar embaixo da bancada.....	16
Foto 7 Detalhe do chuveiro de segurança na escola 3	17
Foto 8 Detalhe da Capela do laboratório da escola 3. O exaustor no canto esquerdo superior da foto jogaria o ar contaminado para a entrada da escola, onde há a passagem de estudantes, funcionários e professores. Além disso, observamos que o extintor não está localizado em local adequado e com sinalização que evite obstrução de acesso para o caso de incêndio.	17
Foto 9 Microscópios e balança enferrujados estão expostos sobre um balcão, aparentemente sem qualquer utilização, no laboratório didático 3	17
Foto 10 Em outro dia de visita, em 2012, foto do laboratório da escola 3, com lousa inacessível para utilização.....	18
Foto 11 Aula de laboratório de Física ministrada por estagiário de Prática de Ensino de Física durante o ano de 2011 sobre a temática calorimetria.	18
Foto 12 Imagem do antigo laboratório didático da Escola 4, cujo espaço foi transformado em sala de informática.	20
Foto 13 Aula em sala ambiente na Escola 4 com material experimental.	29
Foto 14 Gaiola de <i>Faraday</i>	35
Foto 15 Pêndulo duplo.....	35
Foto 16 Pêndulo simples.	35
Foto 17 Igrejinha eletrostática.	35
Foto 18 Eletroscópio de folhas.	36
Foto 19 Capacitor.	36
Foto 20 Vetor eletrostático.	36
Foto 21 Eletróforo	36
Foto 22 Alunos discutindo em grupo sobre os passos das atividades, orientados pelo roteiro.....	39
Foto 23 Alunas discutindo em grupo sobre os passos das atividades, orientadas pelo roteiro.....	40
Foto 24 Alunos envolvidos com as atividades experimentais.	40
Foto 25 Aluna utilizando o microfone para captar o som do estouro das pipocas, conectado a um computador portátil que utiliza o <i>software</i> livre <i>Audacity</i> para registro das informações.	42

Foto 26 Alunos contando o número de pipocas, em que cada grupo analisou um pacote de pipocas.....	42
Foto 27 Alunos analisando o gráfico da intensidade sonora das pipocas estourando em função do tempo, através do <i>software</i> livre <i>Audacity</i>	43
Foto 28 Alunos discutindo os resultados da experiência da pipoca.	45
Foto 29 Aluna analisando a onda sonora como o <i>software</i> livre <i>Audacity</i>	46
Foto 30 Sistema de monitoramento das atividades dos alunos na sala de informática.	46

Índice de Quadros

Quadro 1	
Situação dos laboratórios em cada uma das escolas visitadas.....	11
Quadro 2	
Concepções de laboratório didático segundo Andrade (2010).....	26
Quadro 3	
Ações didáticas com materiais experimentais desenvolvidas nas diferentes escolas.....	29

Introdução

Atualmente é comum notar que em muitas escolas as aulas de Física do Ensino Médio priorizam apenas a resolução de exercícios de vestibular, oferecendo pouco espaço para vivências de práticas didáticas experimentais. Pudemos confirmar isso facilmente ao acompanhar atividades didáticas em quatro escolas da Educação Básica na cidade de Rio Claro – SP.

O principal material didático de apoio para tais atividades de ensino, o livro didático, minimiza o espaço dedicado à teoria e discussões sobre os conceitos, privilegiando em seu lugar o destaque a fórmulas e a exercícios de fixação e outros, reproduzidos de vestibulares para acesso ao Ensino Superior.

Capítulo 12 – Expansão térmica de sólidos e líquidos

A experiência mostra que:

$$\Delta L = \alpha L_0 \Delta \theta \quad (1)$$

onde α é uma constante de proporcionalidade chamada de **coeficiente de dilatação linear** cujo valor depende do material. Na tabela 1 temos os valores de α para alguns materiais.

Material	α em °C ⁻¹	Material	α em °C ⁻¹
alumínio	$23 \cdot 10^{-6}$	chumbo	$29 \cdot 10^{-6}$
água	$12 \cdot 10^{-6}$	quartzo	$0,5 \cdot 10^{-6}$
bronze	$18 \cdot 10^{-6}$	vidro comum	$9 \cdot 10^{-6}$
carvão	$8 \cdot 10^{-6}$	vidro pirex	$3 \cdot 10^{-6}$
cobre	$17 \cdot 10^{-6}$	concreto	$12 \cdot 10^{-6}$

Da equação (1) tiramos:

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_0 \Delta \theta}$$

Como ΔL e L_0 têm a mesma unidade, concluímos que:

$$\text{unidade de } \alpha = \frac{1}{\text{unidade de } \Delta \theta} = (\text{unidade de } \Delta \theta)^{-1}$$

Normalmente adotamos o °C⁻¹ como unidade de α , mas poderia ser K⁻¹ ou °F⁻¹. Se, na equação (1), substituirmos ΔL por $L - L_0$, teremos:

$$L - L_0 = \alpha \cdot L_0 \cdot \Delta \theta \Rightarrow L = L_0 + \alpha \cdot L_0 \cdot \Delta \theta \Rightarrow L = L_0 (1 + \alpha \cdot \Delta \theta)$$

Exercício resolvido

1. Uma barra de aço tem, a 10 °C, um comprimento de 5,000 m. Se aquecemos essa barra até que sua temperatura seja 60 °C, qual será o novo comprimento da barra, sabendo que o coeficiente de dilatação linear do aço é $\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \text{ °C}^{-1}$?

Resolução

Neste caso, temos $\theta_0 = 10 \text{ °C}$ e $\theta = 60 \text{ °C}$. Assim, a variação de temperatura é:

$$\Delta \theta = \theta - \theta_0 = 60 \text{ °C} - 10 \text{ °C} = 50 \text{ °C}$$

Seja $L_0 = 5,000 \text{ m}$, temos:

$$\Delta L = \alpha \cdot L_0 \cdot \Delta \theta = (12 \cdot 10^{-6}) \cdot (5,000) \cdot (50) = 3,0 \cdot 10^{-3}$$

$$\Delta L = 3,0 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 0,003 \text{ m} = 3 \text{ mm}$$

Assim: $L = L_0 + \Delta L = 5,000 \text{ m} + 0,003 \text{ m} = 5,003 \text{ m}$

$L = 5,003 \text{ m}$

Lamina bimetálica

Na figura 9, representamos uma lâmina bimetálica formada por duas lâminas muito finas, de metais diferentes e fortemente ligadas. Na figura 9a, elas têm o mesmo comprimento e estão à temperatura θ_0 . Supondo $\alpha_a > \alpha_b$, se aquecemos o conjunto a uma temperatura θ tal que $\theta > \theta_0$, a lâmina A vai dilatar-se mais que a lâmina B e isso provocará um encurvamento do conjunto (fig. 9b). Se o conjunto for resfriado a uma temperatura $\theta_1 < \theta_0$ (fig. 9c), o encurvamento será ao contrário.

Uma das aplicações dessas lâminas é servir como **termostato** (dispositivo que liga ou desliga ao atingir determinada temperatura). Elas são colocadas em circuitos elétricos de modo que, quando a temperatura desejada é atingida, as lâminas adquirem uma curvatura tal que ligam (ou desligam) o circuito.

Exercícios propostos

10. Uma barra de cobre, cujo coeficiente de dilatação linear é $17 \cdot 10^{-6} \text{ °C}^{-1}$, tem comprimento 200,0 cm a temperatura de 50 °C. Calcule o comprimento dessa barra à temperatura de 450 °C.

11. (U. F. Viosa-MG) A figura representa a variação do comprimento de uma determinada barra homogênea. O valor do coeficiente de dilatação linear do material de que é constituída a barra é:

a) $5 \cdot 10^{-6} \text{ °C}^{-1}$
b) $1 \cdot 10^{-6} \text{ °C}^{-1}$
c) $5 \cdot 10^{-5} \text{ °C}^{-1}$
d) $1 \cdot 10^{-5} \text{ °C}^{-1}$
e) $5 \cdot 10^{-4} \text{ °C}^{-1}$

12. (Ela-MG) Na figura está representada uma lâmina bimetálica. O coeficiente de dilatação do metal da parte superior (1) é o dobro do coeficiente do metal da parte inferior (2). À temperatura ambiente, a lâmina é horizontal. Se a temperatura for aumentada 150 °C, a lâmina:

a) continuará horizontal.
b) curvará para baixo.
c) curvará para cima.
d) curvará para a direita.
e) curvará para a esquerda.

Dilatação superficial e volumétrica

Na figura 10 representamos um sólido que, à temperatura θ_0 , tem volume V_0 e uma de suas faces tem área A_0 . Aquecendo o sólido de modo que sua temperatura seja θ , seu novo volume é V e a nova área da face é A . Sendo ΔA a variação da área e ΔV a variação do seu volume,

$$\Delta A = A - A_0 \quad \text{e} \quad \Delta V = V - V_0$$

A experiência mostra que:

$$\Delta A = \beta A_0 \cdot \Delta \theta \quad (II) \quad \text{e} \quad \Delta V = \gamma V_0 \cdot \Delta \theta \quad (III)$$

Figura 1: Fac-símile de um trecho do livro-texto utilizado na escola 3, mostrando o esquema excessivamente simplificado com o qual o conteúdo é oferecido aos estudantes, privilegiando a exibição de fórmulas e a apresentação de exercícios de aplicação.

Tomando como exemplo as páginas do livro didático da Figura 1, que trata sobre “expansão térmica de sólidos e líquidos”, vemos que a página 170 começa com a frase “a experiência mostra que”, retomando uma breve descrição de uma montagem experimental na

página anterior; em seguida, apresenta a equação que relaciona a dilatação linear de um determinado material como diretamente proporcional à variação de temperatura, “onde α é uma constante de proporcionalidade chamada de **coeficiente de dilatação linear** cujo valor depende do material”. Na sequência, uma tabela é apresentada, relacionando alguns materiais a valores de α cuja unidade de medida é o “ $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ”. Após um rearranjo algébrico, a equação assume outra forma desejada pelo autor e, em seguida, um exercício resolvido é apresentado. Notamos ainda na página 171 da mesma figura, uma discussão sobre lâmina bimetálica e tomando o termostato como um exemplo de aplicação desse conhecimento, e em seguida, quatro exercícios são propostos, sendo dois deles são retirados de provas de vestibulares.

É possível perceber que, ao afirmar “a experiência mostra que”, há uma valorização do experimento. Apenas citar a experiência e esperar que o aluno aceite a informação do livro denota à transmissão do conhecimento um caráter dogmático, em que a ciência está pronta. Ao apresentar a “tabela 1”, o autor apenas relaciona alguns nomes (alumínio, aço, bronze, carbono e cobre) a alguns números associados à unidade de medida graus Celsius elevado a menos um, que nada diz aos alunos em termos físicos.

O exercício resolvido reforça a ideia já disseminada entre os alunos e é constatada a partir de conversas com ele: que o estudo da Física baseia-se em resolução de exercícios, visto que, quando há alguma dúvida durante a resolução de um exercício, o aluno deve procurar algum exercício “parecido” e associar seu esquema de resolução. Apesar de parecer preocupar-se com a teoria, o breve texto sobre bimetálico é formatado para auxiliar a resolução do exercício para vestibular, e sua diagramação é quase uma justaposição do enunciado de tal exercício.

Ainda: dois dos exercícios propostos (9 e 12) são resolvidos apenas utilizando as equações destacadas, requerendo do aluno apenas um pouco de habilidade em operar algebricamente, e o exercício 10 tenta relacionar-se com a descrição do experimento, mas pode ser resolvido utilizando conhecimento de coeficiente angular da curva, situação na qual um aluno que “chutasse” o método de resolução - por saber de outras estratégias de resolução de exercícios - pode acertar o exercício sem saber o conteúdo que está sendo trabalhado. É possível resolver exercícios dominando o algoritmo matemático sem entender o conteúdo de Física, caracterizando, assim, uma abordagem que favorece o treinamento de resolução de exercícios.

Nossas observações mostram que a maioria dos alunos quando questionados sobre a disciplina de Física, eles citam “fórmulas” e afirmam não gostar de “fazer contas”. Quando questionados sobre algum conteúdo específico, normalmente tentam lembrar dos conteúdos a

partir da fórmula que eles utilizaram. Isso indica que a estratégia de treinar resolução de exercícios, cria *âncoras conceituais* apenas para outros exercícios, e os alunos não identificam os fenômenos físicos em seu cotidiano.

Diante disso, não se encontram muitas escolas que utilizam laboratórios para aulas experimentais de Física, Química ou Biologia no Ensino Médio, como salientado por Sartorello, Reiss e Ramos (2011).

Entretanto, no século passado, entre as décadas de 1950 e 1970, como analisado por Barra e Lorenz (1986), projetos de ensino, tais como o *Projeto Harvard* (CONANT, 1945), *PSSC* (FRIEDMAN & ZACHARIAS, 1957), e os brasileiros *PEF* (HAMBURGER e MOSCATI, 1974) e o projeto *CEU* (CANIATO, 1973), foram concebidos com o cuidado de incluir observações experimentais didáticas relacionadas ao conteúdo de Física ali tratado (BARRA & LORENTZ, 1986).

No âmbito de tais projetos, além das atividades didáticas envolvendo o laboratório didático ou observações de fenômenos, pode-se verificar que diferentes estratégias foram sugeridas tendo como foco as questões experimentais, tais como a constituição de clubes de ciências e a realização de feiras de ciências.

Em visita a escolas da Educação Básica fundadas nessa época ou de construção anterior, no município de Rio Claro, percebemos que possuem ambientes específicos para as atividades didáticas experimentais – os laboratórios didáticos – , com estrutura composta de bancadas, pias e armários para diferentes equipamentos, algumas, inclusive, com salas dedicadas a Física, Química, e Biologia.

É nesse contexto que este trabalho pretende discutir algumas perspectivas a respeito da utilização de atividades experimentais e da utilização de laboratórios didáticos para o Ensino de Física, tendo como preocupação central verificar se é possível ensinar Física utilizando material didático experimental e/ou laboratório didático no atual contexto da Educação Básica.

Foco do trabalho

Pretende-se, neste trabalho, estudar de maneira exploratória a importância, as possibilidades educacionais e práticas de ensino experimental de Física na Educação Básica. Para isso, consideramos as seguintes etapas:

- Visita a escolas de Educação Básica, procurando diagnosticar a situação dos laboratórios de ciências e a sua utilização para o ensino de Física em algumas escolas da cidade de Rio Claro – SP;
- Análise bibliográfica de legislação sobre as edificações escolares;
- Propor atividades didáticas experimentais nos ambientes escolares possíveis;
- Discutir o papel do laboratório didático no desenvolvimento de competências e habilidades, nos alunos, relacionadas ao conhecimento de Física.

METODOLOGIA

Para diagnosticar a situação dos laboratórios de ciências, e a utilização deles para o ensino de Física, foi realizada uma pesquisa qualitativa de caráter exploratório com características etnográficas durante o desenvolvimento de atividades didáticas, tendo como base anotações em caderno de campo (autoetnográficas), visitas às escolas e uma pesquisa documental e bibliográfica.

Numa segunda etapa, que se preocupa com o papel do laboratório didático no desenvolvimento de competências e habilidades nos alunos, relacionadas ao conhecimento de Física, serão implementadas atividades experimentais utilizando os recursos disponíveis numa escola de ensino médio.

Das diversas atividades realizadas, foram eleitas três atividades de laboratório, uma realizada no nível fundamental e duas no nível médio, além de oficinas de montagem de materiais didáticos experimentais, sendo uma em cada um dos níveis fundamental e médio.

Aspectos conceituais e históricos do uso de laboratórios de ciências nas escolas serão tratados a partir de uma pesquisa documental, discutindo a questão da função do laboratório didático para o desenvolvimento de competências e habilidades.

Escolas e o espaço dedicado à experimentação

Atualmente, o descaso com a construção de laboratórios é percebido ao encontrarem-se artigos sobre edificações escolares que tratam da infraestrutura necessária ao processo de ensino e aprendizagem escolar (BELTRAME e MOURA, 2009) e (AZEVEDO, BASTOS e BLOWER, 2007), sem menção alguma a laboratório de ciências.

Analisando as orientações sobre construções escolares atuais, como a Resolução SS-493¹ do Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 1994), percebe-se que não há obrigatoriedade de construção de laboratórios didáticos de ciências nas escolas de ensino médio. No fluxograma do “Programa arquitetônico” (reproduzido na Figura 2) editado pela Fundação para o Desenvolvimento da Educação da Secretaria Estadual de Educação (FDE - SP), a construção de laboratório é desconsiderada, uma vez que não compõe a dimensão pedagógica (composta por salas de aula, sala de recuperação, sala de leitura, informática, uso múltiplo e depósito, no caso do Ensino Médio).

Outro exemplo da pouca atenção atual com o espaço destinado ao ensino experimental é o documento de uma Diretoria de Ensino do Estado, disponível na *internet*² (São Paulo, 2009). Denominado “AUTORIZAÇÃO DE ESCOLAS PARTICULARES - PRÉDIO ESCOLAR – Exigências Mínimas” (ANEXO 1, com os detalhes das especificações de cada ambiente), o documento desconsidera a construção de espaços para atividades didáticas experimentais, pois sequer aparece na lista de ambientes mínimos necessários para o funcionamento da escola:

Os ambientes que compõem a edificação escolar e que são considerados como mínimos necessários para o desenvolvimento satisfatório das várias atividades são:

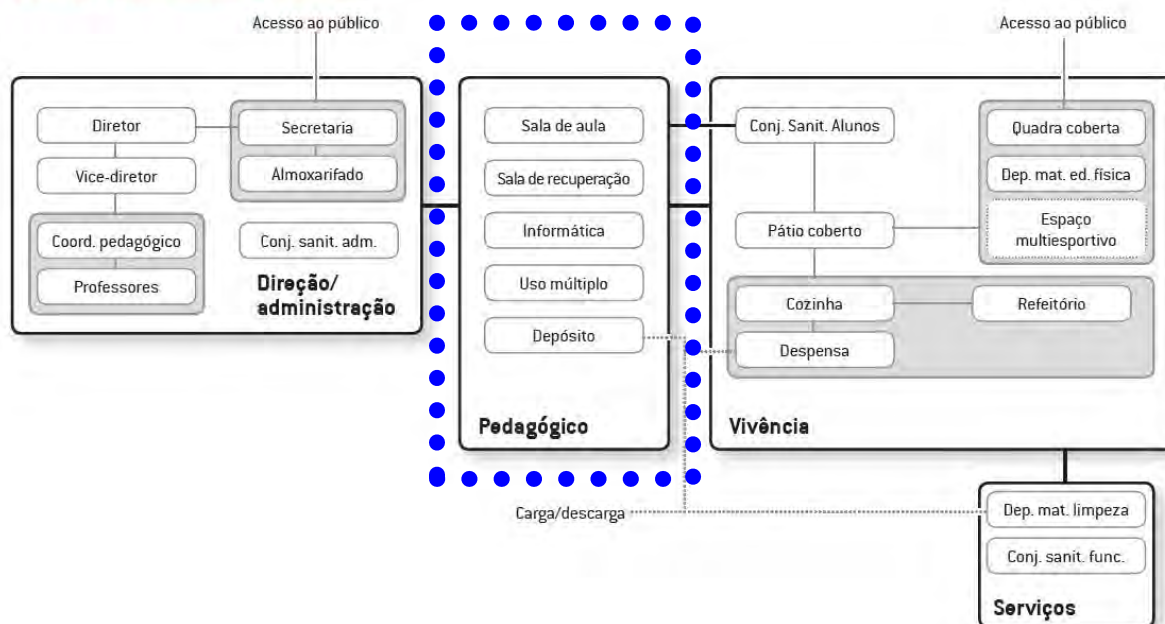
- 1 – Salas de Aula
- 2 – Sanitários destinados aos alunos
- 3 – Sanitários destinados aos professores e funcionários separados para cada sexo; na proporção de 1 (uma) bacia sanitária, 1 (um) mictório, 1 (um) lavatório e 1 (um) chuveiro para cada 20 professores/funcionários; pisos e paredes revestidos com material resistente, liso, lavável e impermeável.
- 4 – Bebedouros
- 5 – Recreio (obrigatória a existência de pátio coberto para recreio)
- 6 – Centro de Leitura ou Biblioteca
- 7 – Local reservado para a prática de Educação Física (para os cursos de Ensino
- 8 – Corredores, escadas e rampas

¹ São Paulo, Resolução SS-493, de 8/9/94 Aprova Norma Técnica que dispõe sobre a Elaboração de Projetos de Edificação de Escolas de 1º e 2º graus do Estado de São Paulo. Grifo nosso.

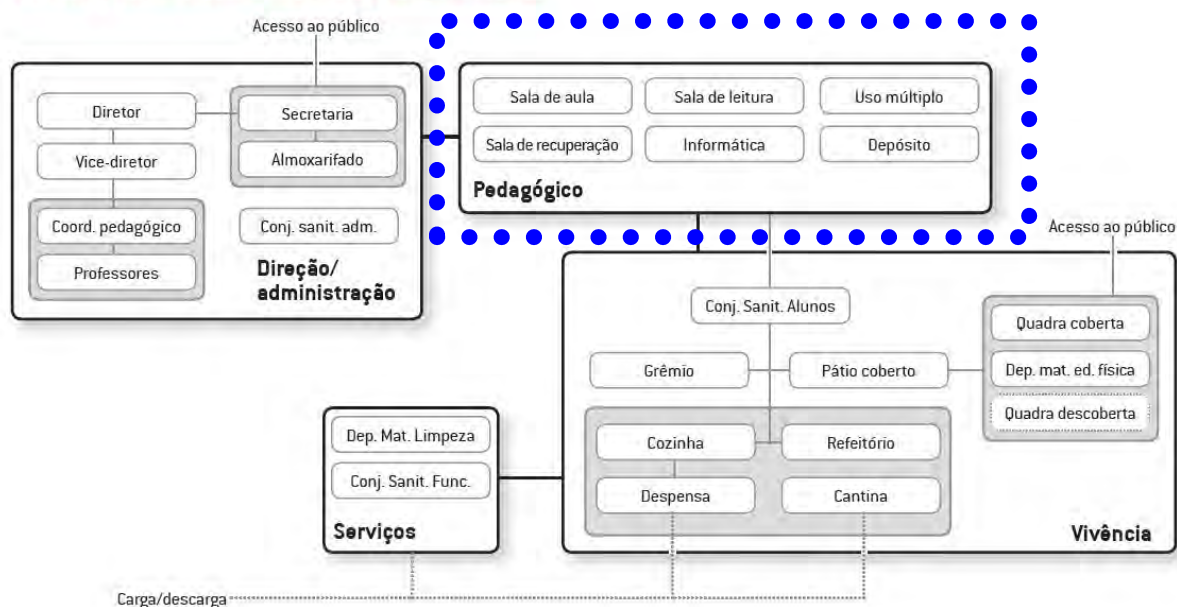
² <http://www.derjundiai.com>

Fluxograma

ENSINO FUNDAMENTAL - CICLO I



ENSINO FUNDAMENTAL - CICLO II E ENSINO MÉDIO



Obs.: Para capacidade de 12 a 15 salas de aula além da quadra coberta poderá ser implantado, a critério de projeto, espaço multiesportivo (M3) ou quadra descoberta (M6)

Figura 2

Fluxograma do “Programa arquitetônico” para Escolas da Educação Básica editado pela FDE-SP, órgão da Secretaria de Educação do Estado de São Paulo. Vejam-se em especial as salas que compõem o módulo pedagógico proposto (em destaque), onde não se menciona o laboratório didático.

Por outro lado, de acordo com o Plano Nacional de Educação 2001 a 2010 (BRASIL, 2001), a existência de laboratórios didáticos faz parte da infraestrutura mínima para o Ensino Médio, como indicado a seguir:

O Plano Nacional de Educação, instituído pela Lei nº 10.172, de 9 de janeiro de 2001, já contempla metas para instalação de laboratórios de ciências nas escolas de ensino médio. Senão vejamos:

(...)

Meta 6 – Elaborar, no prazo de um ano, padrões mínimos nacionais de infraestrutura para o ensino médio, compatíveis com as realidades regionais, incluindo:

(...)

f) instalação para laboratório de ciências;

(...)

Meta 7 – Não autorizar o funcionamento de novas escolas fora dos padrões de ‘a’ a ‘g’.

Meta 8 – Adaptar, em cinco anos, as escolas existentes, de forma a atender aos padrões mínimos estabelecidos.”

(BRASIL, Diário da Câmara dos Deputados, 22/10/2009, p. 58688, grifo nosso)

Já no projeto Lei nº 8.035, que aprova o Plano Nacional de Educação para o decênio 2011 – 2020 e dá outras providências, o texto que trata desse assunto encontra-se no seguinte trecho:

Meta 7: Atingir as seguintes médias nacionais para o IDEB:

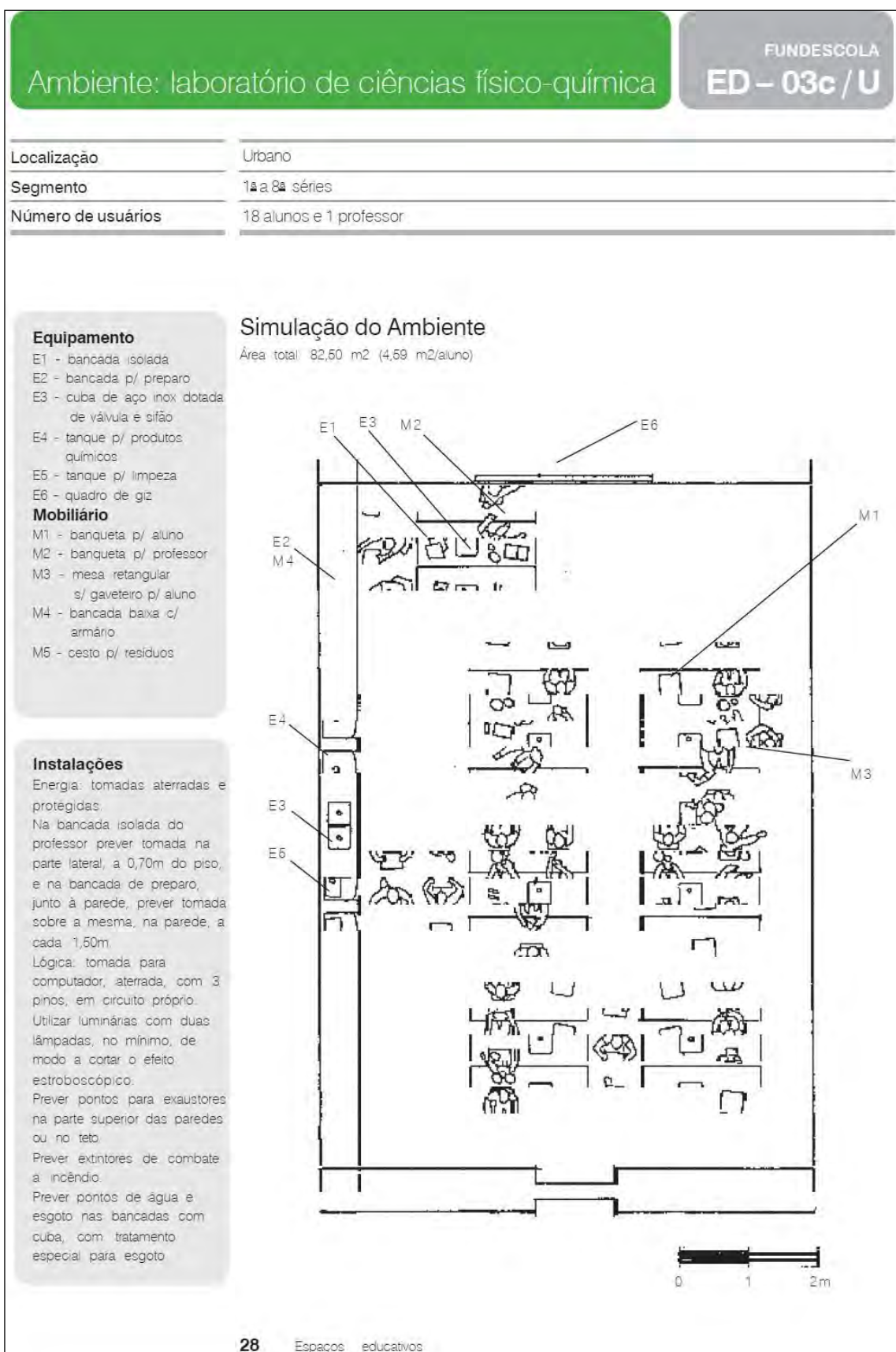
(...)

7.19) Assegurar, a todas as escolas públicas de educação básica, água tratada e saneamento básico; energia elétrica; acesso à rede mundial de computadores em banda larga de alta velocidade; acessibilidade à pessoa com deficiência; acesso a bibliotecas; acesso a espaços para prática de esportes; acesso a bens culturais e à arte; e equipamentos e laboratórios de ciências. (BRASIL, 2010, p. 31 a 33. , grifo nosso)

Especificações relativas a equipamentos e a laboratórios de ciências existem. Observe-se, por exemplo, a ficha de orientação e especificações técnicas para um ambiente de laboratório didático na Educação Básica (que reproduzida na Figura 3), do Caderno Técnico³ elaborado pela Coordenação de Projetos e Instalações Escolares do FUNDESCOLA⁴.

³ “Espaços Educativos - Subsídios para Elaboração de Projetos e Adequação de Edificações Escolares” volume 2

⁴ *Fundo de Fortalecimento da Escola (Fundescola) é um programa do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE/MEC), com a interface das secretarias estaduais e municipais de Educação das regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste e financiamento proveniente do Banco Mundial (Bird). Tem por objetivo promover um conjunto de ações para a melhoria da qualidade das escolas do ensino fundamental, ampliando a permanência das crianças nas escolas públicas, assim como a escolaridade nessas regiões do país.* (Reproduzido de <http://www.fnde.gov.br/index.php/fundescola-apresentacao>, acessado em outubro de 2012)

**Figura 3**

Fac-símile da proposta de organização para construção de laboratório didático para o Ensino Fundamental em documento do Programa FUNDESCOLA.

O trecho abaixo indica que esse documento é a continuação de outros programas que tentaram promover o uso de atividades experimentais e de laboratórios de ciências:

Ao elaborar este Caderno Técnico, a Coordenação de Projetos e Instalações Escolares - FUNDESCOLA teve em vista consolidar as experiências vividas pelos outros Programas que antecederam a este que, no presente momento, está sendo implementado pelo Ministério da Educação, por intermédio do FUNDESCOLA. (BRASIL, FUNDESCOLA, p. 5, 2002)

Notamos que a ficha é direcionada para o ensino fundamental, e sugere um espaço com área de 85 m², projetado para 18 alunos⁵, considerando em média 4,59 m² por aluno. Vemos também que o planejamento considera atividades de Física e Química e, inclusive, itens de segurança.

Ao contrário do que sugerido no documento do FUNDESCOLA, o laboratório de ciências observado na escola do ensino fundamental visitada foi desativado e tornou-se espaço para um futuro laboratório de informática.

Resquícios “arqueológicos” nas escolas visitadas

Entretanto, no passado havia laboratórios didáticos de ciências. Ao visitar as escolas, atualmente, encontramos diferentes resquícios, embora sem uso aparente como laboratório didático com diversos materiais didáticos experimentais: base para experimentos da FUNBEC (Foto 1), animais em formol (Foto 2), reagentes para aulas de química (foto 3); armário com vidrarias (Foto 4).

Mas, além de eventuais materiais dispersos, percebemos outros resquícios não materiais sobre a existência de laboratórios didáticos. No diálogo com professores e alunos, é fácil perceber um senso comum acerca das vantagens do uso de atividades experimentais quando consideradas estratégias alternativas para a melhoria do Ensino, mesmo que não sejam observadas práticas ou atividades sistemáticas deste tipo.

⁵ Se considerarmos que em uma turma há entre 35 e 40 alunos, pela recomendação seria necessário trabalhar com a metade por vez.

**Foto 1**

Base para haste com o nome da FUNBEC⁶ gravado.

**Foto 2**

Material didático de Biologia em potes com formol.

**Foto 3**

Armário com diversos reagentes químicos.

**Foto 4**

Vidraria para aulas de química dentro de um armário.

⁶ Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências.

As escolas de nosso estudo e seus laboratórios

Visitamos as quatro escolas no período de 2011 a 2012, e pudemos constatar a situação em que se encontra o laboratório didático de cada uma delas. O Quadro 1 indica resumidamente a situação de existência/utilização dos laboratórios.

Quadro 1
Situação dos laboratórios em cada uma das escolas visitadas

Escola	Nível de atendimento	Existência de Espaço para laboratório didático	Utilização atual do espaço
1	Ensino Médio	Possui	Sala de ciências desativada
2	Ensino Médio	Não Possui	--
3	Ensino Médio	Possui	Possui, mas não funciona adequadamente
4	Ensino Fundamental – ciclo 2	Possui	Sala de ciências transformada em sala de informática

As quatro escolas estudadas localizam-se na área urbana da cidade de Rio Claro, interior do Estado de São Paulo, a cerca de 170 km da capital do estado (Figura 4). Na Figura 5, mostramos a localização aproximada das escolas em relação à área central da cidade.

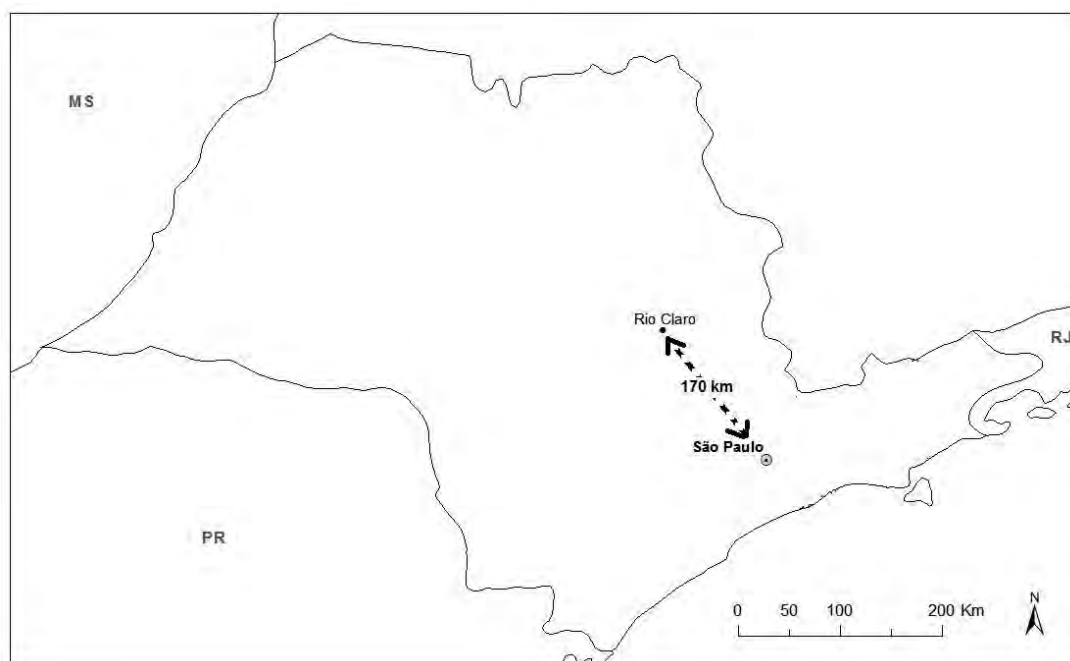


Figura 4

Mapa do estado de São Paulo, que indica a localização aproximada da cidade de Rio Claro, em relação à capital do estado. (Fonte: Ramos, E. M. de F., 2012)

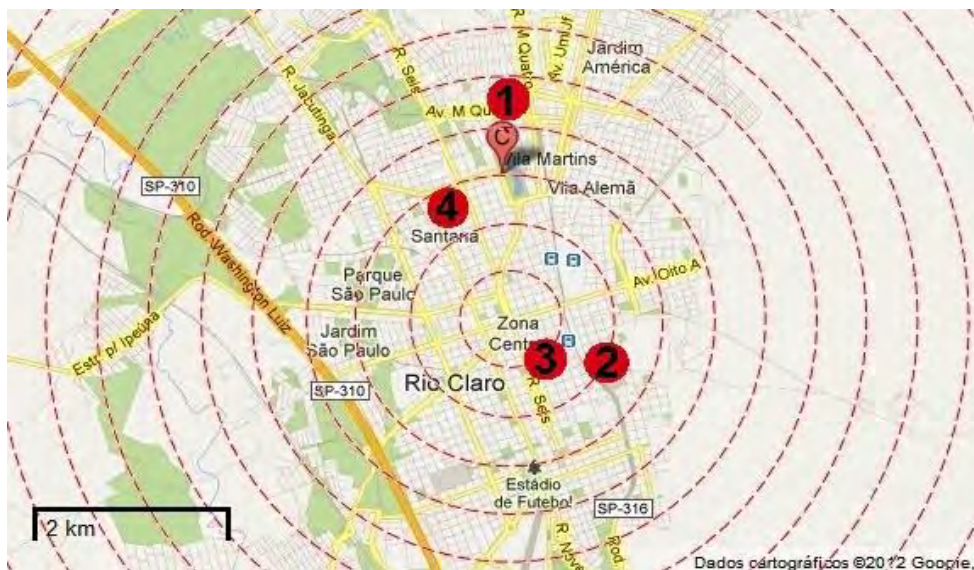


Figura 5

Mapa do município de Rio Claro, indicando aproximadamente a localização das escolas 1, 2, 3 e 4 em relação à área central. Fonte: Google Maps

Escola 1

A escola 1, a mais distante do centro da cidade, atende a estudantes do segundo ciclo do Ensino Fundamental (do 6º ao 9º ano) e do nível Médio. Possui sala de ciências desativada⁷ e laboratório de informática com quatorze computadores, mas, segundo relato do monitor do “Programa ACESSA Escola”, esse espaço é pouco utilizado pelos alunos e, ainda assim, apenas com a presença do professor. Na Figura 6, apresentamos um croqui indicando a distribuição aproximada de ambientes na Escola 1.



Figura 6: Croqui da escola 1: 1) Administração, sala dos professores e área de serviços em geral para os funcionários; 2) Salas de aula (indicado pelo contorno, pois ocupam todo o 1º andar do prédio); 3) Quadra esportiva; 4) Campo de futebol; 5) Estacionamento dos funcionários; 6) Pátio interno aberto; 7) Sala de informática; e 8) Pátio interno coberto.

⁷ Durante a visita, não conseguimos permissão para conhecer este espaço; sabemos apenas que a sala localiza-se no primeiro andar junto às salas de aula. O professor e outros funcionários da escola informaram que a sala é utilizada para reuniões de Horas de Trabalho Pedagógico Coletivo (HTPC).

Escola2

A escola 2, distante cerca de 2 km do centro da cidade, atende a alunos do segundo ciclo do Ensino Fundamental e Ensino Médio. As disciplinas estão organizadas segundo salas ambientes e não há laboratório didático nem local exclusivo para armazenar materiais didáticos experimentais.

Pudemos observar que o professor realiza atividades experimentais em sala de aula, ou utiliza o espaço aberto próximo à sala (ver 3* da figura 7), intercalando-as com as aulas expositivas. Materiais experimentais utilizados são assim armazenados na própria sala de aula, uma sala ambiente cujo uso é compartilhado com professores de Geografia. Não há laboratório de informática. Na Figura 7, apresentamos um croqui indicando a distribuição aproximada de ambientes na Escola 1.

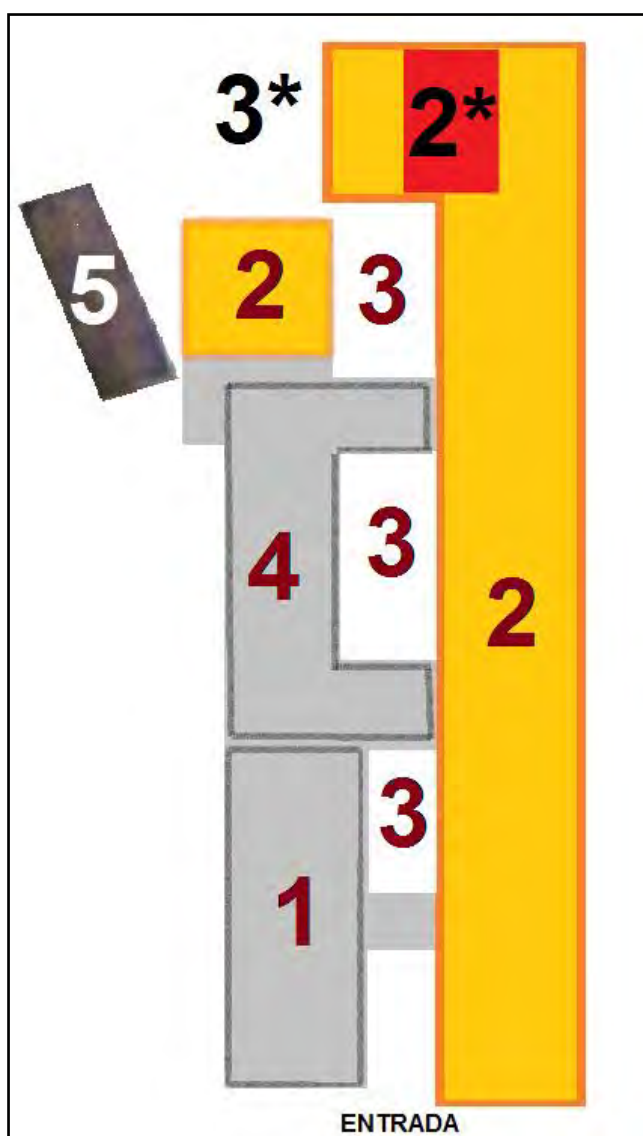


Figura 7: Croqui da escola 2: 1) Administração, sala dos professores e área de serviços em geral para os funcionários; 2) Salas de aula; 3) Pátio interno aberto; 4) Pátio interno coberto; 5) Refeitório. A área assinalada como 3* indica o espaço aberto onde o professor realiza alguns experimentos; e 2* indica a Sala Ambiente de Física e Geografia, onde o professor realiza a maior parte das experimentações.

Em uma das visitas sobre as bancadas, encontramos diversas vidrarias dentro de caixas abertas, mostrando que há investimento na compra de equipamentos.



Foto 5

No laboratório da escola 3 cada bancada possui uma pia em funcionamento, bem como em uma das laterais.

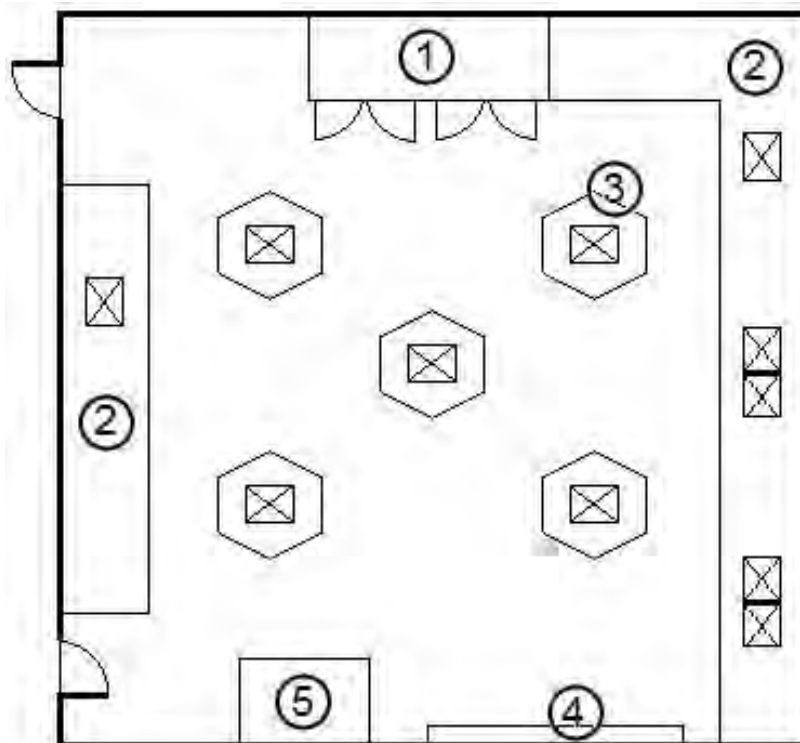


Figura 9: Croqui do laboratório da escola 3: 1) Armário em alvenaria; 2) Bancada de canto com pia e torneira; 3) Bancada hexagonal com pia e torneira; 4) Lousa de giz; 5) Capela

O croqui (Figura 9) mostra a disposição do armário em alvenaria, das bancadas hexagonais de centro e bancadas de canto. Os retângulos com linhas diagonais inscritas representam pias com torneira que possuem ainda o sistema de esgotamento com

possibilidade de funcionamento. Cada uma das bancadas centrais possui ainda dois pontos de saída para gás; há também lousa e capela. Para melhor visualização da planta do laboratório, os armários de aço ao lado do armário em alvenaria e um outro, obstruindo o acesso à porta que abre para o lado de fora do laboratório, não foram colocados no croqui, mas podem ser observados na Foto 6.



Foto 6: Foto do laboratório didático da escola 3: o armário de portas abertas contém o material do PIBID. Também é possível notar uma balança sobre a bancada hexagonal, alguns livros didáticos que não foram distribuídos aos alunos, uma impressora aparentemente não utilizada, quadro verde pequeno, tabela periódica, e um compressor de ar embaixo da bancada.

Isso deixa claro que nesta escola houve um esforço para a existência do laboratório didático, considerando-se assim a experimentação como estratégia didática possível. Há inclusive no laboratório itens de segurança, como um chuveiro (Foto 7) e uma capela para manipulação de substâncias que possam exalar gases tóxicos (Foto 8).

Embora a escola 3 seja a única com espaço dedicado ao laboratório didático de Física e Química, detalhes evidenciam sua pouca utilização:

- Bancadas e mesas ocupadas com diversos materiais (veja-se Foto 6);
- A capela para manipulação de gases tóxicos está instalada inadequadamente, pois seu exaustor possui saída para o pátio externo da escola à altura de aproximadamente 1,7 m (veja-se Foto 8);
- Balanças oxidadas e microscópios óticos aparentemente sem possibilidade de utilização (veja-se Foto 9);
- Lousa bloqueada para uso com o depósito de materiais em sua frente (veja-se Foto 10).



Foto 7: Detalhe do chuveiro de segurança na escola 3.



Foto 8: Detalhe da Capela do laboratório da escola 3. O exaustor no canto esquerdo superior da foto jogaria o ar contaminado para a entrada da escola, onde há a passagem de estudantes, funcionários e professores. Além disso, observamos que o extintor não está localizado em local adequado e com sinalização que evite obstrução de acesso, para o caso de incêndio.



Foto 9: Microscópios e balança enferrujados estão expostos sobre um balcão, aparentemente sem qualquer utilização, no laboratório didático 3.



Foto 10: Em outro dia de visita, em 2012, foto do laboratório da escola 3, com lousa inacessível para utilização.

A viabilidade da utilização de tal espaço para atividades didáticas evidencia-se pelas aulas de futuros professores, graduandos em Licenciatura, durante aulas de Prática de Ensino na referida escola, como indicado nas **Foto 11**, a seguir.



Foto 11: Aula de laboratório de Física ministrada por estagiário de Prática de Ensino de Física durante o ano de 2011 sobre a temática calorimetria.

Acompanhando as atividades escolares durante o ano letivo de 2011 e parte de 2012, pudemos observar que este laboratório foi raramente utilizado por docentes da escola, sendo em raras ocasiões utilizados como laboratório de demonstração. Em vista de sua subutilização, pudemos ver como prática comum o uso do espaço do laboratório didático para armazenar diversos tipos de materiais, mesmo que de maneira provisória.

Isso evidencia claramente que não é apenas a existência do espaço do laboratório didático que permite a realização de atividades didáticas que considerem o uso de recursos



Foto 12: Imagem do antigo laboratório didático da Escola 4, cujo espaço foi transformado em sala de informática.

Nas escolas 1, 3 e 4, percebemos que as modificações das instalações prediais ocorreram em benefício dos laboratórios de informática e em detrimento ao laboratório de ciências. Ainda assim, apenas a escola 3 parece utilizar o laboratório de informática como parte de seu planejamento pedagógico.

Ensino de Ciências e atividades didáticas experimentais

Segundo Bybee, Charles W. Eliot, presidente da Universidade de Harvard de 1869 a 1895, considerou a necessidade do ensino de ciências e do uso de laboratórios no currículo escolar (BYBEE, 2000 *apud* RODRIGUES e BORGES, 2008). Acadêmicos e intelectuais contemporâneos concordavam em afirmar que o importante no ensino de ciências era que ele não fosse dogmático. Havia a preocupação de ensinar aos alunos metodologias de investigação científica, mas alguns estudiosos consideravam inviável que um estudante utilizasse todo o tempo da aula em descobertas independentes. Para isso, utilizaram-se diversas metodologias nas abordagens de atividades experimentais, e, durante esse processo, educadores propunham o uso de investigações guiadas pelo professor, que proporia questões, proveria o material a ser utilizado e forneceria sugestões sobre o que observar. O professor basicamente deveria fazer questões, orientando os estudantes através das descobertas (DEBOER, 2006 *apud* BORGES, 2008).

Borges (2008) aponta, de maneira resumida, que no 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, tal como um cientista. Durante boa parte do século XIX a comunidade científica era pequena e a comunicação entre cientistas e o público mais informal. Não existiam cursos destinados à formação de cientistas em áreas específicas. A segunda foi chamada de **verificação**, uma abordagem em que os estudantes confirmavam fatos ou princípios científicos no laboratório. Uma abordagem chamada também de não científica porque os estudantes já sabiam o que deveriam encontrar. E a terceira foi chamada de **investigação**, referindo-se à descoberta guiada, em que o estudante não teria de descobrir tudo por si só, mas orientado a resolver questões para as quais ele não sabe a solução (DEBOER, 2006, *apud* BORGES, 2008, p. 4)

Com isso, é possível destacar três estilos de pensamento sobre a prática educativa no laboratório científico escolar, e, apesar de diferentes, todos possuem um ponto em comum: a educação científica. Os principais objetivos da educação científica durante a segunda metade do século XIX eram o desenvolvimento pessoal dos indivíduos, propiciando familiaridade com fatos e princípios essenciais para viver em uma era científica, treinar o raciocínio indutivo, adquirindo capacidade de elaborar conclusões de forma independente a partir de evidências, de modo a desenvolver, como defendido por Borges (2008), a autonomia dos alunos para exercerem sua cidadania em uma sociedade democrática.

O período após a Segunda Grande Guerra é marcado por um grande investimento no desenvolvimento tecnológico e científico, implicando reflexos na economia e nas relações

internacionais entre as nações. Nesse mesmo período, houve também o início da chamada corrida espacial, quando ocorre o lançamento da *Sputnik* (1957), pela União das Repúblicas Socialistas Soviéticas, e o início de um programa espacial pelos Estados Unidos.

Nesse país, com reflexo em outros países sob sua influência política (dentre eles o Brasil), iniciou-se na década de 1950 o desenvolvimento de propostas educacionais e metodológicas para o ensino de ciências, tendo como foco formar futuros cientistas. Essa perspectiva de ensino de ciências foi muito forte entre as décadas de 1950 e 1970, fortalecendo o uso das metodologias que valorizassem o trabalho científico ou até mesmo lançassem mão do que se considerava ser seu *Método Científico* (ARRUDA & LABURÚ 1998).

Metodologias como *aprendizagem por questionamento-descoberta* (MATTHEWS 1994, MILLAR 1987, *apud* ARRUDA & LABURÚ 1998) se difundiram em vários países, trouxeram avanços no desenvolvimento de materiais didáticos e de práticas educacionais, mas também diversos problemas, pois nem todos os conteúdos científicos poderiam ser ensinados por um padrão denominado Método Científico.

Partindo de uma concepção ingênua e indutivista, em particular, há uma ideia disseminada entre alguns professores, e inclusive em livros didáticos, de que exista apenas um Método Científico, e que há etapas sequenciais que se devem seguir para fazer-se ciência, que são: a observação, a construção de hipóteses, a verificação e a conclusão (figura 11).

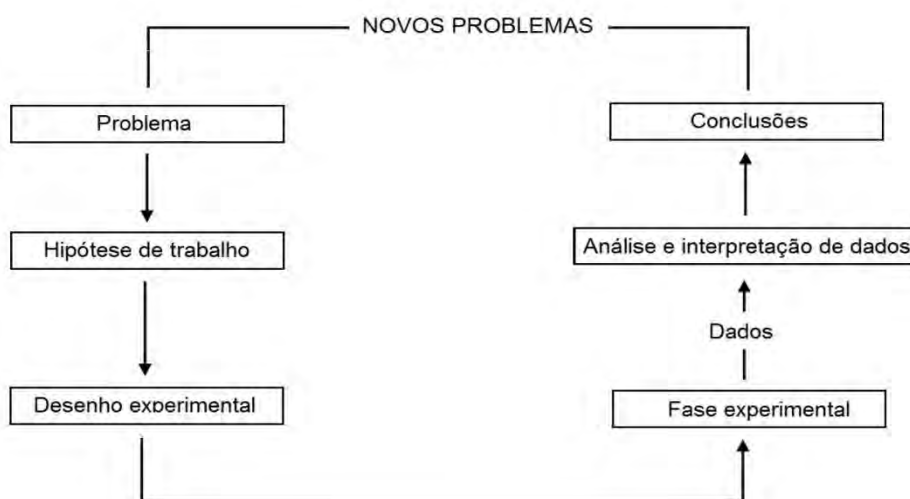


Figura 11: Diagrama representativo de um fluxograma com o “Método Científico” em sua concepção indutivista e ingênua (reproduzido e adaptado de CACHAPUZ *et al*, 2005).

intervindo socialmente de forma ativa e dinâmica, sem deixar de focar no conhecimento científico.

Sobre o uso do laboratório, discute-se outras habilidades e conhecimentos envolvidos nessa estratégia de ensino. Blosser retoma o trabalho de Shulman e Tamir que sistematizam o uso de Laboratório Didático em cinco grupos objetivos que podem ser atingidos.

- (a) habilidades - de manipular, questionar, investigar, organizar e comunicar;
 - (b) conceitos - como hipótese, modelo teórico, categoria taxionômica;
 - (c) habilidades cognitivas - pensamento crítico, solução de problemas, aplicação, análise, síntese;
 - (d) compreensão da natureza da ciência - empreendimento científico, cientistas e como eles trabalham, existência de uma multiplicidade de métodos científicos, inter-relações entre ciência e tecnologia e entre as várias disciplinas científicas;
 - (e) atitudes - como curiosidade, interesse, correr risco, objetividade, precisão, confiança, perseverança, satisfação, responsabilidade, consenso, colaboração, gostar de ciência.
- (BLOSSER, 1988, p. 74)

Para Blosser, as atividades de laboratório parecem ser úteis para o desenvolvimento cognitivo de estudantes mais velhos e desfavorecidos, assim como os que apresentam rendimento escolar situado entre médio e baixo, indo muito além do treinamento do Método Científico. Ela aponta estudos (McKINNON, 1976 e McDERMOTT, 1980, *apud* BLOSSER, 1988) que mostram ser possível atingir esse objetivo quando a abordagem experimental é planejada para criar desequilíbrios e estimular o desenvolvimento dos alunos, propondo problemas genuínos sem instruções explícitas. A autora afirma ainda que muitas das consequências sobre o uso dos laboratórios não são conhecidas, pois as pesquisas sobre os efeitos dessas atividades possuem um período muito curto e não acompanham os alunos por muito tempo. Por isso ela sugere pesquisas mais aprofundadas e contínuas sobre o papel dos laboratórios no ensino de Física.

Neste trabalho, estamos de acordo com a concepção de Laboratório Didático trazida por Alves Filho:

Outrossim, o termo laboratório didático não está sendo utilizado para caracterizar o espaço físico, entendido tradicionalmente como o local onde se realizam experimentos. O termo será utilizado no sentido lato de ensino experimental e dirá respeito às práticas desenvolvidas nesse espaço e em outros. (ALVES FILHO, p. 6 e 7, 2000)

Para evitar confusões, quando as iniciais estiverem em letras minúsculas, a palavra “laboratório didático” fará referência ao espaço físico.

Concepções de Laboratório Didático e o uso de atividades experimentais no Ensino

Em seu trabalho, Ferreira (1978) aponta que os trabalhos de alguns autores na área de psicologia educacional ou cognitiva (tais como Bruner, Piaget, Inhelder) fomentam, na área de ensino de Física, ideias que fundamentam a importância da utilização de experimentação.

Em vista de seu trabalho tratar especialmente de uma concepção de Laboratório Didático para a realidade brasileira, analisa que os objetivos que se pretendem atingir com as atividades experimentais e as concepções de Laboratório Didático podem variar ao longo de uma ampla gama de possibilidades. Para este trabalho, atentamo-nos à sua análise de acordo com a perspectiva de Menzie (MENZIE *apud* FERREIRA, 1978), pois essa visão resume muitas das características acerca da experimentação.

Segundo Ferreira, para Menzie a atividade experimental deveria ser utilizada para levar o aluno a “aprender a aprender”, de modo que o aluno desenvolva-se ao ponto de não precisar mais seguir um manual ou roteiro pré-estabelecido, ou então de não depender do professor para estudar a natureza. A ideia arrojada é que o processo de aprendizagem leve o aluno a elaborar suas próprias perguntas e, a partir delas, consiga conduzir e analisar um experimento para responder a essa pergunta, a identificar os erros no processo investigativo de modo a traçar novas estratégias, ou seja, mais que apenas treinar técnicas e procedimentos experimentais: trabalhar como um pesquisador do conhecimento.

Neste sentido, já em 1978 Ferreira propõe que o uso de atividades experimentais no ensino aparecem para contrapor-se ao ensino meramente expositivo, em que os alunos apenas ouvem e copiam, passivamente, limitando suas ações à memorização de fórmulas e à resolução de exercícios.

Para Andrade (2011), as atividades experimentais podem ser apresentadas em diversas perspectivas, nas quais o laboratório pode constituir-se de práticas experimentais que desenvolvam desde a verificação das leis da física até ensinar o processo investigativo. E para cada conjunto de objetivos que se pretendem atingir com as atividades experimentais, devem-se utilizar caminhos e estratégias adequados.

Há, pois, diversas concepções de laboratórios didáticos que fundamentam diferentes usos de atividades didáticas experimentais no Ensino de Física, como destacado nos trabalhos de Ferreira (1978) e Andrade (2011).

Um resumo sobre as principais características das concepções de laboratórios encontradas no trabalho de Andrade está organizado no quadro 2.

Quadro 2
Concepções de Laboratório Didático segundo Andrade (2011)

Concepções de Laboratórios Didáticos	Caráter	Papel do aluno	Objetivo	Meta	Papel do professor	Visão de ciências
Tradicional	<i>Estruturado</i>	<i>Executor</i>	<i>Verificar/comprovar leis e teorias e ensinar o método científico</i>	<i>Elaboração do relatório experimental</i>	<i>Legitimador</i>	Cientificista
Divergente	<i>Semi-estruturado</i>	<i>Executor</i>	<i>Ensinar habilidades práticas e ensinar o método científico</i>	<i>Discussão com o professor a fim de validar suas hipóteses e corrigir os erros</i>	<i>Orientador/ Legitimador</i>	Cientificista
Demonstrativo	<i>Estruturado</i>	<i>Observador</i>	<i>Facilitar a aprendizagem e a compreensão dos conceitos</i>	<i>Acompanhamento do raciocínio lógico do processo demonstrativo</i>	<i>Reprodutor</i>	Cientificista
De Projetos	<i>Semi-estruturado</i>	<i>Executor</i>	<i>Ensinar o método científico</i>	<i>Desenvolvimento de um ensaio experimental novo</i>	<i>Orientador</i>	Cientificista
Biblioteca	<i>Estruturado</i>	<i>Executor</i>	<i>Ensinar habilidades práticas</i>	<i>Elaboração de um relatório experimental</i>	<i>Legitimador</i>	Cientificista
Redescoberta	<i>Semi-estruturado</i>	<i>Executor</i>	<i>Verificar/comprovar leis e teorias e ensinar o método científico</i>	<i>Verificação/comprovação da lei ou teoria</i>	<i>Orientador</i>	Cientificista
Com ênfase na Estrutura do Experimento	<i>Não estruturado</i>	<i>Executor</i>	<i>Facilitar a aprendizagem e a compreensão de conceitos e ensinar habilidades práticas</i>	<i>Identificar a estrutura do experimento</i>	<i>Orientador</i>	Cientificista
Sob enfoque Epistemológico	<i>Não estruturado</i>	<i>Executor</i>	<i>Facilitar a aprendizagem e a compreensão de conceitos e ensinar habilidades práticas</i>	<i>Estabelecer conexões entre eventos, fatos e conceitos envolvidos na experimentação</i>	<i>Orientador</i>	Cientificista
Didático Investigativo	<i>Semi-estruturado ou não estruturado</i>	<i>Participativo</i>	<i>Explorar fenômenos</i>	<i>Registro da atividade experimental</i>	<i>Mediador</i>	Construtivista

Algumas dessas diferentes concepções de estratégias quanto ao uso de atividades didáticas experimentais trazidas por Ferreira (1978) e Andrade (2011) merecem destaque, em vista de considerarmos-las mais próximas das ações didáticas utilizadas neste trabalho.

Laboratório sob enfoque Epistemológico

Suas práticas proporcionam aos envolvidos o estabelecimento de conexões entre eventos, fatos e conceitos envolvidos na experimentação, e não simplesmente a verificação de uma lei ou teoria. A meta das práticas experimentais deste tipo de laboratório é atingida no momento em que os alunos conseguem estabelecer as conexões entre os eventos, os fatos e os conceitos que estão sendo utilizados no desenvolvimento da prática experimental. O que torna esta abordagem como de visão cientificista da ciência é que muita atenção é dada ao estabelecimento de conexões matemáticas de maneira que a análise epistemológica assim como a não neutralidade da ciência não sejam evidenciadas.

Laboratório Didático Divergente

Neste tipo de organização existem duas fases, a primeira conhecida como “exercícios”, de caráter estruturado, e a segunda menos estruturada, conhecida como “experimentação”. Os alunos percorrem-nas na medida em que se desenvolvem em termos das práticas laboratoriais. O papel do professor é orientar e legitimar a prática, discutindo as hipóteses levantadas. Essa prática possibilita que cada aluno desenvolva e adquira maior autonomia, pois eles participam das coletas de dados e depois são chamados a discutir com o professor sobre suas medidas e suas hipóteses, podendo refletir sobre o desenvolvimento de sua prática experimental.

Laboratório Didático Tradicional

Também conhecido como Laboratório Didático Convencional ou Laboratório Didático Programado, é bem estruturado e, através de roteiros de trabalho, os alunos realizam os experimentos, verificam leis ou fenômenos e aprendem o método científico. Ao permitir que o aluno siga o roteiro de atividades passo-a-passo, essa abordagem facilita o planejamento de uma atividade dentro do tempo de aula, pois o aluno é guiado ao objetivo desejado, tornando-se a mais utilizada. Apesar de bem estruturado, o aluno coloca-se diante de algumas situações nas quais deve assumir o papel de executor da prática, mesmo que apenas em relação ao manuseio dos instrumentos de medição.

Laboratório Didático Demonstrativo e/ou Experiência de Cátedra

O Laboratório Didático Demonstrativo não envolve o aluno no seu desenvolvimento, de modo que o professor demonstrará aos alunos uma experimentação para ilustrar os conceitos físicos a fim de facilitar a sua aprendizagem e despertar seu interesse pela ciência. O professor é o único a interagir com os experimentos. Uma crítica comum a essa abordagem é que, sem a participação dos alunos, quem se diverte com a experimentação normalmente é o professor.

Ferreira aponta que, embora as experiências de cátedra sejam aplicadas como demonstrações, o manual da UNESCO⁸ sugere algumas normas para sua aplicação:

- 1) As experiências devem ser realizadas de maneira que obriguem os alunos a uma reflexão.
- 2) Os alunos devem ter plena consciência da finalidade da experiência.
- 3) Para o êxito das experiências, é imprescindível um plano de desenvolvimento das mesmas.
- 4) Uma vez realizadas pelo professor, as experiências devem ser repetidas pelos próprios alunos.
- 5) As diferentes partes da experiência devem ser seguidas com espírito crítico para que os resultados sejam indubitáveis.
- 6) Os ensinamentos deduzidos de uma experiência devem ser aplicados ao maior número possível de situação e problemas da vida corrente; nem sempre isto será fácil, mas é uma das razões fundamentais do ensino das ciências. (FERREIRA, 1978, p. 12)

⁸ Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura.

Ações didáticas realizadas nas escolas



Foto 13

Aula em sala ambiente na Escola 4 com material experimental.

Fonte: PELEIAS, G., 2012

Procuramos implementar algumas ações didáticas com inclusão de materiais experimentais, segundo diferentes estratégias.

Quadro 3

Ações didáticas com materiais experimentais desenvolvidas nas diferentes escolas.

Ações didáticas	Escola 1	Escola 2	Escola 3	Escola 4
Demonstração (aula de cátedra).	X	X	X	X
Laboratório Tradicional com roteiro.				
Observação de oficinas de construção de materiais didáticos em pequenos grupos, oferecidas por alunos do ensino médio a seus colegas.			X	
Oficinas de construção de materiais didáticos em pequenos grupos.				X
Atividade em grupo com roteiro.	X	X		X
Trabalho para casa com elaboração de roteiros de estudo.			X	X
Investigação para resolver um problema proposto.				X

As demonstrações ou aulas de cátedra foram ministradas em todas as escolas, normalmente associadas a aulas teóricas, e permearam conteúdos de mecânica, como dinâmica de rotação de corpos rígidos (GASPAR, 2000), e as três Leis de Newton (HEWITT,

2002). Mas na maior parte das atividades foram trabalhados os conteúdos de eletrostática (TIPLER, 1984; HEWITT, 2002; FEYNMAN *et al*, 2008) com material experimental desenvolvido por (FERREIRA e RAMOS, 2008), utilizando as salas de aula como espaço. Esta ação didática é centrada no professor e, por isso, durante a demonstração os alunos eram provocados a fazer previsões e a discutir entre eles e com o professor, o qual realizava perguntas desafiadoras sobre o que foi observado. As provocações variavam de acordo com o nível dos alunos, sempre inicialmente ilustrando conceitos e permitindo que os alunos elaborassem hipóteses a partir de suas *âncoras conceituais*. Quando corretas, as hipóteses eram verificadas experimentalmente, e quando incorretas, o professor encaminhava as discussões e através da exposição de conflitos conceituais e de verificações experimentais que não concordavam com as previsões ou hipóteses, eram criadas condições para os alunos reformularem suas *concepções contextualmente errôneas* (AXT, MOREIRA e SILVEIRA, 1990), permitindo sua *reformulação conceitual* de encontro ao conhecimento científico.

Todos os alunos pareceram gostar das demonstrações, pois não se apresentavam apáticos durante as aulas, apesar de os alunos da escola 1 evidenciarem muito medo de errar. Outro problema é que nem todos os alunos puderam participar ou acompanhar todas as atividades, e por isso é difícil afirmar se os alunos apresentaram suas respostas baseados em formulação dos conceitos ou porque havia uma lógica na sequência das perguntas, ou ainda se eles reproduziram o que algum colega afirmou. Além disso, cada aluno precisa de um tempo maior ou menor para pensar sobre o assunto.

Nas atividades em grupo com roteiro, os alunos recebem os experimentos didáticos em *kits*, e, de acordo com a atividade, eles podem seguir o roteiro escrito ou seguir as orientações do professor. Essa atividade foi ministrada nas escolas 1, 2 e 4, e o roteiro foi orientado pelo professor. Alguns elementos-surpresa envolvendo os fenômenos foram utilizados, de maneira a atrair a atenção dos alunos, a promover discussões sobre os fenômenos observáveis e a construir um modelo explicativo, tornando a atividade muito divertida. As análises utilizadas foram todas qualitativas, mas mesmo assim era possível ter ideia de relação de proporção e de ordem de grandeza. Apesar de ainda centrada no professor e estruturada, essas atividades não são meras ilustrações de conceitos.

As oficinas de construção de materiais didáticos de baixo custo foram desenvolvidas apenas na escola 4, onde, após construir os experimentos que lhes pertencerão, os alunos não se intimidaram com a sua manipulação. Normalmente, a oficina acompanha a atividade em grupo com roteiro, e quando associadas, os alunos mostram-se mais envolvidos com as atividades experimentais.

A investigação para resolver um problema proposto foi abordada na escola 4, onde, depois de algumas aulas de atividades em grupo com roteiro e de oficinas de construção desses experimentos didáticos, um problema foi proposto de modo que os alunos utilizassem as práticas experimentais para resolvê-lo. Sem roteiro de trabalho indicado pelo professor, eles seguiram diversos caminhos para resolver o problema. Essa atividade foi bastante interessante, pois, ao resolver o problema proposto, eles demonstraram que acompanharam as discussões sobre os conceitos e também haviam incorporado as práticas experimentais.

A Figura 13 é um exemplo de um dos alunos que, além de responder o que foi verificado experimentalmente, utilizou leituras realizadas fora do período de aula sem a solicitação do professor.

DTQRSS 31 10 2011

nome :
6ª série 1 Prof: André.

Perguntas

1º O canudinho é atraído pelo ímã? Explique.
R: Não. O que pode acontecer é se o canudinho estiver eletrostaticamente carregado, é o canudinho atrair o ímã, mas sem interferência magnética do ímã.

2º Eletroscópio é atraído pelo ímã? Explique.
R: Não. Se o eletroscópio estiver eletrostaticamente carregado, ele atrai o ímã, mas sem interferência magnética do ímã.

Figura 13: Fac-símile das respostas de um estudante da 6ª série

Perguntas

O canudinho é atraído pelo ímã? Explique.

Resposta do aluno: Não. O que pode acontecer é se o canudinho estiver eletrostaticamente carregado é o canudinho atrair o ímã (*sic*), mas sem interferência magnética do ímã (*sic*).

O eletroscópio é atraído pelo ímã? Explique.

Resposta do aluno: Não. Se o eletroscópio estiver eletrostaticamente carregado ele atrai o ímã (*sic*), mas sem interferência magnética do ímã (*sic*).

Esse questionário foi respondido em sala de aula, após o término da atividade de investigação para resolver um problema proposto. É importante deixar claro que o assunto “magnetismo” não foi trabalhado com eles, ou seja, o próprio aluno buscou esse conhecimento em livros de Física do ensino médio anteriormente à aula.

Aos alunos da escola 4, foi pedido que entregassem como trabalho para casa a elaboração de roteiro de estudo em que organizariam todas as discussões realizadas em sala de aula. Essa atividade não se mostrou muito interessante, pois poucos alunos entregaram, e os que entregaram, copiaram muitas informações da internet.

Alguns exemplos de conflitos conceituais gerados pelo professor para auxiliar os alunos na reformulação conceitual

Nas aulas de mecânica, é comum que mesmo os alunos - que já trabalharam as três Leis de Newton - apesar de não afirmarem claramente, tratem o conceito de inércia como se fosse o conceito de força. Um diálogo comum em aulas de cátedras que apresenta essa situação pode ser exemplificado no que se segue:

Professor: Quando lanço este giz verticalmente para cima e ele atinge seu ponto máximo e para, podemos afirmar que neste instante ele está em equilíbrio de forças?

Aluno: Sim.

Professor: O que significa dizer que um corpo está em equilíbrio?

Aluno: Significa que a soma de todas as forças é igual a zero (vetor nulo).

Professor: Ok. Olhe para este giz agora na minha mão parada em relação à Terra. Ele está em equilíbrio?

Aluno: Sim.

Professor: Por quê?

Aluno: Porque a força peso se anula com a força de sua mão.

Professor: Então se eu soltar o giz, quais forças atuarão sobre ele?

Aluno: Apenas a força peso.

Professor: Então quer dizer que quando eu não toco (seguro com a mão para ele não cair no chão) o giz, não há força para cima?

Aluno: Sim. (já um pouco mais reflexivo)

Professor: Explique por que o corpo fica equilibrado no instante em que ele está parado lá no alto (altura máxima da trajetória).

Nesse ponto o aluno está em conflito, pois seu modelo de inércia, a qual ainda se confunde com o conceito de força, não é suficiente para explicar o que é observado. Nem sempre o aluno consegue sair sozinho desse conflito, mas se ele conseguir, terá uma relação mais próxima tanto sobre o conceito de “inércia” quanto o de “força”.

Outro exemplo mais simples pode dar uma ideia da situação de conflito. A situação que se segue é a aproximação de um diálogo muito comum e que ocorre tanto entre alunos do segundo ciclo do Ensino Fundamental quanto no Ensino Médio. A situação é a aula de cátedra, e o conteúdo é eletrostática. Durante a aula o professor encosta o canudinho na parede e, quando solta, o canudinho cai no chão. Então ele atrita o canudinho com o papel higiênico e encosta novamente, mostrando que o canudinho agora permanece grudado na parede. Inicia-se a discussão:

Professor: Por que o canudinho ficou grudado?

Aluno: Por que você atritou (o papel no canudinho).

Professor: Mas por que ele gruda após eu atritar?

Aluno: Porque o canudinho esquentou.

Com isso, a resposta “Porque o canudinho esquentou” é colocada na lousa. Canudinhos e papéis são distribuídos aos alunos e outras perguntas são feitas, de modo que os alunos sejam estimulados a continuar o processo de questionamentos e verificações. E durante todo o processo o professor acompanha e orienta as discussões montando um painel na lousa. É comum que depois de uns dez minutos o mesmo aluno que afirmou que o canudinho está grudado porque esquentou, comece a questionar sua própria hipótese. Para isso, ele utilizou seu conhecimento sobre calor em sua análise.

Oficina de eletrostática

Supervisionamos o trabalho de alunos da escola 3, bolsistas de iniciação científica júnior, que, como parte de suas atividades, ofereceram uma oficina de construção de materiais didáticos de baixo custo a seus colegas de mesmo nível na mesma escola em que estudam. A sala de aula foi escolhida por eles como espaço para a realização das atividades.

Ao explicar como construir os experimentos em relação às suas dimensões, eles desenhavam as figuras na lousa, acabavam por revisar seus conhecimentos sobre os aspectos geométricos e ajudavam-se para realizar o cálculo das dimensões a serem recortadas em papel cartolina.

No início, eles decidiram construir todos os experimentos, mas, no decorrer das atividades, tomaram decisões e reformularam-nas na medida em que situações inesperadas ocorriam, de modo a administrar o tempo disponível. Após a construção dos experimentos, aplicaram um roteiro de atividades com uma sequência didática pré-estabelecida.

Todos ficaram mais animados após as verificações dos efeitos dos experimentos, e, como nessa etapa inicial eles não ofereciam explicação, a curiosidade era estimulada, tornando a atividade divertida e desafiadora. Foi possível perceber também que os próprios

bolsistas encontravam-se em diferentes situações em relação ao domínio dos conteúdos, pois enquanto alguns explicavam os conceitos de eletrostática, outros pareciam esclarecer algumas dúvidas.

Esta questão de entendimento dos conceitos ficou mais evidente quando, ao explicar que o fogo neutralizava o eletroscópio, um dos alunos afirmou que aquilo ocorria devido aos íons do fogo. Entretanto, demonstrou não ter clareza sobre o que é um íon, pois concluiu a explicação afirmando que íon “é um assunto que eles aprenderão no curso de Química”, sendo que esse mesmo aluno, no início das explicações, desenhou um ânion baseado no modelo atômico de Bohr para explicar que havia prótons e nêutrons nos materiais. E mesmo com esse desenho de cerca de um metro de diâmetro, que ainda estava na lousa, ele falou que íon era algo distante, quando ele poderia simplesmente apontar para a lousa. Isso mostra que à medida que ele explica alguns conceitos dos conceitos de eletrostática, ele mostra que seu conceito sobre íons ainda precisa ser melhorado, e é por isso que, apesar de fornecer uma explicação correta, ele não dominava muito bem aquilo que estava falando.

Para que o aluno explicador reformule suas concepções contextualmente errôneas é necessário que ele perceba essa necessidade, e caso isso não aconteça, cabe ao professor gerar condições para que o aluno preencha essas lacunas conceituais.

Com isso, ficou evidente que essa atividade experimental propiciou uma situação de aprendizagem para todos os que ali estavam, pois todos estavam envolvidos com o assunto proposto.

Experimentos didáticos de eletrostática

Selecionamos alguns conteúdos de eletricidade baseados nos experimentos de materiais de baixo custo e de fácil confecção sugeridos por Ferreira e Ramos (2008). Para as atividades, foram utilizados os experimentos desenvolvidos pelo autores que tratam dos conceitos de eletrostática: igrejinha eletrostática, eletroscópio de folhas, pêndulo simples, pêndulo duplo, gaiola de Faraday e eletróforo. Como mostram as fotos 14 a 21:

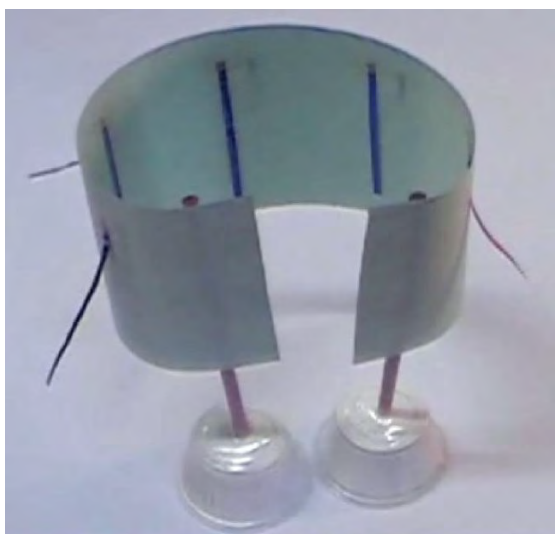


Foto 14
Gaiola de Faraday.



Foto 15
Pêndulo duplo.

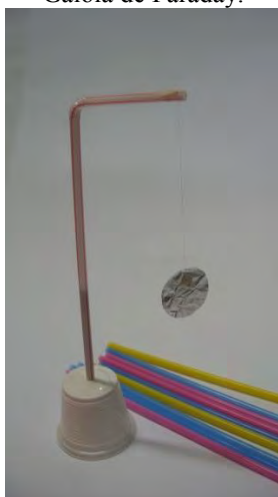


Foto 16
Pêndulo simples.



Foto 17
Igrejinha eletrostática.



Foto 18
Eletroscópio de folhas.



Foto 19
Capacitor.



Foto 20
Vetor eletrostático.



Foto 21
Eletróforo

A questão do baixo custo

A expressão “experimento construído com material de baixo custo” significa que o experimento é construído com materiais escolhidos por serem de simples obtenção e manipulação e fazerem parte do cotidiano do aluno, podendo ser adquiridos com certa facilidade. E por esses motivos, esse experimento possui vantagens didáticas quando comparado a experimentos construídos com materiais caros e de complexa montagem.

Segundo os autores Ferreira e Ramos, o material de baixo custo torna o conhecimento mais acessível aos alunos, na medida em que eles podem manipular os experimentos com cuidado, mas sem medo de estragá-los, e caso os danifiquem, o próprio aluno pode consertá-los; ademais, o aluno pode construir seus próprios experimentos copiando a construção de outros ou desenvolvendo variações dos experimentos. Para os autores, a ação de copiar a construção de um experimento permite ao aluno perceber detalhes importantes do experimento, assim

como os “macetes” para sua construção e, conseqüentemente, notar uma maior relação com os fenômenos observáveis acerca do experimento.

Os autores identificaram também que apenas montar o experimento não é uma atividade suficientemente desafiadora. Para isso, é necessária uma abordagem didática que propicie de maneira lúdica diversos desafios que, em forma de “brincadeira”, criem condições para que seu conhecimento intuitivo e suas previsões sejam conflitados com as observações.

Outro aspecto importante é que apesar de a questão do baixo custo adequar-se à situação das escolas públicas brasileira, a escolha desse tipo de material seria acertada mesmo em escolas de situações financeiras mais confortáveis; com isso, essa proposta não tenta ser uma solução à falta de recursos destinados à Educação Básica. Como os próprios autores citam, os problemas de políticas públicas são problemas políticos, e não devem ser resolvidos com remendo e boa intenção.

o equívoco que se costuma fazer ao aprovar esta proposta, é achar que ela é fantástica porque trabalha com material de baixo custo e fácil acesso, e é disto que nossa escola precisa. Não é nada disso! O material de baixo custo e fácil acesso é para que a criança possa adquiri-lo mesmo fora da escola, e também porque ele desmistifica as ‘caixas-pretas’, que escondem princípios elementares simples. O problema da pobreza na escola é um problema político, que tem que ser resolvido, custe o que custar, de forma política, não através de remendo e boa intenção! (FIGUEIREDO *apud* RAMOS, 1990, p. 141)

Nessa citação, o autor ainda coloca a questão de experimentos didáticos que são verdadeiras “caixas-pretas”, e não permitem contato do aluno com os aspectos elementares do experimento.

Laboratório Tradicional - Construção de um dinamômetro

Apenas na escola 3 foi aplicada uma aula tradicional com roteiro. A aula foi ministrada no horário da aula dupla de Física, e a turma com a qual ocorreu a atividade é a do primeiro ano do ensino médio, em que estavam presentes 39 dos 40 alunos. A professora informou que eles estavam estudando o conteúdo da Segunda Lei de Newton e que não seria oferecido o conteúdo de força elástica, pois o livro-texto fornecido pela escola que eles utilizam não possui tal conteúdo. Baseado em tais informações, foi desenvolvido um material de apoio (ver apêndice 1⁹) para auxiliá-los no acompanhamento das atividades.

A aula começou na sala com a retomada dos conceitos básicos de peso e massa, e com uma introdução ao conceito de força elástica, já com demonstração. Foi entregue a cada aluno

⁹ Houve duas correções em relação ao original, pois os equívocos foram percebidos após a impressão do material entregue aos alunos. Foram elas uma inversão do esboço do gráfico para ΔX em função do peso, e outra foi a adição de “tabelas 4 e 2”.

um elástico de borracha para que eles esticassem e verificassem que quanto mais esticado, mais difícil tornava-se esticá-lo ainda mais um pouco. Ainda na sala de aula, foi mostrada uma resistência de chuveiro que foi construída para outro fim, mas que possui propriedades elásticas de uma mola, e em seguida, foi apresentada a Lei de Hooke, sendo necessário retomar também os conceitos de equilíbrio estático e equilíbrio dinâmico. Por fim, foram dadas algumas instruções sobre como proceder no laboratório didático, e eles foram orientados a preocupar-se em trabalhar em grupo, e que tanto um aluno que não participasse quanto um outro que fizesse todo o trabalho sozinho prejudicariam todo o grupo.

Como o laboratório possui cinco bancadas centrais, a turma foi dividida em cinco grupos. Era previsto um atraso nas atividades, pois a turma era bastante agitada e também muito participativa. Parece contraditório, mas, ao participar, eles intervinham nas atividades, alterando o tempo previsto.

No laboratório, cada grupo ficou com duas cópias do roteiro “Construção de um dinamômetro” (ver apêndice 1), de modo que eles acompanhassem e preenchessem as duas cópias, uma que seria entregue ao professor estagiário, e outra, que ficaria com eles.

Os objetivos da aula seriam construção e calibração de um dinamômetro utilizando a Lei de Hooke, e utilização do dinamômetro para determinar a massa de um corpo feito de massa de modelar. Mas devido à previsão de atraso no andamento das atividades, optou-se por utilizar uma adaptação dos dinamômetros que já estavam construídos pela turma de estagiários do ano anterior, ficando apenas a parte de calibração e determinação do valor de uma massa desconhecida.

Iniciamos a leitura dos roteiros e, com o auxílio de um experimento montado, os primeiros procedimentos eram ilustrados, mas, no decorrer das atividades, eles recebiam menos instruções, de forma que os dois grupos que perceberam que seria possível continuar a leitura sem o auxílio do professor adiantaram-se em relação aos outros três, que demoraram a iniciar a leitura dos roteiros de maneira autônoma.

Alguns grupos apresentaram dificuldade ao preencher a tabela 3, pois não relacionavam o assunto com tabela 1, de onde constam os valores das massas das moedas. Houve algumas confusões ao determinar o valor da constante eletrostática da mola, pois, além de algumas dificuldades em relação a transformações de unidades, ao serem solicitados a determinar o peso dos pacotes de moedas a partir de suas massas alguns alunos não sabiam o que fazer. Entretanto, sabiam falar que “P” é igual à “mg”.

Mas com um pouco de ajuda eles pareceram entender melhor o conceito de peso. Outros alunos demonstraram uma confusão de interpretação da tabela 2, que apresenta a

deformação da mola (ΔX) em função do número de pacotes colocados no recipiente do dinamômetro. A confusão foi a seguinte: ao calcular a constante elástica, eles recorriam à tabela 2 e consideravam que ΔX era a massa. Ou seja, pareciam jogar valores sem entender muito bem o que estavam fazendo. Por esses motivos, algumas intervenções foram necessárias para que eles realizassem as atividades.

Apesar de ser uma atividade fora da rotina desses alunos, e possuir por si só um caráter de ambiente aparentemente informal por sair da sala de aula, houve preocupação por parte do professor em relação ao comportamento dos alunos. No entanto, mesmo havendo algumas poucas situações em que os alunos ficavam dispersos, na quase totalidade do tempo o envolvimento com as medições, interpretações do que o roteiro pedia para fazer e com as discussões que aconteciam entre eles mostraram-se envolventes por si só. Contudo, as discussões entre eles eram basicamente sobre a interpretação do roteiro.

As fotos a seguir mostram os momentos após a tomada de medida, quando eles tratam os dados, mediados pelos roteiros.



Foto 22

Alunos discutindo em grupo sobre os passos das atividades, orientados pelo roteiro.

Em relação à pergunta “É possível utilizar o dinamômetro para medir a massa desconhecida de um corpo?”, a proposta foi colocada para ser um desafio, permitindo que eles desenvolvessem a resposta de maneira menos estruturada. Mas devido à falta de tempo, um roteiro foi estruturado em lousa, de maneira que eles pudessem verificar experimentalmente o

valor da massa desconhecida. No final, cada grupo apresentou o valor da massa encontrada e, após uma breve discussão, a ordem de grandeza foi validada pelo professor estagiário.



Foto 23

Alunas discutindo em grupo sobre os passos das atividades, orientados pelo roteiro.



Foto 24

Alunos envolvidos com as atividades experimentais.

Dois alunos em grupos diferentes perguntaram se ao modificar a forma de um corpo, sua massa mudaria. Um dos alunos perguntou sobre o elástico, na aula teórica, e outro sobre a massa de modelar, na aula prática. A pergunta foi elogiada e colocada para os colegas, de modo que todos pudessem opinar a respeito. Para suscitar um pouco mais de espírito científico à discussão, foi perguntado aos alunos se havia alguma maneira de descobrir isso, e

a resposta tanto dos próprios proponentes da pergunta como de vários outros alunos, foi de que sim, e que bastaria medir a massa dos corpos. A partir daí, o professor organizou a resposta para auxiliar na compreensão de todos.

Experimento didático da pipoca e os primeiros passos para construção de um modelo

As atividades experimentais aconteceram na escola 3 fora do horário de aulas, das 14h às 18h, e os espaços foram uma pequena cozinha da escola utilizada pelos funcionários, e o laboratório de informática.

Esta aula aproxima-se ao Laboratório sob enfoque Epistemológico como descrito por Andrade (2011), entretanto seu caráter cientificista não foi evidenciado.

A atividade proposta consistiu em determinar o número de milhos de pipoca dentro de um pacote de pipoca para micro-ondas, através da análise dos sons emitidos pelas pipocas estourando captadas através de um microfone simples conectado a um computador portátil, e gravado com o *software* livre “Audacity”. Esse *software* exibe um gráfico da onda sonora em função do tempo, e possui diversas ferramentas que possibilitam a análise do gráfico. Isso permitiu que os alunos gravassem o som, e depois as análises do gráfico foram realizadas no laboratório de informática. Como apenas seis alunos participaram dessas atividades, eles se organizaram em duplas e analisaram um pacote de pipoca por dupla; assim, foram utilizados três pacotes de pipoca.

A atividade ocorreu em três etapas: coleta de dados; análise dos dados; e discussões. Na coleta de dados, eles permaneceram em silêncio, preocupando-se com um elemento essencial para evitar problemas na análise devido a algum som indesejado. Os alunos foram orientados sobre como utilizar o *software* e onde posicionar o microfone para gravar melhor o som das pipocas estourando para que eles mesmos efetuassem as medições.



Foto 25

Aluna utilizando o microfone para captar o som do estouro das pipocas, conectado a um computador portátil que utiliza o *software* livre *Audacity* para registro das informações.

Durante a primeira medição, todos ficaram em volta observando como proceder para realizar a gravação, e possivelmente alguns aspectos observáveis. Depois, apenas a dupla que estava realizando a gravação preocupava-se com o experimento, enquanto o restante esperava um pouco mais afastado e disperso da atividade. Uma aluna observou que, depois de certo tempo, o pacote de pipoca aumenta seu volume e encosta na lateral interna do forno de micro-ondas e para de girar, enquanto o prato girava sozinho. Eles pediram para comer as pipocas, e puderam fazer isso; entretanto, deveriam contá-las antes de comê-las, e no final ainda deveriam contar o número de milhos não estourados. Sendo assim, eles contabilizaram quantas pipocas estouraram e quantas não estouraram.



Foto 26

Alunos contando o número de pipocas, quando cada grupo analisou um pacote de pipocas.

Em seguida, no laboratório de informática, iniciamos a etapa de análise dos dados, que consistiu basicamente em contar picos do gráfico, associando inicialmente cada pico a uma pipoca estourando, e conseqüentemente, a um milho de pipoca que estaria dentro do pacote. Um dos alunos que chamaremos de “A”, sem ser solicitado, construiu um gráfico do número de pipocas estouradas em função do tempo, que acabou não sendo utilizado, pois as discussões posteriores tomaram outras direções. Após o aluno “A” utilizar o fone de ouvido do professor para ouvir o som como auxílio para análise, todos os seus colegas reproduziram a mesma ideia.



Foto 27

Alunos analisando o gráfico da intensidade sonora das pipocas estourando em função do tempo, através do *software* livre Audacity.

Na etapa das discussões, foi sugerido que eles sentassem em semi-circunferência e de frente para a lousa, e sempre que possível eram convidados a irem até ela para desenhar ou explicar suas ideias. No entanto, foi o professor quem mais escreveu na lousa e organizou as ideias a fim de direcionar as discussões.

Para iniciá-las, foi pedido que eles anotassem na lousa o número de pipocas estouradas e o número de milhos encontrados, e em seguida o número de estouros coletados pelo áudio. Imediatamente eles afirmaram que o número de milhos não estourados não poderia ser comparado com o número de pipocas contadas, pois “o milho não estourado não fez barulho”. O professor então começou a conduzir as discussões através de algumas perguntas e auxiliando na sistematização das idéias. Primeiramente foi desenhado um esboço do gráfico por eles analisados; o professor perguntou como eles o analisaram. Eles afirmaram que cada pico no gráfico correspondia a uma pipoca estourando, e que havia uma sequência “contínua” de som (ruído de fundo) que foi considerada no esboço.

Imediatamente o aluno “A” afirmou que viu em algum lugar do qual ele não se lembrava que quando um milho estoura, ele forma uma ou mais pipocas, então foi à lousa e desenhou um esquema. A partir de então, os alunos começaram a levantar diversas hipóteses, e o professor anotou todas as idéias na lousa de modo que eles pudessem visualizá-las de maneira panorâmica e refletir sobre cada afirmação a qualquer momento.

Os alunos afirmaram que: “um estouro pode ser mais de um milho estourando”; “um milho pode estourar e não ser detectado pelo microfone ou ser pouco detectado pelo microfone”. Sobre essa afirmação, eles foram questionados sobre quanto seria esse pouco. Então, com o auxílio do esboço do gráfico, afirmaram que poderia ser um som menor que os demais, ou então menor que o próprio ruído de fundo. Afirmaram também que “o som poderia ser do milho balançando”, e o “som da pipoca colidindo com o papel”; Ao serem questionados sobre a influência do som externo, eles afirmaram que “o microfone não detecta sons distantes”.

Em seguida, a seguinte pergunta foi colocada: “Seria possível determinar exatamente o número de milhos dentro do pacote de pipocas de microondas através do método utilizado, ou seja, analisando gráficos com o *Audacity*? Foi pedido para que cada aluno respondesse individualmente, porém diante de todos, como um início para as discussões. O primeiro aluno respondeu de maneira pouco reflexiva simplesmente “talvez”; o segundo aluno pensou mais um pouco e afirmou que “Sim. Dependendo dos equipamentos, como a qualidade do microondas (mais silencioso) e a qualidade do microfone (capacidade de detectar estouros com volume menor de som)”; o terceiro aluno afirmou que “Não. Pois de acordo com as discussões realizadas (falta de um modelo para explicar o mecanismo de estouro da pipoca), a detecção do estouro da pipoca pode não estar relacionada com o número de milhos que estão no pacote”. Os demais concordaram com as idéias de um ou de outro colega.

Na tentativa de conduzir um pouco as discussões, o professor sugeriu que havia, a partir das discussões dos alunos, duas situações a serem analisadas. Na primeira, o equipamento limitava a investigação, e na segunda, a investigação era limitada devido à falta de um modelo adequado sobre como a pipoca estoura de modo a relacioná-lo com os sons utilizados.

Com isso, foi feita a seguinte pergunta adicional: “E se o forno de micro-ondas e o microfone fossem ideais para a medição, seria possível determinar o número de milhos de pipoca por este método?” Os alunos pensaram bastante e discutiram entre eles, e foi consenso que isso poderia melhorar a análise, mas ainda não seria possível determinar “exatamente” o número de milhos. Então o aluno “A” leva a discussão para o outro lado, sugerindo uma

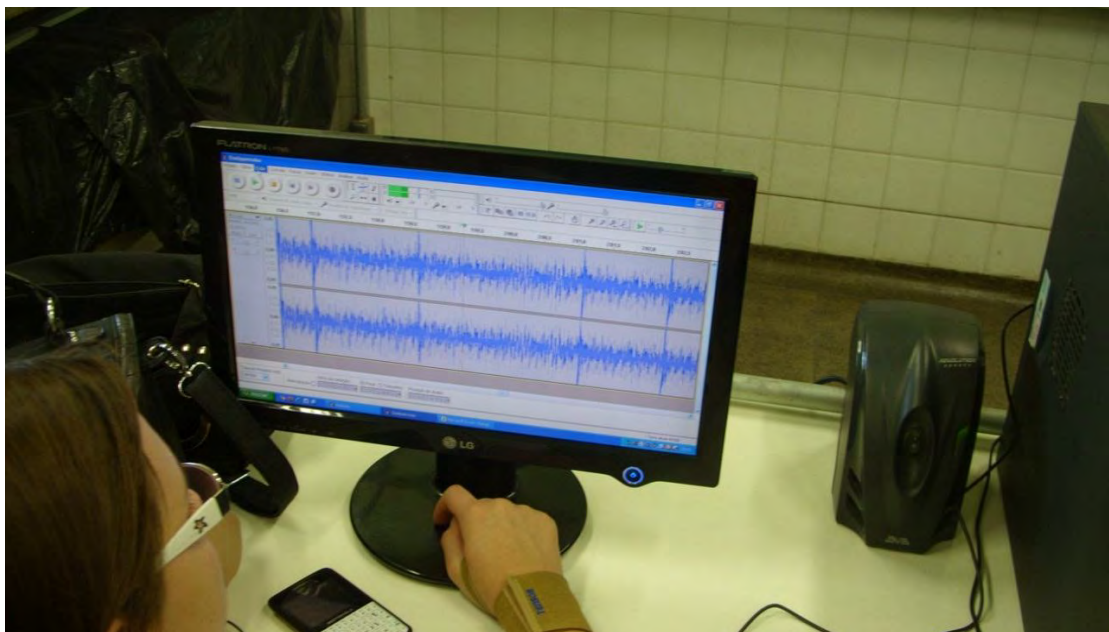
melhora no modelo de estouro da pipoca. Segundo este aluno, para verificar se o que ele ouviu dizer, ou seja, “Quando um milho de pipoca estoura mais de uma pipoca é formada, basta colocar dez milhos de pipoca em uma panela, estourar, e depois contar quantas pipocas foram feitas”. O professor perguntou o que os colegas pensavam a respeito, e todos concordaram com a afirmação, mas o aluno “C” afirmou que isso não funcionaria no caso de haver um “milho anômalo” no pacote. O professor então discutiu que, exceto pela ideia do “milho anômalo”, uma das características para iniciar a criação de um modelo para como o milho estoura pode ser verificada pela proposta do aluno “A”.

Em relação à ideia de “milho anômalo”, o professor fez a seguinte pergunta: “Como saber se existe algum milho anômalo no pacote?”. Então os alunos discutiram que o milho anômalo pareceu uma hipótese que impossibilitaria afirmar com certeza o número de milhos dentro do pacote, pois independentemente do modelo que seja criado, uma anomalia seria algo fora do previsto. Com isso, os alunos começaram a discutir sobre a possibilidade de afirmar com maiores ou menores chances de acerto e não com certezas, e concluímos que é possível melhorar modelos, mas não é possível afirmar com certeza o número de milhos dentro do pacote, através do método utilizado.



Foto 28

Alunos discutindo entre eles os resultados da experiência da pipoca, enquanto o professor, que conduzia as discussões, registrava em foto a situação de aula.

**Foto 29**

Aluna analisando a onda sonora como o *software* Audacity.

A sala de informática possui 18 computadores novos e em bom funcionamento, com acesso à *internet*. Para auxílio do professor, há um *software* (Foto 30) com o qual o professor pode, por exemplo, tornar sua tela visível nos monitores dos alunos para facilitar a comunicação durante alguma explicação. O professor também pode monitorar as atividades de cada aluno, facilitando o auxílio quando necessário.

**Foto 30**

Sistema de monitoramento das atividades dos alunos na sala de informática.

A figura 14 apresenta a interface do *software Audacity*, que, além da vantagem de ser disponibilizado gratuitamente, possui diversas ferramentas para edição do som gravado, permitindo realizar, por exemplo, a medição do tempo de duração de um som em milésimo de segundo. Esse recurso não foi utilizado por não ser o foco dessa atividade.

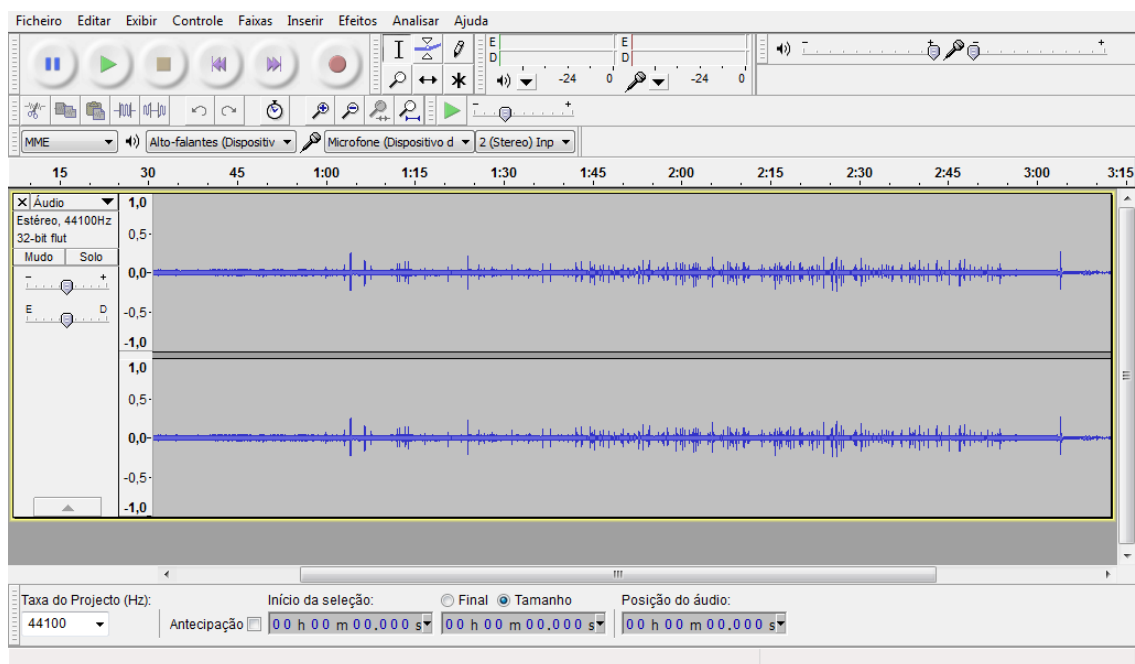


Figura 14
Interface do *software* livre *Audacity* de análise do áudio.

Experimentos didáticos e suas possibilidades em nossas observações

As demonstrações de cátedra, realizadas nas intervenções, em sua maior parte aproximaram-se da concepção de laboratório de cátedra relatada por Ferreira (1978), na qual os alunos participam com os próprios experimentos e pouco se parece com a aula de demonstração na qual somente o professor realiza a prática experimental. As oficinas para construção de experimentos associadas às atividades para resolver um problema permitiram que essas estratégias aproximassem-se do laboratório divergente. O experimento de construção de um dinamômetro já havia sido pensado como laboratório tradicional, e foi assim que funcionou. A atividade da pipoca aproximou-se do Laboratório Didático Sob Enfoque Epistemológico, porém semi-estruturado e sem o caráter cientificista, sendo entre as estratégias didáticas a única que não se preocupou com a verificação/compreensão de um fenômeno físico.

Atividades experimentais mostram-se interessantes mesmo quando possuem roteiro bem estruturado, pois os alunos trocam mais informações entre eles mesmos, trabalham em

grupo, desenvolvem uma relação com os conceitos de maneira mais ativa, além da possibilidade de comparar e discutir tanto os conceitos físicos envolvidos quanto as dificuldades envolvidas no processo de investigação científica. Esta ação parece possuir alguns benefícios, principalmente pela possibilidade de os alunos, como, por exemplo, no laboratório tradicional, participarem um pouco mais do processo de construção do próprio conhecimento, visto que a aula não é centrada no professor, e que a leitura e interpretação do roteiro também constituem parte das ações formativas.

Como não é possível simplesmente transferir o conhecimento para os alunos (FREIRE, 1987), o processo de ensino e aprendizagem pode ser muito longo, no qual o entendimento sobre os conceitos de Física são continuamente reformulados. Por isso, a experimentação pode auxiliar na reformulação de conceitos já pré-estabelecidos, estabelecer bases que servem de apoio para melhor entendimento desses conceitos, e, ainda, criar bases para o entendimento de novos conceitos. Essa relação não é linear, assim como não há uma linha divisória entre as etapas da aprendizagem. As relações entre os alunos e os conceitos dão-se de forma dialética em que, na medida em que os conceitos são melhor entendidos, os alunos ampliam suas relações com os conceitos e modificam-se enquanto sujeitos cognoscentes capazes de relacionar-se com suas observações.

Outro ponto interessante é o fato de o professor, durante a aula, não perceber três alunos com as mochilas nas costas. Isso permite ter alguma ideia do quanto é difícil para um professor controlar tudo o que se passa com os alunos durante a aula, reforçando ainda mais a necessidade da abordagem didática não colocar o professor como o centro das atenções, pois nem que o professor esforce-se ao máximo, ele consegue tratar de todos os alunos e considerar as diferentes maneiras de aprendizagem de cada um deles. E ainda assim, muitas vezes na tentativa de controlar a sala o professor acaba recorrendo a diversas formas de violência que pode ir desde as mais rústicas como bater na mesa ou gritar (ou os dois) até algumas mais sutis, como chantagear os alunos com a possibilidade de reprovação. Sobre esse ponto, concluímos que, ao elaborar suas estratégias didáticas, é recomendável que o professor priorize o foco no aluno.

Foi possível verificar um contraste muito evidente entre alunos do nível médio que possuíam atividades experimentais, como os alunos da escola 2, e os que não possuem essas atividades em suas aulas, principalmente em relação aos cinco grupos citados por Blosser. É interessante que nesse ponto os alunos do ensino fundamental parecem ser muito mais desenvolvidos em alguns dos grupos descritos por Blosser:

- (a) habilidades – de manipular, questionar, investigar, organizar e comunicar; sendo que apenas na parte “organizar e comunicar” eles precisam de mais orientação;
- (b) conceitos – como hipótese, modelo teórico;
- (c) habilidades cognitivas – pensamento crítico, solução de problemas, aplicação, análise, síntese; e principalmente no grupo;
- (e) atitudes – como curiosidade, interesse, correr risco, objetividade, precisão, confiança, perseverança, satisfação, responsabilidade, consenso, colaboração, gostar de ciência.

Os alunos do ensino fundamental gostam muito de ciências, e o destaque dado a isso se justifica na medida em que não é comum encontrarmos essas características nos alunos do ensino médio.

Com base nas observações durante as atividades, foi possível perceber que é possível planejar diversas atividades experimentais a fim de propiciar condições para o desenvolvimento de algumas das habilidades que, segundo Shulman e Tamir (*apud* BLOSSER, 1998), justificariam o uso do laboratório didático.

Considerações finais

Segundo Macedo (1976), a experimentação é uma ação possível no desenvolvimento do trabalho científico, consolidada inclusive com os nomes de sua própria história:

Experiência. Fís. Realização controlada de um fenômeno com o intuito de evidenciá-lo, de analisar as condições de sua efetivação, de medir parâmetros que lhes sejam pertinentes. Até meados do século XX, muitas experiências foram decisivas para demonstrar a veracidade de uma teoria, ou tiveram importância marcante para o desenvolvimento da Física. Receberam, por isso, a perpetuação de serem nomeadas pelos seus autores. Outras experiências pioneiras transformaram-se em métodos de medida rotineiros e difundidos, nomeados pelos seus iniciadores. (MACEDO, 1976, p. 148)

Chalmers (1994) salienta, por sua vez, que os experimentos científicos são em geral eventos artificialmente construídos para proporcionar o estudo de determinado fenômeno natural:

Existem poucas regularidades observáveis a discernir no mundo observável à nossa volta, de modo que, por exemplo, os que defendem generalizações como “objetos mais densos que a água afundam” são rebatidos por agulhas que flutuam e insetos de água. O mundo natural não se comporta de maneira suficientemente regular, de modo a permitir discernir regularidades sem exceções, embora o sistema solar quase sirva como uma exceção. Como demonstrou a nossa discussão sobre as inovações de Galileu, em certo sentido a experimentação proporciona a resposta para esse problema. Podemos construir artificialmente situações físicas em que as regularidades do tipo humeniano obtêm, por exemplo, que uma determinada mudança na força da corrente exposta por um amperímetro seja sempre seguida pelo mesmo deslocamento de um ponto numa tela fluorescente. (...) As provas que dão apoio às leis científicas são obtidas em situações experimentais artificiais, mas pressupõe-se que as leis assim identificadas apliquem-se também fora de tais situações. (CHALMERS, 1994, p. 91 e 92)

Essa valiosa atividade científica, entretanto, não se dá na docência. Quando tratamos neste trabalho do papel do *Laboratório* e da *Experimentação*, é preciso reforçar que o objetivo da nossa experimentação é a atividade de ensino, a experimentação didática. São focos de nossa atenção nesse sentido não apenas de conceitos de Física, mas também de habilidades e competências, assim como estimular o desenvolvimento cognitivo.

Dessa forma, a importância de uma atividade experimental planejada no âmbito escolar é o seu caráter didático e quais objetivos educacionais pretendem-se alcançar com esse instrumento para o Ensino de Física.

Por isso, esses objetivos cognitivos – no campo da ação pedagógica – são mais importantes que confirmar, por exemplo, a Lei de Hooke com a exatidão de vários algarismos significativos após a vírgula, ou ainda, verificar a precisão das medições, repetindo-se o procedimento demasiadas vezes (salvo, por exemplo, o caso em que o objetivo é tratar sobre exatidão e precisão).

Muitas vezes, quando se realiza uma atividade experimental para fins didáticos desconsiderando as irregularidades da natureza, escolhemos observar apenas as relações previstas por um modelo e consideramos que o resultado final do trabalho foi tão bom quanto mais próximo nossos resultados ficaram do previsto. O problema é que com isso retiramos da nossa prática toda a riqueza da atividade experimental, reduzindo-a à mera ilustração dos conceitos teóricos. Com isso, muitas vezes promove-se uma visão ingênua e dogmática da ciência, de modo a não questionar o conhecimento já construído e, além disso, não se aproveita para promover desequilíbrios cognitivos que possam auxiliar no desenvolvimento da curiosidade epistemológica dos alunos.

Estudando a prática escolar a partir de uma amostra de escolas na cidade de Rio Claro, percebemos claramente que, embora a experimentação didática para o Ensino de Física seja recomendada nos textos curriculares e valorizada pelos docentes e alunos, os laboratórios das escolas raramente funcionam como laboratório didático de ciências. Nas escolas que estudamos e trabalhamos, os laboratórios – quando existentes – eram utilizados para outras finalidades, tais como laboratório de informática, sala de reunião de professores, depósito de materiais, estando desativados ou mesmo quando em atividade.

Contudo, as observações realizadas dos laboratórios (sem uso ou desativados), assim como de diversos materiais didáticos produzidos, apontam que houve preocupação com o uso de laboratório no Ensino de Física. Pelas condições em que se encontram esses espaços e materiais, verificamos que, tanto as atividades experimentais quanto os espaços a elas dedicados não estão considerados de maneira sistemática nas ações dos professores.

Vimos que mesmo na escola 3, onde as atividades no laboratório de informática fazem parte da grade de horários dos alunos, o mesmo não ocorre em relação ao uso do laboratório de ciências. Além disso, em tal escola notamos que o laboratório de informática é bem organizado, bem cuidado e há inclusive um *software* para auxiliar o professor nas práticas didáticas e no gerenciamento e monitoramento das atividades dos alunos. Pelas observações realizadas nas quatro escolas, fica claro que o uso deste espaço para experimentação não é uma preocupação do conjunto de docentes. Sobre esse ponto fica a pergunta: por que os laboratórios dessas escolas deixaram de ser utilizados para atividades experimentais? A resposta não parece ser simples, assim como não deve haver uma única. Os diversos (des)caminhos que relegaram os laboratórios ao abandono precisam ser cuidadosamente investigados e aprofundados.

Com a pesquisa documental foi possível identificar que a contradição permanece: ao mesmo tempo que o Congresso Nacional decreta a aprovação do Plano Nacional de Educação

para o decênio 2011 – 2020, com vistas ao cumprimento do disposto no art. 214 da Constituição Federal de 1988, outro nível da esfera pública – a Fundação para o Desenvolvimento da Educação – produz o documento “Programa arquitetônico”, que desconsidera a construção de laboratório didático de ciências. Isso mostra que parte dos entraves para espaços físicos dedicados à experimentação ocorre em esferas que estão além da escola.

Para além de tais contradições, consideramos que mesmo que as condições atuais – como falta de espaço específico para atividades experimentais, com laboratórios didáticos equipados com infraestrutura e equipamentos – a sala de aula pode ser um espaço alternativo e viável para o uso de procedimentos de ensino que considerem materiais didáticos experimentais. Entretanto, reafirmamos: isso não significa que o laboratório é dispensável.

Percebemos ser possível realizar propostas experimentais muito interessantes, com baixo custo, até mesmo em situações consideradas adversas, como com excesso de alunos em sala de aula. No caso dos materiais de baixo custo, os experimentos puderam ser manipulados com mais liberdade, evitando a inibição do aluno frente ao experimento.

Constatamos que embora outras possibilidades atraentes de informação, comunicação e entretenimento sejam oferecidas aos estudantes por meio, por exemplo, da *internet*, os alunos interessam-se por experimentos didáticos, construídos com materiais do dia-a-dia, ao ponto de levarem *kits* para suas casas e mostrarem a seus amigos e familiares.

Em vista da metodologia que utilizamos nas estratégias didáticas, privilegiando o diálogo, a observação e o questionamento, assim como permitindo que os alunos tragam seus conhecimentos prévios para as discussões, foi possível verificar que os alunos de todas as escolas e em diferentes níveis de ensino ficaram animados por serem chamados a participar da explicação dos fenômenos. Essa animação aumentava quando percebiam que suas respostas erradas não causava nenhum prejuízo a eles; pelo contrário: com ajuda dos colegas e do professor o questionamento conceitual acontecia como uma parte do processo de aprendizagem.

As vivências positivas com as atividades experimentais relatadas neste trabalho mostram que diminuir os espaços para abordagens didáticas experimentais nas escolas impossibilita aos alunos diversas situações de ensino de Física, assim como o desenvolvimento de algumas habilidades e competências não usuais nas atividades escolares.

É nesse sentido que o laboratório didático de ciências aliado ao uso de atividades didáticas experimentais para o Ensino de Física faz-se importante, pois ele é um espaço dedicado a essas atividades.

Referências

- ALVES FILHO, J. P. **Atividades experimentais: do método à prática construtivista**. Doutorado – Tese. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2000.
- ANDRADE, J. A. N. **Contribuições formativas do laboratório didático de física sob o enfoque das racionalidades**. Dissertação – Mestrado, UNESP Bauru, 2011.
- ARRUDA, S. M. & LABURÚ, C. E. Considerações sobre a função do experimento no ensino de ciências. In NARDI, R. (org). **Questões Atuais no Ensino de Ciência**, Escrituras: São Paulo, p. 53-69. 1998.
- AXT, R., MOREIRA, M. A.; SILVEIRA, F. L. Experimentação seletiva e associada à teoria como estratégia para facilitar a reformulação conceitual em Física. **Revista de Ensino de Física**, v. 12, p. 139-158, 1990.
- AZEVEDO, G. A. N., BASTOS, L. E. G, BLOWER, H. S. Escolas de ontem, educação hoje: é possível atualizar usos em projetos padronizados? **Anais do III Seminário Projetar**, 2007.
- BARRA, V. M.; LORENZ, K. M. Produção de materiais didáticos de ciências no Brasil, período: 1950 a 1980, **Ciência e Cultura**, 38(12), 1986.
- BELTRAME, M. B., MOURA, G. R. S. **Edificações escolares: infra-estrutura necessária ao processo de Ensino e aprendizagem escolar**. Revista eletrônica “Revista Travessias” Vol. 3, nº 2, 2009 publicada no site <http://e-revista.unioeste.br/index.php/travessias/article/view/3378>
- BLOSSER, P. E. O Papel do laboratório no Ensino de Ciências. **Cad. Cat. Ens. Fis.**, 5(2), p. 74 a 78, 1988.
- BRASIL, CÂMARA DOS DEPUTADOS, Série AÇÃO PARLAMENTAR **Projeto de Lei do Plano Nacional de Educação (PNE – 2010/2020)**, p. 31 a 33, 2010.
- BRASIL, FUNDESCOLA, **Espaços educativos**. Ensino fundamental. Subsídios para elaboração de projetos e Adequação de edificações escolares/Elaboração Rogério Vieira Cortez e Mário Braga Silva, Coordenação geral José Maria de Araújo Souza. Brasília : FUNDESCOLA/ MEC, 2002
- BRASIL, **Projeto de Lei do Plano Nacional de Educação (PNE – 2001/2010)**, 2001.
- CACHAPUZ et al, **A necessária renovação do Ensino das Ciências**, São Paulo: Cortez, 2005.
- CHALMERS, A. F. **A fabricação da Ciência**. São Paulo: EDUNESP, 1994.
- CHALMERS, A. F. **O que é ciência, afinal?** São Paulo: Brasiliense, 1993.
- CONANT, J. B. (Org) **General Education in a Free Society**: Report of the Harvard Committee, Harvard University Press, Cambridge, 1945.
- CRUZ, C. H. B., CHAIMOVICH, H. **Relatório da UNESCO sobre Ciência 2010**: o atual *status* da ciência em torno do mundo, p.43 Tradução para o português dos capítulos 1 e 5.
- DOURADO, L. F. Ensino médio e educação profissional *A ruptura com o dualismo estrutural*. **Revista Retratos da Escola**, Brasília, v. 5, n. 8, p. 11-24, jan./jun. 2011. Disponível em: <<http://www.esforce.org.br>>
- FERREIRA, N. C. e RAMOS, E. M. de F. **Cadernos de instrumentação para o ensino de física: eletrostática**, Rio Claro: UNESP/IB, 2008.

FERREIRA, N. C. **Proposta de laboratório para a escola brasileira** – um ensaio sobre a instrumentação no Ensino Médio de Física. Instituto de Física, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, 1978.

FEYNMAN, R. P.; Leighton, R. B.; Sands, M. **Lições de Física**. Porto Alegre: Bookman, 2008.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**, 17^a. ed. Rio de Janeiro, Paz e Terra, 1987.

GAMA, H. U., HAMBURGER, E. **Pesquisas sobre o ensino de física**: Resumos das Dissertações de Mestrado em Ensino de Ciências, modalidade Física, apresentadas nos anos de 1976 a 1982. Instituto de Física e Faculdade de Educação Universidade de São Paulo. Edição preliminar IFUSP, maio, 1990.

GASPAR, A. Cinquenta anos de Ensino de Física: Muitos equívocos, alguns acertos e a necessidade do resgate do papel do professor; *in Atas do XV Encontro de Físicos do Norte e Nordeste*. SBF: São Paulo; 2002.

GASPAR, A. et al. **Física Ensino Médio** – Telecurso 2000, São Paulo: Fundação Roberto Marinho, 2000.

GASPAR, A. **Física Série Brasil**. São Paulo: Ática, 2008.

HEWITT, P. G. **Física Conceitual**. Porto Alegre: Bookman, 2002

KRASILCHIK, M. **O professor e o currículo de Ciências**. São Paulo: EPU, 1987.

LABURÚ, C. E. Controvérsias construtivistas. *Cad.Cat.Ens.Fís.*, v. 18, n. 2: p. 152-181, 2001.

MACEDO, H. **Dicionário de Física Ilustrado**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira. 1976

MATTHEWS, M. R. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. *Cad. Cat. Ens. Fís.*, v. 12, n. 3: p. 164-214, 1995.

MOREIRA, M. A. e MASINI, E. F. S. **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Moraes, 1982.

Physical Science Study Committee (PSSC), **Physics** (Parte 1), Edart: S. Paulo, 1962.

RAMOS, Eugenio M. de F. **Brinquedos e Jogos no Ensino de Física**, dissertação (mestrado), USP: São Paulo, 1990.

RODRIGUES, B. A., BORGES, A. T., O ensino de ciências por investigação: reconstrução histórica. **Anais do XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física** – Curitiba – 2008.

SÃO PAULO (Estado), SE, CENP, **Proposta Curricular para o Ensino de Física no Ensino Médio**, São Paulo: CENP, 2008.

SÃO PAULO, **Resolução SS-493**, de 8/9/94 Aprova Norma Técnica que dispõe sobre a Elaboração de Projetos de Edificação de Escolas de , 1º e 2º graus do Estado de São Paulo, 1994.

SARTORELLO, J. H., REISS, M. e RAMOS, E. M. F. Ensino de física e iniciação à docência – um relato do projeto PIBID em Rio Claro, *in Atas do I Encontro PIBID*, UNESP: São Paulo, 2011.

TIPLER, P. A. **Física para Cientistas e Engenheiros**, volume 2. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1984.

Apêndice 1

CONSTRUÇÃO DE UM DINAMÔMETRO

Utilizando os Conceitos de Força Elástica – Lei de Hooke

Objetivos:

- Construção e calibração de um dinamômetro utilizando a Lei de Hooke;
- Utilizar o dinamômetro para determinar a massa de um corpo feito de massa de modelar.

INTRODUÇÃO

Você já notou que quando puxamos um elástico ou apertamos uma mola, quanto mais eles são deformados, fica mais difícil deformá-los ainda mais um pouquinho? Você sabe explicar por que isso acontece?

Isso acontece porque a força aplicada não é constante. E quanto mais deformamos a mola ou o elástico, maior é a força necessária para mantê-los esticados.

Segundo a Lei de Hooke, a força aplicada a uma mola é diretamente proporcional à variação do comprimento da mola, ou seja, a força é igual a um valor constante (simbolizado pela letra k) multiplicado pela variação do comprimento da mola. Com isso, temos a seguinte função:

$$F = k \times \Delta X$$

Onde: F é o módulo da força aplicada; k é a constante da mola; e ΔX é a variação de comprimento da mola.

Observação: Como a força aplicada é de sentido contrário ao movimento, se considerarmos o sentido do movimento positivo (que é o mais comum), o sentido da força será negativo e por isso a função é: $F = -k \times \Delta X$. Trabalharemos com o módulo da força.

MATERIAL UTILIZADO

- Espiral para encadernação (mola);
- Copinho plástico para café (recipiente);
- Barbante;
- Régua com escala graduada;
- Suporte para montagem;
- 05 pacotes de moedas (para utilizar como massas).

PROCEDIMENTOS

1. Monte o experimento conforme orientação;

2. Meça o comprimento da mola com o recipiente vazio e anote-o na tabela 2. Em seguida, adicione pacotes de moeda um a um, anotando na tabela 2 o novo comprimento da mola para cada pacote adicionado;
3. Leia o texto explicativo e preencha a tabela 4;
4. Construa um gráfico da força peso em função da variação do comprimento da mola. conforme figura 1.

Tabela 1: Massas das moedas.

Valor (R\$)	Massa (g)	Incerteza (g)
1,00	4,30	$\pm 0,07$
0,50	3,95	$\pm 0,07$
0,25	4,74	$\pm 0,08$
0,10	3,56	$\pm 0,08$
0,05	3,27	-----

TABELAS A SEREM PREENCHIDAS

Tabela 2: Variação do comprimento da mola (ΔX) de acordo com o número de pacotes de moedas colocados no recipiente (diferença entre o comprimento inicial e o atual).

nº de pacotes						
Comprimento da mola (m)						
ΔX (m)						

Tabela 3: Massa em cada pacote

Valor das moedas do grupo (em R\$)	Massa de cada moeda (em kg)	Nº de moedas por pacote	Massa de cada pacote “m” (em kg)

Neste experimento, chamaremos de “m” o valor da massa de cada pacote.

A força que estica a mola é a força com que a Terra atrai as moedas, conhecida também como **força gravitacional**. E quando encontramos o **peso** das moedas, encontramos essa força.

Como encontrar o peso de cada pacote de moedas? Lembramos que pela Segunda Lei de Newton: $F = m \times a$, onde: **F** é o módulo da força; **m** é a massa do pacote de moedas; e **a** é a aceleração do pacote devido o campo em que ele está inserido. Como o pacote está no campo gravitacional (assim como todos nós!), a força é a **peso** e a equação fica assim:

$$P = m \times g$$

Onde: **P** é a força peso; **m** é a massa do pacote; e **g** é a aceleração gravitacional.

Com isso, para preencher o item peso **P** na tabela abaixo, basta multiplicar o valor da massa **m** pelo valor da aceleração gravitacional **g**.

Tabela 4: Determinação da constante elástica da mola.

nº de pacotes	Soma das massas m (kg)	Aceleração gravitacional g (m/s ²)	Peso P (N)	Constante elástica da mola k (N/m)

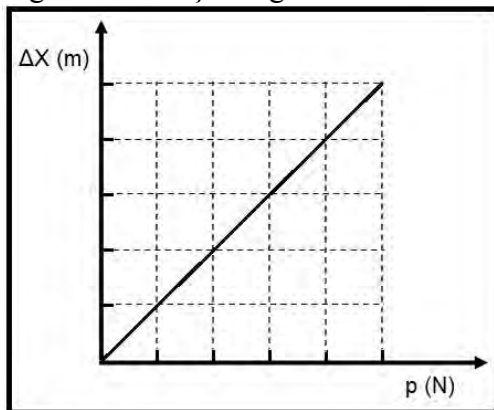
Agora calcule a média aritmética dos valores de **k** encontrados e anote-a abaixo (lembre-se de colocar também a unidade de medida):

Constante elástica da mola (k): _____

Compare o valor de **k** que você encontrou com os encontrados pelos seus colegas. Anote aqui os valores encontrados por seus colegas:

Agora utilize os valores das tabelas 4 e 2 e construa o esboço do gráfico de ΔX em função de **P**, conforme figura 1 no espaço indicado.

Figura 1: Esboço do gráfico ΔX X **P**



Existe limite para valores de ΔX ? Discuta com seus colegas e responda abaixo:

É possível utilizar o dinamômetro para medir a massa desconhecida de um corpo? Discuta com seus colegas e encontre uma solução.

Anexo 1



SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO
COORDENADORIA DE ENSINO DO INTERIOR
DIRETORIA DE ENSINO – REGIÃO DE JUNDIAÍ – JUNDIAÍ
 Av. 9 de Julho, 1300 – Chácara Urbana – Jundiaí/SP – ☒ CEP 13.209-011
 ☎ Fone/Fax (0XX11) 4583-6100

AUTORIZAÇÃO DE ESCOLAS PARTICULARES

PRÉDIO ESCOLAR – Exigências Mínimas

Fundamento legal: Decreto Estadual 12.342/78, Resolução SS-493/94,
 Deliberação CEE nº 06/95, Parecer CEE 140/97,
 Deliberação CEE 01/99, Lei Estadual nº 11.887/2005.

Os prédios destinados a Escolas de Educação Infantil, Ensino Fundamental, Ensino Médio e Educação Profissional Técnica de nível médio, deverão, obrigatoriamente, atender aos princípios de bem-estar do usuário, apresentando:

- espaço suficiente para os alunos no seu desempenho escolar;
- iluminação natural suficiente;
- ventilação natural com dispositivos abrir-fechar nas salas de aula e demais ambientes, em quantidade suficiente para a troca de ar;
- corredores, escadas e rampas dimensionadas para oferecer escoamento e segurança em todos os ambientes;
- área externa para recreio, de dimensões adequadas e suficientes para atender o número previsto de alunos e em local ensolarado e ventilado;
- instalações sanitárias suficientes, em qualidade e quantidade, para todos os usuários da escola;
- adequação das edificações e do mobiliário à pessoa deficiente;
- água potável suficiente para atender à demanda e em quantidade estabelecida por normas da ABNT;
- esgotamento sanitário de acordo com as normas da ABNT.

Os ambientes que compõem a edificação escolar e que são considerados como mínimos necessários para o desenvolvimento satisfatório das várias atividades são:

1- Salas de Aula

- dimensão mínima: 20m²;
- quantidade mínima, considerando o funcionamento do curso em dois turnos:
 - Educação Infantil: 2 salas de aula, excetuando-se o espaço e ambientes reservados aos alunos do berçário;
 - Ensino Fundamental: 5 salas de aula;
 - Ensino Médio: 2 salas de aula;
- área mínima: 1,00m² por aluno lotado em carteira dupla e 1,20m², quando em carteira individual;
- área de ventilação natural: no mínimo igual à metade da superfície iluminante.
- superfície iluminante: igual ou superior a 1/5 da área do piso;
- iluminação natural: obrigatória, unilateral, preferencialmente à esquerda;

- iluminação artificial: obrigatória, atendendo a um nível mínimo de iluminamento de 500 lux;
 - a iluminação artificial, para que possa ser adotada em substituição à natural, deverá ser justificada e aceita pela autoridade sanitária e atender às normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas;
- forro: obrigatório, preferencialmente em laje.

2 – Sanitários destinados aos alunos

- obrigatórios nas áreas de recreação e em todos os pavimentos;
- separados para cada sexo;
- 1 (um) sanitário adaptado para deficientes físicos;
- calculados para o período de maior lotação:
 - mínimo de 1 (uma) bacia sanitária para cada 25 alunas;
 - mínimo de 1 (uma) bacia sanitária para cada 60 alunos;
 - mínimo de 1 (um) mictório para cada 40 alunos;
 - mínimo de 1 (um) lavatório para cada 40 alunos ou alunas;
- existência de antecâmara para entrada nos compartimentos das bacias sanitárias;
- dimensões mínimas dos compartimentos das bacias sanitárias: 0,90m entre os eixos das paredes;
- portas dos compartimentos das bacias sanitárias: com vãos livres de 0,15m de altura na parte inferior e 0,30m no mínimo na parte superior;
- pisos e paredes revestidos com material resistente, liso, lavável e impermeável;
- área de iluminação natural mínima de 1/10 da área do piso;
- ventilação com metade da área iluminante.

3 – Sanitários destinados aos professores e funcionários

- separados para cada sexo;
- na proporção de 1 (uma) bacia sanitária, 1 (um) mictório, 1 (um) lavatório e 1 (um) chuveiro para cada 20 professores/funcionários;
- pisos e paredes revestidos com material resistente, liso, lavável e impermeável.

4 – Bebedouros

- obrigatória a instalação de bebedouros de jato inclinado na proporção de 1 (um) bebedouro para cada 200 alunos;
- obrigatório a instalação de bebedouros de jato inclinado na área de recreação na proporção de 1 (um) bebedouro para cada 100 alunos;
- vedada a localização de bebedouro em instalações sanitárias;
- a água deverá passar por filtro antes de chegar às torneiras.

5 - Recreio (obrigatória a existência de pátio coberto para recreio)

- área mínima: 1/3 da soma das áreas das salas de aula;
- proteção contra chuvas e ventos, com paredes ou beirais onde necessário;
- comunicação com o logradouro público;
- apresentando sanitários para alunos separados por sexo.

6 – Centro de Leitura ou Biblioteca

- forro obrigatório;
- nível de iluminação artificial de 500 lux;
- iluminação natural de 1/5 da área do piso;
- ventilação com metade da área iluminante;
- quanto a área for maior que 120m² deverá ter 2 (duas) saídas, no mínimo, com abertura no sentido da fuga.

7 – Local reservado para a prática de Educação Física (para os cursos de Ensino Fundamental e Ensino Médio)

- alambrados de proteção lateral;
- orientação preferencialmente norte-sul;
- nível de iluminação artificial de 100 lux;
- canaletas de captação de águas pluviais, no entorno.

8 – Corredores, escadas e rampas

- os corredores, escadas e rampas não poderão ter largura inferior a:
 - 1,50m para servir até 200 alunos;
 - 1,50m acrescidos de 0,007 m/aluno de 201 a 500;
 - 1,50m acrescidos de 0,005 m/aluno de 501 a 1000;
 - 1,50m acrescidos de 0,003 m/aluno excedente de 1000;
- o dimensionamento dos degraus deverá obedecer a relação $0,60m < 2a + L < 0,65m$, sendo L (piso) mínimo de 0,30 e a (espelho) máximo de 0,17m;
- as escadas não poderão apresentar trechos em leque;
- os lances serão retos, não ultrapassando a 16 degraus, sendo que acima deste número deverão ter patamar com extensão não inferior a 1,5m;
- as rampas deverão ter inclinação máxima de 12% sendo que, para a subida de cadeias de rodas deverá ter 6% como inclinação máxima;
- os pisos das escadas e rampas deverão ter condições antiderrapantes;
- nas escadas e rampas é obrigatório ter corrimão em ambos os lados.

Os ambientes que devem compor a edificação escolar caso a escola ofereça refeições aos alunos são:

1 – Refeitório

- piso e paredes revestidos com material resistente, liso, impermeável e lavável;
- no piso, material antiderrapante;
- área de $1m^2$ por aluno e calculado para 1/3 do número de alunos usuários.

2 - Cozinha

- área mínima de $20m^2$;
- pisos e paredes de material liso, impermeável, resistente, lavável e antiderrapante;
- pé direito mínimo de 2,70m e forro obrigatório;
- caixa retentora de gorduras nos esgotos;
- aberturas teladas;
- dispositivos para retenção de gorduras em suspensão;
- abertura para iluminação de 1/5 da área do piso;
- ventilação com 2/3 da área de iluminação;
- água quente ou outro processo comprovadamente eficiente para higienização das louças, talheres e demais utensílios de uso;
- botijões de gás externos à área da cozinha e a 1,5m da parede da edificação;
- nível de iluminação artificial de 250 lux.

3 – Despensa

Deverá ser anexa à cozinha e terá:

- paredes e pisos revestidos de material liso e impermeável, resistente e lavável;
- estrados para o armazenamento de sacarias;
- prateleiras, feitas de modo a favorecer a ventilação para a guarda de caixas e latarias;
- iluminação natural de 1/8 da área do piso;
- ventilação com metade da área de iluminação, com um mínimo de $0,60m^2$;

- nível de iluminação artificial de 150 lux;
- aberturas teladas;
- portas com proteção na parte inferior.

4 – Cantina – não obrigatória, se houver deve apresentar:

- área mínima de 10m²;
- pia com ponto de água fria e quente;
- iluminação de 1/5 da área do piso;
- ventilação com 1/2 da área iluminante, com um mínimo de 0,60m²
- porta com proteção contra roedores;
- pisos e paredes com revestimentos liso; impermeável e lavável;
- janelas teladas;
- pé-direito de 2,70m;
- dispositivos para retenção de gorduras em suspensão;
- nível de iluminação artificial de 250 lux;
- quando tiver depósito, este deverá seguir o item 8.

Acessibilidade – É obrigatório que o prédio apresente condições de acessibilidade e uso por pessoas portadoras de deficiência, devendo-se eliminar qualquer entrave ou obstáculo que limite e impeça o acesso de portadores de necessidades especiais.

Educação Infantil – O espaço físico deve estar adequado à faixa etária dos alunos das duas etapas do curso - creche (até 3 anos) e pré-escola (4 e 5 anos), quanto ao tamanho dos ambientes, mobiliário e equipamentos, apresentando:

- ventilação natural;
- visão para o ambiente externo;
- iluminação natural dos aposentos;
- iluminação artificial;
- boas condições de segurança e higiene;
- área coberta mínima de 1,50m² para as atividades, por criança atendida na creche;
- área coberta mínima de 1,20m² para as atividades, por criança atendida na pré-escola;
- área mínima de 3m² para as atividades a céu aberto, por criança atendida.
- controle da qualidade da água, da areia posta nos eventuais tanques de brinquedo, dos alimentos, etc;
- adaptação dos espaços para garantir a inclusão de crianças com necessidades especiais nas turmas regulares.
- Ambientes mínimos exigidos para creche:
 - berçário, provido de berços individuais;
 - espaço para amamentação;
 - espaço para higienização das crianças (fraldário);
 - sala de atividades;
 - sala de repouso;
 - cozinha destinada ao preparo de alimentos;
 - refeitório;
 - sanitários em número suficiente, próprios para o uso exclusivo de crianças;
 - área interna livre para a movimentação das crianças;
 - espaços externos para banho de sol;
 - espaço para limpeza das roupas, brinquedos e demais objetos usados pelas crianças.

Supervisão de Ensino / 2009