

**MNPEF**  
Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física



Marcos Luiz Batista Moreira

# EXPERIMENTOS DE BAIXO CUSTO NO ENSINO DE MECÂNICA PARA O ENSINO MÉDIO

Garanhuns

novembro – 2015

Marcos Luiz Batista Moreira

# EXPERIMENTOS DE BAIXO CUSTO NO ENSINO DE MECÂNICA PARA O ENSINO MÉDIO

Dissertação de mestrado apresentada ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da UFRPE como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Caio Veloso Sátiro  
Doutor em Física - UFPB

Garanhuns  
novembro – 2015

Ficha catalográfica

M838e Moreira, Marcos Luiz Batista.  
Experimentos de baixo custo no ensino de mecânica para o ensino médio / Marcos Luiz Batista Moreira. -- Garanhuns, 2015.  
146 f. : il.

Orientador: Caio Veloso Sátiro.  
Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Física, Garanhuns, 2015.  
Inclui referências e apêndice(s)..

1. Física. 2. Mecânica. 3. Ensino médio. 4. Experimento de baixo custo. 5. Teoria de Vygotsky. I. Sátiro, Caio Veloso, orientador. II. Título

CDD 530

Marcos Luiz Batista Moreira

# EXPERIMENTOS DE BAIXO CUSTO NO ENSINO DE MECÂNICA PARA O ENSINO MÉDIO

Dissertação de mestrado apresentada ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da UFRPE como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada por:

## **BANCA EXAMINADORA**

---

Caio Veloso Sátiro  
Doutor em Física - UFPB

---

Alberto Einstein Pereira de Araújo  
Doutor em Física - UFPE

---

Ernesto Arcenio Valdés Rodriguez  
Doutor em Física - UFPE

Garanhuns  
novembro – 2015

*Este trabalho é dedicado a minha esposa Suênia de Sousa Silva Batista,  
à minha mãe Ana Maria Batista Moreira, à meu pai Marcos Moreira Júnior  
e as minhas irmãs Ana Paula Batista Moreira (in memorian) e Cristiane Batista Moreira.*

# Agradecimentos

Ao meu Deus, por ter estado presente em todos os momentos, por ter me dado força e capacidade, por ter me ajudado a superar as dificuldades e pela benção de conquistar mais uma vitória em minha vida;

À minha esposa Suênia de Sousa Silva Batista, que me apoiou, me incentivou e me ajudou com suas opiniões perspicazes durante a realização desse trabalho;

À meu orientador Dr. Caio Veloso Sátiro, pela compreensão, humanidade e orientação;

À meu coordenador do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo Garanhuns, Dr. Alberto Einstein Pereira de Araújo, pela sua dedicação no desenvolvimento do mestrado;

À todos os professores, pela participação como facilitadores da construção dos nossos conhecimentos;

À todos os colegas de turma, pela contribuição na construção dos conhecimentos adquiridos;

Ao Diretor Geral do IFPE, Campus Belo Jardim, Francisco das Chagas Lino Lopes, por ter me apoiado a realizar o mestrado;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), por ter concedido a bolsa de estudos;

À meu amigo Msc. Marcos Antônio Pessoa Leite, por ter me incentivado a fazer a prova de seleção do mestrado;

À todos que contribuíram para a realização deste trabalho.

*“A prática docente, especificamente humana,  
é profundamente formadora, por isso ética.  
Se não se pode esperar de seus agentes que  
sejam santos ou anjos, pode-se e deve-se  
deles exigir seriedade e retidão. ”*

***Paulo Freire***

# Resumo

Neste trabalho apresentamos um produto educacional destinado ao professor de Física, para servir de apoio durante a preparação de aulas com experimentos de baixo custo no ensino de mecânica. O material foi aplicado no segundo bimestre do ano de 2015 em uma turma do primeiro ano do Curso Técnico de Informática Integrado ao Ensino Médio do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Campus Belo Jardim. Tendo como objetivo proporcionar ao aluno uma experiência prática atrelada a realidade física vivenciada no cotidiano. O referencial teórico adotado baseia-se na teoria de aprendizagem de Lev Semyonovitch Vygotsky, que é fundamentada na interação social entre os indivíduos, levando-se em consideração o conhecimento prévio (nível mental) dos alunos averiguados através do pré-teste. A metodologia compreende aulas expositivas no data show, aulas práticas através de experimentos de baixo custo realizadas em grupos, realização de análise dos dados experimentais e construção de gráficos com o computador, discussão sobre os experimentos realizados e confecção de relatórios. Durante o desenvolvimento dessas atividades os alunos puderam contar com a colaboração do professor e dos colegas de turma. A experiência da implementação deste trabalho, mostra que é possível utilizar experimentos de baixo custo no ensino de mecânica, motivando os alunos a confrontar seus conhecimentos prévios com os fenômenos físicos a luz dos conceitos teóricos proporcionando uma aprendizagem crítica e uma melhor leitura do mundo que os cerca.

**Palavras-chaves:** Física. Mecânica. Ensino Médio. Experimento de baixo custo. Teoria de Vygotsky.



# Abstract

In this work we present an educational product for the physics teacher, to provide support during the preparation classes with low cost in the mechanical teaching experiments. The material was applied in the second quarter of the year 2015 in a class of first year of the Technical Course of Integrated Informatics at the School of the Federal Institute of Education, Science and Technology, Campus Belo Jardim. Aiming to provide the student with a pegged practical experience physical reality experienced in daily life. The theoretical framework adopted is based on Lev Semyonovitch Vygotsky learning theory, which is based on social interaction between individuals, taking into account prior knowledge (level metal) of investigated students through the pre-test. The methodology includes lectures on the data show, practical classes through low-cost experiments performed in groups, conducting analysis of experimental data and construct graphs with the computer, discussion of experiments and preparation of reports. During the development of these activities the students could count on the cooperation of the teacher and classmates. The experience of the implementation of this work shows that it is possible to use low-cost experiments on the mechanics teaching, motivating students to confront their previous knowledge with the physical phenomena the light of theoretical concepts providing a critical learning and a better reading of the world that about.

**Keywords:** Physical. Mechanics. High school. Low cost experiment. Vygotsky's theory.

# Sumário

	<b>Introdução</b> . . . . .	<b>11</b>
<b>1</b>	<b>EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA</b> . . . . .	<b>13</b>
1.1	O surgimento da experimentação . . . . .	13
1.2	Leis que apoiam a experimentação no Ensino Médio . . . . .	13
1.3	Atividades experimentais, uma ferramenta metodológica de ensino . . . . .	15
<b>2</b>	<b>LABORATÓRIO TRADICIONAL</b> . . . . .	<b>17</b>
2.1	Definição e objetivos . . . . .	17
2.2	Teoria precede o experimento . . . . .	17
2.3	Papel do laboratório tradicional . . . . .	18
<b>3</b>	<b>EXPERIMENTO DE BAIXO CUSTO</b> . . . . .	<b>20</b>
3.1	Definição . . . . .	20
3.2	Abordagens experimentais: quantitativa e qualitativa . . . . .	20
3.3	Valorização do conhecimento prévio do educando . . . . .	21
3.4	Benefícios do uso de experimentos de baixo custo . . . . .	22
<b>4</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> . . . . .	<b>24</b>
4.1	Um pouco sobre a vida de Vygotsky . . . . .	24
4.2	Vygotsky na formação do pensamento por conceitos e na intervenção pedagógica . . . . .	24
<b>5</b>	<b>APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL</b> . . . . .	<b>29</b>
5.1	Metodologia . . . . .	29
5.2	Análise dos Resultados . . . . .	33
5.2.1	Análise do pré-teste . . . . .	33
5.2.2	Análise das atividades desenvolvidas pelos alunos . . . . .	38
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> . . . . .	<b>46</b>
	<b>Referências</b> . . . . .	<b>48</b>
	<b>APÊNDICES</b>	<b>50</b>
	<b>APÊNDICE A – PRÉ-TESTE</b> . . . . .	<b>51</b>

APÊNDICE B – EXPERIMENTO I: MEDIDAS . . . . .	52
APÊNDICE C – EXPERIMENTO II: MOVIMENTO RETILÍNEO UNIFORME . . . . .	56
APÊNDICE D – EXPERIMENTO III: QUEDA LIVRE . . . . .	59
APÊNDICE E – MODELO DE CAPA PARA RELATÓRIO . . . . .	63
APÊNDICE F – MODELO DE FOLHA DE ROSTO PARA RELATÓRIO . . . . .	64
APÊNDICE G – MODELO DE SUMÁRIO . . . . .	65
APÊNDICE H – ORIENTAÇÕES PARA CONFECCÃO DO RELATÓRIO . . . . .	66
APÊNDICE I – PRODUTO EDUCACIONAL . . . . .	67

# Introdução

Existe uma grande necessidade de se abordar o ensino de física unindo a teoria com a prática. Frequentemente, a física é ensinada de forma abstrata, longe da realidade do aluno, muitas vezes por problemas como o excesso de burocracia de algumas instituições. A falta de equipamentos, de local adequado para realizar experimentos, a escassez de profissionais qualificados para trabalhar nos laboratórios, dificulta o despertar dos alunos para essa ciência e por muitas vezes, contribuem para o distanciamento dos alunos diante de um ensino puramente teórico em sala de aula.

Segundo VIOLIN (1979), a falta de laboratórios e equipamentos não se constitui no principal fator para a omissão de atividades experimentais no ensino de Física. Esta omissão seria também de professores, que possuem salas adequadas e equipamentos. Na sua opinião, para o professor com formação em Física, a maior dificuldade estaria no fato de não acreditar que seria possível programar atividades experimentais em uma sala de aula comum, com características simples e de fácil aquisição, visto que durante a sua formação, teria trabalhado apenas com materiais sofisticados e em salas especiais.

A combinação de teoria e prática como princípio pedagógico não pode ter um valor em si mesmo, em razão de ser uma unidade constituinte dos elementos científicos e culturais que dão consistência ao sistema de conhecimento e competências da disciplina de Física. Estes elementos se relacionam diretamente com conceitos, representações, valores, símbolos e habilidades que estruturados apropriadamente constituem o núcleo concreto do processo de ensino e aprendizagem da física (ARRUDA, 2003, tradução nossa).

Montar um laboratório de Física que possa suprir toda a necessidade, desde a física clássica até a moderna, exige um alto investimento monetário, fato este, que inviabiliza a sua obtenção por várias instituições de ensino. A fim de minimizar o prejuízo dos alunos, por não ter aulas experimentais de física, alguns profissionais que ensinam esta disciplina, têm substituído os laboratórios de Física equipados, por não tê-los a sua disposição, pelos laboratórios com experimentos de baixo custo, muitas das vezes utilizando a sala de aula para esta finalidade. Esses experimentos podem ser feitos pelos próprios alunos através da orientação dos professores.

Esta dissertação constitui-se de uma proposta para aplicação de experimentos de baixo custo no ensino de mecânica para o Ensino Médio, na tentativa de proporcionar ao aluno uma experiência prática atrelada a realidade física vivenciada no cotidiano.

O trabalho apresenta uma análise do surgimento da experimentação como forma de elucidação de teorias físicas durante o século XVI e a sua utilização nos dias atuais como prática de ensino. Foi dada ênfase na base legal do ensino experimental em ciências,

assim como nas atividades experimentais realizadas em laboratório tradicional. Descreve também, o experimento de baixo custo, suas abordagens, a valorização do conhecimento prévio do educando, os benefícios do uso desses experimentos, além disso, aborda a teoria da aprendizagem de Vygotsky que serviu como base de ensino durante a aplicação do produto em uma turma do 1º ano do Curso Técnico de Informática Integrado ao Ensino Médio do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE), Campus Belo Jardim.

Consta ainda, uma exposição da metodologia adotada durante a aplicação do produto e uma análise sucinta dos resultados. A partir daí, são feitas as considerações finais e apresentadas as referências.

# 1 Experimentação no Ensino de Física

## 1.1 O surgimento da experimentação

A experimentação remonta um papel crucial na física, desde a sua primeira colaboração para fins de elucidação de um fenômeno físico até a contribuição de teorias físicas.

Experimentação significa experiência, conhecimento de coisas pela observação, perícia, habilidade que se adquire pela prática (MELHORAMENTOS, 1997).

Experimentos, para Galileu, consistiam tanto em experimentos reais como em “experimentos mentais” que, por serem de execução difícil ou impossível, ocorrem na mente do cientista. Esse tipo de experimento é uma ferramenta muito importante no desenvolvimento de teorias (GLEISER, 2006, p. 395).

A história mostra que o surgimento do método científico ocorreu em 1582 quando Galileu Galilei (1564 – 1642) reproduziu em sua residência o experimento em que observara um grande candelabro oscilando levemente, durante uma missa em Pisa, o qual foi substituído por uma pedra amarrada a uma corda, chegando à constatação de que o período da oscilações era independente do peso da pedra, ou seja, uma pedra leve oscila com o mesmo período de uma pedra pesada. Galileu tinha um estilo próprio e inovador para a época, não acreditava cegamente nos ensinamentos do filósofo Aristóteles (384 - 322 a.C), ao invés disso, propunha experimentos para confrontar suas ideias com a realidade, antes de determinar sua validade – posteriormente desenvolveu relações matemáticas capazes de descrever a queda dos corpos e o movimento de projéteis, chegando a ser o primeiro cientista verdadeiramente moderno (GLEISER, 2006).

## 1.2 Leis que apoiam a experimentação no Ensino Médio

Nos dias atuais, a experimentação ainda exerce um papel fundamental na produção de conhecimento e no ensino das ciências naturais. Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais, “a formação do aluno deve ter como alvo principal a aquisição de conhecimentos básicos, a preparação científica e a capacidade de utilizar as diferentes tecnologias relativas às áreas de atuação” (BRASIL, 2000, p. 5). Na atualidade o educando encontra-se inserido em uma sociedade capitalista, onde a mola propulsora é o consumismo da população, que valoriza muito mais o ter do que o ser e que visa o lucro individual em detrimento do bem comum. Esta realidade exige uma mudança de paradigma condizente ao novo estado econômico e político do país.

A educação no Brasil tem sofrido profundas mudanças, principalmente no que diz respeito à inclusão social com o Programa de Cotas nas Universidades e Institutos Federais de Ensino, que objetiva diminuir as desigualdades de oportunidades garantindo acesso ao ensino público de qualidade para cidadãos menos favorecidos.

“A educação básica tem por finalidades desenvolver o educando, assegurar-lhe a formação comum indispensável para o exercício da cidadania e fornecer-lhe meios para progredir no trabalho e em estudos posteriores”(BRASIL, 1996). Durante a educação básica, o educando recebe uma formação geral que tem início na educação infantil, passando pelo ensino fundamental e terminando no ensino médio.

Art. 35. O ensino médio, etapa final da educação básica, com duração mínima de três anos, terá como finalidades:

I - a consolidação e o aprofundamento dos conhecimentos adquiridos no ensino fundamental, possibilitando o prosseguimento de estudos;

II - a preparação básica para o trabalho e a cidadania do educando, para continuar aprendendo, de modo a ser capaz de se adaptar com flexibilidade a novas condições de ocupação ou aperfeiçoamento posteriores;

III - o aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico;

IV - a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina (BRASIL, 1996).

O relacionamento da teoria com a prática deve estar intimamente ligado nos ensinamentos das ciências, e em particular no ensino da Física, a fim de preparar os educandos a serem cidadãos críticos e conhecedores dos fundamentos científico-tecnológicos que permeiam a nossa sociedade.

O ensino de Física no ensino médio tem se modificado ultimamente com as novas Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs+), com a tentativa de formar um cidadão contemporâneo, atuante, solidário, com instrumentos para intervir e participar do mundo em que vive. Para isso, a Física deve ser apresentada através de um conjunto de competências específicas que possibilite perceber e lidar com os fenômenos naturais e suas tecnologias presente no cotidiano, como também no universo mais distante, a partir de leis e modelos construídos por ela, sabendo que ela faz parte de um processo cuja construção ocorreu ao longo da história da humanidade, impregnado de contribuições culturais, econômicas e sociais, que vem resultando no desenvolvimento de diferentes tecnologias e, por sua vez, por elas impulsionado (BRASIL, 2002).

Macedo (2010) afirma que o professor foi colocado como agente de mudança por força de lei, e não como executor de programas e currículos impostos, e apesar de sofrer restrições institucionais, alheios a sua vontade, poderá propor novas formas de ensino.

### 1.3 Atividades experimentais, uma ferramenta metodológica de ensino

Os professores de ciências do ensino básico acreditam que a melhoria do ensino passaria pela inclusão de aulas práticas no currículo. Muitas escolas dispõem de equipamentos e laboratórios, que diante de inúmeras razões não são utilizadas, vale ressaltar a inexistência de atividades preparadas para o uso do professor; falta de recursos para adquirir componentes e materiais de reposição; falta de tempo para preparar as atividades como parte de seu programa de ensino; laboratório fechado e sem a devida manutenção. É um erro frequente confundir atividades práticas com a necessidade de laboratório equipado para a realização de experimentos, sendo que as atividades podem ser desenvolvidas em qualquer sala de aula, sem a necessidade de aparelhos sofisticados. Vários movimentos de reforma curricular nas últimas décadas impulsionaram o ensino no laboratório, como por exemplo, Physical Science Study Committe (PSSC) e os vários cursos da Nuffield Foudation. Contudo, o papel que o laboratório deve ter no ensino de ciências, não foi alcançado pelos professores. Em suma, muitas das dificuldades encontradas nas atividades práticas derivam de uma falsa compreensão da natureza da ciência (HODSON, 1988 apud BORGES, 2002).

Alves (2006) aponta que as dimensões teóricas e empíricas não são isoladas, devendo-se encontrar formas de evitar essa fragmentação no conhecimento, para tornar a aprendizagem mais motivadora e acessível para os educandos.

Entendemos que além de “provar” ou “demonstrar” leis e teorias as atividades experimentais são importantes por representarem uma dimensão da própria ciência, dimensão essa que normalmente é suprimida, ou apresentada em um modelo caricatural conhecido como método científico. Em ambos os casos é possível perceber a ineficácia do ensino no sentido de atingir os objetivos de formação e de apreensão de conhecimentos básicos em ciências. Dessa forma propomos o emprego de atividades experimentais vinculadas à história da ciência por acreditarmos serem capazes de levantar questões e assim explorar elementos que evidenciem o papel da experimentação na ciência. Situando assim a dimensão empírica que a experimentação representa como uma dimensão constitutiva da ciência (PAULA, 2006, p. 18–19).

Moreira e Levandowski (1983) escreveram um livro sobre as diferentes abordagens no ensino de laboratório através da aplicação de quatro experimentos, em três níveis de estruturação: laboratório estruturado ou programado, laboratório com ênfase na estrutura do experimento e por último, o laboratório sob um enfoque epistemológico.

Gaspar e Monteiro (2005) realizaram um trabalho centrado nas atividades de demonstração em sala de aula, tendo como base pedagógica a teoria de Vygotsky. Neste trabalho contem um estudo de caso com experimentos de demonstrações que abordam conteúdos de Física em duas turmas diferentes. O trabalho permitiu formular algumas



orientações pedagógicas na linha de Vygotsky para pôr em prática nas atividades de demonstração.

Gaspar (2014) propõe em seu livro “Atividades Experimentais no Ensino de Física”, que uma das bases pedagógicas se encontra na teoria de Vygotsky confrontando-a com as recentes pesquisas em neurociência, e em seguida, apresentando propostas de atividades baseadas nos princípios pedagógicos do referido pensador.

Diante de diversas possibilidades de atividades experimentais propostas por vários autores, as quais podem ser enfocadas de diferentes maneiras, ressaltamos a necessidade da teoria se unir a prática no ensino de física e que o avanço tecnológico possa nos direcionar para um ensino de descobertas e inovações permanentes. O professor além de ter um preparo acadêmico na área de conhecimento, deve se comprometer inteiramente na educação, apesar das inúmeras barreiras que poderão surgir, opondo-se as práticas do seu ensino, podendo assim, inovar, diversificar nas atividades experimentais, adotando inclusive experimentos de baixo custo como ferramenta metodológica de ensino.

## 2 Laboratório Tradicional

### 2.1 Definição e objetivos

A melhora do ensino de física está vinculada à inserção de aulas práticas, de tal forma que os laboratórios exercem um papel intrínseco no processo de formação científica do educando.

No laboratório tradicional, o aluno desenvolve atividades práticas, realizando observações e medidas, acerca de fenômenos previamente determinados pelo professor (TAMIR, 1991 apud BORGES, 2002). Geralmente, as atividades aplicadas pelos professores seguem um roteiro, que orienta os alunos na montagem do experimento, coleta e tratamento dos dados.

O objetivo da atividade prática pode ser o de testar uma lei científica, ilustrar ideias e conceitos aprendidos nas ‘aulas teóricas’, descobrir ou formular uma lei acerca de um fenômeno específico, ‘ver na prática’ o que acontece na teoria, ou aprender a utilizar algum instrumento ou técnica de laboratório específica. Não se pode deixar de reconhecer alguns méritos nesse tipo de atividade: por exemplo, a recomendação de se trabalhar em pequenos grupos, o que possibilita a cada aluno a oportunidade de interagir com as montagens e instrumentos específicos, enquanto divide responsabilidades e ideias sobre o que devem fazer e como fazê-lo; outro é o caráter mais informal do laboratório, em contraposição à formalidade das demais aulas (BORGES, 2002, p. 13).

Quando as atividades experimentais são realizadas em pequenos grupos, possibilita a realização do experimento e proporciona maior integração entre os alunos, preparando-os para o mercado de trabalho. Segundo Macedo (2010), a perda de tempo e de esforço para seguir uma “receita de bolo”, nem sempre clara, culmina com a elaboração de um relatório onde os dados coletados são tratados e se chega a conclusões previamente conhecidas, mas nem sempre ao significado esperado.

De acordo com Filho (2000b), o aluno tem uma participação ativa no laboratório tradicional, mas tem a liberdade bastante limitada, assim como seu poder de decisão. Isto porque fica tolhido, seja pelo tempo de permanência no laboratório, seja pelas restrições estabelecidas no roteiro, seja pela impossibilidade de modificar a montagem experimental.

### 2.2 Teoria precede o experimento

Em geral, quando um professor decide levar seus alunos ao laboratório para fazer alguma atividade experimental, ele prepara seus alunos com antecedência, dando-lhe a

base teórica necessária para a realização do experimento no laboratório.

O aluno deve perceber através dos trabalhos práticos e das atividades experimentais que tanto para desvendar um fenômeno, quanto para obter uma medida e fabricar os instrumentos de medida, é necessário uma teoria. A experimentação pode ser descrita considerando-se três polos: o referencial empírico; os conceitos, leis e teorias; e as diferentes linguagens e simbolismos utilizados em física. Onde as atividades experimentais assumem um papel de permitir o estabelecimento de relações entre esses três polos e incita o aluno a não permanecer no mundo dos conceitos e no mundo das linguagens, tendo a oportunidade de relacionar esses dois mundos com o mundo empírico. Constata-se então, que as atividades experimentais são bastante enriquecedoras para o aluno, pois dão um verdadeiro sentido ao mundo abstrato e formal das linguagens (SERÉ; COELHO; NUNES, 2003). Na realidade, o educando não consegue perceber a aproximação que o experimento proporciona entre teoria e prática, pois ele não consegue tomar decisões por si mesmo, perante o roteiro que lhe é oferecido. SERÉ, COELHO e NUNES (2003, p. 40) afirmam que “o aluno só conseguirá questionar o mundo, manipular os modelos e desenvolver os métodos se ele mesmo entrar nessa dinâmica de decisão, de escolha, de inter-relação entre a teoria e o experimento”.

## 2.3 Papel do laboratório tradicional

As principais características do laboratório tradicional se resumem em uma organização e estrutura rígida; supervisão do professor; reduzida liberdade de ação do aluno sobre o experimento e muita ênfase no relatório. Embora seja comum em diversos níveis de ensino, o laboratório tradicional, não apresenta muita rigidez em relação aos relatórios no Ensino Médio (FILHO, 2000a).

O trabalho experimental se torna pobre quando frequentemente é aplicado com o propósito de observar algum fenômeno para extrair dele algum conceito, destacando a concepção empirista – indutivista da ciência, assim como outras concepções igualmente graves (CARRASCOSA et al., 2006). Além dessas concepções, alguns críticos mais arrojados argumentam que os laboratórios de ciências são caros, que o uso de equipamentos que só são encontrados nos laboratórios torna o ensino distante da experiência fora de sala de aula (BORGES, 2002).

A questão que se coloca é: o laboratório pode ter um papel mais relevante para a aprendizagem escolar? Se pode, de que maneira ele deve ser organizado? A resposta para a primeira questão é sem dúvida afirmativa: o laboratório pode, e deve ter um papel mais relevante para a aprendizagem de ciências. O fato de estarmos insatisfeitos com a qualidade da aprendizagem, não só de ciências, sugere que todo o sistema escolar deve ser continuamente repensado. Com raras exceções, não se cogita a extinção da escola, por causa de suas dificuldades. Da mesma

forma, o que precisamos é encontrar novas maneiras de usar as atividades prático-experimentais mais criativa e eficientemente e com propósitos bem definidos, mesmo sabendo que isso apenas não é solução para os problemas relacionados com a aprendizagem de ciências (BORGES, 2002, p. 15–16).

Na perspectiva de redescobrir novas formas de se trabalhar com os educandos atividades prático-experimentais mais criativas, com propósitos mais bem definidos que auxiliem no processo de ensino-aprendizagem da física e levando em consideração a dificuldade de se ter a disposição um laboratório tradicional, vários educadores que lecionam física no ensino médio, realizam atividades prático-experimentais com materiais de baixo custo como ferramenta metodológica de ensino, a fim de proporcionar aos educandos, uma melhor compreensão dos conceitos básicos de física.

## 3 Experimento de baixo custo

### 3.1 Definição

O experimento de baixo custo é aquele cujo material seja reutilizado ou adquirido facilmente no mercado comparado com o valor dos experimentos vendidos comercialmente e que substitui o experimento que normalmente seria realizado em um laboratório convencional, ou seja, serve como uma abordagem paliativa às vezes definitiva.

Um dos significados da palavra paliativo é aliviar momentaneamente um mal (MELHORAMENTOS, 1997), esse mal está relacionado ao imprevisto de não se ter um laboratório equipado, com condições mínimas necessárias para se obter êxito na prática pedagógica.

Os experimentos didáticos denominados de “baixo custo” vêm, há tempos, sendo uma linha de desenvolvimento de aparelhos e experimentos didáticos muito empregada no ensino de Física. O prefácio de uma obra do século XIX diz que, após dez anos da publicação no jornal *Natureza*, em Paris, da primeira notícia sob o título de Física sem aparelhos, estava-se longe de suspeitar o interesse que a ideia de fazer experiências de Física, não com aparelhos especiais, mas por meio de objetos de uso comum, que todo mundo tem ao alcance das mãos, ou de fácil aquisição, iria despertar (TISSANDER, 1893 apud LABURÚ; SILVA; BARROS, 2008, p. 169).

O interesse por experimentos de baixo custo no ensino de Física é salutar aos objetivos didáticos, no que se diz respeito à forma de como o educando irá interagir com a teoria aprendida em sala de aula ao se deparar com a prática vivenciada no seu cotidiano.

### 3.2 Abordagens experimentais: quantitativa e qualitativa

Em nossos tempos são cada vez maiores e mais complexos os desafios da prática pedagógica. O ensino tradicional em muitos sistemas convencionais é construído de certezas que se valorizam, tanto na visão do professor, como na visão do estudante; além de ser normativo, prescritivo, acompanha a lógica positivista de organização da ciência, em que a teoria precede a prática (ARRUDA, 2003).

A teoria e a prática da física não podem ser encaradas como dicotomia, pelo contrário, elas devem coexistir no ensino de física nas diversas formas de abordagens, dentre as quais se destacam as qualitativas e quantitativas. De acordo com Araujo e Abib (2003, p. 180):

Deve-se ressaltar que atividades experimentais quantitativas permitem fornecer conhecimentos inerentes a alguns procedimentos típicos da investigação científica, como utilização adequada de equipamentos e instrumentos de medida, análise e tratamento estatístico de dados, cuidados com erros sistemáticos, entre outros. Por outro lado, é importante salientar que apesar de permitirem uma participação mais ativa dos alunos, a maioria das atividades experimentais quantitativas tende a ser utilizadas por meio de procedimentos e roteiros fechados que permitem classificar este tipo de atividade experimental como verificacionista, de modo que em geral não são enfatizados importantes elementos, como a existência de conceitos espontâneos nos alunos e o incentivo a momentos de reflexão e aprofundamento de discussões acerca dos conteúdos, o que poderia ocasionar uma maior eficiência no processo de aprendizagem.

Por outro lado, as abordagens qualitativas nos experimentos de baixo custo podem surtir efeitos impactantes na compreensão de conceitos de física pelos alunos, assim como romperia o ensino tradicional e atuaria nas linhas do construtivismo pedagógico.

### 3.3 Valorização do conhecimento prévio do educando

O jovem adolescente, personagem alvo do fenômeno educativo, quando é apresentado à Ciência e ao conhecimento científico, tem apenas como bagagem sua concepção de mundo, construída, de modo geral, à sombra dos conhecimentos ditados pelo senso comum. Isto significa que o instrumento processual de seu domínio para elaborar explicações a respeito do mundo físico que o rodeia, se restringe, predominantemente, à experiência livre e especulativa permeada pela tradição sociocultural de seu meio ambiente. No seu contato com a Ciência, lhe é apresentado à experimentação, não como ferramenta construída e utilizada pela Ciência no processo de construção de novos conhecimentos, mas como instrumento comprobatório daquele conhecimento científico ensinado (FILHO, 2000a, p. 151-152).

A aprendizagem não parte nunca do zero, a formação de um novo hábito se diferencia a partir de esquemas anteriores que é função de todo o passado desses esquemas, onde o conhecimento adquirido por aprendizagem nunca é puro registro, nem cópia, mas o resultado de uma organização na qual intervêm em graus diversos o sistema total dos esquemas de que o sujeito dispõe (PIAGET, 1974 apud MARTIN, 2007).

O laboratório didático propicia aos alunos uma vivência e manuseio de instrumentais, que lhes permitem conhecer diversos tipos de atividades, podendo estimular-lhes a curiosidade e a vontade em aprender a vivenciar ciência. O laboratório deve incentivar o aluno a conhecer, entender e aprender a aplicar a teoria na prática, dominando ferramentas e técnicas que poderão ser utilizadas em pesquisa científica (GRANDINI; GRANDINI, 2004, p. 252).

Há necessidade de reconhecer o senso comum presente no conhecimento prévio do aluno, pois se revela como uma ferramenta importante para a compreensão de fenômenos

que o circundam, ajudando no desenvolvimento de formas mais produtivas de aprendizagem no ensino de Ciências, associando esse conhecimento as atividades experimentais aproximaria o conhecimento que o aluno tem, do conhecimento cientificamente aceito (ALVES, 2006).

Recomenda-se que, o educador utilize atividades pré-laboratório para desvendar os objetivos pretendidos, levando-se em conta as ideias iniciais dos estudantes e suas expectativas acerca do fenômeno estudado; após a atividade prática, deve-se proceder a discussão dos resultados obtidos, das limitações da atividade, bem como distinguir claramente as atividades práticas para fins pedagógicos, da investigação experimental executada pelos cientistas (BORGES, 2002). Constata-se uma preocupação referente aos conhecimentos prévios dos educandos diante de uma nova atividade prática ou teórica no ensino das ciências, em particular da Física, para fins de entendimento dos fenômenos naturais, embora, a significação dos conhecimentos esteja ligada intrinsecamente às atividades prática-experimentais, o educador exerce o papel fundamental diante de todo o processo de ensino-aprendizagem, quer na elaboração, nas discussões ou nas limitações do experimento realizado pelos alunos.

Geralmente as limitações encontradas nos experimentos de baixo custo fazem menção à precisão dos dados obtidos, fazendo com que seus resultados possam ser diagnosticados e questionados perante a teoria que fundamenta o experimento realizado. Vale ainda frisar, que o educador não pode deixar de fazer a transposição didática durante a elaboração do planejamento das aulas teóricas e práticas, pois ela é quem vai transformar o conhecimento científico para o nível adequado a ser ministrado aos alunos.

### 3.4 Benefícios do uso de experimentos de baixo custo

Os experimentos de baixo custo apresentam várias vantagens, em muitas das propostas dispensam o uso de laboratório ou de assistente, além do mais, as atividades podem ser realizadas em outros ambientes que não sejam o laboratório, tais como a sala de aula, o pátio da escola ou uma praça. Levando-se em conta que os materiais são de fácil aquisição, os equipamentos podem ser construídos em casa pelos próprios alunos, não havendo a necessidade de manutenção e de assistentes de laboratório para que os experimentos se realizem. Essa praticidade de manuseio serve como uma saída à questão do tempo de preparação das atividades experimentais reclamada pelos educadores, que são capazes de orientar seus alunos através de uma explicação básica para o que desejam. Alguns elaboradores de experimentos de baixo custo destacam a importância da construção dos materiais pelos alunos, para aprimorar habilidades manuais e ter zelo pelo material construído. Os experimentos de baixo custo são planejados para estar ao alcance de professores e alunos, pois não há dificuldade de se trabalhar com eles.

Enquanto o professor se depara com a segurança que esses equipamentos lhe fornecem, pois sua manipulação e teorização fazem parte do seu completo domínio; os alunos podem se concentrar no experimento-teoria ao invés de dominar técnicas de manuseio de instrumentos que são de difícil compreensão e de fácil desmotivação (LABURÚ; SILVA; BARROS, 2008).

Com isso, o aluno permanece com sua atenção voltada para o aprendizado da teoria e ao seu uso na interação com a realidade, deixando de se preocupar com o funcionamento e a operação do equipamento, e não se esquecendo do objetivo primário da atividade empírica que se mantém ligada ao conteúdo estudado ou a estudar (LABURÚ; SILVA; BARROS, 2008, p. 171).

Portanto, o fácil manuseio dos equipamentos e experimentos de baixo custo no ensino de Física, proporciona um maior interesse do aluno com a disciplina, o qual já se encontra familiarizado com os materiais, levando-o a descoberta de que o ensino teórico tem uma aplicabilidade prática ao invés de ser puramente teórico, quadro e giz.



## 4 Referencial Teórico

### 4.1 Um pouco sobre a vida de Vygotsky

Lev Semyonovitch Vygotsky nasceu em 5 de novembro de 1896, na cidade de Orsha, na Bielorrússia e morreu de tuberculose em 11 de junho de 1934, quando era chefe do laboratório de pesquisa do Instituto Experimental de Defectologia em Moscou, Rússia (VIGOTSKY, 2007; GASPAR, 2014).

Sendo judeu, ingressou no curso de medicina da Universidade de Moscou, em 1913, através de uma cota destinada aos judeus – estudou sozinho, sob a orientação de um tutor. Um mês depois, transferiu-se para o curso de direito, o qual acolhia judeus. No ano seguinte, passou a estudar também, história e filosofia na Universidade Shanavsky (GASPAR, 2014).

Em 1917, graduou-se na Universidade de Moscou com especialização em literatura. Lecionou literatura e psicologia numa escola em Gomel entre os anos de 1917 a 1923. Vygotsky fundou a revista literária Verask, criou um laboratório de psicologia no Instituto de Treinamento de Professores, criou em Moscou o Instituto de Estudos das Deficiências, dirigiu o departamento de crianças deficientes físicas e retardadas mentais, em Narcompros, além de dar cursos em Academias e Universidades (VIGOTSKY, 2007).

A obra deixada por Vygotsky é vasta e somente foi divulgada no ocidente a partir de 1962, com a publicação da primeira tradução em inglês da sua última obra, *Pensamento e Linguagem*, que havia sido editada e resumida (OLIVEIRA, 1995).

### 4.2 Vygotsky na formação do pensamento por conceitos e na intervenção pedagógica

Os estudos de Vygotsky tiveram como foco principal o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores, mecanismos mais sofisticados inerente ao ser humano, o qual envolve o controle consciente do comportamento, ação intencional e a liberdade da pessoa humana com relação ao momento histórico, social e político (OLIVEIRA, 1995).

Vygotsky considera que a relação do homem com o mundo se dá através de mediação e não de maneira direta. “Mediação, em termos genéricos, é o processo de intervenção de um elemento intermediário numa relação; a relação deixa, então, de ser direta e passa a ser mediada por esse elemento” (OLIVEIRA, 1995, p. 26). Há dois elementos mediadores, que foram chamados por Vygotsky de instrumentos e signos.

“O instrumento é um elemento interposto entre o trabalhador e o objeto de seu trabalho, ampliando as possibilidades de transformação da natureza” (OLIVEIRA, 1995, p. 29). Podemos citar, por exemplo, uma faca, uma panela ou até mesmo um chinelo, todos eles mediam a relação entre o indivíduo e o mundo. Enquanto que os signos, também chamado de instrumentos psicológicos por Vygotsky, são os elementos que representam ou expressam outros objetos, eventos, situações, por exemplo, a palavra mesa é um signo que representa o objeto mesa, o símbolo 5 é um signo que representa quantidade (OLIVEIRA, 1995).

Durante o desenvolvimento do ser humano ocorrem mudanças qualitativas fundamentais no uso de signos, marcas externas provocam processos internos de mediação, chamados por Vygotsky de processo de internalização, também são desenvolvidos sistemas simbólicos, que organizam os signos em estruturas complexas e articuladas (OLIVEIRA, 1995).

Vygotsky estabelece três fases principais para descrever o processo de desenvolvimento de conceitos no cérebro humano. A primeira fase é chamada de amontoados ou fase das agregações sincréticas, compreende o período mais precoce da infância. A segunda fase, bem mais longa do que a primeira, é o pensamento por complexos, que é dividido em cinco estágios evolutivos (complexo associativo, coleções, complexo em cadeia, complexo difuso e pseudoconceitos). Por último, a terceira fase chamada de conceitos potenciais (GASPAR, 2014). Porém, quando a criança se encontra no estágio dos pseudoconceitos, consegue dar significado a palavra por meio de uma generalização que aparentemente é baseada em um pensamento conceitual, mas na verdade baseou-se em correlações pontuais e concretas (GASPAR, 2014).

Segundo Vigotski, os pseudoconceitos são a forma dominante do pensamento da criança. Isso se deve a uma espécie de acomodação entre as estruturas genéticas que se desenvolvem no seu pensamento e as estruturas lógicas de pensamento que a criança recebe prontas por meio de sua interação com adultos (GASPAR, 2014, p. 117).

Os conceitos potenciais surgem ainda de forma rudimentar (estruturas básicas como abstração e o isolamento de elementos) antes da criança pensar por pseudoconceitos, entretanto, quando a criança adquire o domínio dos conceitos potenciais, ela formará o verdadeiro conceito. Vygotsky afirma que só na adolescência a criança consegue pensar por conceitos, finalizando a terceira fase da evolução do seu intelecto (GASPAR, 2014).

As investigações de Vygotsky quanto ao desenvolvimento do pensamento foi ampla, contou com a participação de crianças, adolescentes e adultos. Concluiu que a estrutura genética do cérebro humano conclui-se na adolescência e que até os adultos tem dificuldades em pensar por conceitos.

Pensar por complexo significa, na prática, satisfazer-se com explicações ou respostas baseadas em denominações simples, encadeamentos ou correlações que, apesar de serem etapas importantes da aquisição da compreensão conceitual, estão ainda distantes dela. Em outras palavras, quando o aluno, usando seu pensamento por complexos, diz ao professor que entendeu uma explicação, é muito provável que ele tenha conseguido apenas estabelecer alguma conexão entre o que professor explicou e algum dos complexos descritos na investigação vigotskiana (GASPAR, 2014, p. 121).

Vygotsky mostrou através de experiências com crianças de mesmo nível de desenvolvimento mental, sob a orientação de um professor, teriam diferentes capacidade de aprender, chegando a concluir que elas tinham idades mentais distintas e como consequência, o rumo de seus aprendizados seriam distintos. Então, Vygotsky estabeleceu o conceito de zona de desenvolvimento proximal (ZDP) ou desenvolvimento potencial, como sendo,

[...] a distância entre o nível de desenvolvimento real, que se costuma determinar através da solução independente de problemas, e o nível de desenvolvimento potencial, determinado através da solução de problemas sob a orientação de um adulto ou em colaboração com companheiros mais capazes (VIGOTSKY, 2007, p. 97).

Quando a criança já consegue fazer ou compreender determinada coisa, significa que suas funções amadureceram, portanto, atingiu certo desenvolvimento real, mas, quando as funções que ainda não amadureceram estiverem em processo de maturação, estaríamos tratando da ZDP. Com isso, “o estado de desenvolvimento mental de uma criança só pode ser determinado se forem revelados os seus dois níveis: o nível de desenvolvimento real e a zona de desenvolvimento proximal” (VIGOTSKY, 2007, p. 98). Podemos também ampliar esse conceito para a criança que se encontra na fase da adolescência.

O aprendizado ou aprendizagem em Vygotsky caracteriza-se quando o indivíduo adquire informações, habilidades, atitudes, valores, etc., a partir da interação entre a realidade, o meio ambiente e as outras pessoas, portanto, envolvendo sempre uma interação social (OLIVEIRA, 1995). “[...] o “bom aprendizado” é somente aquele que se adianta ao desenvolvimento” (VIGOTSKY, 2007, p. 102).

A intervenção na aprendizagem é bastante defendida por Vygotsky e dá suporte ao ensino escolar, principalmente na abordagem da ZDP, onde a interferência de outros indivíduos é mais transformadora. Durante o processo de ensino-aprendizagem, a escola deve tomar como ponto de partida o desenvolvimento real do educando, no momento em que for abordar novos conteúdos, os quais sejam adequados a faixa etária e ao nível de conhecimento e habilidades em cada grupo de estudantes. Por isso que “o professor têm o papel explícito de interferir na zona de desenvolvimento proximal dos alunos, provocando avanços que não ocorreriam espontaneamente” (OLIVEIRA, 1995, p. 62).

Apesar do apoio a intervenção, Vygotsky não percebe o educando como receptor passivo, mas que ele esteja em constante processo de reconstrução, de reelaboração dos significados transmitidos pelo grupo cultural. No entanto, o processo de reconstrução por imitação constitui algo novo a partir do que se observa no outro. Essa imitação não é pura e simplesmente mecânica – seria uma oportunidade do aluno realizar ações além de suas próprias capacidades, contribuindo assim, no seu desenvolvimento (OLIVEIRA, 1995).

Em outras palavras, pode-se dizer que na visão de Vigotski, o processo de aprendizagem resulta essencialmente de cooperação, ensino e imitação: o aluno pode aprender se contar com a cooperação do professor ou de um parceiro mais capaz que o ensine “deixando-se” imitar. “A aprendizagem é possível onde a imitação é possível” [...] (GASPAR, 2014, p. 144).

O indivíduo só consegue imitar se possuir os meios necessários para evoluir do que já se sabe para o que se deseja saber. E “[...] ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para a sua produção ou a sua construção” (FREIRE, 2015, p. 24).

A escola trabalha com conceitos científicos, esses conceitos são organizados em sistemas hierarquizados – quando são assimilados ou interiorizados pelo educando, proporciona uma profunda mudança em seu modo de pensar, desde que essa estrutura promova um conjunto de operações intelectuais (IVIC; COELHO, 2010).

A relação dos conceitos científicos com a experiência pessoal da criança é diferente da relação dos conceitos espontâneos. Eles surgem e se constituem no processo de aprendizagem escolar por via inteiramente diferente que no processo de experiência pessoal da criança. As motivações internas, que levam a criança a formar conceitos científicos, também são inteiramente distintas daquelas que levam o pensamento infantil à formação de conceitos espontâneos. Outras tarefas surgem diante do pensamento da criança no processo de assimilação dos conceitos na escola, mesmo quando o pensamento está entregue a si mesmo (VIGOTSKY, 2009, p. 263).

Por outro lado, o discente traz consigo, uma grande quantidade de conceitos espontâneos, não-organizados, adquiridos no seu cotidiano, e cabe ao professor utilizar estratégias pedagógicas que facilite o aprendizado dos verdadeiros conceitos, atuando na ZDP dos alunos, possibilitando a internalização desse novo conceito e conseqüentemente, uma nova representação mental, servindo como signo mediador da compreensão do mundo.

[...] a utilização da demonstração experimental de um conceito em sala de aula acrescenta ao pensamento do aluno elementos de realidade e de experiência pessoal que podem preencher uma lacuna cognitiva característica dos conceitos científicos e dar a esses conceitos a força que essa vivência dá aos conceitos espontâneos (GASPAR; MONTEIRO, 2005, p. 232-233).

Portanto, a aplicação de experimentos de baixo custo no ensino de Física impulsionaria a transição entre os conceitos espontâneos e os conceitos científicos abordados

por Vygotsky, pois possuem objetos pertencentes ao dia-a-dia dos alunos, promoveria uma experiência pessoal do discente com o fenômeno observado, tornando a atividade significativa, ou seja, atingiria um novo desenvolvimento real no aluno.

## 5 Aplicação do Produto Educacional

Neste capítulo, faremos uma exposição da metodologia adotada durante a aplicação do material didático produzido e uma análise sucinta dos resultados obtidos.

### 5.1 Metodologia

Construímos o material didático para ser aplicado durante o decorrer do ano letivo, para as turmas de 1º ano do Ensino Médio que estudam Mecânica. Em nossa abordagem propomos cinco experimentos de baixo custo no ensino de mecânica e enfatizamos o tratamento estatístico dos dados obtidos.

Aplicamos uma boa parte do produto educacional em uma turma de 35 alunos do 1º ano do curso Técnico em Informática Integrado ao Ensino Médio do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE), Campus Belo Jardim.

Decidimos implementar o produto educacional a princípio, em 6 horas-aula, porém foram necessárias 7 horas-aula. Veja as datas, as horas-aula correspondente aos conteúdos e atividades ministradas na Tabela 1.

Tabela 1 – Data, hora-aula, conteúdos e atividades ministradas.

<b>Data</b>	<b>Hora-aula (50min)</b>	<b>Conteúdo e/ou atividade</b>
04/05/2015	1 hora-aula	Pré-teste, algarismos significativos.
04/05/2015	2 horas-aulas	tipos de incertezas, métodos estatísticos, calculadora estatística do windows.
11/05/2015	1 hora-aula	Experimento de medidas.
11/05/2015	2 horas-aula	construção de gráficos, experimentos de MRU e queda livre.
18/05/2015	1 hora-aula	Tirar dúvidas sobre a confecção dos relatórios.

As aulas de Física dessa turma tinha a frequência de 3 aulas por semana, inclusive, eram todas juntas, nos horários das 09:20 até 11:50. Na primeira aula que ocorreu no dia 04 de maio de 2015, os alunos foram informados que as atividades que iriam acontecer durante 3 semanas, faziam parte de uma proposta de ensino que valorizava a aplicação de experimentos de baixo custo no ensino de mecânica. Os estudantes ficaram animados em participar do projeto — alguns informaram que era bom sair da rotina e ver o ensino na prática. Em seguida, apliquei o pré-teste (ver apêndice A), que durou aproximadamente 15 minutos. Enquanto os alunos respondiam o pré-teste, foram instalados o notebook e o

projektor. Durante o momento em que recebia os testes respondidos, percebi que os alunos tinham uma boa base e que seria possível prosseguir com o planejamento das aulas.

A primeira aula foi concluída com o assunto de Algarismos significativos, o qual foi exposto no data show e discutido em sala. Os alunos que não tinham segurança ao responder algumas perguntas do pré-teste puderam sanar as dúvidas, enquanto outros ficavam satisfeitos por acertarem.

Na segunda e terceira aula, foram expostos os conteúdos: tipos de incertezas, métodos estatísticos para determinar a melhor medida e por último a utilização da calculadora estatística do Windows para agilizar os cálculos. Durante as aulas expositivas, os estudantes participaram fazendo perguntas e respondendo exercícios. Quando faltava 40 minutos para o término da última aula de física do dia, foi solicitado aos alunos para que formassem grupos de 5 estudantes para fazer o experimento de medidas. Foi entregue um roteiro por grupo (ver apêndice B), juntamente com duas tiras de cartão guache na cor laranja e uma régua milimetrada de 300 mm.

Os alunos confeccionaram duas réguas de cartão guache, uma graduada em decímetros e a outra em centímetros, concluindo assim, a primeira parte do experimento de medidas. Durante essa atividade, diagnosticamos dois grupos com dificuldades em fazer as marcações da régua decimetrada. A medida em que os grupos terminavam a primeira parte do experimento, era recolhida as réguas centimetrada e milimetrada, para depois ser entregue um retângulo de cartão guache para realizar a segunda parte, que consistia em medir os lados do retângulo com as três réguas, da menos precisa para a mais precisa: decimetrada, centimetrada e milimetrada. Não era permitido aos grupos fazerem a segunda parte do experimento com posse das três ou até mesmo de duas réguas.

A todo o momento o professor interagiu com os alunos, tirando dúvidas e auxiliando-os na entrega dos materiais e avisando para fazer os cálculos em outro momento que não fosse durante as aulas. Entretanto, alguns grupos persistiam em realizar os cálculos que era solicitado no roteiro, levando a uma perda de tempo considerável. Sendo assim, o professor achou por bem, continuar o experimento na semana seguinte e recolheu todo o material.

No dia 5 de maio de 2015, todo material teórico foi enviado para o e-mail da turma, o professor ficou a disposição neste recurso para tirar as dúvidas que surgissem durante a semana e pediu para que os grupos se organizassem para levar um notebook e um celular com câmera para fazer os experimentos de Movimento Retilíneo Uniforme e Queda Livre.

Na quarta aula da aplicação do produto realizada no dia 11 de maio de 2015, foi retomado o experimento de medidas e entregue os roteiros, réguas e retângulos. Alguns alunos chamaram o professor para tirar as dúvidas: como fazer a medida? como achar a incerteza da régua?

Depois do término da segunda parte do experimento, foram entregues os círculos com um pedaço de cordão e uma régua milimetrada. O professor orientou os alunos para fazer cinco medidas do diâmetro do círculo em diferentes posições, utilizando a régua milimetrada, e também orientou a fazer cinco medições da circunferência do círculo com o auxílio de um cordão e da régua milimetrada, sendo que cada aluno do grupo ficaria responsável em fazer uma medida.

Na quinta e sexta aula da aplicação do produto realizada no mesmo dia, os alunos fizeram os experimentos de Movimento Retilíneo Uniforme e de Queda Livre. O professor conversou com os integrantes de um grupo e constatou que eles tinham um celular com uma boa câmera, e os designou para fazer o experimento de queda livre — entregou a bolinha de borracha, uma fita centimetrada de 200 cm, fita adesiva e um roteiro do experimento. Para formar essa equipe, foi incluído mais um grupo, formando uma equipe de 10 alunos para fazer o experimento de queda livre.



Figura 1 – Estudantes realizando o experimento de queda livre.

Percebemos que a equipe do experimento de queda livre estava bastante empolgada e participava intensamente da atividade.

O restante da turma seria dividida para fazer o experimento de movimento retilíneo uniforme. Foram preparados três equipamentos para fazer o experimento de MRU, um com esfera e dois com bolha de ar. Porém, foram formados somente duas novas equipes para realizar o experimento de MRU, tendo em vista que, o equipamento com esfera não foi utilizado por falta de carga nas pilhas, fazendo com que o eletroímã não funcionasse adequadamente. Para essas equipes foram entregues o roteiro (ver apêndice C) e dois cronômetros digitais por equipe.

Os alunos ficaram encantados com a atividade prática, muitos queriam mexer no equipamento e fazer a medição do tempo no cronômetro. O professor aproveitou o momento e orientou seus alunos sobre a prática de trabalho em grupo e algumas maneiras de dividir as tarefas para otimizar o tempo da realização do experimento.





Figura 2 – Alunos fazendo o experimento de MRU

O professor informou <sup>1</sup> a equipe do experimento de queda livre e as duas equipes do experimento de MRU, que o objetivo principal a ser atingido na aula seria conseguir o gráfico do experimento com a sua referida equação, e que no final da aula haveria uma discussão sobre os experimentos. Também foi informado que o restante das questões que haviam no roteiro seriam respondidas em outro momento e colocadas no relatório.

Durante a realização dos experimento percebemos quatro alunos se distraíndo com o celular, quando eles percebiam que estávamos observando, eles desligavam ou escondiam o celular. Conversamos com eles e convencemo-os em participar das atividades.

Ligamos o projetor e o notebook para revisar a forma de calcular o valor mais provável, o desvio padrão e o desvio padrão da média, através da calculadora estatística do Windows 7. Teve um aluno que fez os cálculos com a calculadora do Windows 8, pois não havia diferença entre as calculadoras.

Revisamos no quadro negro, como fazer gráficos no plano cartesiano. Depois, deixamos uma equipe que fazia o experimento de movimento retilíneo uniforme utilizar o nosso notebook que estava ligado ao projetor, para fazer os cálculos, logo após, orientamos a inserir os dados na planilha do Excel, como também a fazer o gráfico no referido programa, com a linha de tendência e a equação do gráfico. Aproveitamos esse momento para ensinar toda a turma a fazer o gráfico usando o programa Excel.

Após o término dos tratamentos de dados realizados pelos alunos, discutimos os experimentos realizados e constatamos que os gráficos de MRU eram retas (lineares) e que o gráfico da queda livre era curvo (parabólico). A equipe do experimento de queda livre ainda explicou que ao largar uma folha de papel e uma bolinha de papel da mesma altura e no mesmo tempo, a bolinha de papel toca o chão primeiro por ter menos contato com o

<sup>1</sup> Esta informação foi motivada pelas respostas dos alunos no pré-teste, onde 31% deles declararam que “tinham pouco tempo para estudar”.

ar.

A discussão foi muito proveitosa, mas não havia mais tempo para continuar. Deixamos o relatório para ser entregue na semana seguinte (dia 18/05/2015) e ficamos a disposição para tirar dúvidas no decorrer da semana. Porém, os alunos não entraram em contato com o professor para sanar as dúvidas no decorrer da semana que antecedia a entrega dos relatórios, por esse motivo, aproveitamos o dia que seria de entrega dos relatórios para tirar as dúvidas dos alunos e demos um novo prazo de entrega dos relatórios, dia 23/05/2015, por e-mail, mesmo assim só recebemos três relatórios.

## 5.2 Análise dos Resultados

Nesta seção, faremos a análise dos resultados adquiridos durante a implementação do produto educacional.

### 5.2.1 Análise do pré-teste

Um total de 35 alunos fizeram o pré-teste (teste de sondagem) e estão envolvidos nas análises que seguem.

Na primeira questão foi perguntado se os alunos gostavam de estudar Física — esta pergunta se torna relevante quando associamos ela com a afinidade que o aluno pode ter com a disciplina; com as respostas fizemos o gráfico da Figura 3.

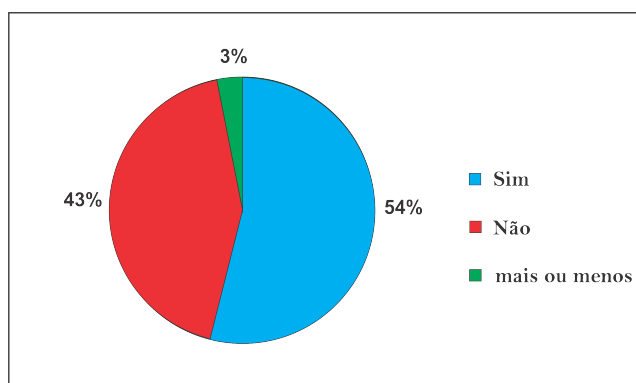


Figura 3 – Análise dos alunos que gostam de estudar Física.

Podemos observar no gráfico que 54% (19 alunos) gostam de estudar a disciplina de Física enquanto que 43% (15 alunos) não gostam e 3% (1 aluno) estava indeciso, não sabia se gostava de estudar Física. Como mais da metade da turma gosta de estudar Física, entendemos que há uma boa afinidade com a disciplina e podemos realizar atividades em grupos para facilitar o aprendizado dos alunos.

Na segunda questão foi perguntado sobre as dificuldades encontradas pelos alunos para estudar Física, esta questão é fundamental para podermos traçar as estratégias

que melhor se adeque a turma — com as respostas construímos a Tabela 2 e também registramos alguns depoimentos <sup>2</sup>.

Tabela 2 – Análise das dificuldades em estudar Física pelos alunos.

pouco conhecimento de matemática	17%
lê mas não entende	43%
falta prática (experiência) com os assuntos	46%
pouco tempo para estudar	31%
outro	20%

Observamos na Tabela 2 que somente 17% (6 alunos) declararam que tem pouco conhecimento de matemática, portanto, a maioria dos alunos da turma não teriam dificuldades em fazer os cálculos estatísticos quando forem analisar os dados dos experimentos.

Quase metade da turma “lê mas não entende”, fazendo um total de 43% (15 alunos), este diagnóstico é bastante preocupante — propomos como solução a realização de atividades em conjunto com a disciplina de português, pois até nos depoimentos que mostraremos a seguir, notamos dificuldades dos alunos em escrever.

O aluno 18 marcou somente o item pouco conhecimento de matemática, e escreveu: “por que não mido muito bem”. Os outros depoimento são referentes ao item “outro”.

“Tense dificuldade em associar as fórmulas com os dados ” (aluno 1).

“Leio, entendo, mas nem sempre encontro a fórmula necessária para resolver” (aluna 10).

“Dificuldade na aprendizagem das formulas que são muitas” (aluno 33).

Os alunos 1,10 e 33 revelam a importância que eles dão às fórmulas, possivelmente seja um reflexo de um ensino tradicional e muito matematizado. Resta-nos mostrar através dos experimentos de baixo custo, a Física do cotidiano e dar ênfase nos conceitos que há em cada experimento.

“Ainda não aprendi tudo em física” (aluno 16). Em outras palavra, o aluno tem dificuldades em aprender Física por que não sabe do assunto. Isso é compreensível.

“Principalmente por que tambem estou com pouco tempo para estudar acabando estudando mais as materias do curso como (logica). Não tenho computador, nunca estudei nem fui ligado muito em computação. Pretendo aprender ao máximo e mim esforçar muito” (aluno 17). Este aluno parece angustiado, talvez por esta fazendo um curso que não goste ou ter que estudar muito as disciplinas técnicas <sup>3</sup> que nunca havia estudado e acaba ficando com pouco tempo para estudar as demais disciplinas.

<sup>2</sup> Os depoimentos foram transcritos na íntegra.

<sup>3</sup> As disciplinas técnicas do Curso de Informática do 1º ano são: Eletricidade e Eletrônica Básica; Lógica de Programação; Organização, Instalação e Manutenção de Computadores.

“Falta a logica de responder as questões” (aluno 30). Este aluno, provavelmente não segue as orientações do professor, portanto, não consegue perceber as semelhanças existentes na maneira de resolver as questões.

“ O pouco conhecimento de matemática e não lembrar dos assuntos dados antes mas eu sei fazer a adição, subtração, divisão, multiplicação” (aluno 34). Este aluno deve fazer pouco exercício de Física, pois a falta de prática provoca esquecimento e diminui a velocidade de raciocínio.

Voltando para a análise da Tabela 2, o item mais marcado pelos alunos foi “falta de prática (experiência) com os assuntos”, 46% (16 alunos) entendem que a prática pode ajudá-los a compreender os assuntos de Física. Para os alunos, esta “prática” refere-se a dar um sentido prático aos assuntos de Física, e é neste sentido que implementamos o produto educacional de “experimentos de baixo custo no ensino de mecânica.

Os 31% (11 alunos) tem “pouco tempo para estudar”, é compreensível, pois o curso técnico de informática integrado ao Ensino Médio é integral (manhã e tarde), a turma do 1º ano tem 16 disciplinas distribuídas nos turnos matutino e vespertino, restando somente o turno da noite para os alunos estudar. Este tipo de plano de curso integral prejudica o ensino-aprendizagem, pois os alunos não tem tempo para maturar o conhecimento e dificilmente (ou com bastante dificuldade) conseguem desenvolver seus próprios conceitos. O curso foi planejado para ser concluído em 3 anos, entretanto, a carga-horária é muito elevada. Se compararmos o mesmo curso com uma outra Instituição Federal que trabalhamos, perceberemos que a duração do curso em 4 anos, em um único turno, facilita o desenvolvimento do ensino-aprendizagem, pois os alunos teem tempo para estudar e maturar os conhecimentos, além de aulas de reforço para os alunos com dificuldades de aprendizado, horários para fazer os trabalhos em grupo e momentos de descontração e lazer, ou simplesmente de descanso.

Na terceira questão foi perguntado sobre os assuntos que os alunos haviam estudado — Os assuntos escolhidos na questão são pré-requisito para a realização dos experimentos de baixo custo e com as respostas construímos o gráfico da Figura 4.

Observamos no gráfico que os assuntos estudados pelos alunos mais lembrados foram Unidades de Medidas com 91%, Movimento Retilíneo Uniforme (MRU) com 100%, Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (MRUV) com 100% e Queda Livre com 94%. O assunto de Algarismos Significativos dividiu a turma, pois 46% marcaram que já haviam estudado e 48% marcaram que não haviam estudado, 3% não lembrava e 3% não respondeu. Entendemos que se faz necessário ensinar o assunto de Algarismos Significativos juntamente com Unidades de Medidas pelo fato de muitos alunos não terem estudado e principalmente pela sua relevância nos experimentos de Física.

Na quarta questão os alunos tiveram que resolver duas operações com algarismos

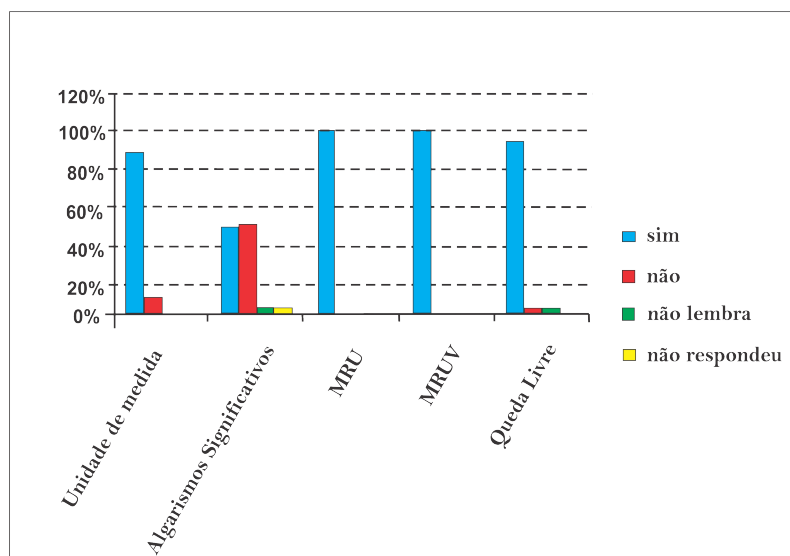


Figura 4 – Gráfico dos assuntos estudados pelos alunos.

significativos, na letra a)  $45,1 + 18,257$  e na letra b)  $64 \div 16$ . Esta questão serviu para averiguar o nível de conhecimento mínimo de matemática dos alunos. De acordo com a solução dos alunos, construímos o gráfico da Figura 5.

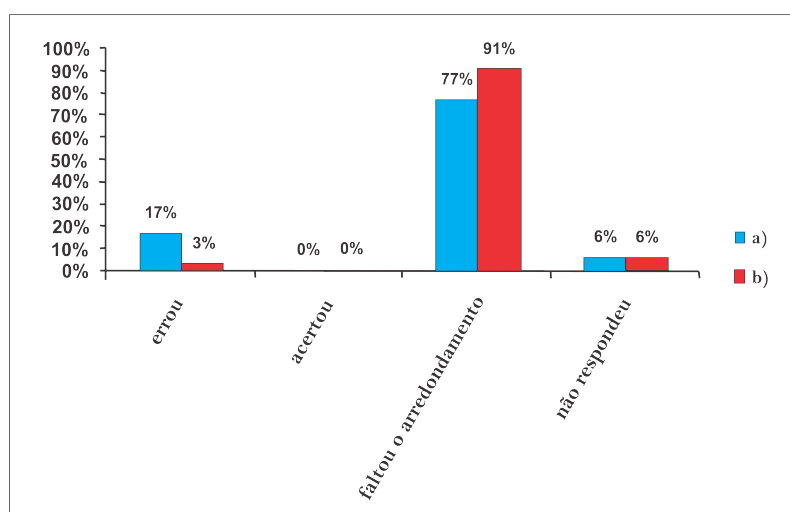


Figura 5 – Gráfico do resultado das operações de algarismos significativos.

Observamos que o erro de 17% (6 alunos) da letra a) e o erro de 3% (1 aluno) da letra b) torna-se coerente com as declarações dos alunos na segunda questão, no item “pouco conhecimento de matemática”.

Na coluna do gráfico “faltou arredondamento”, 77% dos alunos obtiveram como solução da letra a) o valor **63,357** no lugar de **63,4**, ou seja, a solução deveria ter uma casa decimal, portanto, o arredondamento era indispensável; 91% obtiveram como solução da letra b) o valor **4** no lugar de **4,0**, ou seja, a solução deveria ter dois algarismos significativos.

O fato de ninguém ter acertado completamente a solução das operações com algarismos significativos deve-se a falta de conhecimento desse assunto pelos alunos, inclusive 6% (2 alunos) não responderam.

Na quinta questão foi perguntado sobre a melhor opção que representava a medida de um prego com uma régua. Esta questão serviu para sabermos se os alunos tinham experiência com medidas no seu cotidiano e com as respostas construímos o gráfico da Figura 6.

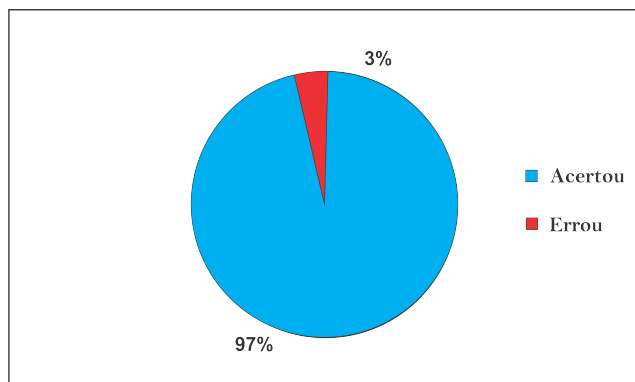


Figura 6 – Gráfico da escolha dos alunos pela melhor medida do prego.

O resultado de acerto de 97% (34 alunos), observado no gráfico da Figura 6, mostra aparentemente, que os alunos sabem fazer medidas com régua — só teremos certeza quando analisarmos o relatório e a conduta dos alunos durante a realização do experimento de medidas.

Na sexta e última questão foi perguntado se havia diferença entre as medidas 15 cm e 15,0 cm. Esta questão serviu para sabermos se os alunos tinham conhecimento de precisão das medidas e com as respostas construímos o gráfico da Figura 7.

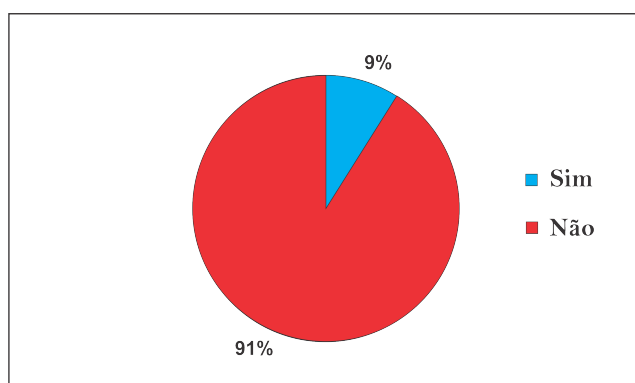


Figura 7 – Gráfico da resposta dos alunos sobre precisão na medida.

O gráfico mostra que somente 9% (3 alunos) conseguem perceber que há diferença entre as medidas 15 cm e 15,0 cm, as medidas com precisões diferentes não foi reconhecida por 91% (32 alunos). O resultado de 9% de acerto é inconclusivo, pois os alunos podem

ter pensado que as medidas eram diferentes simplesmente porque uma tem o número zero e a outra não tem.

### 5.2.2 Análise das atividades desenvolvidas pelos alunos

Após a análise do pré-teste propomos algumas alterações relacionadas a aplicação do produto, tendo em vista que a turma relatou dificuldades em estudar fora dos horários das aulas. A primeira alteração foi traçar objetivos que poderiam ser alcançados durante as aulas, como por exemplo, confeccionar as régua, fazer os gráficos de MRU e queda livre. A segunda alteração consistiu em antecipar as discussões para o final da aula em que os alunos realizavam os experimentos de MRU e queda livre. Mantemos o planejamento da entrega dos relatórios mesmo sabendo das dificuldades em que os alunos enfrentariam para fazê-lo, esta estratégia reforça a necessidade do estudo fora da sala de aula, possibilitando maturação dos conhecimentos de Física ensinados na escola. Analisaremos a seguir o desempenho dos alunos durante a realização dos três experimentos de baixo custo e suas contribuições nos relatórios.

No primeiro experimento, haviam 7 grupos de 5 alunos. Todos os grupos confeccionaram as régua decimetrada e centimetrada, e determinaram as suas incertezas, 0,5 dm para a régua decimetrada, 0,5 cm para a régua centimetrada e 0,5 mm para a régua milimetrada.

Observamos durante a realização do experimento de medidas que todas as 7 equipes fizeram todas as medidas solicitadas no roteiro, que eram: medir os lados de um retângulo e colocar a incerteza da medida; medir o diâmetro e a circunferência de um círculo e colocar as incertezas dessas medidas.

Infelizmente, somente duas equipes entregaram o relatório do experimento de medidas, as quais faremos a análise a seguir.

No relatório 1, foi constatado que os alunos seguiram as orientações da estrutura do relatório (apêndices E, F, G e H), com capa, folha de rosto e sumário, mas falharam na parte principal do relatório que era a obtenção e análise dos dados.

Os alunos relatam o procedimento experimental da seguinte forma: “*Nós medimos o retângulo de papel guache com as 03 régua, a milimetrada, a centimetrada e a decimetrada, após isso tiramos seu valor mais provável, seu erro instrumental e seu número de algarismos significativos do valor mais provável, também tiramos o perímetro do retângulo com sua incerteza. Após terminarmos com o retângulo fizemos outro experimento com uma circunferência tirando o valor mais provável de seu diâmetro e da sua circunferência sendo 05 medidas de cada*”(relatório 1).

A obtenção e análise dos dados do relatório 1 não contribuiu para uma melhor averiguação do experimento realizado, apesar deles terem realizado todas as medidas. Na

parte da análise dos dados escreveram:

*“Nós só precisávamos de 03 réguas 01 milimetrada, 01 centimetrada, 01 decimetrada, medimos o retângulo com cada uma e tiramos sua incerteza. Já com o círculo medimos com um cordão sua circunferência medimos com a régua 05 vezes o seu comprimento e tiramos o valor mais provável de cada medida, depois fizemos o mesmo com o diâmetro do círculo”* (relatório 1).

Percebemos que isso não é análise dos dados, inclusive nenhum dado foi colocado para ser analisado, entretanto, fazia parte do procedimento experimental.

Na conclusão do relatório 1, contém as respostas das perguntas do material de orientação para confecção de relatório (ver apêndice H):

O tempo e a quantidade de participantes no grupo foram adequados? *“Sim, tivemos muito tempo e muitas pessoas ajudaram na obtenção de dados dividimos todas as tarefas necessárias para realizar o experimento”*.

O experimento ajudou na compreensão do assunto estudado em sala de aula? *“Sim, com o experimento conseguimos uma melhor compreensão do assunto”*.

Os resultados do experimento foram os esperados? *“Sim, conseguimos fazer todos os objetivos proposto para o experimento”*.

Quais eram as expectativas antes de realizar o experimento? *“Nossas expectativas era de conseguir aprender mais sobre o assunto podendo realizar este experimento”*.

Os objetivos foram alcançados? *“Sim, conseguimos fazer tudo o que foi planejado dentro dos objetivos”*.

As respostas encontradas na conclusão do relatório 1 não condiz com o trabalho apresentado, só evidencia a falta de compromisso dos alunos desse grupo em fazer o relatório, possivelmente devem ter dividido as tarefas e não se reuniram para juntá-las.

No relatório 2, foi constatado que os alunos não seguiram as orientações da estrutura do relatório, pois não havia capa, nem folha de rosto, muito menos sumário. Nos procedimentos foi observado a transcrição do roteiro com algumas medidas realizadas e poucos cálculos. Vamos analisá-los a seguir.

No experimento B, foi mandado medir os lados A e B de um retângulo feito de cartão guache com as réguas graduadas em decímetro, centímetro e milímetro, respectivamente, os quais deveriam conter o erro da medida. Os alunos chegaram na seguinte resposta:

medidas em decímetros :  $a = 1,5 \pm 0,5$  dm e  $b = 1,6 \pm 0,5$  dm

medidas em centímetros:  $a = 14 \pm 0,5$  cm e  $b = 17 \pm 0,5$  cm

medidas em milímetros:  $a = 148 \pm 0,5$  mm e  $b = 168 \pm 0,5$  mm



Podemos observar primeiramente que nas medidas em centímetros e em milímetros, faltam um valor a ser estimado, com uma casa decimal, esse valor seria o algarismo duvidoso, também podemos notar que há uma discrepância no valor das medidas, pois o aumento de precisão da régua proporciona uma medida mais confiável.

Não consta no relatório 2, o número de algarismos significativos do valor mais provável ( $\bar{a}$  e  $\bar{b}$ ) da medida dos lados  $a$  e  $b$  do retângulo, assim como não constam os cálculos do perímetro  $p$  do retângulo com a incerteza, como também não constam os cálculos da área  $A$  com sua incerteza.

No experimento C, foi mandado medir cinco vezes a circunferência de um círculo com um pedaço de cordão e uma régua milimetrada e depois medir cinco vezes o diâmetro do círculo com uma régua milimetrada para poder calcular  $\pi$  (pi) com a incerteza. As cinco medidas são necessárias para o cálculo da incerteza da medida através de métodos estatísticos. No relatório 2, constam as Tabelas 3 e 4, que são os resultados encontrados pelos alunos.

Tabela 3 – Medidas da circunferência de um círculo (relatório 2).

Medida	Circunferência ( $C$ )	Valor mais provável ( $\bar{C}$ )
1	497	497,4
2	500	
3	500	
4	494	
5	496	

O resultado final encontrado pelos alunos da medida da circunferência  $C$  com a incerteza foi,

$$C = 497,4 \pm 0,5 = \pm 497,9.$$

Analisando esses dados podemos perceber alguns erros, tais como, falta de unidades (deveria estar em milímetros), não foi calculado a incerteza da medida através de métodos estatísticos e para completar, no resultado final somou o valor mais provável com a incerteza de uma única medida (precisão do instrumento, chegando a uma solução de valor de incerteza.

Os alunos poderiam chegar na solução do resultado final inserindo as medidas de circunferência da Tabela 3 na calculadora estatística do Windows, conforme seção 5.2.2, e obteria como desvio padrão o valor  $\sigma_C = 2,61$  mm, depois utilizaria a calculadora padrão do Windows para dividir o desvio padrão por  $\sqrt{5}$  e determinar o desvio padrão da média como  $\delta C = 1$  mm, esse valor já foi arredondado para um algarismo significativo. Portanto, o resultado final deveria ser,

$$C = 497 \pm 1 \text{ mm}$$

A Tabela 4, mostra as medidas do diâmetro encontrada pelos alunos.

Tabela 4 – Medidas do diâmetro de um círculo (relatório 2)

Medida	Diâmetro ( $D$ )	Valor mais provável ( $\bar{D}$ )
1	154	154,2
2	155	
3	155	
4	154	
5	153	

O resultado final da medida do diâmetro com a incerteza, encontrado pelos alunos foi,

$$D = 154,2 \pm 0,5 = 154,7.$$

Novamente, os alunos cometeram os mesmos erros da circunferência, exceto pelo resultado final que não colocaram o sinal  $\pm$ .

As mesmas orientações que foram feitas para o resultado final da circunferência são válidas para o resultado final do diâmetro, portanto, o desvio padrão seria  $\sigma_D = 0,837$  mm, o desvio padrão da média seria  $\delta D = 0,4$  mm e o resultado final da medida do diâmetro seria,

$$D = 154,2 \pm 0,4 \text{ mm}$$

O cálculo de  $\pi$  feito pelos alunos foi realizado como se segue,

$$\pi = \frac{C}{D} = \frac{497,9}{154,7} = 3,21$$

Apesar dos erros encontrados nos cálculos do resultado final das medidas da circunferência e do diâmetro no relatório 2; os alunos ainda conseguiram chegar num valor razoável para  $\pi$ . Mas se os estudantes tivessem seguido todas as orientações conseguiriam chegar no seguinte resultado,

$$\bar{\pi} = \frac{\bar{C}}{\bar{D}} = \frac{497 \text{ mm}}{154,2 \text{ mm}} = 3,22$$

para determinar a incerteza da medida de  $\pi$  é necessário usar a seguinte equação,

$$\frac{\delta\pi}{\bar{\pi}} = \sqrt{\left(\frac{\delta C}{\bar{C}}\right)^2 + \left(\frac{\delta D}{\bar{D}}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{1 \text{ mm}}{497 \text{ mm}}\right)^2 + \left(\frac{0,4 \text{ mm}}{154,2 \text{ mm}}\right)^2} \sim 0,003 \rightarrow 0,3\%$$

$$\delta\pi = \bar{\pi} \times \frac{\delta\pi}{\bar{\pi}} = 3,22 \times 0,003 \sim 0,01$$

Obtendo como resultado final,

$$\pi = 3,22 \pm 0,01.$$

Portanto, o valor que deveria ser encontrado é bem próximo do resultado dos alunos do relatório 2. Para que o resultado chegasse mais perto do valor aceito  $\pi = 3,14$ ,

as medidas de  $C$  e  $D$  deveriam ser aferidas com maior cuidado e em maior quantidade, mesmo assim, quando comparamos o valor  $\pi = 3,22 \pm 0,01$  com  $\pi = 3,14$  o erro ficaria entre 2% e 3%.

Continuando a análise do relatório 2, percebemos que não havia conclusão, mesmo assim, consideramos um relatório melhor do que o relatório 1.

A partir de agora iremos analisar os dados do experimento de movimento retilíneo uniforme (MRU) realizado por duas equipes. A primeira equipe de MRU não entregou o relatório, entretanto, trabalharam intensamente e puderam concluir o objetivo proposto para o experimento durante a aula, chegando a construir a Tabela 5 e o gráfico da Figura 8.

Tabela 5 – Dados do experimento MRU da equipe 1.

Tempo (s)	Posição (cm)
$1,39 \pm 0,02$	$30 \pm 1$
$2,83 \pm 0,04$	$40 \pm 1$
$4,13 \pm 0,01$	$50 \pm 1$
$5,66 \pm 0,02$	$60 \pm 1$
$7,28 \pm 0,05$	$70 \pm 1$

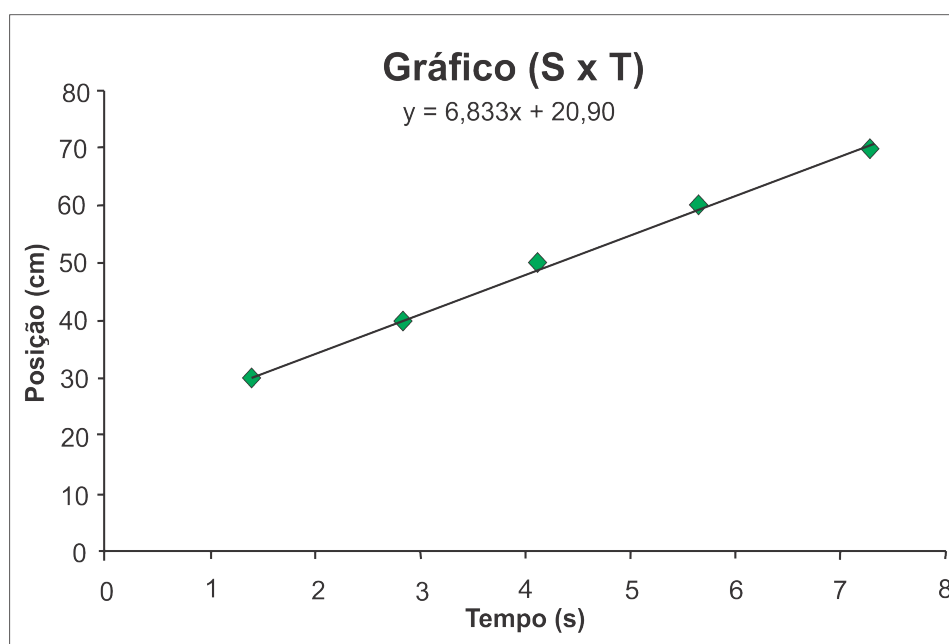


Figura 8 – Gráfico do experimento MRU feito pelos aluno da equipe 1.

Observamos na Tabela 5, que os alunos fizeram todas as medidas de tempo em segundos e incluíram as respectivas incertezas provenientes de métodos estatísticos. Podemos observar também que o gráfico da Figura 8 é aproximadamente linear, portanto o movimento da bolha de ar no experimento era aproximadamente uniforme. Como esse gráfico foi feito com o programa Excel, também gerou a equação do gráfico  $y =$

$6,833x + 20,90$ , que fornece o valor da velocidade como  $v = 6,833 \text{ cm/s}$  e posição inicial  $s_0 = 20,90 \text{ cm}$ .

Esta equipe trabalhou muito bem em sala de aula fazendo tudo o que era pedido, mas poderiam avançar muito mais se tivessem feito o relatório.

Quando analisamos o relatório da equipe 2 percebemos que seguiram as orientações dos apêndices E, F, G e H. Inclusive, escreveram na Introdução Teórica: “*Movimento retilíneo uniforme (MRU) é descrito como um movimento de um móvel em relação a um referencial, movimento este ao longo de uma reta de forma uniforme, ou seja, com velocidade constante. Diz-se que o móvel percorreu distâncias iguais em intervalos de tempo iguais. No MRU a velocidade média assim como sua velocidade instantânea são iguais*”(equipe 2).

Os alunos da equipe 2 fizeram a Tabela 6 e a Tabela 7, mas não construíram o gráfico  $S$ . Por essa razão, não descobriram a equação do gráfico, ou seja, não conseguiram cumprir o objetivo planejado para ser executado em sala de aula.

Tabela 6 – Medidas de intervalo de tempo do experimento MRU da equipe 2.

S (cm)	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	t <sub>3</sub>	t <sub>4</sub>	t <sub>5</sub>	Valor mais provável
10 a 30	1,34	1,38	1,44	1,38	1,41	1,39
10 a 40	2,97	2,88	2,72	2,84	2,78	2,83
10 a 50	4,09	4,10	4,16	4,15	4,15	4,13
10 a 60	5,60	5,66	5,72	5,66	5,68	5,66
10 a 70	7,28	7,44	7,12	7,29	7,28	7,28

Podemos observar na Tabela 6, que faltam as unidades de tempo em segundos.

Tabela 7 – Valores das incertezas dos tempos referente a Tabela 6.

Posição (cm)	valor mais provável (s)	Desvio Padrão	Desvio Padrão da Média
30 ± 1	<b>1,39</b>	0,03	<b>0,02</b>
40 ± 1	2,83	0,09	<b>0,04</b>
50 ± 1	<b>4,13</b>	<b>0,03</b>	<b>0,01</b>
60 ± 1	<b>5,66</b>	<b>0,04</b>	<b>0,02</b>
70 ± 1	<b>7,28</b>	0,10	<b>0,05</b>

Os valores em negrito na Tabela 7 estão corretos, por isso, podemos considerar que a equipe 2 realizou um bom trabalho experimental apesar de não terem feito o gráfico e não terem respondido o questionário do relatório.

A equipe 2 concluiu o relatório dizendo que: “*O teste durou uns 30(trinta) minutos. A quantidade de alunos foi adequada, porém algumas vezes, alguns alunos não tinham o que fazer, mas com o tempo adequado. O experimento fez com que os alunos vissem não só na folha o assunto, e puderam ver realmente como funcionava o MRU. Os resultados foram esperados, tanto que em todos os testes (5 feitos), os resultados ficaram bem perto um*

do outro. Pode-se dizer sim, que os objetivos foram alcançados, em sala mesmo, e foram também, com a realização bem sucedida dos experimentos e a realização do relatório” (equipe 2).

Podemos notar através da conclusão que os alunos gostaram de realizar o experimento de MRU, pois puderam ver na prática o assunto ensinado em sala de aula, também perceberam a flutuação dos valores medidos e da importância do assunto de incertezas. Os alunos relataram ainda que alguns estudantes da equipe ficaram sem ter o que fazer, provavelmente devido a má distribuição das tarefas pois o relatório foi entregue sem o gráfico ( $S \times T$ ) e sem as respostas das questões do roteiro.

Agora analisaremos os resultados obtidos pelos alunos que realizaram o experimento de queda livre, os quais construíram o gráfico da Figura 9 juntamente com a equação do gráfico e não entregaram o relatório.

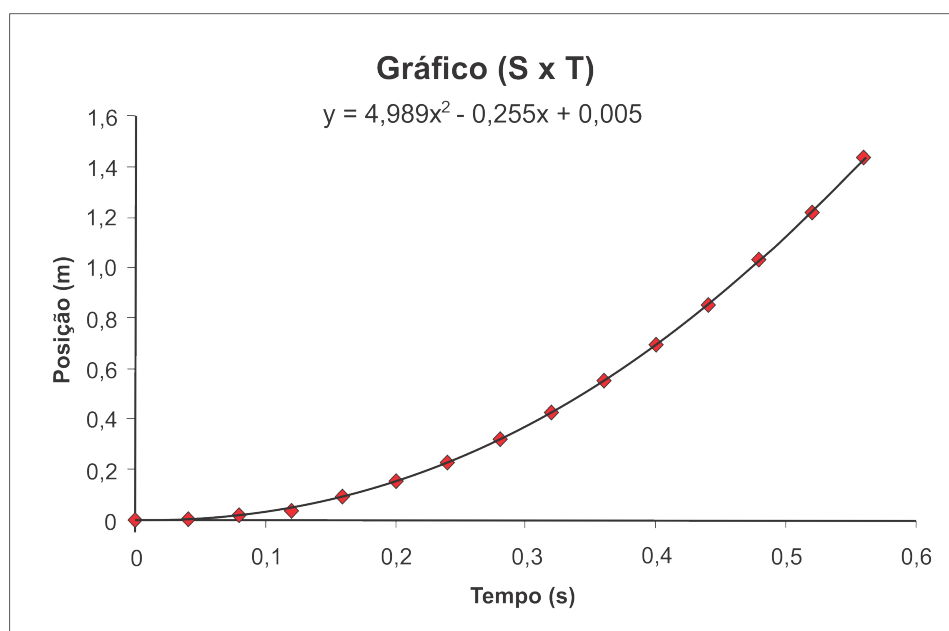


Figura 9 – Gráfico realizado pelos alunos do experimento de queda livre.

Podemos observar que o gráfico do experimento de queda livre é uma parábola e que a aceleração da gravidade poderia ser adquirida através da equação do gráfico  $y = 4,989x^2 - 0,255x + 0,005$ , portanto,

$$\frac{g}{2} = 4,989 \text{ m/s}^2 \longrightarrow g = 4,989 \text{ m/s}^2 \times 2 = 9,978 \text{ m/s}^2$$

O erro desse resultado seria de aproximadamente 2% em relação a aceleração da gravidade de  $9,8 \text{ m/s}^2$ .

Apesar de não terem entregue o relatório do experimento de queda livre, podemos observar em sala de aula todo o empenho e alegria dos alunos em fazer o experimento utilizando a câmera do celular para fazer as filmagens e o computador para determinar

as posições da bolinha no passar do tempo, além de contribuírem na discussão sobre os experimentos ao relatarem uma parte do experimento que envolvia o movimento de queda de uma folha de papel que havia sido abandonada ao mesmo instante de uma bolinha de papel, e obtiveram como resultado, que a bolinha de papel chegava primeiro por ter menos atrito (contato) com o ar. Por esses motivos consideramos que esta equipe aprendeu e contribuiu para o aprendizado de toda a turma assim como as demais equipes.

## 6 Considerações Finais

Apesar de muitos professores de ciências do Ensino Básico apoiarem a inclusão de aulas práticas no currículo, vários deles não utilizam os equipamentos e laboratórios existentes em suas escolas devido a falta de preparo e outras razões que fogem a sua alçada, levando a um ensino de Física puramente teórico.

A teoria e a prática não podem ser encaradas de maneira distinta e isolada, pois a fragmentação do conhecimento torna o ensino desmotivador e inacessível aos educandos.

Uma forma de tornar a disciplina de Física atrativa e interessante para os alunos é valorizar o conhecimento prévio dos educandos, desenvolvendo experimentos de baixo custo e de fácil obtenção para serem manuseados em grupos sob a orientação do professor.

A nossa tentativa nesse sentido é propor como produto educacional um livro de apoio ao professor de Física na preparação de aulas experimentais de baixo custo no ensino de mecânica para o Ensino Médio. O professor pode utilizá-lo integralmente ou poderá fazer algumas adaptações para se adequar a realidade de seus alunos. O livro procura enfatizar as incertezas nas medições físicas na realização dos experimentos, inclusive os de baixo custo.

A teoria de Vygotsky dá o embasamento necessário para aplicar os experimentos de baixo custo no ensino de mecânica, pois os objetos pertencentes ao dia-a-dia dos alunos promovem uma experiência pessoal do discente com o fenômeno observado, portanto, auxiliam na transição dos conceitos espontâneos para os conceitos científicos, podendo proporcionar no aluno um novo desenvolvimento real.

Os experimentos de medidas, de movimento retilíneo uniforme e queda livre, aplicados na turma do 1º ano do Curso Técnico de Informática Integrado ao Ensino Médio do IFPE, Campus Belo Jardim foram bem aceito pelos alunos. Os estudantes fizeram réguas de cartão guache, fizeram medidas de comprimento com réguas e de tempo com um cronômetro, fizeram cálculos de incertezas, tabelas, gráficos e determinaram as equações dos gráficos, além de terem participado de uma sucinta discussão sobre os experimentos de MRU e queda livre. Percebemos que os alunos ficaram motivados para estudar Física através da realização de experimentos de baixo custo e fazendo atividades em grupo.

A partir dos resultados obtidos através dos instrumentos de coleta de dados é possível perceber que alguns alunos tiveram bastante dificuldades em realizar os cálculos, fazer o relatório e entregar no prazo pré-determinado. Observamos que os estudantes trabalham muito bem em grupo mas só durante as aulas, fora das aulas não há o mesmo comprometimento. Essas dificuldades podem ser compreendidas quando analisamos o

pré-teste e descobrimos que 43% dos alunos não conseguem compreender o que leem, 17% com deficiência em matemática básica e 31% tem pouco tempo para estudar. Em uma turma com essas necessidades, se faz necessário fazer um trabalho em conjunto com as disciplinas de português e matemática para minimizar essas dificuldades.

Concluimos que a discussão dos resultados obtidos pelos alunos após a realização dos experimentos deve ser incentivada e o tempo destinado para este fim tem que ser ampliado.

Sugerimos que sejam feitas algumas adaptações quando o produto educacional for aplicado em uma turma com as mesmas dificuldades. Portanto, sugerimos diminuir a quantidade de experimentos, ou seja, deve-se aplicar somente um experimento por vez para que os alunos possam fazer os cálculos na sala de aula e discutir os resultados no final da aula. Quando os alunos tiverem tempo para se reunirem, o professor poderá aplicar mais experimentos e a análise dos dados podem ser feitos pelos alunos em momentos (horários) diferente das aulas, concluindo a atividade com uma apresentação e entrega de relatório.

A experiência da implementação deste trabalho, mostra que é possível utilizar experimentos de baixo custo no ensino de mecânica, motivando os alunos a confrontar seus conhecimentos prévios com os fenômenos físicos a luz dos conceitos teóricos proporcionando uma aprendizagem crítica e uma melhor leitura do mundo que os cerca.

Esperamos que o nosso trabalho sirva de inspiração a outros professores para o desenvolvimento de outros projetos ligados a experimentação no ensino.

Pretendemos fazer uso de experimentos de baixo custo como prática constante da nossa carreira docente, incentivando e divulgando a sua utilização, pois acreditamos que essa é uma ótima metodologia pedagógica para transformar o ensino de Física no país.



## Referências

- ALVES, V. d. F. *A inserção de atividades experimentais no ensino de Física em nível médio: em busca de melhores resultados de aprendizagem*. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) — Universidade de Brasília, Brasília, 2006.
- ARAÚJO, M. S. T. d.; ABIB, M. L. V. d. S. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 25, n. 2, p. 176 – 194, junho 2003.
- ARRUDA, J. R. C. Un modelo didáctico para enseñanza aprendizaje de la física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 25, n. 1, p. 86–104, mar 2003. Disponível em: <[http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v25\\_86.pdf](http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v25_86.pdf)>. Acesso em: 27 set. 2014.
- BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 19, n. 3, p. 9–31, dez 2002.
- BRASIL. *Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996*: Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. [S.l.], 1996. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seed/arquivos/pdf/tvescola/leis/lein9394.pdf>>. Acesso em: 06 ago. 2014.
- BRASIL. *Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio*. Brasília, 2000. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/blegais.pdf>>. Acesso em: 06 ago. 2014.
- BRASIL. *Ministério da Educação. PCNs+ Ensino Médio, Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais: Física*. Brasília, 2002. Disponível em: <[http://www.sbfisica.org.br/arquivos/PCN\\_FIS.pdf](http://www.sbfisica.org.br/arquivos/PCN_FIS.pdf)>. Acesso em: 06 ago. 2014.
- CARRASCOSA, J. et al. Papel de la actividad experimental em la educación científica. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 23, n. 2, p. 157–181, ago 2006.
- FILHO, J. d. P. A. *Atividades experimentais: do método à prática construtivista*. Tese (Doutorado em Educação: Ensino de Ciências Naturais) — Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.
- FILHO, J. d. P. A. *Regras da transposição didática aplicadas ao laboratório didático*. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 17, n. 2, p. 174 – 182, agosto 2000.
- FREIRE, P. *Pedagogia da autonomia: saberes necessário à prática educativa*. 51. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2015.
- GASPAR, A. *Atividades experimentais no ensino de física: uma nova visão baseada na teoria de Vigotski*. 1. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2014.
- GASPAR, A.; MONTEIRO, I. C. d. C. Atividades experimentais de demonstrações em sala de aula: uma análise segundo o referencia da teoria de vygostky. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 10, n. 2, p. 227–254, ago 2005.

- GLEISER, M. ***A dança do universo***. São Paulo: Companhia das Letras, 2006.
- GRANDINI, N. A.; GRANDINI, C. R. Os objetivos do laboratório didático na visão dos alunos do curso de licenciatura em física da unesp-bauru. ***Revista Brasileira de Ensino de Física***, v. 26, n. 3, p. 251–256, set 2004. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/040101.pdf>>. Acesso em: 26 set. 2014.
- HODSON, D. Toward a philosophically more valid. ***Science Education***, v. 72, n. 1, 1988.
- IVIC, I.; COELHO, E. P. ***Lev Semenovich Vygotsky***. Recife: Fundação Joaquim Nabuco, Editora Massangana, 2010.
- LABURÚ, C. E.; SILVA, O. H. M. d.; BARROS, M. A. Laboratório caseiro – pára – raios: Um experimento simples e de baixo custo para a eletrostática. ***Caderno Brasileiro de Ensino de Física***, v. 25, n. 1, p. 168–182, abr 2008.
- MACEDO, R. d. S. ***O laboratório didático Investigativo no ensino de física e a formação de professores no IF - UFBA***. Dissertação (Mestrado em Ensino, Filosofia e História da Ciência) — Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2010.
- MARTIN, D. F. ***A Aprendizagem em Paulo Freire e Piaget***. Monografia (Graduação em Pedagogia) — Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2007.
- MELHORAMENTOS. ***Minidicionário da Língua Portuguesa***. São Paulo: Companhia de Melhoramentos, 1997.
- MOREIRA, M. A.; LEVANDOWSKI, C. E. ***Diferentes abordagens ao ensino de laboratório***. 1. ed. Porto Alegre: Editora da Universidade, UFRGS, 1983.
- OLIVEIRA, M. K. ***Vygotsky: aprendizado e desenvolvimento: um processo socio-histórico***. 3. ed. São Paulo: Scipione, 1995.
- PAULA, R. C. d. O. ***O uso de experimentos históricos no ensino de física***. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) — Universidade Estadual de Brasília, Brasília, 2006.
- PIAGET, J. ***Aprendizagem e Conhecimento***. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1974.
- SERÉ, M. G.; COELHO, S. M.; NUNES, A. D. O papel da experimentação no ensino da física. ***Caderno Brasileiro de Ensino de Física***, v. 20, n. 1, p. 31–43, abr 2003.
- TAMIR, P. ***Practical work at school: An analysis of current practice***. Milton Keynes: Open University Press, 1991.
- TISSANDER, G. ***La physuqye sans appareills***. Paris, 1893.
- VIGOTSKY, L. S. ***A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores***. 7. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007.
- VIGOTSKY, L. S. ***A construção do pensamento e da linguagem***. 2. ed. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2009.
- VIOLIN, A. G. Atividades experimentais no ensino de física de 1º e 2º graus. ***Revista Brasileira de Ensino de Física***, v. 1, n. 2, p. 13–24, 1979.

# Apêndices

# APÊNDICE A – Pré-teste

Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Mestrado Nacional Profissional  
Ensino de Física  
IFPE – Campus Belo Jardim

Professor Mestrando: Marcos Luiz Batista Moreira.

Aluno(a): \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

## Pré-teste

1) Você gosta de estudar Física?

SIM     NÃO

2) Quais as dificuldades que você encontra ao estudar Física?

- pouco conhecimento de matemática;  
 lê mas não entende;  
 falta prática (experiência) com os assuntos de física;  
 pouco tempo para estudar;  
 Outro.

3) Escreva (SIM) para os assuntos que você estudou e (NÃO) para os assuntos que você não estudou.

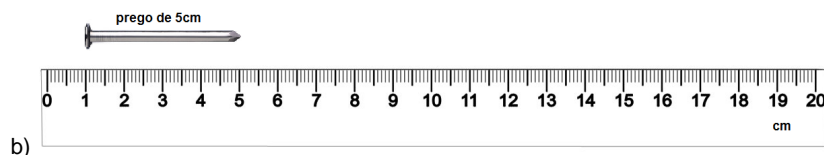
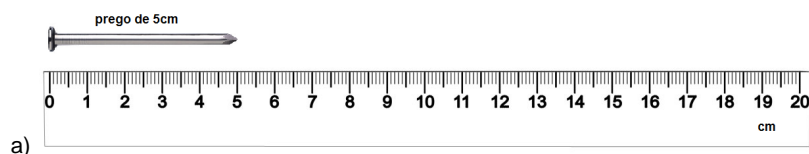
- Unidades de medida;  
 Algarismos significativos;  
 Movimento Retilíneo Uniforme;  
 Movimento Retilíneo Uniformemente Variado;  
 Queda Livre.

4) Resolva as operações com algarismos significativos.

a)  $45,1 + 18,257 =$

b)  $64 \div 16 =$

5) O comprimento de um prego é medido com uma régua. Qual opção representa melhor a medida do prego?



6) Existe diferença entre as medidas 15cm e 15,0cm?

SIM     NÃO

# APÊNDICE B – Experimento I: Medidas

## Objetivos

- Construir dois instrumentos de medida (régua);
- definir o erro instrumental;
- fazer medidas físicas, diretas e indiretas;
- fazer operações com algarismos significativos;
- calcular o valor mais provável e o desvio padrão da média de medidas físicas.

## Materiais a serem utilizados

- 01 régua graduada em milímetros;
- 01 retângulo de cartão guache;
- 01 círculo de cartão guache;
- pedaço de cordão;
- 02 retângulos de cartão guache com dimensões idênticas a régua.

## Procedimentos

### *EXPERIMENTO A*

1. Sabendo-se que a cada 10 mm (milímetros) correspondem a 1 cm (centímetro) e que a cada 100 mm (milímetros) correspondem a 1 dm (decímetro), construa duas régua com precisões: decimetrada e centimetrada. Use a régua milimetrada como padrão de referência, de acordo com a figura 10.
2. Determine o erro (incerteza) das régua decimetrada, centimetrada e milimetrada.

### *EXPERIMENTO B*

1. Meça os lados  $a$  e  $b$  do retângulo com a régua decimetrada e resolva o que se pede:

$$a) \quad a = \bar{a} \pm \delta a =? \qquad b = \bar{b} \pm \delta b =?$$

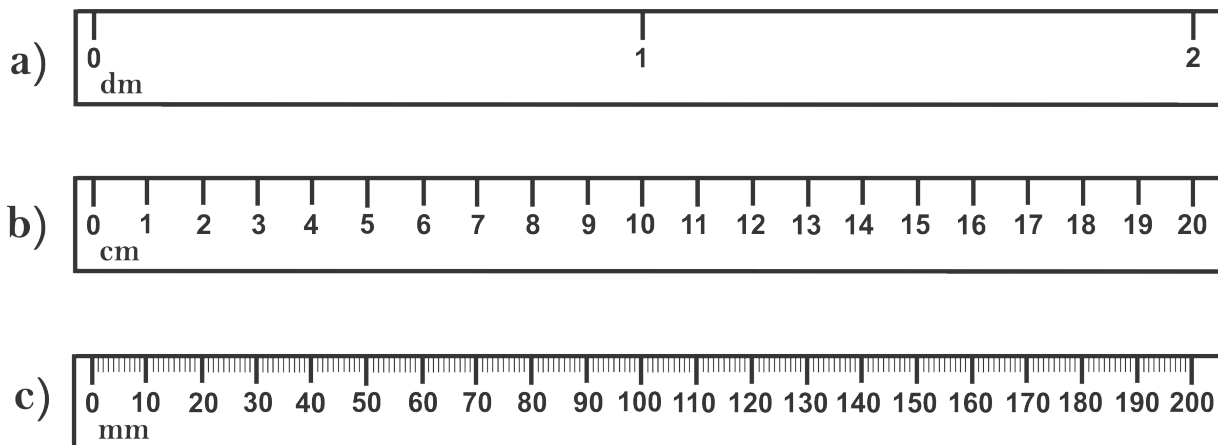


Figura 10 – Comparação entre as réguas decimetrada (a), centimetrada (b) e milimetrada (c).

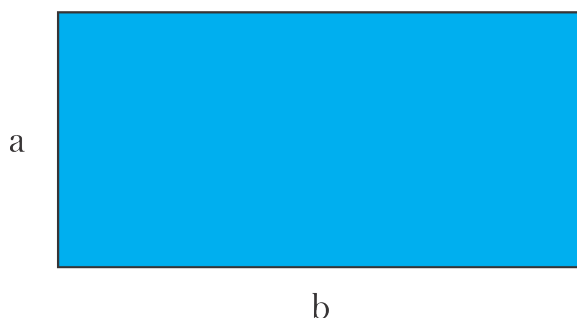


Figura 11 – Retângulo de cartão guache.

b) número de algarismos significativos do valor mais provável dos lados  $a$  e  $b$ ;

$$N_{\bar{a}} = ? \quad N_{\bar{b}} = ?$$

c) perímetro  $p$  do retângulo com a incerteza,  $p = a + a + b + b = \bar{p} \pm \delta p = ?$

d) a área  $A$  do retângulo com a incerteza,  $A = a \times b = \bar{A} \pm \delta A = ?$

**OBSERVAÇÃO: Faça somente os itens a) da 2ª e 3ª questões na sala de aula, o restante deve ser resolvido no horário que não seja de aula.**

2. Meça os lados  $a$  e  $b$  do retângulo com a régua centimetrada e resolva o que se pede:

a)  $a = \bar{a} \pm \delta a = ?$                        $b = \bar{b} \pm \delta b = ?$

b) número de algarismos significativos do valor mais provável dos lados  $a$  e  $b$ ;

$$N_{\bar{a}} = ? \quad N_{\bar{b}} = ?$$

c) perímetro  $p$  do retângulo com a incerteza,  $p = a + a + b + b = \bar{p} \pm \delta p = ?$

d) a área  $A$  do retângulo com a incerteza,  $A = a \times b = \bar{A} \pm \delta A = ?$

3. Meça os lados  $a$  e  $b$  do retângulo com a régua milimetrada e resolva o que se pede:

- a)  $a = \bar{a} \pm \delta a = ?$                        $b = \bar{b} \pm \delta b = ?$
- b) número de algarismos significativos do valor mais provável dos lados  $a$  e  $b$ ;
- $N_{\bar{a}} = ?$                        $N_{\bar{b}} = ?$
- c) perímetro  $p$  do retângulo com a incerteza,  $p = a + a + b + b = \bar{p} \pm \delta p = ?$
- d) a área  $A$  do retângulo com a incerteza,  $A = a \times b = \bar{A} \pm \delta A = ?$

*EXPERIMENTO C*

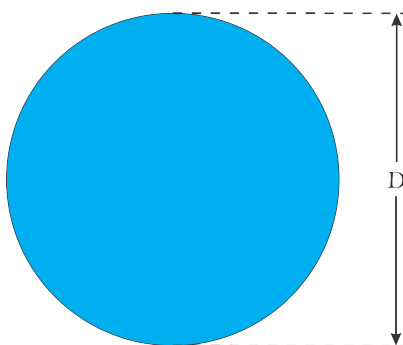


Figura 12 – Diâmetro do círculo.

- Meça 5 vezes a circunferência  $C$  em várias posições do objeto usando linha e régua milimetrada e calcule o valor mais provável  $\bar{C}$ .

Medida	Circunferência ( $C$ )	Valor mais provável ( $\bar{C}$ )
1		
2		
3		
4		
5		

- Calcule os desvios  $d_i$ , o desvio padrão  $\sigma_C$  e o desvio padrão da média  $\delta C$  da circunferência.
- Qual o resultado final da medida da circunferência  $C$  com a incerteza.

$$C = \bar{C} \pm \delta C = ?$$

- Meça 5 vezes o diâmetro  $D$  em várias partes do objeto usando a régua milimetrada e calcule o valor mais provável  $\bar{D}$ .
- Calcule os desvios  $d_i$ , o desvio padrão  $\sigma_D$  e o desvio padrão da média  $\delta D$  do diâmetro.

Medida	Diâmetro ( $D$ )	Valor mais provável ( $\bar{D}$ )
1		
2		
3		
4		
5		

6. Qual o resultado final da medida do diâmetro  $D$  com a incerteza.

$$D = \bar{D} \pm \delta D = ?$$

7. Calcule  $\pi$  (pi) através da razão entre o resultado final da circunferência  $C$  e o resultado final do diâmetro  $D$ . Não se esqueça de calcular a incerteza de  $\pi$ .

$$\pi = \frac{C}{D} = ?$$

### QUESTÕES

(A solução deve estar inserida na conclusão do relatório)

1. Qual régua têm maior precisão?
2. Houve alguma dificuldade em construir as régua decimetrada e centimetrada? Se sim, quais foram as dificuldades?
3. Existe medida exata? Explique sua resposta.
4. Descreva o seu procedimento ao medir a circunferência do objeto.
5. Descreva o seu procedimento ao medir o diâmetro do objeto.
6. Qual ou quais grandezas foram medidas diretamente? Justifique sua resposta.
7. Qual ou quais grandezas foram medidas indiretamente? Justifique sua resposta.



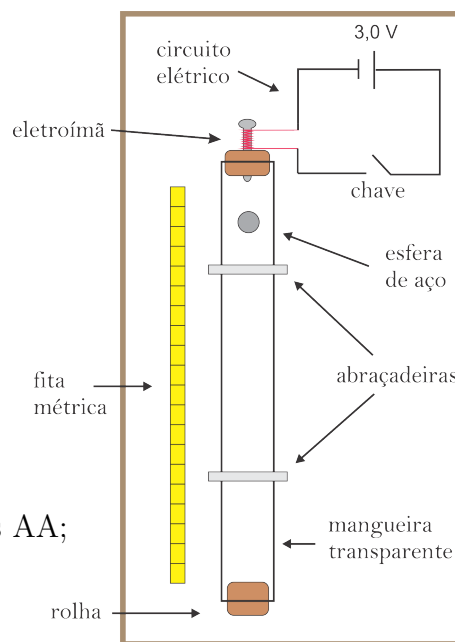
# APÊNDICE C – Experimento II: Movimento Retilíneo Uniforme

## Objetivos

- Saber identificar um MRU;
- Construir o gráfico ( $S \times T$ ) do experimento utilizando o programa Excel;
- Determinar o coeficiente linear e angular do gráfico;
- Saber o significado físico do coeficiente linear e angular.

## Materiais a serem utilizados

- Mangueira transparente;
- Madeira;
- 01 fita métrica;
- 01 esfera de aço;
- Óleo lubrificante de motor;
- 02 rolhas de cortiça;
- 01 parafuso;
- 01 interruptor;
- fio esmaltado;
- 02 pilhas AA de 1,5V;
- 01 suporte para duas pilhas AA;
- 01 cronômetro;
- 02 abraçadeiras.



## Procedimentos

**ATENÇÃO:** Para evitar o descarregamento precipitado das pilhas, recomenda-se evitar que o eletroímã fique ligado mais que 10 segundos.

1. Posicione o experimento de forma que a esfera possa tocar o eletroímã.
2. Ligue o eletroímã através do interruptor para prender a esfera.
3. Apoie a extremidade do experimento que tem o eletroímã em uma cadeira, de forma que ele fique inclinado. Se possível, apoie a outra extremidade do experimento na

quina inferior de uma parede, para que o experimento possa ser repetido sempre na mesma inclinação.

4. Desligue o eletroímã para que a esfera se desprenda e comece a cair no fluido (óleo).
5. Meça o tempo que a esfera leva para percorrer 10cm. Faça essa medida algumas vezes para adquirir prática com o acionamento do cronômetro.
6. Faça 5 medidas de tempo para cada posição que a esfera passar e preencha adequadamente a tabela.

$\Delta S$ (cm)	Posição s(cm)	$t_1(s)$	$t_2(s)$	$t_3(s)$	$t_4(s)$	$t_5(s)$	Valor mais provável $\bar{t}(s)$
10 a 20	$20 \pm 1$						
10 a 30	$30 \pm 1$						
10 a 40	$40 \pm 1$						
10 a 50	$50 \pm 1$						
10 a 60	$60 \pm 1$						
10 a 70	$70 \pm 1$						

7. Calcule o desvio padrão  $\sigma_t$  e o desvio padrão da média  $\delta t$  e insira o resultado na tabela.

Posição (cm)	Valor mais provável (s)	$\sigma_t$	$\delta t(s)$
$20 \pm 1$			
$30 \pm 1$			
$40 \pm 1$			
$50 \pm 1$			
$60 \pm 1$			
$70 \pm 1$			

8. Determine o resultado final ( $t = \bar{t} \pm \delta t$ ) de cada tempo com a sua respectiva incerteza e insira na tabela.

Posição (cm)	Tempo (s)
$20 \pm 1$	
$30 \pm 1$	
$40 \pm 1$	
$50 \pm 1$	
$60 \pm 1$	
$70 \pm 1$	

9. Faça o gráfico da posição versus o tempo ( $s \times t$ ) com a barra de erros, utilize o programa Excel para construir o gráfico de dispersão com a linha de tendência e a equação do gráfico.

## QUESTÕES

(A solução deve estar inserida na conclusão do relatório)

1. Quais as dificuldades encontradas durante a realização do experimento.
2. O movimento de queda da esfera foi uniforme (velocidade constante)? Houve alguma variação de velocidade? Explique com suas palavras.
3. Explique a diferença entre o gráfico do experimento e o gráfico teórico ensinado em sala de aula.
4. Quais são os coeficientes linear e angular da equação do gráfico ?
5. Qual é o significado físico do coeficiente linear e angular da equação do gráfico?
6. O experimento ajudou a compreender o conceito de movimento retilíneo uniforme ? Justifique.
7. Até que ponto, o computador contribuiu na confecção e na compreensão do gráfico experimental?
8. Dê sua opinião sobre o experimento realizado.

# APÊNDICE D – Experimento III: Queda Livre

## Objetivos

- Verificar se a influência da massa dos corpos no movimento de queda livre.
- Classificar o movimento de queda livre através da análise da aceleração do corpo.
- Construir o gráfico ( $s \times t$ ) do experimento de queda livre.
- Calcular a aceleração da gravidade através dos dados obtidos no experimento e compará-lo com o resultado teórico.

## Materiais a serem utilizados

- 01 bolinha;
- 01 Fita métrica de 2,0 m;
- Fita adesiva;
- 01 celular com câmera (material do aluno).

## Procedimentos

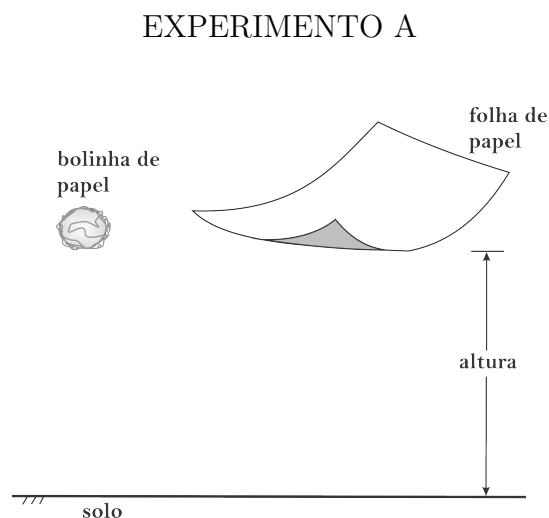


Figura 13 – Bolinha e folha de papel abandonados a uma determinada altura.

1. Pegue 2 folhas idênticas de caderno.
2. Faça uma bolinha de papel com uma das folhas.
3. Segure a folha de papel com uma mão e a bolinha de papel com a outra mão na mesma altura.
4. Largue a folha de papel e a bolinha de papel ao mesmo tempo e observe a queda de ambas.
5. Quem chegou no chão primeiro, a folha de papel ou bolinha de papel?
6. Quem têm maior massa, a folha de papel ou a bolinha de papel? Explique.
7. O que poderia acontecer se esse experimento fosse realizado em um local onde não houvesse atmosfera (ou seja, vácuo)?
8. Podemos afirmar, que todos os corpos caem com a mesma velocidade em instantes de queda iguais, independentes de sua massa e forma geométrica? Explique sua resposta.

## EXPERIMENTO B

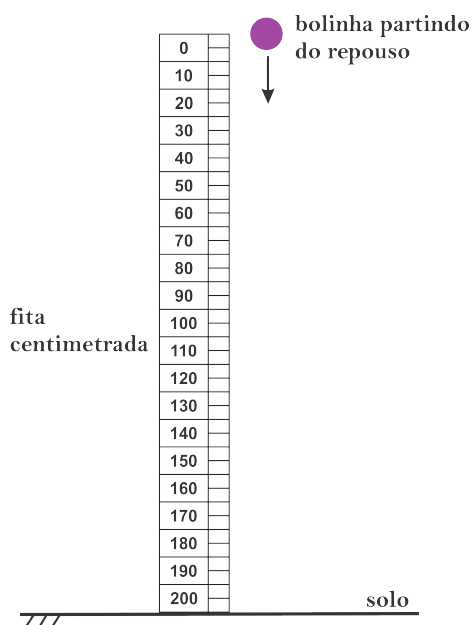


Figura 14 – Bolinha abandonada a 2,00m do solo.

1. Coloque a fita métrica na parede na direção vertical.
2. Segure a bolinha com a mão, de forma que ela possa ficar rente a marcação zero.

3. Ligue a câmera do celular na função filmar e inicie a filmagem do experimento.
4. Solte a bolinha.
5. Faça esse procedimento 5 vezes.
6. Observe as filmagens do experimento em um programa de vídeo que forneça a contagem do tempo em centésimo de segundos e preencha a tabela.

Tempo $t(s)$	$s_1(cm)$	$s_2(cm)$	$s_3(cm)$	$s_4(cm)$	$s_5(cm)$	Valor mais provável $\bar{s}(cm)$
0,08						
0,16						
0,24						
0,32						
0,40						
0,48						
0,56						
0,64						

7. Calcule o desvio padrão  $\sigma_s$ , e o desvio padrão da média  $s$  e insira o resultado na tabela.

Posição $t(s)$	Valor mais provável $s(cm)$	$\sigma_s$ (cm)	$\delta s(cm)$
0,08			
0,16			
0,24			
0,32			
0,40			
0,48			
0,56			
0,64			

8. Determine o resultado final ( $s = \bar{s} \pm \delta s$ ) de cada posição com a sua respectiva incerteza e insira na tabela.

Tempo $t(s)$	Posição $s(cm)$
0,08	
0,16	
0,24	
0,32	
0,40	
0,48	
0,56	
0,64	

9. Faça o gráfico da posição versus o tempo ( $s \times t$ ) com a barra de erros, utilize o programa Excel para construir o gráfico de dispersão com a linha de tendência e a função do gráfico.
10. Compare a função do gráfico com a função  $s = f(t)$  de queda livre e calcule a aceleração da gravidade  $g$ . Não se esqueça da unidade de medida.
11. Sabendo-se que o valor teórico da aceleração da gravidade é  $g_t = 9,8m/s^2$ , estime o erro percentual de sua experiência utilizando a seguinte expressão:

$$e\% = \frac{|g_e - g_t|}{g_t} \times 100\%$$

### QUESTÕES

(A solução deve estar inserida na conclusão do relatório)

1. Dê sua interpretação sobre a queda dos corpos, tomando como base o experimento realizado e comente os parágrafos abaixo.
  - a) Segundo o filósofo Aristóteles, que viveu no século IV a.C., os corpos leves e pesados abandonados de uma mesma altura, teriam tempos de queda diferentes, o corpo mais pesado chegaria no solo antes do corpo mais leve.
  - b) De acordo com Galileu Galilei (1564 - 1642), ao abandonarmos de uma mesma altura, um corpo leve e um corpo pesado no mesmo instante, ambos caem simultaneamente, atingindo o solo no mesmo instante.
2. Qual é a forma do gráfico encontrado através do programa Excel, obtidos com os dados do experimento B.
3. Como você classificaria o movimento realizado no experimento B? Justifique sua resposta.
4. A aceleração da gravidade na Terra é constante? Assista o video no site do youtube em: <<https://www.youtube.com/watch?v=VrvrxoOaT1Y>>.
5. Por que foi necessário utilizar um programa de video que tivesse contagem de tempo de centésimo de segundos?
6. O experimento ajudou a compreender o conceito de queda livre ? Justifique.
7. Até que ponto, o computador contribuiu na confecção e na compreensão do gráfico experimental?
8. Dê sua opinião sobre o experimento realizado.

# APÊNDICE E – Modelo de capa para relatório

INSTITUTO FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CAMPUS BELO JARDIM  
CURSO TÉCNICO INTEGRADO EM INFORMÁTICA PARA INTERNET

**NOME DO ALUNO**  
(centralizado e em negrito)

**RELATÓRIO Nº 01: MEDIDAS**  
(centralizado e em negrito)

BELO JARDIM – PE  
2015



# APÊNDICE F – Modelo de folha de rosto para relatório

**NOME DO ALUNO**  
(centralizado e em negrito)

**RELATÓRIO Nº 01: MEDIDAS**  
(centralizado e em negrito)

Trabalho apresentado como requisito do(a) 1º bimestre ( ou 1ª unidade) da disciplina de Física do Curso Técnico Integrado em Informática para Internet do Instituto Federal de Pernambuco, Campus Belo Jardim.

Professor: Nome do Professor

BELO JARDIM – PE  
2015

# APÊNDICE G – Modelo de sumário

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO TEÓRICA .....	03
2. OBJETIVOS .....	03
3. MATERIAL UTILIZADO .....	03
4. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL .....	03
5. OBTENÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS .....	03
6. CONCLUSÃO .....	03
7. REFERÊNCIAS .....	04

# APÊNDICE H – Orientações para confecção do relatório

3

## 1. INTRODUÇÃO TEÓRICA

A introdução teórica é a parte inicial do relatório, onde deve constar o assunto abordado no experimento de forma breve e objetiva.

## 2. OBJETIVO

- Os objetivos são os mesmos do roteiro do experimento.

## 3. MATERIAL UTILIZADO

- Durante a realização do experimento, o aluno deve fazer nota dos materiais utilizados (ou conferir no roteiro do experimento).

## 4. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Os procedimentos para a realização do experimento estão contidos no relatório, caso contrário, o aluno deverá escrever com detalhes todo o procedimento utilizado para a realização do experimento.

## 5. OBTENÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Neste item deve conter os dados obtidos através da realização do experimento, com seu respectivo tratamento, minimizando as incertezas e solucionando o(s) problema(s) mencionado(s) no roteiro.

## 6. CONCLUSÃO

A conclusão deve conter a visão do aluno referente ao experimento, respondendo as seguintes questões: o tempo e a quantidade de participantes no grupo foram adequados? O experimento ajudou na compreensão do assunto estudado em sala de aula? Os resultados do experimento foram os esperados? Quais eram as expectativas antes de realizar o experimento? Os objetivos foram alcançados?

# APÊNDICE I – Produto Educacional