



**Universidade Federal do  
Rio de Janeiro**

Programa de pós-graduação em  
Ensino de Física  
**Campus Macaé**



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



## **O CONCEITO DE INCERTEZA NAS EXPERIÊNCIAS DE FÍSICA: INTRODUZINDO O HISTOGRAMA DE BLOCOS**

Evandro de Souza Oliveira

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Rio de Janeiro - *Campus Macaé* no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:

Raphael Nunes Púpio Maia

Macaé

Março de 2017

**O CONCEITO DE INCERTEZA NAS EXPERIÊNCIAS DE FÍSICA:  
INTRODUZINDO O HISTOGRAMA DE BLOCOS**

Evandro de Souza Oliveira

Orientador:

Raphael Nunes Púprio Maia

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Rio de Janeiro – *Campus Macaé* no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada por:

---

Dr. Raphael Nunes Púprio Maia

---

Dr. Valéria Nunes Belmonte

---

Dr. Vitor L. B. de Jesus

Macaé

Março de 2017

## FICHA CATALOGRÁFICA

S586p Oliveira, Evandro de Souza

O conceito de Incerteza nas experiências de Física:

Introduzindo o Histograma de Blocos / Evandro de Souza Oliveira:  
UFRJ / Macaé, 2017.

xiv, 53 f.: il.;30cm.

Orientador: Raphael Nunes Púpio Maia

Dissertação (mestrado) – UFRJ / Instituto de Física /  
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2017.

Referências Bibliográficas: f. 52-53.

1. Ensino de Física. 2. Laboratório. 3. Incerteza.

I. Oliveira, Evandro de Souza. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. III. O conceito de Incerteza nas experiências de física: O Histograma de blocos.

## Dedicatória

Dedico este trabalho a minha mãe Tomázia (in memorian), a minha madrinha Ednéa (in memorian) e a Juliana. Minhas maiores incentivadoras.

## **Agradecimentos**

Agradeço a ti, meu Deus, por permitir a conclusão de mais essa etapa na minha vida. Aos meus pais Tomázia de Souza Oliveira (in memorian) e Eciraldo de Castro Oliveira pelos primeiros conselhos, pelos primeiros ensinamentos e pelas orientações que me direcionaram no caminho do bem. A minha madrinha Ednéa Oliveira Rocha (in memorian) que me tomou como filho, na ausência da minha querida mãe, dando-me o suporte e carinho para que eu pudesse ingressar no mestrado. Ao meu irmão Éverton de Souza Oliveira que está sempre ao meu lado incondicionalmente, por quem tenho um carinho infinito, obrigado meu irmão.

Não poderia deixar de agradecer aos colegas de turma, que a cada dia deixavam de ser colegas e tornavam-se mais amigos. Nos momentos difíceis, tínhamos sempre uns para com os outros uma palavra de conforto, transformando a árdua viagem e os afazeres do mestrado em uma atividade verdadeiramente prazerosa.

Da mesma forma agradeço aos docentes pelo convívio e conhecimento compartilhado, dessa forma contribuíram sobremaneira com a nossa formação. Ao prof<sup>o</sup> Dr. Habib Salomon Dumet Montoya pelo apoio e sugestões e em especial meu orientador prof<sup>o</sup> Dr. Raphael Nunes Púpio Maia que teve a sensibilidade não só de explorar o meu melhor, mas de ser um amigo que quando se fez necessário, tinha sempre um tempo para bons aconselhamentos. Que nossas conversas perdurem!

Aos familiares, amigos e a todos aqueles que se alegraram com a minha alegria, obrigado! Agradecimento especial a Juliana Elianay Olimpio de Abreu Pires a quem ocupou um papel de destaque na minha vida. Obrigado pelo companheirismo por ter estado comigo nos bons e maus momentos, pela palavra amiga, suporte e apoio para que eu pudesse desenvolver. À você Juliana, meu muito obrigado.

A todos vocês, meu mais profundo e sinceros agradecimentos.

## **RESUMO**

### **O CONCEITO DE INCERTEZA NAS EXPERIÊNCIAS DE FÍSICA: INTRODUZINDO O HISTOGRAMA DE BLOCOS**

Evandro de Souza Oliveira

Orientador:

Raphael Nunes Púpio Maia

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação na Universidade Federal do Rio de Janeiro no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Nesta dissertação mostramos como introduzir o histograma de blocos a fim de apresentar aos estudantes as primeiras noções sobre Incertezas de medições de grandezas físicas em práticas experimentais simples de laboratório. Baseada na teoria de mediação sugerida por Vygotsky, propomos três experimentos relacionados ao ensino de física (Tempo de Reação, Queda Livre e Pêndulo Simples) para introduzir o uso do histograma na sequência didática. Ao término de cada atividade e de posse dos dados, os estudantes montaram histogramas, o que os possibilitou comparar modelos e / ou métodos experimentais. Desta forma, estimulamos os estudantes a compreender a incerteza de medições e os fenômenos físicos de cada atividade sem preocupações com o formalismo matemático. Finalizamos com o relato das atividades e conclusões.

Palavras-chave: Ensino de Física, Laboratório, Incerteza.

Macaé

Março de 2017

# **ABSTRACT**

## **THE CONCEPT OF UNCERTAINTY IN EXPERIMENTS: INTRODUCING THE BLOCKS HISTOGRAM**

Evandro de Souza Oliveira

Supervisor:

Raphael Nunes Púpio Maia

Abstract of master's thesis submitted to Post-Graduation Program of Federal University of Rio de Janeiro in the Professional Master's Degree in Physics Teaching (MNPEF), in partial fulfillment of the requirements for the degree Master's on physics education.

In this dissertation we show how to introduce the block histogram in order to present to the students the first notions about uncertainties of measurements of physical quantities in simple experimental laboratory practices. Based on the theory of mediation suggested by Vygotsky, we propose three experiments related to Physics Teaching (Reaction Time, Free Fall and simple pendulum) to introduce the use of the histogram in the didactic sequence. At the end of each activity and possession of the data, the students assembled histograms, which allowed them to compare experimental models and / or methods. In this way, we encourage students to understand the uncertainty of measurements and the physical phenomena of each activity without concern for mathematical formalism. We conclude with the report of the activities and conclusions.

Keywords: Physics education, Laboratory, Uncertainty

Macaé

March 2017

## Sumário:

Resumo .....	vi
Abstract .....	vii
Capítulo 1: Introdução .....	01
1.1 Introdução Geral .....	01
1.2 O uso de experimentos no Ensino de Física enquanto facilitador de conhecimento .....	04
1.3 Experiências no Ensino de Física é importante? .....	06
1.4 O que dizem os PCN's sobre os experimentos no Ensino de Física .....	08
1.5 Mediadores .....	10
Capítulo 2: Fundamentos de Física experimental no Ensino Médio .....	12
Capítulo 3: Teoria de Erros .....	15
3.1 Erros, Incertezas e Densidade de Probabilidade .....	15
3.2 Média, Desvio Padrão, Moda e Mediana .....	19
3.3 Medições e Grandezas .....	22
3.4 Propagação de Incertezas .....	23
3.5 Histograma de Blocos e Distribuições de Probabilidades .....	25
3.6 Distribuição Limite e Gaussiana (ou Normal) .....	28
3.7 A importância de comparação entre dados .....	33
Capítulo 4: Produto Educacional .....	33
4.1 Objetivos .....	34
4.2 Características .....	34
4.3 Sequência didática .....	36
4.3.1 Atividade Experimental: Tempo de reação .....	39
4.3.2 Atividade Experimental: Período do Pêndulo Simples .....	44
4.3.3 Atividade Experimental: Tempo de Queda .....	47
4.3.4 Outras atividades sugeridas .....	50



4.4 Análise dos resultados: Sequência didática .....	51
4.4.1 Experimento 1 – Tempo de Reação .....	51
4.4.2 Experimento 2 – Queda Livre .....	59
4.4.3 Experimento 3 – Pêndulo Simples .....	66
Capítulo 5: Conclusões .....	73
Referências Bibliográficas .....	76
APÊNDICE I: Elaboração do Produto Educacional – Histograma de Blocos .....	79
APÊNDICE II: Montagens alternativas .....	83
APÊNDICE III: Tabela de propagação de Incertezas .....	84
APÊNDICE IV: Tabelas de anotações de dados .....	85
APÊNDICE V: Modelo Teórico .....	86
APÊNDICE VI: Pré-teste .....	92

# Capítulo 1

## Introdução

### 1.1 Introdução geral

A prática experimental é um recurso utilizado por diversas disciplinas, cujo interesse geral é facilitar o entendimento sobre um determinado conteúdo, consolidar uma teoria, mas também pode ser utilizado para ilustrar um conceito ou assunto. Os benefícios podem ser de natureza diferente, mas possuem claramente o intuito de ajudar na capacitação dos aprendizes quanto a questionar, a interpretar, a interpor, a interagir e a entender diversos assuntos, motivados pelo interesse dos mesmos. Os experimentos, contudo, devem seguir uma metodologia organizada de forma sistemática porque há passos / processos que são condições *sine qua non* para que se chegue a outro nível de conhecimento mais elevado. Caso contrário, a falta de nexos entre procedimentos num experimento inviabilizam o mesmo.

Estes passos organizam-se a partir de pressupostos previamente conhecidos ou hipotéticos; depois os experimentos são planejados e executados. Em seguida, coletam-se dados confrontando-os com os pressupostos e finalmente chega-se a resultados conclusivos e / ou novas dúvidas, hipóteses que demandam novas investigações.

Ao fazermos menção a prática experimental, devemos dizer que Galileu tem um papel de destaque, por ter combinado a observação experimental com a descrição dos fenômenos em um contexto teórico, expressando as leis de forma matematizada. Pode-se dizer que ele marcou a transição da filosofia natural ao método científico<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> O método científico de maneira resumida pode ser sintetizado em: observar/experimentar, analisar o fenômeno, formular hipótese/problema, experimentar/testar, sintetizar/modelar e generalizar os resultados.

Desta forma, para que o aluno compreenda determinado conteúdo é preciso pensar e articular as atividades experimentais alinhadas a uma preocupação central com a fundamentação teórica dos experimentos (GOMES; CASTILHO, 2011). Não é razoável propor uma experiência para simplesmente aguçar o fascínio provocado pela atividade, e continuar acreditando que por si só está produzirá conhecimento. Atividades experimentais precisam ser fundamentadas e planejadas para que alcancem seus objetivos didáticos, propiciando uma aprendizagem eficaz.

Nesse sentido, as atividades experimentais no Ensino de Física poderão motivar os estudantes a interagir socialmente por conta da atividade em grupo nas quais estão tomando parte como protagonistas, em vista da assimilação das teorias propostas; isto é, os estudantes se mobilizam a partir da realização de experimentos que envolvam a verificação da validade de leis e princípios físicos, conforme aponta Gaspar (2014). Em tal direção, o ensino de Física pode oferecer aos educandos diferentes caminhos a serem explorados em busca do conhecimento, incentivando a investigação e a experimentação constante.

Num laboratório didático de física experimental ocorre a relação entre conteúdos teóricos e o referencial empírico onde os estudantes deparam-se com dificuldades que não são apenas relativa ao aspecto teórico-conceituais, “mas com a concatenação deste com a visão de mundo que eles tem em relação à previsibilidade dos resultados dos mesmos” (MARINELI; PACCA, 2006). No caso específico em relação à teoria de erros, que é abordada nesta dissertação, isso ocorre porque o senso comum que lhes está arraigado acerca da noção de erro, quase sempre choca-se com conceitos específicos que palavras de uso no senso comum trazem.

Segundo Marineli; Pacca (2006) os estudantes, a priori, têm em si a ideia de uma ciência pura que produz resultados inequívocos, exatos, ‘corretos’ provenientes de uma única medida. Sabe-se que para uma maior confiabilidade, devemos fazer inúmeras medições e considerar as possíveis causas de erros. Deve-se esclarecer que existe uma diferença entre os conceitos de exatidão e precisão (*cf.* cap.3), na qual ambas referem-se ao valor verdadeiro<sup>2</sup> de uma série de medidas. Sobre o valor verdadeiro devemos observar que de acordo com o VIM (2012), na abordagem de Erro para descrever as medições, este é considerado único e, na prática, impossível de ser conhecido. Outras

---

<sup>2</sup> É o valor resultante de uma medição perfeita; como medição perfeita não existe, logo é um valor convencionalizado, é o valor mais provável.

abordagens evitam completamente o conceito de valor verdadeiro duma grandeza e avaliam a validade dos resultados de medição com auxílio do conceito de compatibilidade metrológica.

Ao se dizer que uma medição é exata, implica em resultados próximos do valor verdadeiro; enquanto que a precisão é uma medida da reprodutibilidade, geralmente expressa pela maior diferença entre os valores medidos e a média desses valores, logo, ao afirmar que os resultados da medição são precisos, significa que os valores estão próximos entre si e não necessariamente do valor verdadeiro.

Para Marineli e Pacca (2006) a crença dos estudantes nos modelos teóricos é tão grande a ponto de acharem que são um retrato direto do mundo. Qualquer divergência dos resultados com o modelo teórico os estudantes creditam a si a causa de tal diferença. Sabemos da existência dos erros grosseiros, que normalmente estão relacionados à desatenção ou falta de experiência por parte de quem realiza as medidas, além disso, os estudantes não cogitam o fato do modelo não ser o fenômeno em si.

Neste trabalho é proposta a realização de uma sequência didática, baseada em três experimentos, a saber: (tempo de reação, queda livre e pêndulo simples), cujo objetivo seria possibilitar ao estudante desenvolver e compreender a noção de incerteza, por meio da utilização de um produto educacional, o histograma de blocos. O uso deste produto educacional está diretamente associado à teoria de mediação proposta por Vygotsky (onde o histograma de blocos será o mediador externo), cujo princípio é facilitar a aquisição do conhecimento, a partir da apropriação de ferramentas externas que se transformam em signos, ou seja, representações mentais de um objeto ou conceito.

A dissertação está organizada da seguinte maneira: no capítulo 1 será dado um tratamento mais teórico-pedagógico sobre o papel da Física e das atividades experimentais no ensino desta disciplina. Discutiremos ainda os princípios consolidados nos Parâmetro Curriculares Nacionais (PCN's) e a ideia de mediação apresentada por Vygotsky.

No capítulo 2 abordaremos os fundamentos de física experimental no ensino médio, faremos um breve retrato da realidade escolar nacional e indicaremos perspectivas de ações a serem realizadas no ensino. No capítulo 3, utilizando-se de métodos estatísticos, falaremos da teoria de erros, e abordaremos erro grosseiro, erro

sistemático, erro aleatório. Definiremos incertezas tipo A e do tipo B, já que estas são as principais que ocorrem num laboratório experimental. Falaremos também de propagação de incertezas, pois trata-se de um fenômeno corriqueiro quando se fazem muitas medições. Conceituaremos Média, Moda, Mediana, Desvio Padrão e Densidade de probabilidade. Ainda neste capítulo, introduzimos o uso do histograma de blocos articulando-o com a teoria de erros.

No capítulo 4, detalhamos o histograma de blocos quanto às suas características físicas e sua utilização na realização dos experimentos contidos na sequência didática, que também é abordada nesse capítulo. Dos experimentos descreveremos sua montagem e seus respectivos roteiros experimentais a serem desenvolvidos, seus objetivos, métodos, estratégias e avaliação, num formato de plano de aula.

No último capítulo serão discutidos o desenrolar e os resultados das atividades experimentais, de forma a compreender o avanço dos estudantes ao longo da sequência didática então proposta. Por fim, são apresentadas as conclusões desta dissertação.

## **1.2 O uso de experimentos no ensino de física enquanto facilitador do conhecimento**

Uma constatação dos professores de física ao longo da carreira é que os alunos apresentam enorme dificuldade em questões conceituais ditas teóricas, o que pode estar associada à ausência de leitura e de interpretação (ARAÚJO; ABIB, 2003 e LIMA, 2011). Já nas disciplinas em que têm a oportunidade de realizar experiências, os resultados são mais satisfatórios, pois a experimentação possibilita a ligação dos conhecimentos prévios dos estudantes com os conceitos científicos. Analisando o trabalho de Lima (2011), verificamos que existe uma rejeição da disciplina, nos casos que ele pesquisou, em torno de 69% dos entrevistados (total de 700 estudantes); a respeito desses dados, deve-se considerar que são dados de apenas um Estado da Federação, logo, o espaço amostral é pequeno comparado com o todo nacional. Conseqüentemente, não temos condições de afirmar que este é o quadro do país no que

tange a rejeição da disciplina de física por parte dos alunos. Porém, 93% deste espaço amostral citado consideram importante o ensino de Física.

Então como comentado acima, podemos deduzir que a rejeição destes estudantes em relação à disciplina de Física deve-se a sua grande dificuldade de apreender os conceitos teóricos desta disciplina por falta de leitura e/ou interpretação da matéria; o que não exclui outros fatores que não foram citados por não fazer parte do escopo desse trabalho.

O autor supracitado (LIMA, 2011), abordou a questão da rejeição do ensino de Física, enquanto que Gomes *et al.* (2014) procuram explicar a dificuldade dos alunos nesta disciplina, relacionando-a a:

(...) pouca valorização do profissional do ensino, condições precárias de trabalho do professor, qualidade dos conteúdos desenvolvidos em sala de aula, enfoque demasiado na chamada Física / Matemática em detrimento de uma Física mais conceitual, a fragmentação dos conteúdos desenvolvidos em sala de aula, ao distanciamento entre o formalismo escolar e o cotidiano dos alunos e também a falta de conhecimentos básicos em leitura e interpretação. (GOMES; PRAXEDES; SANTOS, 2014).

De acordo com Lima (2011) outros fatores podem ser somados aos apontados, tais como: o extenso conteúdo a ser apresentado durante os três anos do ensino médio e a curta carga horária semanal que o professor dispõe para ministrar seu conteúdo. No Rio de Janeiro, por exemplo, são dois tempos semanais, cada um de apenas 50 minutos. Além da escassez de professores licenciados em física, cuja falta, muitas vezes, é suprida com professores de áreas afins, como Matemática, Química ou Biologia. Ainda de acordo com a pesquisa realizada por Lima (2011), apenas 10% dos alunos entrevistados tiveram contato, em algum momento da sua formação, com atividades experimentais. Tal fato mostra-se contrário, portanto, às indicações do PCN para ensino de Física, e diverge do pensamento de Osvaldo Junior, que numa leitura de Gaspar afirma ser “(...) *por meio dos experimentos que as ciências encantam e aguçam o interesse das pessoas*” (JUNIOR, 2011, p.11).

A Física e as pesquisas relacionadas a ela tornam-se cada vez mais necessárias para compreender e descrever o mundo que nos rodeia, uma vez que, “(...) a física é hoje uma das manifestações de maior transparência de nossa cultura“, já que “(...) estuda uma grande variedade de fenômenos e tem como objeto desde o mundo invisível até escalas tão grandes que não há mente capaz de imaginá-las”. (DOV, 1996). No entanto, o contato dos estudantes com a Física, em geral, ocorre por meio da formalização teórica e matematizada dos conceitos, logo, distanciada da realidade deles; o que não lhes deixa tão clara a percepção de que a física é uma ciência empírica e de grande aplicação no dia a dia, conforme afirma Santos, Praxedes e Gomes (2014). Acrescente-se à formalização teórica e matematizada dos conceitos, rara ou a inexistente iniciação científica por meio de pesquisas e / ou atividades experimentais básicas voltadas para os estudantes do ensino médio.

Ecoam da academia para as salas de aula, e *vice versa*, propostas divergentes ao que se tem encontrado no dia a dia da prática pedagógica, por exemplo: enfrentamento do racionalismo técnico por um lado, absolutização da prática por outro, que estimulam visões ingênuas sobre Ciência, tecnologia, sociedade em detrimento de uma visão crítica (NARDI, 2009). Tendo em vista que parte dos sucessos apresentados nessa área ocorrem quando há participação dos discentes no processo de construção do seu próprio conhecimento, a realização de atividades experimentais propicia ao estudante compreender fenômenos físicos, associando-os ao seu mundo, a sua realidade. Por outro lado, a experimentação quando leva em conta fatores que estão fora do seu mundo diário, como o conceito de incerteza, por exemplo, apresenta-se como uma barreira inicial, que, posteriormente, é superada. Logo verifica-se a complexidade envolvendo teoria-prática-aprendizado.

### **1.3 Experiências no ensino de física: é importante?**

Junior (2011) aponta ao menos três tipos de benefícios alcançados pela prática da experimentação: o benefício intelectual, o social e o didático. O benefício intelectual “(...) dará a capacidade ao aluno de interpor, questionar, de averiguar o fenômeno, proporcionando a capacidade de interpretar”. No benefício social, o indivíduo inicia um processo de associação do fenômeno com os lugares do seu cotidiano, com sua realidade e interage com outros indivíduos na ampliação de conhecimentos. Os

experimentos, com base no benefício didático, “(...) transformam conteúdos maçantes em atividades interessantes (...)”.

Vygotsky (2001), afirma que a aprendizagem é construída por meio da experiência, pois a partir dela situações potencialmente ricas aparecem e soluções são criadas. Ainda segundo Vygotsky (2001), o indivíduo aprende observando, experimentando, testando recursos, entrando em contato com outros indivíduos, solucionando problemas, investigando. Atividades experimentais propiciam uma aprendizagem cognitiva eficaz, potencializando as capacidades e habilidades dos indivíduos envolvidos. A aquisição do conhecimento é algo que se constrói a partir da interação com outros conhecimentos e pessoas, não podendo ser transformado em objeto de verdade absoluta ou indiscutível.

Nesse sentido, atividades experimentais possuem um papel extremamente relevante no processo de ensino e aprendizagem e precisam estar profundamente articuladas com a fundamentação teórica dos experimentos, conforme nos aponta Gaspar (2014). Assim, é necessário não somente a participação do professor (ou alguém que tenha domínio do conteúdo e das técnicas), mas uma orientação direcionada em relação a prática realizada para que os educandos internalizem conceitos e alcancem os objetivos propostos.

Araújo; Abib (2003), que pesquisaram artigos publicados entre 1992 e 2001, afirmam que os trabalhos experimentais de Física podem ser categorizados levando em conta a ênfase matemática, o grau de direcionamento, o uso de novas tecnologias, a relação com o cotidiano e a montagem de equipamentos.

O ensino de Física pode ser aperfeiçoado para que ofereça ao educando a oportunidade de explorar diferentes caminhos; investigar usando recursos diversos (atividades experimentais básicas, novas tecnologias de informação, pesquisas científicas, etc.); encontrar solução para os problemas cotidianos, enfim, que o estudante perceba nessa disciplina uma possibilidade de ler o mundo a sua maneira, a partir das experiências e conhecimentos relacionados e propiciados pela Física. Nesse sentido, atividades experimentais podem contribuir para o amadurecimento do aprendiz tornando-o mais autônomo e proativo e para o encantamento deles em relação aos conteúdos dessa disciplina devido às descobertas advindas da experimentação.



De acordo com a Lei 9394/96 – Lei de Diretrizes e Bases Nacional brasileira (LDB), a educação básica tem como objetivo principal “*desenvolver o educando, assegurar-lhe a formação indispensável para o exercício da cidadania e fornecer-lhe meios para progredir no trabalho e em estudos posteriores*”. Nesse contexto, de modo a desenvolver e facilitar a aprendizagem cognitiva e possibilitar uma aprendizagem significativa, devemos procurar uma sinergia entre as aulas teórico-expositivas com as aulas de caráter experimental.

Nesta dissertação, apresentamos um instrumento facilitador de aprendizagem: O histograma de blocos, que age como um mediador externo, cuja função é facilitar o entendimento do conteúdo. E por meio dele o estudante terá maior facilidade na representação de medidas de grandezas físicas, assim como no entendimento do conceito de incerteza. Cada grupo de estudantes incluirá os blocos no histograma, possibilitando um melhor relacionamento interpessoal; já que se pretende que a comparação entre histogramas gere discussão e sinergia entre as pessoas envolvidas, provocando a reflexão e propiciando um ambiente de colaboração na abordagem do problema.

Além disso, pretende-se que o manuseio do histograma faça com que os estudantes, além de desenvolverem um raciocínio organizado mediado externamente por ele, isto é, com os dados organizados e empilhados, tornem-se protagonistas do processo de aprendizagem. Eles terão autonomia ao analisar os dados e propor discussões entre os componentes de seu grupo e dos outros. Nesse sentido, o desenvolvimento das atividades experimentais está em acordo com os objetivos gerais do PCN. Por isso, o histograma de blocos se propõe a ser um instrumento para que o aluno, orientado pelo professor, desenvolva sua capacidade de organização e de reflexão, assim como também favorece a sua percepção da distribuição dos dados, que igualmente acompanhada pelo professor, o remeta à noção de incerteza.

#### **1.4 O que dizem os PCNs sobre os experimentos no ensino de Física**

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN e PCN+) constituem um referencial de qualidade para a educação no ensino fundamental e no médio em todo o país. Sua função é orientar e garantir a coerência dos investimentos no sistema educacional, socializando discussões, pesquisas e recomendações, subsidiando a participação de técnicos e professores brasileiros, principalmente daqueles que possuem menor contato com a produção pedagógica atual (MEC/SEF, 1997 e MEC/SEMTEC, 2002).

Em relação ao ensino de Física algumas das mais importantes orientações dos PCN's referem-se a necessidade de estabelecer uma ponte entre o conhecimento científico e o contexto social, ou seja, entre os saberes do fenômeno, e o que é vivenciado cotidianamente pelo indivíduo. Trata-se de uma visão voltada para a formação do cidadão contemporâneo, que seja capaz de interagir e participar ativamente da realidade. Assim,

Espera-se que o ensino de Física, na escola média, contribua para a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais, situando e dimensionando a interação do ser humano com a natureza como parte da própria natureza em transformação. Para tanto, é essencial que o conhecimento físico seja explicitado como um *processo histórico*, objeto de contínua transformação e associado às outras formas de expressão e produção humanas. É necessário também que essa cultura em Física inclua *a compreensão do conjunto de equipamentos e procedimentos, técnicos ou tecnológicos, do cotidiano doméstico, social e profissional* (PCN. Ensino Médio Parte III. 1998, grifo nosso).

A formação de uma cultura científica, baseada na possibilidade da constante descoberta e interpretação da natureza, está relacionada a uma necessidade do ser humano em compreender e em lidar com as mais diferentes situações. Desta forma, o ensino de Física deverá estar em sintonia com os avanços científicos e tecnológicos e o processo de ensino e aprendizagem deverá ser desenvolvido permitindo a reflexão e a investigação.

O critério usado para as orientações dos PCN's é a preocupação com a abrangência dos conhecimentos físicos, visando “(...) *construir um panorama de*

*diferentes fenômenos e processos considerados relevantes para a formação da cidadania, respeitando as diferenças culturais e regionais do entorno de cada escola”*. (LIMA, 2011, p.19). Nesse sentido, o critério do PCN indica aos estudantes a necessidade de realizar experiências, construindo assim conhecimento através da relação estabelecida com outras pessoas de forma autônoma e livre, contribuindo para que consigam perceber outras realidades, lidar com diferentes ferramentas. Assim o manuseio do histograma, enquanto produto educacional propicia ao estudante a apreensão de conceitos de forma sistemática e organizada.

Estimular a capacidade de lidar com situações do cotidiano não diminui a importância de compreender os fenômenos físicos a partir de princípios, leis e modelos teóricos construídos pela Física, como produto de saberes acumulados por várias gerações através da história. Mas, permite ao estudante familiarizar-se com esses saberes, indo do mais próximo em direção ao que se encontra distante, e com isso, construindo sua bagagem de conhecimento.

## **1.5 Mediadores**

O processo de produção do conhecimento é complexo e ocorre principalmente na relação entre o ser e o mundo que o rodeia. Esse processo requer uma determinada autonomia, desde que o estudante consiga desempenhar uma tarefa de forma independente, ou pode ser assistida por um orientador. Na produção assistida do conhecimento, os mediadores externos são ferramentas ou símbolos introduzidos pelo professor e que facilitam a aquisição de conhecimento. Têm a finalidade de desenvolver a atividade mediada por signos internos que são incorporadas individualmente pelos estudantes através de uma atividade partilhada. Os mediadores podem ser uma ferramenta interna de pensamento, quando regras e procedimentos são internalizados pelas pessoas, ou uma ferramenta externa de pensamento, quando os símbolos são percebidos sensorialmente (visão, audição, tato, etc.).

A primeira função desse tipo de ferramenta é auxiliar o estudante a resolver problemas de forma que ele se torne mais autônomo durante o processo e dispense essa

ajuda. Os mediadores externos podem ser comparados a *scaffolds*<sup>3</sup> nos quais os estudantes se apoiam no início do processo de aquisição de conhecimento. No primeiro momento, os estudantes têm necessidade de mediadores externos, ou seja, seu desempenho é totalmente assistido. Mas, uma vez internalizado os conceitos, os mediadores externos podem ser dispensados.

A segunda função mantém uma relação intrínseca com a primeira, e envolve a aquisição de funções superiores (VYGOTSKY, 2001). A utilização dos mediadores inicialmente é assistida e não intencional. Após alcançar independência a sua utilização é sofisticada, uma vez que a ferramenta interna passa a ser utilizada com intencionalidade.

Os mediadores externos são ferramentas mentais que podem funcionar como auxiliares da percepção, atenção, memória e raciocínio. Nesse sentido, podem potencializar o desenvolvimento cognitivo: “As crianças apreendem categorias perceptivas” (BODROVA; LEONG, 2007, p.52) , quando se utilizam mediadores que dialogam com o seu cotidiano, ou seja, quando os objetos usados como mediadores do conhecimento são próximos dos saberes das crianças, quando fazem parte do conjunto de contextos experimentados por elas. Para os Vygotskyanos, as crianças têm dificuldades em se concentrar (BODROVA; LEONG, 2007) e, para isso, a presença dos mediadores é fundamental, uma vez que são introduzidos elementos capazes de prender a sua atenção e organizar o pensamento. A presença dos mediadores busca conduzir/guiar o pensamento próprio e natural da criança, numa ação intencional e organizada, ou seja, a partir de um determinado ponto a criança passa a se concentrar e selecionar informações relevantes e contrapô-las àquelas que não o são, apresentando desta forma, maior abstração cognitiva.

Convém ressaltar, baseando-se no que acabamos de ver sobre o papel da mediação, que o histograma de blocos é o principal mediador externo apresentado nesta dissertação; entretanto, também utilizamos tabelas como mediador externo, para anotação dos dados obtidos nos experimentos. Em suma, temos dois mediadores

---

<sup>3</sup> Scaffolds é uma palavra inglesa que significa “ter/pôr andaimes”, como os usados na construção civil. Usa-se em educação como uma técnica de instrução para mover os estudantes progressivamente em direção a uma maior compreensão do conceito ensinado.

externos, usados nessa dissertação, que auxiliam os estudantes a apreenderem os conceitos propostos pelo professor.

## Capítulo 2

### Fundamentos de Física experimental no ensino médio

De acordo com Gomes e Castilho (2011), o ensino de Física, nas escolas brasileiras, mostra duas vertentes contraditórias, seja por parte de quem ensina, seja por parte de quem aprende: de um lado, a constatação de que essa é uma área importante de conhecimento; de outro, a insatisfação diante dos resultados negativos obtidos em relação a sua aprendizagem.

Constata-se que grande parte dos estudantes têm como principal foco a aprovação no final do ano. Em provas de nível nacional, como Olimpíadas da Matemática, Olimpíadas de Física, por exemplo, as escolas públicas ocupam os últimos lugares (LUCKESI, 2008). Segundo Nardi (2009), tendências com ênfase no racionalismo por parte dos professores de Física ao transmitir a disciplina, pouco contribuem para que os estudantes tenham uma visão crítica e desenvolvam o interesse pela ciência e seus processos.

Nesse sentido, Piassi *et al.* (1995) apontam para a necessidade de reverter um ensino centrado em procedimentos mecânicos desprovidos de significado para o aluno. A partir desse quadro, o desafio do Sistema Educacional é implantar, no espaço da escola, atividades que envolvam participação plena dos alunos, tornando-os protagonistas no processo de ensino/aprendizagem. Outro desafio é que os conteúdos sejam ensinados considerando-se o cotidiano dos estudantes, para despertar neles o interesse pela ciência por meio de um aprendizado prazeroso. Ainda nesse contexto, as atividades experimentais são indicadas por e para associarem a aprendizagem à prática e à realidade cotidiana dos estudantes, favorecendo o entendimento de leis e conceitos. Por exemplo: uma atividade na qual se estime a altura de salto de um estudante por meio de repetidas medidas com filmagem e régua ao fundo, ou outra na qual se estime o tempo de corrida num percurso de 50 m por meio de repetidas medidas direta de tempo; ao final das quais é avaliado se os conceitos/conteúdo trabalhados nessas atividades foram apropriados pelos estudantes. É uma forma lúdica e divertida de ensinar e

aprender ciências. Elas incentivam o estudante a pensar, criar hipóteses, analisar um problema e propor soluções, além de despertar interesse pela pesquisa científica. Dito isso, reafirmamos o quão importantes são os experimentos no ensino de Física.

Em particular as atividades experimentais, assim como as tecnologias de informação e pesquisas científicas, surgem como opções para diversificar as modalidades pedagógicas e suas práticas, atendendo às diferentes necessidades e interesses dos alunos; elas contribuem para motivá-los e envolvê-los no processo de ensino/aprendizagem (NARDI, 2009).

Como o experimento desempenha papel central seja na ciência, seja na educação, para esta, segundo Laburú e Barros (2009), atividades experimentais desencadeiam motivações e impulsionam a aprendizagem de conteúdos em níveis mais significativos. São essenciais para promover a iniciação ao desenvolvimento epistemológico da indagação científica e incitar os estudantes a atividades cognitivas de atitudes e práticas. Tais atividades têm como uma de suas justificativas principais a motivação que pode gerar nos aprendizes; ela é importantíssima, pois ajuda significativamente na aprendizagem.

O professor, ao intentar propor experimentos aos alunos, deve ter em mente que, no âmbito das ciências naturais, o desenvolvimento de mecanismos formais de raciocínio, que passam pelo desenvolvimento de aptidões analíticas, engloba os seguintes passos: formular questões, propor hipóteses, planejar experimentos e realizar investigações práticas culminando no teste de hipóteses, definir e conduzir observações sistemáticas, organizar e impor uma ordem intelectual aos dados, interpretar e extrair conclusões dos resultados e replicar experimentos (LABURÚ; BARROS, 2009).

Ainda de acordo com esses autores, a atividade experimental consiste em confrontar ou comparar teoria e evidência, que ajudarão a estabelecer relações entre variáveis, processar dados e usá-los a fim de chegar-se a conclusões. Além disso, as atividades experimentais podem ser realizadas com base em diferentes conceitos que, por sua vez, envolvem diferentes concepções de aprendizagem. Elas pressupõem diferentes papéis conferidos ao estudante, ao professor, ao conhecimento e à atividade experimental. Isso quer dizer que uma atividade experimental pode ser utilizada para ilustração da teoria, ou como estratégia de descoberta individual. Pode, ainda, ser usada para que os alunos sejam introduzidos nos processos científicos. No primeiro caso, os estudantes ocupam papel passivo: apenas receberão os conhecimentos que o professor e o livro didático possuem; no segundo, a prática experimental auxilia o estudante a

capacitar-se na reconstrução do conhecimento científico autônoma e individualmente pela interação com o meio. O terceiro caso introduz o aprendiz na execução do método científico propriamente dito – entendendo-se este como um conjunto de etapas ou de regras de procedimentos organizados com coerência, pragmática e teleologicamente.

Além dessas concepções, a prática experimental pode servir para questionar paradigmas e, também, para investigar “situações-problema”.

Como citado em parágrafos anteriores, o ensino escolar é regido pelo PCN, sendo estes publicados a partir de 1996. De acordo com Nardi (2009), os PCN baseiam-se em modelos cujas concepções são interacionistas, isto é, favorecem e estimulam a interação dos estudantes/professores e com a disciplina em si. Isso equivale a dizer que o educador deve priorizar, para com os alunos, o desenvolvimento de habilidades e competências básicas e não o acúmulo de algoritmos para a resolução de problemas pré-estabelecidos. Para Laburú e Barros (2009), as abordagens das atividades experimentais, em última instância, valorizam ou a aprendizagem ou a interação interdisciplinares, ou, ainda, ambas ao mesmo tempo. As atividades que priorizam a aprendizagem visam à compreensão da atividade científica e a articulação de conhecimentos teóricos aos práticos; as de caráter interacionista pretendem promover a participação do aluno na execução do experimento, assim como a relação entre os participantes e a interdisciplinaridade conforme for o caso.

Uma observação sobre as atividades experimentais, segundo Nardi (2009), é que elas podem ser um excelente subsídio pedagógico para a inclusão escolar de estudantes com alguma deficiência física ou sensorial. A inclusão possui três aspectos fundamentais: (a) aceitar a pessoa deficiente no ambiente educacional; (b) adequar esse ambiente às características/necessidades do estudante; e (c) adequar os participantes do ambiente às características dele. No caso específico de estudantes cegos, experimentos que possam ser representados de forma material (como é a proposta do produto educacional, apresentado nesta dissertação) e de fácil percepção tátil, os auxiliam enormemente na compreensão dos conteúdos ensinados pelo professor.

Portanto, as atividades experimentais devem ser propostas pelo professor considerando-se as tendências encontradas nos estudantes em relação a como lidam com os conceitos, processos experimentais e suas limitações físicas.

Nessa dissertação, utilizamos o histograma de blocos (*cf.* Cap.4), como mediador externo, visando facilitar o processo de ensino-aprendizagem, especialmente

no que tange as atividades experimentais, conforme a sequência didática proposta nesse trabalho.

A principal relevância do histograma de blocos nas atividades experimentais, deve-se à adequação que proporciona entre a compreensão do conhecimento científico e as reais possibilidades cognitivas dos estudantes.

## **Capítulo 3**

### **Teoria de erros**

Descreveremos, neste capítulo, conceitos básicos, inerentes à teoria de erros e incertezas. Em particular, mostraremos como esses conceitos podem ser valiosos auxiliares na análise de dados coletados em práticas experimentais. Serão abordados, ainda, os histogramas, não só por facilitarem a tabulação de dados, mas também por serem o produto educacional dessa dissertação.

Por fim, veremos a distribuição gaussiana, também conhecida como normal. Estatisticamente, quanto mais variáveis aleatórias forem combinadas, mais o comportamento da combinação resultante irá aproximar-se do comportamento de uma distribuição normal. Também discorreremos sobre a importância de serem comparadas diferentes medições.

#### **3.1 Erros, Incertezas e Densidade de Probabilidade**

Conquanto sejam usados os melhores equipamentos devidamente calibrados, haja controle sobre as condições ambientais e cuidados na coleta de dados, quando realizamos um experimento é impossível obter um resultado exato para uma determinada medida. Como não existe método, instrumento ou experimentador perfeito, toda medida possui uma incerteza associada. Isso acontece porque os resultados alcançados no processo de medição são suscetíveis a erros tanto da parte de quem mede, quanto em virtude dos instrumentos medidores, da metodologia



empregada, ou ainda em razão das mudanças no meio ambiente<sup>4</sup> em que a medição ocorre. Em vista disso, são necessárias várias medições que, analisadas estatisticamente, aproximam-nos do valor mais provável.

Erro e incerteza não são conceitos iguais. O erro é o número resultante da diferença entre o valor indicado por um sistema de medição e o valor mais provável do mensurando. De acordo com Taylor (2012), os erros podem ser classificados em (a) *erros grosseiros* (na maioria das vezes ocorrem pela falta de experiência e de atenção da pessoa que está realizando a medição); (b) *sistemáticos*, (normalmente atribuídos ao funcionamento inadequado do instrumento, resultando em uma aferição inexata, como ocorre quando um cronômetro atrasa ou adianta, quando uma balança não fornece corretamente o valor de uma dada massa) e (c) *aleatórios* (provenientes de fatores que não podemos controlar como uma corrente de ar ou vibrações). Verificamos, destarte, que os *erros grosseiros* estão relacionados à ação do experimentador, ao passo que os *erros sistemáticos* têm como principal fator a calibração ou funcionamento inadequado do instrumento. Já os erros aleatórios têm como causa a variabilidade das medidas registradas devido ao processo de medição em si.

A incerteza de medição é um parâmetro associado ao resultado de uma medida. Caracteriza a dispersão de valores em torno do valor mais provável de uma medida (VIM, 2012; GUM,2008). Quando se fazem medições, a incerteza desse processo deve ser determinada e declarada a fim de a tarefa ser norteada. Não havendo essa determinação e declaração, isso demonstrará falta de conhecimento ou despreparo, e a confiabilidade da medição será prejudicada seriamente.

De acordo com VIM (2012), as incertezas podem ser qualificadas como sendo do tipo A e do tipo B. Aquela do tipo A está relacionada à medida de confiabilidade da medição por meio da análise das flutuações estatísticas<sup>5</sup>. Essa incerteza está relacionada ao conceito de desvio padrão, que mede o quanto os dados obtidos variam em relação à média dos próprios dados. O segundo tipo de incerteza, a do tipo B, dispensa a análise

---

<sup>4</sup> Em um laboratório, mudanças ambientais não devem ocorrer, pois esse meio deve ser rigorosamente controlado. Entretanto, nem todos os experimentos são feitos em laboratório.

<sup>5</sup> Ao realizar várias observações de um mesmo mensurando, podemos obter resultados diferentes. Essa variabilidade dos resultados da medição é chamada de flutuação estatística.

de estatística de observações repetidas e depende fundamentalmente da *expertise*, da intuição e do conhecimento que o observador / experimentador tem acumulado sobre seus instrumentos e procedimentos de medição. Vale ressaltar que avaliações de incertezas dos tipos A e B, quando controladas corretamente, são igualmente confiáveis na determinação da incerteza de determinada medição.

Ao expressar o resultado  $R$  aferido de um experimento, é necessário considerar os intervalos em que a grandeza está compreendida, assim como sua imprecisão.

$$R = (X \pm \delta x), \quad (1)$$

onde  $X$  é o valor estimado (parâmetro de posição) e o  $\delta x$  é a incerteza dessa medida (parâmetro de dispersão).

Devemos considerar que a análise dos valores experimentais adquiridos de uma medida requer cuidado, pois nem todas as medidas podem ser tratadas estatisticamente. A incerteza que não pode ser tratada de forma estatística recebe o nome de *incerteza sistemática*. Já as *incertezas aleatórias* são aquelas em que se admite um tratamento baseado em repetições, isto é, admite tratamento estatístico. (TAYLOR, 2012).

A confiabilidade da medida não está somente relacionada ao fato de podermos repeti-la inúmeras vezes, visto que, a repetição de um determinado procedimento nos permite uma análise estatística. Sendo assim, faz-se necessário definir um intervalo confiável em que essas medidas devem estar contidas.

Seguiremos, agora, algumas considerações de Vuolo (1996) sobre a função densidade de probabilidade para, com base nesse conceito, poder encontrar-se um intervalo que garanta a confiabilidade da medida. Considere-se, para variável contínua, que cada evento possa ser definido por um intervalo  $\{y_i, \Delta y\}$ , com centro em  $y_i$ , sendo  $\Delta y$  a largura. Admita-se, ainda, que  $y$  possa ter  $m$  valores possíveis:

$$y_1, y_2, y_3, \dots, y_i, \dots, y_{m-1}, y_m$$

$m$  eventos possíveis

Cada evento  $y_i$  pode ocorrer com uma probabilidade  $P(y_i) \equiv \Delta P_i$ . Se  $\Delta y$  for pequeno, as probabilidades dos diferentes resultados  $y_1$  no intervalo são

aproximadamente iguais ( $\approx p$ ). Por conseguinte, a probabilidade  $\Delta P_i$  deve ser aproximadamente  $p(M_i)$ , em que  $M_i$  é o número de resultados possíveis no intervalo.

Na prática, o número  $M_i$  de eventos possíveis, num intervalo, deve ser proporcional a  $\Delta y$ , desde que a variação  $\Delta y$ , na variável  $y$ , também seja pequena, mas comporte grande quantidade de resultados possíveis. Sendo assim, a probabilidade de  $\Delta P_i$  deve ser proporcional a  $\Delta y$  e a quantidade

$$H(y_i) = \Delta P_i / \Delta y, \quad (\text{para } \Delta y \text{ pequeno}) \quad \text{Equação (2)}$$

deve ser independente de  $\Delta y$  e dependente apenas de  $y_i$ . Isto é, a quantidade  $H(y_i)$  pode ser entendida como função de  $y_i$ , e independente do intervalo  $\Delta y$ .

A função  $H(y_i)$  é chamada de densidade de probabilidade. Sendo conhecida, a probabilidade de ocorrer um resultado no intervalo pequeno  $\{y_i, \Delta y\}$  é:

$$P(y_i) \equiv \Delta P_i \approx H(y_i) \Delta y. \quad \text{Equação (3)}$$

Considerando que o limite  $\Delta y \rightarrow 0$ ,  $\Delta y$  e  $\Delta P_i$  são infinitesimais e são indicados por  $dy$  e  $dP$ . Desta maneira, o índice  $i$  pode ser omitido, o que nos permite calcular  $H(y_i)$  para qualquer valor de  $y$  e podemos escrever a equação 2 como:

$$H(y) = dP / dy. \quad \text{Equação (4)}$$

Para um procedimento real com várias repetições, a aproximação experimental para a probabilidade  $\Delta P_i \equiv P(y_i)$  é a frequência relativa<sup>6</sup>  $F(y_i)$ . Assim:

$$H_e(y_i) = \frac{F(y_i)}{\Delta y}. \quad \text{Equação (5)}$$

A Equação (5) é uma aproximação experimental para a função densidade de probabilidade, em cada ponto  $y$ . A função gaussiana, discutida no decorrer desse capítulo, é um exemplo de função densidade de probabilidade. Nela mostraremos os

---

<sup>6</sup> Resultado obtido do quociente entre a frequência absoluta da variável e o número total de observações.

percentuais de determinada medida encontrar-se dentro de um dado intervalo de confiança.

### 3.2 Média, Desvio Padrão, Moda e Mediana

Outros conceitos importantes a serem definidos visando o tratamento estatístico de dados experimentais e de que faremos uso durante a aplicação da sequência didática são estes: *média, desvio padrão, moda e mediana*.

A *média* é definida com a soma dos valores de um determinado conjunto de medidas, dividindo-se o resultado dessa soma pela quantidade dos valores que foram somados. É usada como a representação da melhor estimativa de uma série de medidas, conforme equação abaixo:

$$\bar{t} = \frac{t_1+t_2+t_3+t_4+t_5}{5} . \quad \text{Equação (6)}$$

A equação (6) pode ser escrita da seguinte forma:

$$\bar{t} = \frac{\sum t_i}{N} . \quad \text{Equação (7)}$$

O *desvio padrão* é uma medida de dispersão das medidas em relação a sua média. No decorrer desse capítulo, discorreremos mais sobre ele. A *moda* é o valor mais frequente representado numa série de observações. Por sua vez, a *mediana* define-se como o número que se encontra no centro de uma série de números, ou seja, é o valor situado de tal forma no conjunto, que o separa em dois subconjuntos de mesmo número de elementos. Esses parâmetros serão definidos em um exemplo prático. Considere que um grupo de estudantes resolva medir o tempo de reação de um dos indivíduos do grupo e colha os seguintes valores organizados em ordem crescente, apresentados na tabela 1:

Nº de tentativas	Tempo (s)
1	0,142
2	0,142

3	0,174
4	0,186
5	0,188

Tabela 1: Tentativas versus tempo (s).

De acordo com os dados informados na tabela (1), se quiséssemos representar um único valor como a melhor estimativa para o tempo medido, esse valor seria a média. De acordo com equação (6), é dada por:

$$\bar{t} = 0,166 \text{ s.}$$

Observe-se que o tempo referente às tentativas (1) e (2) se repetem, logo, podemos dizer que esse valor é a moda. Observe-se, também, que o valor referente à tentativa (3) separa os valores em dois subconjuntos de mesmo número de elementos. Consequentemente, podemos afirmar que a mediana (Md) é dada por:

$$\text{Md} = 0,174 \text{ s.}$$

Obtida a Média  $\bar{t}$ , ou seja, a melhor representação da grandeza  $t$ , a diferença  $t_i - \bar{t} = d_i$  e indica o quanto a  $i$ -ésima medida de  $t_i$  difere da média de  $\bar{t}$ .

O desvio padrão da distribuição representado pela letra  $[\sigma]$  é definido como medida de dispersão, isto é, mostra o quanto um resultado variou em relação a um valor esperado. Podemos distinguir o desvio padrão amostral do não amostral. Aquele se refere a um grupo de medições pequenas, e este, a muitas medições. De acordo com Taylor (2012), cujas equações seguem abaixo, a diferença entre esses dois tipos de desvios “é quase numericamente insignificante. (...) Para a maioria dos propósitos, desprezível”. Entretanto, para este autor deve ser claramente especificado a definição que se está usando, para que possa haver a verificação posterior dos cálculos. Seguem, abaixo as equações dos dois tipos de desvio supracitados (TAYLOR, 2012):

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (t_i - \bar{t})^2},$$

Equação (8)

Desvio padrão amostral

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (t_i - \bar{t})^2} .$$

Equação (9)

Desvio padrão não amostral

No caso do tratamento dos dados, como citamos anteriormente (com poucas medições), utiliza-se a equação (8).

Todavia, essa dispersão, representada pelo desvio padrão, pode apresentar valores tanto negativos quanto positivos que, ao serem somados, nos fornecem um valor nulo. Por esse motivo, é comum expressar o desvio padrão conforme as equações acima. De tal forma garantimos sempre valores positivos para os desvios.

Quanto menor for o desvio padrão  $\sigma$ , mais preciso é o conjunto de medidas.

A fim de representar o resultado de um experimento ( $X \pm \delta x$ ), Taylor (2012) afirma que a melhor estimativa para o valor de X seria média  $\bar{x}$ , e, como o desvio padrão caracteriza a incerteza média das medidas, a melhor maneira de representar o parâmetro de dispersão (incerteza)  $\delta x$  seria o quociente entre o desvio padrão  $\sigma_x$  e  $\sqrt{N}$ , o que se denomina desvio padrão da média dada pela equação abaixo:

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma_x}{\sqrt{N}} . \quad \text{Equação (10)}$$

Podemos estimar a qualidade do resultado de determinada medição por meio do conceito de exatidão, diretamente relacionado à proximidade da medida em relação ao seu valor verdadeiro, ou ainda fazendo uso da definição de precisão, referente à dispersão entre medidas repetidas sob as mesmas condições. De acordo com VIM (2012), a exatidão de medição é o grau de concordância entre um valor medido e um valor verdadeiro de um mensurando, grandeza à qual não se atribui um valor numérico, e a precisão da medição é definida como o grau de concordância entre indicações ou valores medidos, obtidos por medições repetidas no mesmo objeto ou em objetos similares, sob condições especificadas. Ela pode ser expressa numericamente por características como o desvio padrão por exemplo.

Desta forma, percebemos que medidas precisas tendem a ser menos dispersas e, quando repetidas, normalmente, fornecem os mesmos resultados, o que não implica em afirmar que os resultados estão próximos do valor verdadeiro. Diferentemente do que ocorre com a precisão, a avaliação da exatidão de uma medida leva em conta o valor verdadeiro.

Consequência do exposto no parágrafo anterior é a possibilidade de termos como resultado da medição um valor exato e preciso, exato e impreciso, inexato e preciso ou inexato e impreciso. Diante das diversas possibilidades é comum vermos, na literatura a analogia com o exercício do tiro ao alvo. Não é de nosso interesse, nesta dissertação, promover uma discussão acerca das definições de exatidão e precisão. Para melhor entendimento dos conceitos, segue abaixo, na figura (1), o exemplo do tiro ao alvo. Para os experimentos descritos neste trabalho, basta-nos dizer que a exatidão está diretamente relacionada à proximidade da medida em relação ao seu valor verdadeiro, enquanto precisão refere-se à dispersão entre medidas repetidas sob as mesmas condições.

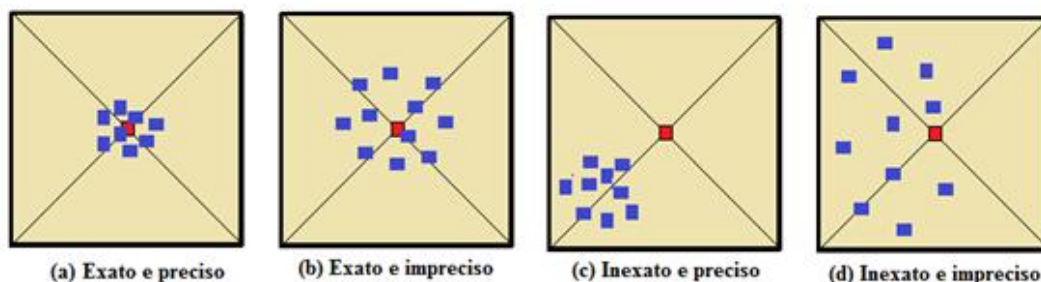


Figura 1: Exemplo do tiro ao alvo

### 3.3 Medições e Grandezas

Algumas grandezas físicas são medidas diretamente e sua incerteza (nesse caso, a do tipo B) está diretamente associada ao instrumento de medição. No entanto, a maior parte das grandezas físicas não podem ser medidas em uma única e direta medição, como por exemplo, a velocidade, a densidade, o momento linear, a energia cinética, etc. Mas, podemos determiná-las por meio de etapas distintas. A primeira delas consiste em

medir  $n$  grandezas de forma direta e, na segunda etapa, de posse dos valores obtidos das primeiras grandezas, calcular a grandeza de interesse (TAYLOR, 2012). Nesse sentido, apresentamos, na seção abaixo, uma fórmula geral que permita calcular a propagação de incertezas e a aplicamos no caso específico do momento linear.

### 3.4 Propagação de incertezas

Os experimentos que compõe a sequencia didática desta dissertação estão relacionados a medidas diretas de tempo, cuja incerteza provém do cronômetro, que o VIM (2012) qualifica de Incerteza de medição instrumental. Quando lidamos com medidas indiretas, a propagação dessas incertezas depende das incertezas das  $n$  grandezas primárias medidas diretamente, que estão associadas à grandeza de interesse. Um exemplo de uma grandeza indireta, como mencionamos, é o momento linear  $p$ , definido pelo produto entre a massa  $m$  e a velocidade  $v$ .

$$p = mv . \quad \text{Equação (11)}$$

Seja  $f$  uma grandeza dependente de outras grandezas  $x, y, z$ , independentes entre si. Podemos escrever a grandeza  $f$  como:

$$f = f(x, y, z). \quad \text{Equação (12)}$$

As grandezas  $x, y, z$ , são admitidas como grandezas experimentais, sendo  $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ , as incertezas padrões correspondentes:

$$x \rightarrow \sigma_x \quad y \rightarrow \sigma_y \quad z \rightarrow \sigma_z .$$

Se as variáveis  $x, y, z$ , são completamente independentes entre si, a incerteza em  $f$  é dada pela fórmula de propagação de incertezas, enunciada assim: o desvio padrão de  $f$ ,  $\sigma_f$  é a raiz quadrada da variância de  $f$ , calculada por:

$$\sigma_f^2 = \left( \frac{\partial f}{\partial x} \right)^2 \sigma_x^2 + \left( \frac{\partial f}{\partial y} \right)^2 \sigma_y^2 + \left( \frac{\partial f}{\partial z} \right)^2 \sigma_z^2 + \dots \quad \text{Equação (13)}$$

No caso de uma única variável  $x$  a Equação (13) se reduz a:



$$\sigma_f^2 = \left( \frac{dw}{dx} \right)^2 \sigma_x^2 \quad \text{ou} \quad \sigma_w = \left| \frac{dw}{dx} \right| \sigma_x. \quad \text{Equação (14)}$$

É importante lembrar que as incertezas  $\sigma_x$  e  $\sigma_w$  por definição, devem ser positivas, obtidas como raiz quadrada da variância da variável correspondente.

A Equação (14) tem validade geral desde que sejam respeitadas as condições abaixo:

i) As variáveis ( $x, y, z$ ) devem ser estatisticamente independentes. Isso implica o fato de nenhuma das variáveis pode ser calculada a partir de outra das variáveis do conjunto assim como sua medição não deve interferir na medição de outra. Caso isso aconteça, é necessário expandir suas fórmulas na expressão de  $f$  antes de aplicar-se a fórmula de propagação. Para isso, cada termo da Equação (12) precisa representar toda a dependência da função com relação à variável sobre a qual se calculou a derivada parcial. Não pode haver dependências subjacentes nas outras variáveis.

ii) Para cada grandeza  $x$ , é necessário a que a desigualdade  $\sigma_x \ll \bar{x}$ , seja respeitada. Em algumas fórmulas de propagação, as variáveis aparecerem no denominador, o que causa problemas se a variável for nula, uma vez que seu inverso não estará definido. Mesmo que  $\bar{x}$  não seja nulo, quando  $\sigma_x \approx \bar{x}$ , há probabilidade de uma dada observação de  $x$  dar resultado nulo. A Equação (12) para propagação de incertezas supõe que as observações possam ser repetidas infinitas vezes, o que nos direciona a um resultado, que é o valor esperado para a média de infinitas observações. Assim nunca poderemos recorrer a um valor indefinido ao utilizar a equação.

Aplicando a fórmula de propagação de incertezas ao exemplo do momento linear  $p = mv$ , onde  $m$  é a massa e  $v$  a velocidade teremos:

$$p(m, v) = mv \Rightarrow \sigma_p^2 = \left( \frac{\partial p}{\partial m} \right)^2 \sigma_m^2 + \left( \frac{\partial p}{\partial v} \right)^2 \sigma_v^2. \quad \text{Equação (15)}$$

Calculando as derivadas parciais, temos:

$$\left( \frac{\partial p}{\partial m} \right) = v \text{ e } \left( \frac{\partial p}{\partial v} \right) = m. \quad \text{Equação (16)}$$

Aplicando as derivadas parciais em (15), obtemos:

$$\sigma_p^2 = v^2 \sigma_m^2 + m^2 \sigma_v^2. \quad \text{Equação (17)}$$

Como  $p = mv$ , podemos manipular a Equação (17) de forma obter a Equação (18)

$$\sigma_p^2 = v^2 \sigma_m^2 + m^2 \sigma_v^2 = (mv/m)^2 \sigma_m^2 + (mv/v)^2 \sigma_v^2, \quad \text{Equação (18)}$$

$$\text{ou seja, } \sigma_p^2 = p^2 [(\sigma_m/m)^2 + (\sigma_v/v)^2]. \quad \text{Equação (19)}$$

No caso geral, para uma função  $f$  dada por  $f = x \cdot y$  ou  $f = x/y$ , a incerteza<sup>7</sup> do valor da função é dado por:

$$\sigma_f^2 = \left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 \sigma_x^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2 \sigma_y^2 \quad \text{ou} \quad \sigma_f = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 \sigma_x^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2 \sigma_y^2}.$$

Equação (20)

### 3.5 Histograma de blocos e distribuições de probabilidades

Tratar e representar, de forma sistemática, os inúmeros valores obtidos de medições experimentais não é uma tarefa fácil para um jovem estudante. Para tanto, utilizaremos uma abordagem baseada na construção de histogramas. Alicerçado nas teorias educacionais de Vygotsky, após a realização dos experimentos que compõe a sequência didática e de posse dos dados advindos dos experimentos, a ideia é inserir os blocos no Histograma possibilitando aos estudantes a visualização das curvas formadas. Desta forma, os gráficos referentes aos experimentos de tempo de reação, tempo de queda de um objeto, assim como o período de um pêndulo síncrono (esses três experimentos chamaremos de sequência didática que será objeto do cap. 4) podem ser comparados.

Suponha que um grupo de estudantes tenha realizado  $N$  medições do tempo de queda de um objeto utilizando um cronômetro, e que tenham obtido os valores expostos abaixo:

$$t_1, t_2, t_3, \dots, t_N$$

---

<sup>7</sup> Algumas fórmulas para propagação de incertezas encontram-se no apêndice III.

Com a finalidade de organizar melhor as informações, pode-se construir uma tabela com as medidas em ordem crescente por exemplo. Entretanto, como veremos a seguir, o histograma de blocos tem apenas 9 hastes, as medições para cada experimento foram 30. Por conseguinte, fez-se necessária a transformação de uma grandeza continua em uma grandeza discreta, isto é, números distintos passaram a ser representados em intervalos que, por sua vez, representam um grupo destes mesmos números.

Com isso, ao se medir uma grandeza em  $n$  eventos independentes, cujos resultados são aleatórios, podem-se organizar os valores  $t_i$  em distribuições de frequências (também conhecida como distribuição de classes). Esse agrupamento acontece em intervalos que compreendem as medidas encontradas entre valores máximos e mínimos medidos. Quando se representa essa distribuição de repetição em histogramas, tem-se uma distribuição como a representada na Figura 2, em que, primeiramente, os valores de  $t_i$  são agrupados em intervalos bem distintos.

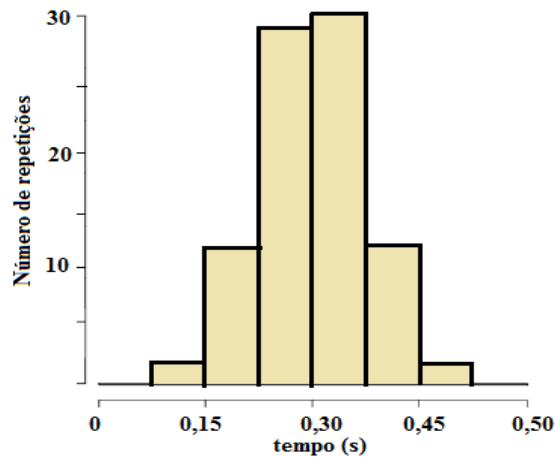


Figura 2 - Histograma de distribuição N° de repetições x tempo

A distribuição de repetição das medidas é justamente o que dará origem a montagem do histograma, uma vez calculado o intervalo de classe. A partir de então, descreveremos como é possível chegar à noção de incerteza experimental, baseando-se na curva delineada no histograma.

A figura 3 apresenta um histograma de barras, cuja utilização é apropriada para casos em que os valores apresentados na horizontal estiverem igualmente espaçados e ordenados com valores inteiros. Todavia, na prática os dados de um experimento não apresentam tal característica, uma vez que os valores normalmente não são números

inteiros. Neste sentido, com a finalidade nortear o tratamento de dados experimentais dos estudantes, não apenas na organização dos dados que obtiverem do experimento, mas também na montagem do histograma, foi disponibilizada uma folha, em que os intervalos de valores são anotados (*cf.* Apêndice IV). Dessa forma, o estudante não terá problemas em inserir o valor encontrado no intervalo pertinente; apenas lembrando (*cf.* item 1.5), que as tabelas também agem como mediador externo.

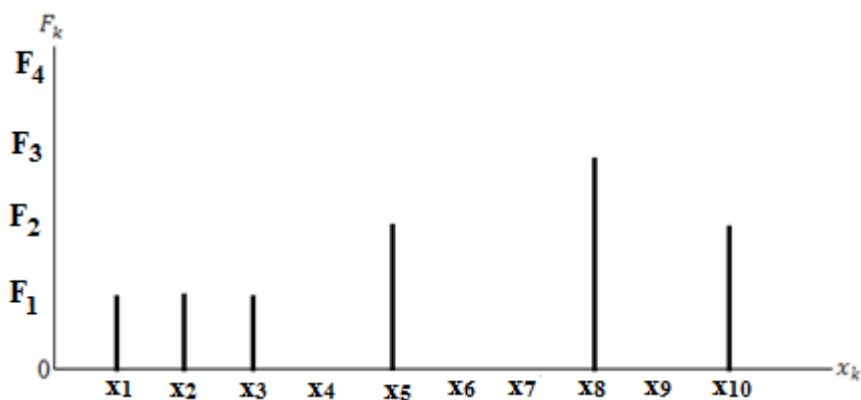


Figura 3: Histograma de barras.

Na figura 4, mostramos o histograma construído a partir dos dados da tabela 2, onde o eixo das abscissas representa o intervalo de tempo em segundos, e o eixo das ordenadas, o número de ocorrências.

Nº de ocorrências	Intervalo (s)
0	0,42  — 0,43
2	0,43  — 0,44
1	0,44  — 0,45
0	0,45  — 0,46
0	0,46  — 0,47
2	0,47  — 0,48
0	0,48  — 0,49
3	0,49  — 0,50
0	0,50  — 0,51
2	0,51  — 0,52

Tabela 2: Nº de ocorrências X tempo (s)

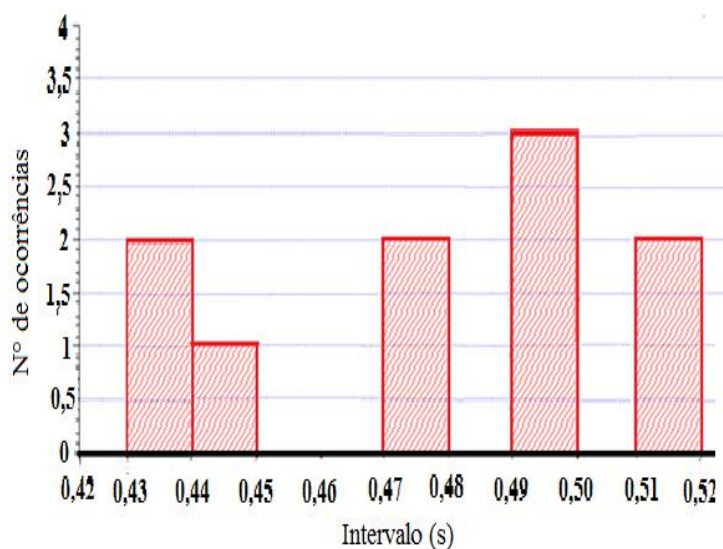


Figura 4: Histograma para os dados da tabela 2.

### 3.6 Distribuição limite e gaussiana (ou normal)

A função gaussiana ou função normal de erros foi deduzida em 1795 por Carl Friedrich Gauss. Quase duas décadas depois, em 1812, outra dedução foi proposta por Pierre Simon Laplace. Por esta razão, ficou também conhecida como distribuição de Gauss-Laplace.

Embora as deduções sejam importantes fundamentos matemáticos para auxiliar o entendimento do motivo de as distribuições de incertezas tenderem a ser gaussianas, é ressaltado por Vuolo (1996) que:

as deduções não demonstram que erros experimentais seguem distribuições gaussianas. Na prática, as hipóteses admitidas nas demonstrações matemáticas, só são aproximadamente satisfeitas. Verifica-se, experimentalmente que, em geral, os erros seguem distribuição gaussiana com boa aproximação. Eventualmente, uma distribuição de erros pode ser diferente da distribuição gaussiana. (VUOLO, 1996. Pg. 46)

Em estatística, quando o número de repetições *tende ao infinito* ( $N \rightarrow \infty$ ), o histograma tende “a uma curva bem definida e contínua. Quando isso acontece, a curva contínua é chamada de distribuição limite.” (TAYLOR, 2012)

Em experimentos reais, quando  $N$  é suficientemente grande e, conjuntamente a isso, os intervalos se tornarem também menores, o histograma vai se parecendo cada vez mais com um sino, como pode ser visto na Figura 5.

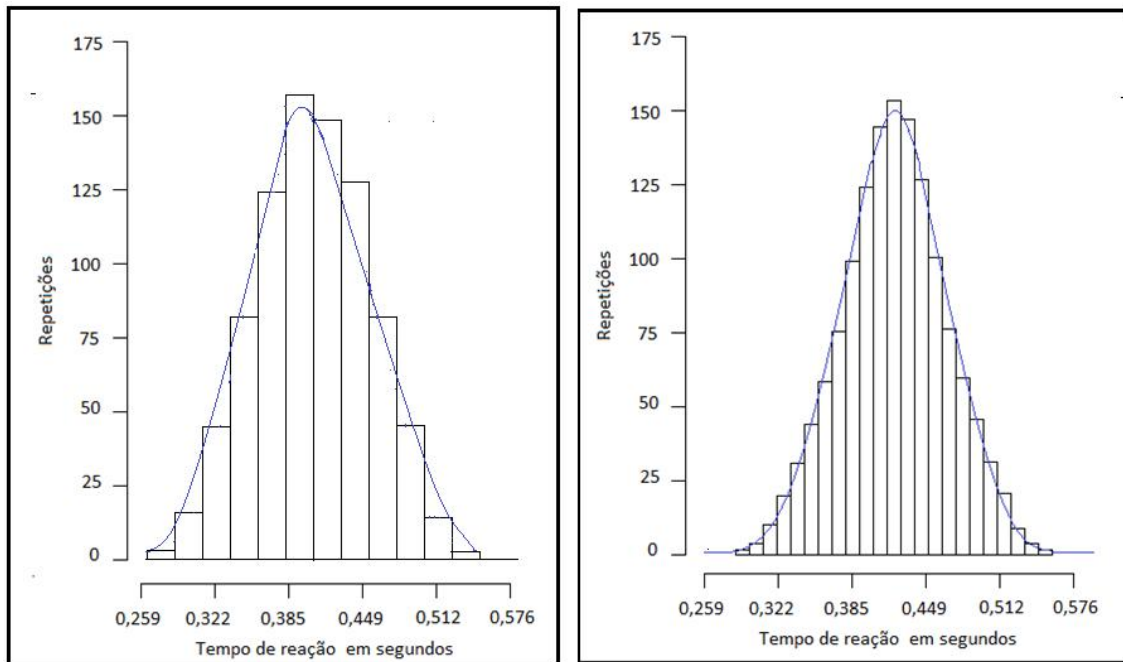


Figura 5 - Aumento do número de intervalos (classes).

Quando a distribuição limite é atingida, produzindo uma curva suave, que delimita o histograma, ele apresenta uma concentração de valores ao redor de um valor central. E a probabilidade  $P(t_i)$  de se obter um determinado valor  $t_i$  no espaço amostral dos  $N$  eventos, pode ser determinada por (VUOLO, 1996):

$$P(t_i) = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{N(y_i)}{N} = \lim_{N \rightarrow \infty} f(y_i). \quad \text{Equação (21)}$$

De acordo com a Figura 6, é possível obter uma distribuição da densidade de probabilidade (*cf.* item 3.1). Nessa figura 6, a distribuição de densidades e a área hachurada representa a fração de probabilidade de se encontrar-se um evento  $t_i$  no espaço amostral  $N$ .

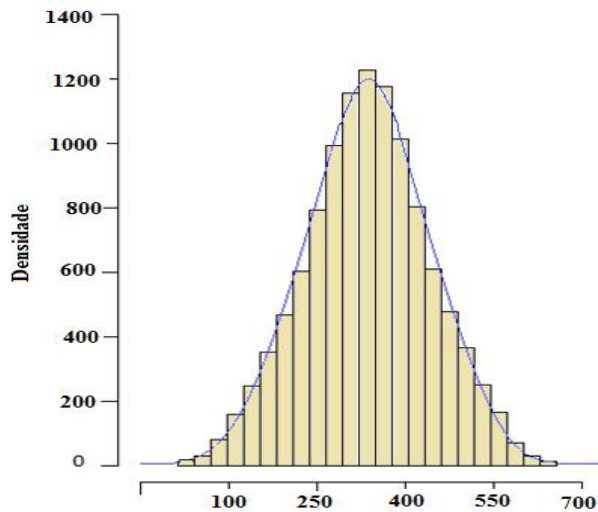


Figura 6 - Distribuição de densidade de probabilidade de ocorrência do evento  $t_i$  no espaço amostral  $N$

A função de Laplace-Gauss também é conhecida como função gaussiana de densidade de probabilidade, ou ainda função normal de erros. É definida da seguinte forma (VUOLO, 1996):

$$G(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}. \quad \text{Equação (22)}$$

Nessa equação,  $x$  é uma variável contínua,  $\sigma$  é o desvio padrão (*cf.* Equação 8) e  $\mu$  é o valor médio.

A função gaussiana é uma função, como já acentuamos, cujo gráfico possui um formato de “sino”. A Fig.7 mostra um exemplo de distribuição gaussiana, em que a altura máxima (pico da função) ocorre quando a variável  $x$  for igual a  $\mu$ . Nesse caso, a função é máxima de acordo com VUOLO (1996); a altura máxima pode ser calculada através da equação:

$$G_{m\acute{a}x} = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}. \quad \text{Equação (23)}$$

A largura na metade da altura máxima  $\Gamma$  é definida e pode ser calculada a partir da definição dos pontos  $x_1$  e  $x_2$  para os quais  $G(x) = \frac{G_{m\acute{a}x}}{2}$  (VUOLO, 1996):

$$\Gamma = x_2 - x_1. \quad \text{Equação (24)}$$

Fazendo  $G(x) = \frac{G_{\max}}{2}$ , os pontos  $x_1$  e  $x_2$  podem ser obtidos (VUOLO, 1996):

$$\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} = \frac{1}{2\sigma\sqrt{2\pi}}; \quad \text{Equação (25)}$$

$$2\ln(2) = \left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2; \quad \text{Equação (26)}$$

$$x = \mu \pm \sigma\sqrt{2\ln(2)}. \quad \text{Equação (27)}$$

Deste modo a Eq. 24 pode ser escrita na forma:

$$\Gamma = 2\sigma\sqrt{2\ln(2)} = 2,3548\sigma \quad \text{Equação (28)}$$

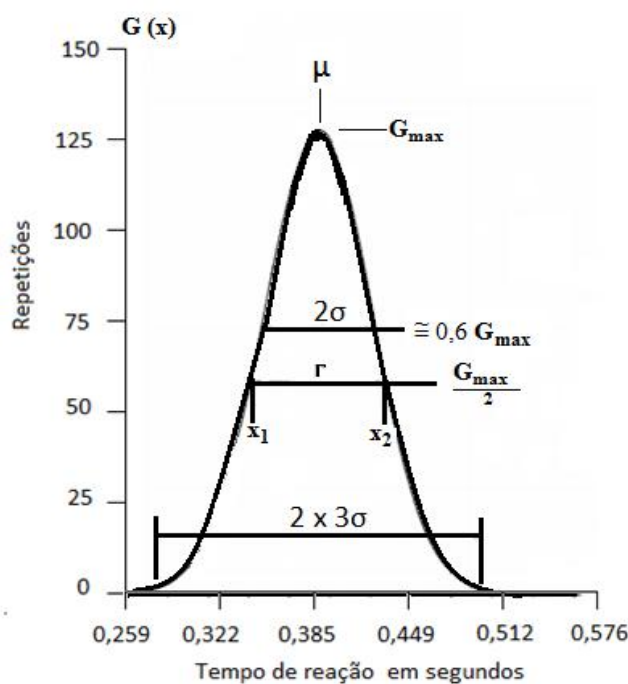


Fig. 7: Exemplo de distribuição gaussiana.

A curva da distribuição gaussiana estende-se a todo espaço. Entretanto, pode-se afirmar que a largura total da gaussiana é  $\mu \pm 2 \times 3\sigma$ , pois essa curva se aproxima



muito de zero quando  $x < \mu - 3\sigma$  ou  $x > \mu + 3\sigma$ . Em outras palavras, isso significa que a distribuição gaussiana contém, aproximadamente, 68% de seus eventos dentro de  $\pm \sigma$ , de 95,7% para  $\pm 2\sigma$  em torno da média. Teremos, ainda, 99,7% de seus eventos dentro de  $\pm 3\sigma$  em torno da média.

A probabilidade  $P(\delta)$  de obter um resultado  $x$  tal que  $(\mu - \delta) < x < (\mu + \delta)$ , onde  $\delta = (x - \mu)$ , é dada por (VUOLO, 1996):

$$P(\delta) = \int_{\mu-\delta}^{\mu+\delta} G(x)dx = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{\mu-\delta}^{\mu+\delta} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} dx$$

Equação (29)

A integral da Eq. 29<sup>8</sup> não pode ser resolvida de forma analítica, isto é, somente uma resolução numérica pode trazer a solução dessa integral. De acordo com os valores calculados numericamente, a probabilidade para ocorrer  $|x - \mu| \leq 3\sigma$  é de 99,73% (VUOLO, 1996).

Fazendo  $y(x - \mu)/\sigma$  e  $dy = dx/\sigma$ , de forma analítica, pode ser mostrado que (VUOLO, 1996):

$$P(\delta \rightarrow \infty) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\frac{1}{2}y^2} dy = 1$$

Equação (30)

À medida que a sequência didática for aplicada, esperamos que, gradativamente, o estudante se familiarize com o conceito de incerteza, percebendo que, quanto maior o número de medidas realizadas, mais próximos estaremos de uma distribuição que se assemelha a uma gaussiana, cujo valor médio se aproxima do valor verdadeiro. Tal afirmação nos direciona para a definição de distribuição limite.

---

<sup>8</sup> Utilizando o Mathematica, [www.wolfram.com](http://www.wolfram.com) substituindo os valores de  $|x - \mu| = \sigma$  encontraremos aproximadamente 68%. Analogamente pra 2  $\sigma$  e 3  $\sigma$  obtém-se aproximadamente 95% e 99% respectivamente.

### **3.7 A importância de comparação entre dados**

De tudo que foi discutido, podemos afirmar a importância de compararem-se diferentes medições. Segundo Taylor (2012), dos experimentos nos quais se obtêm resultados quantitativos, a mera enunciação dos resultados individuais é “completamente desinteressante” já que não são conclusivas por si. Mas, quando se comparam duas ou mais medições, pode-se verificar se estas estão relacionadas em termos confiabilidade.

Ainda de acordo com Taylor (2012), a comparação de medidas deve ter, entre uma delas, um valor aceito e outras medidas com valores previstos teoricamente para que a análise, considerando a teoria de erros, tenha sua importância. Na prática, quando se comparam dados medidos, notando-se que alguns têm uma leve discrepância entre si, estes dados, ainda assim, podem ser considerados satisfatórios e consistentes. Caso a discrepância seja considerada grande, pode-se supor que houve algo de errado no processo de aquisição de alguns desses dados. Se isso ocorrer, deve ser procurada a causa dessa discrepância a fim de saná-la para a realização de posteriores medidas.

## **Capítulo 4**

### **Produto Educacional**

Neste capítulo apresentaremos o produto Educacional, que “pode ser um texto de apoio ao professor, um aplicativo, uma hipermídia, uma sequência didática, um vídeo, dentre outras possibilidades, mas esse produto deve ter identidade”<sup>9</sup>, ou seja, qualquer professor de Física poderá usá-lo em suas aulas sem consultar o mestrando que o produziu. Logo, nessa dissertação, temos dois produtos educacionais que são a

---

<sup>9</sup> Fonte: <http://www.gr.unicamp.br/penses/wp-content/uploads/2016/03/Programa-Nacional-de-Mestrado-Profissional-em-Ensino-de-F%C3%ADsica.pdf> <acessado em 09/06/2017, 16:20 h>

sequência didática, que compõe os experimentos, e o Histograma de blocos ao qual o autor dessa dissertação utiliza como o seu principal objeto.

Ainda neste capítulo, o Histograma de blocos será descrito quanto ao seu objetivo, características e o uso aplicado à sequência didática; uma vez que a confecção do mesmo encontra-se no apêndice I. Num segundo momento, será abordado a sequência didática, seguida da descrição experimental e um simplificado roteiro de cada experimento.

## **4.1 Objetivos**

O histograma de blocos, quando inserido no ensino de Física, tem como seu principal objetivo, nesta dissertação, agir como um mediador externo (VYGOTSKY, 2001) conforme item 1.5, já que auxilia o estudante a resolver tarefas típicas de laboratório e possivelmente os tornará mais autônomos. Ele também possibilita a comparação de dados obtidos em experimentos básicos, como os propostos na sequência didática; neste caso a comparação foi possível porque cada grupo, de posse dos dados de cada experimento, montou seu próprio histograma. Sendo assim, possível comparar as curvas obtidas.

Em última análise, por meio do histograma, os estudantes foram conduzidos a percepção de que às medições agregam-se incertezas inerentes ao processo.

## **4.2 Características**

A caixa é formada por uma base de madeira, cuja forma é um paralelepípedo de base quadrada, e que possui nove hastes de latão banhadas em cobre, colocadas perpendicularmente à face superior da base e equidistantes uma das outras. Ainda para compor o histograma de blocos existem os cubos, que possuem um furo no centro para serem encaixados nas hastes, que possibilitará a visualização do gráfico que se formará com os dados aferidos no evento.

Na elaboração do projeto, cada item foi selecionado e avaliado detalhadamente, com o objetivo de construir um material de fácil manuseio e ao mesmo tempo resistente. Inicialmente, tivemos que decidir entre o mármore e a madeira: escolhemos a segunda em detrimento da primeira, pois trabalhar com o mármore é mais complexo, uma vez

que é necessário utilizar brocas especiais para fazer cada uma das nove perfurações, além do que o mármore, ao ser perfurado, diminui sua resistência, o que acarreta na sua quebra ao serem inseridas as hastes. Escolhemos a madeira do tipo Angelim<sup>10</sup> por ser nobre, o que não está relacionado a seu custo, mas a sua qualidade e facilidade de manuseio, aceitando um acabamento mais fino. Foram adquiridos, a baixo custo, uma tábua de madeira Angelim, que formará a base, cujas dimensões são 4 cm de largura, 4 cm de altura e 0,5 m de comprimento, além de um caibro de 7,5 cm de largura, 7,5 cm de altura e 1 m de comprimento, de onde serão produzidos os cubos. Adquirimos também hastes de latão revestidas de cobre com comprimento de 2 m, cola para madeira, verniz para madeira de 225 ml, pincel para madeira de 1 polegada e lixas n° 200 para dar acabamento<sup>11</sup>.

As hastes precisavam ser simultaneamente rígidas e lisas, por isso escolhemos como material das mesmas o latão revestidos com cobre, já que comporta um encaixe justo e de fácil manuseio. Excluímos o ferro como material primordial porque esse tipo de material possui ranhuras que dificultam o deslizamento dos cubos pelas hastes. Usamos, em termos comparativos, barras de ferro cujas espessuras são 3/8", 1/4" e 5/16" de diâmetro<sup>12</sup>. No apêndice I, serão explicitados os procedimentos para a construção do produto educacional, sendo que os materiais utilizados constam na tabela 3.

<b>Materiais</b>	<b>Especificações/dimensões</b>
Ripa <sup>13</sup> de madeira Angelim	4 cm X 4 cm X 50 cm
Caibro de madeira Angelim	7,5 cm X 7,5 cm X 100 cm
Haste de latão, revestido de cobre	2 m
Cola de Madeira	100 ml

<sup>10</sup>A madeira utilizada é composta de sobras de uma madeireira, fornecidas para a elaboração do histograma de blocos.

<sup>11</sup>Sua granulação (n° 200) se refere ao número de grãos de areia por centímetro quadrado. Quanto maior a granulação, mais fina ela é. As lixas mais finas são normalmente utilizadas para polimento/acabamento.

<sup>12</sup>Os valores de 8mm e 10mm podem ser convertidos para polegadas obtendo 5/16" e 3/8", respectivamente.

<sup>13</sup> Peça de madeira estreito e comprido.

Lata de verniz	200 ml
Lixa de madeira	200
Furadeira	60Hz – 127 V
Brocas	(8 e 10) mm

Tabela 3: Materiais utilizados na confecção do Histograma de blocos

Uma vez dadas as características físicas do Histograma de blocos, faremos agora a articulação da teoria de erro no uso do histograma. Para os três experimentos que compõem a sequência didática.

### 4.3 Sequência didática

A sequência didática, composta por três experiências simples de física, mostra como o produto educacional descrito na seção anterior pode ser utilizado para que os alunos visualizem a organização dos dados adquiridos. Com esse histograma temos a oportunidade de introduzir e discutir conceitos estatísticos como moda, valor médio, noções de incerteza e de dispersão dos dados de medidas de grandezas físicas.

Propomos aos estudantes, experimentos, com o objetivo de obtenção do tempo de reação (por metodologias diferentes), o tempo de queda e o período do pêndulo simples (estes dois últimos pela mesma metodologia). De posse dos valores obtidos, calcularemos os intervalos para introduzirmos os blocos no histograma, todavia, para isso, é necessário definir o número de intervalos e a maneira como os encontramos.

Como o Histograma de Blocos possui 09 (nove) hastes, assumiremos que cada uma dessas hastes corresponde a um intervalo. Para definir a amplitude dos mesmos, faremos a diferença entre o maior e o menor valor do tempo medido e dividiremos pelo número de hastes do histograma. Ao valor encontrado deste procedimento, soma-se ao menor valor do tempo encontrado experimentalmente, dando origem ao primeiro

intervalo  $T_1$ . Soma-se a  $T_1$  o valor da diferença supracitado e teremos o intervalo  $T_2$ , procedendo desta maneira teremos os intervalos  $T_3, T_4, \dots, T_{N-1}$ , até o valor limite do tempo.

Com a montagem dos histogramas, será possível aos estudantes visualizarem a curva obtida e perceberem o intervalo onde houve maior incidência dos cubos na haste do histograma (moda). Embora saibamos que a maneira adequada de se representar a medida seja a média, todavia, neste momento, queremos fazer uma breve comparação entre as curvas fornecidas pelos histogramas. Pois de acordo com Crespo (2009), se (a) as três medidas (média, mediana moda) coincidem teremos uma curva simétrica; (b) se a moda é menor do que a mediana e esta menor do que a média, teremos uma curva simétrica positiva e (c) se a média é menor do que a mediana e, por sua vez, é menor do que a moda teremos uma curva assimétrica negativa. O que acabamos de descrever está apresentado na figura (8).

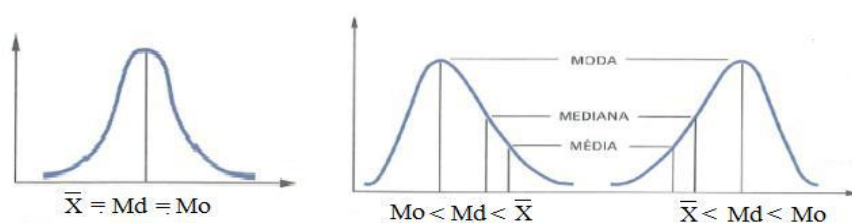


Figura 8: Posição relativa da mediana, moda e média. (fonte: Crespo, 2009)

Num momento posterior, os estudantes serão levados a representar o resultado do experimento ( $X \pm \delta x$ ), onde  $X$  será dado pela média Eq. (6) e o  $\delta x$ , o desvio padrão médio Eq. (10).

Essa comparação, visualizada da curva nos histogramas, tem o objetivo de verificar se encontraremos dados que se interceptam. Isto é, se há pontos de interseção entre os intervalos, estas medidas podem ser ditas como coerentes / confiáveis, conforme item 3.7. Analogamente, se os intervalos não estiverem próximos de interceptarem-se, essas medidas seriam inconsistentes; teremos então que verificar as possíveis causas de tais incompatibilidades.

Estamos norteados pela teoria de mediação formulada por Vygotsky nas três atividades a serem desenvolvidas, e buscamos tornar evidentes as incertezas em cada experiência. Essa interação se dá de forma mediada ou indireta a partir de um estímulo incorporado ao processo cognitivo que facilita a apreensão de conceitos por meio da

visualização e manuseio de um produto educacional. Escolher um determinado experimento em detrimento de outro não significa que o produto educacional não possa ser utilizado em outros casos ou situações, pelo contrário, pois possui grande versatilidade, podendo, inclusive ultrapassar as barreiras disciplinares<sup>14</sup>.

A escolha de uma atividade experimental é fundamental para o sucesso da aprendizagem e segundo Gaspar (2014) essa escolha precisa ser feita obedecendo a determinados objetivos e critérios. Uma atividade experimental não pode ter como objetivo “(...) *provar ou demonstrar a validade de uma lei ou princípio físico (...)*” (GASPAR, 2014), já que possui uma barreira epistemológica para sua realização. Os demais critérios apontados por Gaspar (2014) para a realização da prática experimental são a viabilidade, a escolha do tipo de atividade mais adequada para sua realização, a seleção dos conteúdos a serem apresentados por meio delas e a compatibilização de conteúdos com o tipo de atividade escolhida.

Escolhemos três tipos de experimentos clássicos de qualquer laboratório de física: O *Tempo de Reação*, o *Pêndulo Simples* e a *Queda livre*. No primeiro, pretende-se medir o tempo de reação e comparar os resultados entre os grupos, no segundo, será possível comparar o período de oscilação de um pêndulo simples no regime isócrono e, finalizando, com a análise do tempo de queda de um corpo por meio da lei de queda livre (terceiro experimento). Tais escolhas justificam-se pelo fato de os experimentos terem como finalidade a medida do tempo, e também porque em se tratando de medida direta pouparemos esforços no que diz respeito à matematização mais complexa. Isto porque a motivação da experiência é a inserção do histograma de blocos enquanto mediador externo e facilitador do conhecimento, aliado à intenção de introduzir a noção de incerteza, e mostrar como uma atividade experimental pode expor conceitualmente determinados fenômenos físicos de acordo com os critérios apresentados por Gaspar (2014).

---

<sup>14</sup> O Histograma pode ser usado nas disciplinas de matemática e História, por exemplo. Na disciplina de Matemática existe a possibilidade de usá-lo comparativamente a um Ábaco que é um antigo instrumento de cálculo que usa a notação posicional de base dez para representar números naturais, conforme foi representada na prova do ENEM 2016. Na disciplina de História pode ser utilizado de forma figurativa para representar o número de óbitos da primeira Guerra Mundial entre os países envolvidos.

### **4.3.1 Atividade experimental: Tempo de Reação**

Ao realizarmos um experimento diretamente relacionado com o tempo, um dos problemas enfrentados é o acionamento do cronômetro no início e no término do experimento. Sabemos que, se iniciarmos o experimento com defasagem temporal, o mesmo será subestimado; por outro lado, podemos retardar ao parar o cronômetro e assim superestimar o tempo. Em ambos, os casos acarretarão medidas equivocadas que está associada ao tempo de reação do experimentador.

Todavia, se os tempos de reação forem exatamente os mesmos, tais erros se anularão após o tratamento estatístico. Cabe então a reflexão: Será que o tempo de reação de uma pessoa é sempre o mesmo? Acreditamos que, intuitivamente, a resposta seja negativa. Então, como podemos responder essa questão de forma menos intuitiva? Como podemos comparar o tempo de reação de uma pessoa com outra? Neste sentido, utilizaremos o Histograma de Blocos para auxiliar no experimento e, conseqüentemente, na resposta a essas perguntas.

#### **Objetivo geral:**

Desenvolver a percepção de incertezas numa situação de erros aleatórios evidentes.

Compreender a noção de tempo de reação.

#### **Objetivo específico:**

- 1) Realizar medidas diretas do tempo de reação por métodos diferentes;
- 2) Organizar os dados medidos em intervalos numa tabela e calcular as frequências;
- 3) Representar os resultados no Histograma de blocos e perceber visualmente as incertezas;
- 4) Comparar os Histogramas entre os grupos.

#### **Material utilizado ou recursos didáticos:**



Telefone celular (Sistema Android);

Programa: *Green Button Reaction time test* – Aplicativo para Android no Google Play

Cronômetro;

Régua;

Produto educacional (Histograma de blocos).

### Conteúdo da aula:

- Medida de tempo;
- Tempo de reação;
- Erros aleatórios.

### Metodologia e estratégias:

A turma foi dividida em grupos com o máximo de 5 alunos. Para cada grupo de trabalho foram apresentados dois métodos: o primeiro consiste na utilização de um programa, instalado no celular dos alunos, para executar o experimento, enquanto o segundo método consiste na medição do tempo de reação com uma régua. Para ambos os experimentos, propomos 30 medições. A escolha deste número surgiu a partir de uma discussão com os estudantes sobre a quantidade mínima de repetições necessárias para a confiabilidade dos resultados.

Na realização do experimento, utilizando o método I, o grupo deverá escolher um aluno para medir o seu tempo de reação. Em posse do celular, o estudante terá que observar atentamente quando o ponto vermelho, que se encontra na tela, mudar a cor para verde, conforme figura (9). Quando isso acontecer, o aluno escolhido precisará tocar na tela, assim o programa informará o tempo de reação.

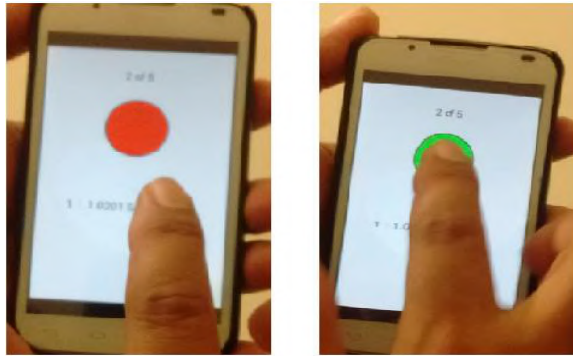


Fig. 9: tempo de reação método I.

Em relação ao método II, um aluno deverá segurar a parte superior de uma régua de 30 cm, posicionando-a verticalmente; outro estudante deve se posicionar em frente a esse com a mão aberta em forma de pinça como mostra a figura (10) Sem avisar, o primeiro aluno solta a régua. Assim, por reação, o segundo estudante, percebendo que a régua está em queda livre, fará um movimento em pinça com o dedo indicador e o polegar para segurar a régua. Em cada queda da régua será anotada a distância percorrida pela mesma e, em seguida, serão calculados o tempo a partir da utilização da equação de queda livre (*cf.* Apêndice V, equação L) disponibilizada no quadro. É importante ressaltar que o evento precisará ser repetido pelo número de vezes definido para o método I, de forma que possam ser comparados.



Figura 10: Tempo de reação método

Após executarem a primeira parte do experimento, os estudantes anotarão os dados em uma tabela disponibilizada pelo professor (*cf.* Apêndice IV), e na sequência, dividiremos estes dados em nove intervalos de acordo com as hastes do Histograma.

Desta forma, cada grupo, de posse dos valores experimentais de cada intervalo, deverão representar os dados obtidos inserindo os blocos de madeira no Histograma. Em seguida poderão comparar as curvas produzidas pelos grupos.

### Avaliação:

A avaliação é composta de três partes: pré-teste, aplicação da atividade e pós-teste. Estas etapas serão utilizadas para os demais experimentos que constituem a sequência didática.

Uma das finalidades do pré-teste é nortear a abordagem teórica dada pelo professor ao assunto considerando o cotidiano dos estudantes e o seu nível de conhecimento do tema abordado. Ele também incentiva o estudante a pensar, possibilita a criação de hipóteses e ajuda o estudante a despertar interesse pela pesquisa.

A atividade experimental é a motivação dessa dissertação; por meio dela, introduziremos o histograma de blocos, que possibilitará ao estudante calcular o resultado de um experimento inserindo-o em um intervalo.

O pós-teste nos permite uma avaliação qualitativa e / ou quantitativa, da evolução alcançada no aprendizado do processo, isto é, o grau de consecução dos objetivos.

O pré-teste, que segue abaixo, foi o mesmo utilizado para todas as atividades experimentais que compõe a sequência didática e constitui-se das seguintes perguntas:

- 1) Você já participou de alguma atividade experimental ou visitou algum laboratório durante a sua vida escolar? Em caso positivo, detalhe.
- 2) Você acha que a prática experimental pode colaborar para o aprendizado de um determinado conteúdo de física? Por quê?
- 3) Durante a realização de uma atividade experimental são obtidos alguns dados por meio de medições. Informar o resultado de um experimento realizando apenas uma medida seria o suficiente? Justifique.

- 4) Se um estudante realizar algumas repetições do mesmo experimento, o valor medido por este será sempre o mesmo? Por quê?
- 5) Dois grupos realizam o mesmo experimento. O Grupo 1 obteve um resultado um pouco diferente do resultado do grupo 2. Sobre este acontecimento selecione a resposta que mais reproduz a verdade no seu ponto de vista:
- ( ) Os dois grupos podem estar corretos;
  - ( ) Os dois grupos podem estar errados;
  - ( ) Um grupo está certo e o outro errado;
  - ( ) O resultado de um experimento depende do procedimento que cada grupo realizou durante a tomada de medidas.
- 6) Mesmo que todos os estudantes utilizem os mais adequados procedimentos durante a realização de uma atividade experimental, é possível confiar no resultado obtido por eles sem que haja uma margem de erro? Justifique?
- 7) Você já utilizou algum tipo de planilha eletrônica com fins escolares? Em caso positivo diga a finalidade e qual o tipo de planilha.

Houve também um pré-teste específico para essa atividade experimental que constituiu-se das seguintes perguntas:

- 1) Na sua percepção, o que é tempo de reação? É possível medi-lo?
- 2) E se pudéssemos comparar, será que o tempo de reação entre duas pessoas seriam iguais?

Feito o pré-teste, partimos para realização das atividades experimentais, que foi dividida em dois momentos: o primeiro consistiu na realização dos experimentos, na obtenção e anotação dos dados na tabela (*cf.* Apêndice IV), que foi previamente apresentada e explicada pelo professor e cálculos dos intervalos. No segundo momento, de posse dos intervalos, inseriram-se os cubos no histograma, que nos deu como resultado uma curva que foi comparada entre os grupos. Dessa forma, cada grupo refletiu a respeito dos dados aferidos. A última parte da avaliação, que é o pós-teste, consistiu na resposta às perguntas que motivaram o experimento, são elas:

- 1) O tempo de reação de uma pessoa ou de um grupo é sempre o mesmo?
- 2) Como podemos comparar o tempo de reação encontrado pelos grupos?
- 3) Discuta com o seu grupo e responda: Faz sentido informar o tempo de reação ou comparar tomando como base um único valor ou o tempo médio?
- 4) Discuta com o grupo: Qual a finalidade de repetirmos os experimentos várias vezes? Uma ou duas vezes não seria o suficiente?

### 4.3.2 Atividade experimental: Período do Pêndulo Simples

O pêndulo simples é um dispositivo constituído por um corpo de massa  $m$ , suspenso por um fio inextensível de comprimento  $L$  e massa desprezível. Quando o corpo de massa  $m$  é deslocado lateralmente a partir de sua posição de equilíbrio e solto, ele oscila em torno de sua posição de equilíbrio. A massa  $m$  perfaz uma trajetória de um seguimento circular de raio  $L$  sob influência do peso  $P$  e da tensão  $T$ . Decompondo a aceleração em componentes tangencial e radial, conforme na figura (11), podemos obter as equações do movimento para um ângulo de desvio  $\theta$  em relação à posição de equilíbrio vertical.

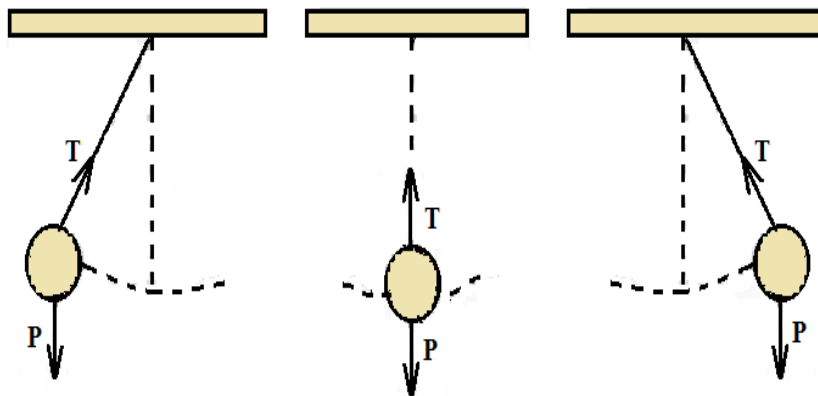


Figura 11: Pêndulo simples e diagrama de forças

À primeira vista, essa montagem nos remete a algo complexo, todavia, observando cuidadosamente, percebemos que esse modelo está presente em nosso cotidiano: um exemplo claro pode ser visto durante um passeio no parque e na consequente utilização do balanço. A finalidade desse experimento é medir o período de

oscilação de um pêndulo em pequenas oscilações (regime isócrona). Diante disso, vamos vislumbrar algumas possibilidades para compreender o fenômeno e melhorar a fixação do experimento. Para isso devemos fazer algumas considerações: esse experimento será válido apenas para pequenas oscilações ( $\theta \approx 10^\circ$ ), onde tomaremos que  $\sin(\theta)$  será aproximado por  $\theta$  (em radianos).

Para o pêndulo síncrono temos:  $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ , no qual  $L$  é o comprimento do fio e  $g$  a aceleração da gravidade. O fato do período  $T$  ser independente da amplitude de oscilação, é válido, desde que esta seja pequena, o que constitui o isocronismo do pêndulo.

### Objetivo geral:

Desenvolver a percepção sobre o período de oscilação de um pêndulo simples

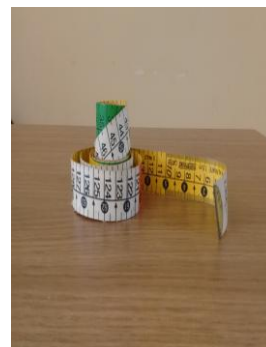
### Objetivos específicos:

- 1) Perceber que o período não depende da amplitude quando em pequenas oscilações;
- 2) Perceber as incertezas aleatórias intrínsecas nas medidas diretas de tempo;
- 3) Representar os resultados no Histograma de blocos;
- 4) Comparar entre os grupos as curvas obtidas nos Histogramas, a fim de verificar se há um intervalo de interseção entre elas.

### Material utilizado ou recursos didáticos:



Histograma de blocos



Fita métrica



Cronômetro



Prumo (usado como pêndulo simples)

Figura 12: Fotografias do material utilizado

### Conteúdo da aula:

- Período do Pêndulo simples em pequenas oscilações;
- Incertezas aleatórias em medidas diretas em intervalo de tempo;
- Tempo e oscilação.

### Metodologia e estratégias:

A turma foi dividida em grupos com, no máximo, 5 alunos. Para cada grupo de trabalho, foram fornecidos os kits de pêndulo simples, cronômetro, régua e o histograma de blocos. Esse experimento em particular, por sugestão de um aluno, foi realizado em um local aberto, isto é, na quadra poliesportiva. O pêndulo foi fixado na parte superior da trave do gol, no suporte designado para prender a rede; um dos integrantes do grupo ficou responsável pelo deslocamento lateral do corpo de massa  $m$  a partir do ponto de equilíbrio. Um segundo integrante mediu horizontalmente a distância deslocada a fim de garantir sempre a mesma amplitude de oscilação; garantindo, assim, que o ângulo formado não ultrapasse  $10^\circ$ . Um terceiro aluno, de posse do cronômetro, fez a medição do período (a cada cinco oscilações, anotou-se o tempo, e de posse desse dado encontraram o período médio); foram feitas 30 (trinta) medições. Os demais componentes observaram atentamente o experimento, para intervir caso detectassem algo errado na realização deste, além de anotar os dados fornecidos.

Após executarem a primeira parte do experimento, anotaram os dados em uma tabela oferecida pelo professor, calcularam o intervalo e, na sequência, os grupos

montaram o histograma de blocos. Posteriormente, compararam as curvas produzidas pelos grupos.

### Avaliação:

Assim como na atividade experimental anterior, fizemos um pré-teste dada a importância do mesmo (vide item 'avaliação' do experimento anterior).

Feito o pré-teste, partimos para realização da atividade experimental, que foi dividida em dois momentos, o primeiro consistiu na realização dos experimentos, na obtenção e anotação dos dados na tabela que foi previamente apresentada e explicada pelo professor e cálculos dos intervalos. No segundo momento, de posse dos intervalos, inseriram-se os cubos no histograma, que nos deu como resultado uma curva que foi comparada entre os grupos. Dessa forma, cada grupo refletiu a respeito dos dados aferidos. A última parte da avaliação, que é o pós-teste, consistiu na resposta às perguntas que motivaram o experimento, são elas:

**Obs.:** Nesse momento cada grupo deve informar aos demais grupos o período de oscilação obtido.

- 1) O Período de oscilação foi o mesmo para os grupos?
- 2) Faz sentido informar o período de oscilação ou compará-lo baseado em um único valor? Por quê?
- 3) Usando o Histograma, como cada grupo pode comparar o período de oscilação?

### 4.3.3 Atividade experimental: Tempo de Queda

Ao lançarmos verticalmente um corpo para cima, perceberemos que, após um dado tempo, esse corpo atingirá certa altura e, posteriormente, começará a cair. O evento descrito pode ser facilmente realizado e verificado. Porém, ainda que não haja nenhuma novidade sobre o episódio relatado, você já se perguntou o motivo de tal comportamento?



O movimento descrito acima possui aceleração constante, onde os corpos são atraídos pela Terra, isso porque em torno dela há uma região denominada *Campo Gravitacional* que exerce atração sobre os corpos. Ao soltarmos uma folha de papel e uma borracha (mesma altura e simultaneamente), a fim de verificar seus comportamentos, podemos nos questionar se o tempo de queda da folha será o mesmo tempo de queda da borracha.

Uma segunda proposta seria amassar a folha e repetir o experimento para verificar se a folha e a borracha tocam o solo simultaneamente. Após realizar o experimento será notada uma diferença no tempo de queda da primeira proposta em relação à segunda no que diz respeito à folha. Tal fato verifica-se porque quando a folha está amassada, ela tem sua superfície de contato diminuída, logo, experimenta menor resistência do ar, o que acarreta em um menor tempo de queda. Se os experimentos fossem realizados no vácuo, os corpos não experimentaríamos esse efeito e poderíamos constatar que ambos os corpos em ambas as situações tocariam o solo ao mesmo tempo.

Ao amassar a folha, nosso intuito foi o de minimizar os efeitos de resistência do ar, uma vez que a folha tem uma superfície de contato maior com o ar do que a borracha. Esse movimento quando realizado em condições ideais, isto é, sem interação da vizinhança, é conhecido como *Queda Livre*.

Um ponto que merece nossa atenção na realização deste experimento é o acionamento do cronômetro: se a altura de onde o corpo for abandonado for pequena não teremos tempo o suficiente para o início e no término do experimento. Outro fator a ser considerado é o efeito de paralaxe, devido ao não alinhamento dos olhos do experimentador na altura máxima de onde o corpo será lançado e o momento que o corpo tocar o solo.

### Objetivo geral:

- 1) Compreender o conceito de queda livre.

### Objetivo específico:

- 1) Perceber as incertezas aleatórias nas medidas diretas de intervalos de tempo;
- 2) Comparar o tempo de queda de um corpo;
- 3) Utilizar o programa *Microsoft Office Excel 2007* para construir histogramas;

- 4) Comparar o gráfico fornecido no histograma com o gráfico obtido no *Microsoft Office Excel 2007*.

#### Material utilizado ou recursos didáticos:

Corpo de prova: Bola de tênis

Cronômetro;

Fita métrica / trena;

Folha em branco;

Histograma de blocos.

#### Conteúdo da aula:

- Queda livre;
- Tempo de queda.

#### Metodologia e estratégias:

A turma foi dividida em grupos com, no máximo, 5 alunos. Após uma breve conversa definimos que o corpo de prova deve ser solto de uma altura de 2,10 m, que é a altura padrão do limite superior da porta da escola. Feito isso, adotamos o valor padrão para a aceleração da gravidade. Um aluno foi designado para soltar o corpo de prova da altura proposta com melhor exatidão possível; um segundo aluno ficou encarregado de aferir o tempo de queda, e os demais alunos observaram o experimento e deveriam interferir caso observassem algo em desacordo. Além de anotar em uma folha o tempo de queda, indicado pelo aluno que está de posse do cronômetro.



Figura 13: Queda livre

Após a execução da primeira parte do experimento, os estudantes anotaram os dados em uma tabela disponibilizada pelo professor, e na sequência, dividiram estes dados em nove intervalos de acordo com as hastes do Histograma. Desta forma, cada grupo de posse dos valores experimentais, pôde representar os dados obtidos com a inserção dos blocos de madeira no Histograma. Desta forma, puderam comparar os tempos de queda com base nas curvas oferecidas pelos histogramas.

Para finalizar o experimento, os dados anotados foram inseridos no programa *Microsoft Office Excel 2007* e comparados com a curva produzida no histograma de blocos.

### Avaliação:

Assim como nas atividades experimentais anteriores, fizemos um pré-teste dada a importância do mesmo (vide item ‘avaliação’ do primeiro experimento).

A primeira parte da avaliação consiste na realização dos experimentos, na obtenção dos dados, montagem das tabelas e na inserção dos cubos no histograma, e no programa *Microsoft Office Excel 2007*. A segunda parte da avaliação consiste na comparação das curvas produzidas com as dos demais grupos.

Finalizando a sequência didática, cada grupo deverá responder aos seguintes questionamentos:

- O tempo de queda foi o mesmo para todos os grupos?
- Como quantificar as variações das medições?
- Como comparar com os resultados de outros grupos?

### 4.3.4 Outras atividades sugeridas

Aqui podem ser sugeridas outras experiências com erros aleatórios evidentes, tais como: lançamento de uma rampa, lançamento de catapulta, etc. (Embora

os experimentos selecionados envolvam medidas de tempo é possível utilizar o mesmo método da sequência do histograma em outras experiências).

#### **4.4 Análise dos resultados: sequência didática**

A sequência didática, descrita na seção anterior, foi aplicada no segundo semestre do ano de 2016 a um grupo de 10 estudantes que cursavam a primeira série do ensino médio em um colégio público, situado na periferia da cidade de Macaé, no estado do Rio de Janeiro. Os estudantes selecionados tinham entre 14 e 17 anos e o critério para a seleção foi a voluntariedade apresentada por cada um ao manifestar interesse em participar da sequência didática a ser desenvolvida em três dias no contra turno das aulas. Os estudantes, majoritariamente, disseram nunca terem participado desse tipo de atividade, ou não tiveram a oportunidade de visitar um laboratório de Ensino de Física.

Até a data da aplicação das atividades, os estudantes afirmaram não ter conhecimento teórico dos conteúdos abordados, assim como não dispunham no colégio de um professor licenciado em Física. Outro fato apresentado pelos estudantes, foi que, no presente ano, passaram por um longo período de inatividade escolar, devido à greve da rede estadual de educação do Estado do Rio de Janeiro. Mas os fatores apresentados não implicaram negativamente na realização e bom andamento das atividades experimentais, uma vez que nosso intuito é introduzir o histograma de blocos como mediador externo e por meio dele conduzir os estudantes a noção de que associado a toda medida existe uma incerteza, e que ainda com o histograma é possível comparar os resultados.

##### **4.4.1 Experimento 1 - Tempo de reação**

Após organizar os alunos em grupo de 5 pessoas foi entregue a cada grupo uma folha que continha os questionamentos citados no pré teste específico (*cf.* 4.3.1, seção Avaliação). Enfatizamos: “Não estamos fazendo uma prova, por tanto fiquem à vontade!”.

Decorrido algum tempo, os estudantes entregaram as questões do pré-teste devidamente respondidas e, fomos para a parte que compõe os experimentos.

Durante todo experimento os alunos foram auxiliados e motivados para atingir o sucesso no experimento. Inicialmente, propomos um diálogo onde cada um pôde expor seus pensamentos.

Em relação ao primeiro questionamento (o que seria tempo de reação?), os alunos tentaram explicar por meio de exemplos relacionados a atividades cotidianas, tais como atividades esportivas. Nesse sentido, um estudante afirmou que durante uma corrida ele precisa ficar atento ao apito do juiz, ou seja, ele reage ao som desse objeto que indica o start (o começo), pois segundo ele, “(...) quem escutar primeiro, saí na frente e tem mais chances de vencer a corrida”. Essa explicação estimulou a outros alunos a também opinarem, e desta forma, outro estudante afirmou que é o tempo que demoramos a reagir, enquanto o terceiro estudante afirmou que é o tempo entre a percepção e a ação.

Dando continuidade a conversa, foi questionado se o tempo de reação de uma pessoa é sempre o mesmo em relação a outra, o que foi enfaticamente respondido com um “não”. Um estudante afirmou que uma pessoa pode ter a percepção mais aguçada do que a outra, o que implicaria em um tempo menor de reação. Outro estudante exemplificou dizendo que “(...) cada pessoa tem um tempo [próprio], umas aprendem mais rápido, enquanto outras demoram mais, umas falam mais, outras são mais caladas, nada é igualzinho”.

Foi então perguntado: Se uma pessoa repetir o mesmo experimento diversas vezes, podemos concluir que ela terá sempre o mesmo tempo de reação? Ficaram pensativos e receosos em dar uma resposta definitiva, ainda assim opinaram, uns afirmaram que essa pessoa de “tanto repetir, chegaria ao resultado certo”, outros discordaram, dizendo que isso era impossível, pois dependia do “momento e da atenção da pessoa”, o que segundo ele, não podia ser controlado.

Partindo dessas respostas, foi perguntado a eles se seria possível comparar o tempo de reação de pessoas diferentes? Alguns afirmaram que era possível, outros silenciaram-se, e quando questionados afirmaram não ter certeza sobre como isso poderia ser feito. Os alunos que afirmaram ser possível tal comparação disseram que

seria fácil, pois bastava “(...) ver o tempo que o relógio marcou do grupo deles e comparar com o nosso, quem tiver o menor tempo é porque reagiu mais rápido”. O grupo que mostrou ter dúvida sobre a possibilidade de comparação, olhando para o histograma afirmou que seria com base nele, já que, segundo eles, “o professor não traria isso sem propósito”.

Em seguida foi solicitado que discutissem e respondessem se faria sentido informar o tempo de reação ou comparar tomando como base um único valor? Um integrante de um dos grupos responde imediatamente que sim, o que gera um questionamento do grupo oposto, sobre qual valor exatamente eles admitiriam como o melhor valor. O grupo questionado responde que o menor. Finalizando o estudante direciona o questionamento ao professor, perguntando: “Está certo professor, pegar o menor valor aferido<sup>15</sup> e este valor representar todos os demais”? Fizemos uma intervenção no sentido de responder a questão levantada e direcionar a atividade, afirmando que tecnicamente não poderíamos pegar um valor aleatoriamente e colocá-lo como representante dos demais dados aferidos. A maneira correta de representar o resultado de uma medida seria o valor médio seguido de sua incerteza. Dando continuidade ao diálogo, questionamos como obteríamos esse “valor único”? Seria necessário repetir o experimento várias vezes? Se for necessário, qual a finalidade? Quantas vezes isso seria feito: várias ou poucas vezes (uma ou duas)? Solicitamos que esses questionamentos fossem respondidos na medida em que realizassem o experimento.

Após os diálogos demos início a prática propriamente dita, sendo entregue aos grupos todo o material necessário para a realização do experimento. Ficou definido que o primeiro grupo obteria o tempo de reação utilizando um programa instalado no aparelho celular, e que o segundo grupo utilizaria o método que consiste na medição do tempo de reação com uma régua. Para o segundo grupo, foi disponibilizado ainda o computador do professor onde continha um programa para a conversão da distância percorrida (em centímetros) em tempo (em segundos). Desta forma, cabia ao estudante apenas digitar o valor da altura, assim ganharam tempo para a montagem do histograma.

---

<sup>15</sup> O termo usado pelo estudante surgiu após uma explicação do professor de que usava aferido como sinônimo de medição, isto é, o estudante se apropriou de um vocábulo anteriormente desconhecido.

O primeiro grupo fazendo uso de um programa instalado no telefone móvel obteve os seguintes dados:

Nº de medições	Intervalo de tempo de reação (s)	Nº de medições	Intervalo de tempo de reação (s)
1	<b>0,326</b>	16	<b>0,303</b>
2	<b>0,339</b>	17	<b>0,294</b>
3	<b>0,380</b>	18	<b>0,339</b>
4	<b>0,342</b>	19	<b>0,301</b>
5	<b>0,380</b>	20	<b>0,297</b>
6	<b>0,364</b>	21	<b>0,295</b>
7	<b>0,338</b>	22	<b>0,321</b>
8	<b>0,349</b>	23	<b>0,320</b>
9	<b>0,310</b>	24	<b>0,370</b>
10	<b>0,333</b>	25	<b>0,326</b>
11	<b>0,356</b>	26	<b>0,321</b>
12	<b>0,325</b>	27	<b>0,339</b>
13	<b>0,290</b>	28	<b>0,352</b>
14	<b>0,326</b>	29	<b>0,305</b>
15	<b>0,310</b>	30	<b>0,307</b>

Tabela 4: Medições de tempo do grupo 1.

Os dados da tabela 4 foram reorganizados pelos estudantes de modo a facilitar a montagem do histograma de blocos, tomando como referência os intervalos calculados (veja item 4.3). A tabela 5 mostra esta reorganização.

Hastes	Intervalos (s)	Nº de ocorrências
1	<b>0,290 f 0,300</b>	4
2	<b>0,300 f 0,310</b>	5
3	<b>0,310 f 0,320</b>	2
4	<b>0,320 f 0,330</b>	7
5	<b>0,330 f 0,340</b>	5
6	<b>0,340 f 0,350</b>	2
7	<b>0,350 f 0,360</b>	1
8	<b>0,360 f 0,370</b>	1
9	<b>0,370 f 0,380</b>	3

Tabela 5: Intervalo x medições – grupo 1

O segundo grupo obteve os seguintes dados a partir do uso de uma régua e do programa que convertia a distância em tempo. Este programa utilizava o Movimento Retilíneo Uniformemente variado como modelo teórico para o movimento do centro de massa da régua. Note que os dados de tempo foram entregues no formato com três casas decimais.

Nº de medições	Altura (cm)	Tempo (s)	Nº de medições	Altura (cm)	Tempo (s)
1	23,5	<b>0,218</b>	16	22,0	<b>0,211</b>
2	21,0	<b>0,207</b>	17	12,0	<b>0,156</b>
3	17,5	<b>0,188</b>	18	11,5	<b>0,153</b>
4	15,5	<b>0,177</b>	19	17,0	<b>0,186</b>



5	21,0	<b>0,207</b>	20	17,5	<b>0,188</b>
6	12,5	<b>0,159</b>	21	19,5	<b>0,199</b>
7	18,0	<b>0,191</b>	22	21,0	<b>0,207</b>
8	22,5	<b>0,214</b>	23	17,0	<b>0,186</b>
9	14,5	<b>0,172</b>	24	25,5	<b>0,228</b>
10	22,5	<b>0,214</b>	25	18,5	<b>0,194</b>
11	18,5	<b>0,194</b>	26	14,5	<b>0,172</b>
12	15,5	<b>0,177</b>	27	25,5	<b>0,228</b>
13	20,0	<b>0,202</b>	28	18,0	<b>0,196</b>
14	17,0	<b>0,186</b>	29	12,0	<b>0,156</b>
15	13,5	<b>0,165</b>	30	21,0	<b>0,207</b>

Tabela 6: Medições de tempo do grupo 2.

A tabela 6 também será tabulada, ou seja, reorganizada, conforme a tabela 5 para facilitar a montagem do histograma de blocos.

Hastes	Intervalos (s)	N° de ocorrências
1	<b>0,153 f 0,161</b>	4
2	<b>0,161 f 0,169</b>	1
3	<b>0,169 f 0,177</b>	2
4	<b>0,177 f 0,186</b>	2
5	<b>0,186 f 0,194</b>	6
6	<b>0,194 f 0,202</b>	4
7	<b>0,202 f 0,211</b>	5
8	<b>0,211 f 0,219</b>	4

9	<b>0,219 ± 0,228</b>	2
---	----------------------	---

Tabela 7: Intervalo (s) x número de ocorrências grupo 2.

Após obterem os dados, solicitamos que discutissem com seus respectivos grupos sobre a finalidade de se repetir os experimentos inúmeras vezes? Questionamos ainda, se a realização de apenas uma ou duas medições seria o suficiente?

Um estudante manifestou opinião de que inicialmente acreditava ser suficiente obter uma única medição, mas diante dos questionamentos levantados pelo professor, todos do grupo perceberam que ao repetir o experimento o tempo obtido não era o mesmo que o anterior, ou seja, “(...) o tempo 2 não foi igual ao primeiro” e a medida em que repetiam, verificavam que era gerado um tempo diferente, assim repetiram 24 vezes e repararam que “(...) o tempo 3 e o tempo 20 eram iguais, o tempo 8 e o tempo 10 também eram, mas não achei o tempo 1 novamente”. Nesse momento questionamos se saberiam dizer o motivo de tal acontecimento, ao que responderam que por ser o primeiro tempo medido, não estavam acostumados com a utilização do programa e, por isso, aferiram de forma “errada”.

Na análise feita pelo segundo grupo, foram unânimes em afirmar que realizando um número maior de medidas, teriam mais chances de encontrar o valor correto dentre os números de medições realizadas. E, caso fizessem apenas uma ou duas medições dificilmente encontrariam os mesmos valores.

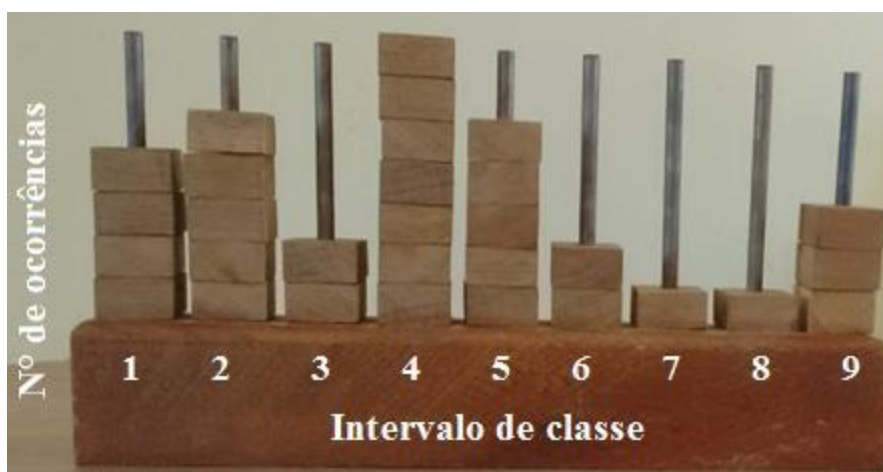


Figura 14: Histograma montado pelo grupo 1.

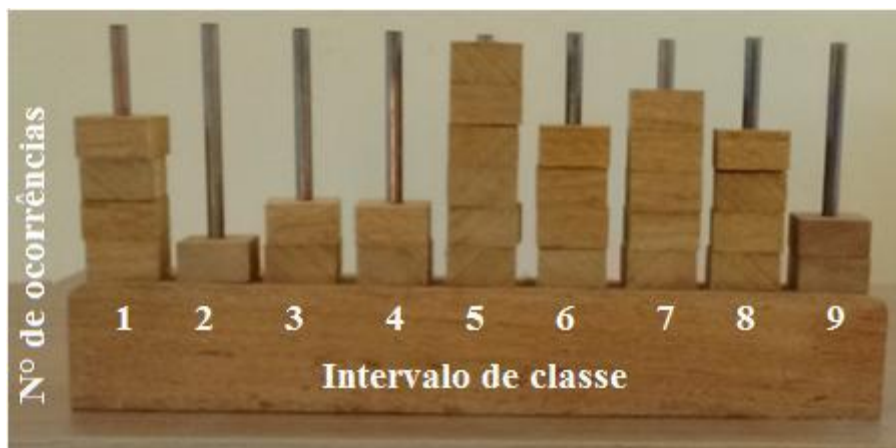


Figura 15: Histograma montado pelo grupo 2.

Os estudantes, após representar nos seus respectivos histogramas, figuras 14 e 15, os valores obtidos e organizados na tabela, perceberam que a primeira coluna do histograma de ambos os grupos continham o mesmo número de cubos. Perceberam também que o histograma apresentado pelo grupo 1 continha apenas uma incidência na sétima e oitava haste, enquanto no histograma apresentado pelo grupo 2 observaram o mesmo feito porém apenas na segunda haste. Verificaram ainda que no histograma do grupo 1, os cubos estavam mais concentrados para o lado esquerdo, enquanto que no histograma do grupo 2 tiveram maior número de cubos do lado direito; isto os levou a questionar o significado de tal acontecimento.

Tomando como base os relatos dos grupos, a discussão foi direcionada para o objetivo do experimento, que é desenvolver a percepção dos estudantes para que compreendam que toda medida possui incerteza.

Finalizando o primeiro dos três experimentos que compõe a sequência didática, e ainda de posse dos histogramas, os dois grupos observaram atentamente os gráficos obtidos e concluíram que a quarta haste do primeiro grupo e a quinta do segundo grupo foram as mais significativas, isto é, foram as que receberam maior quantidade de cubos. Logo, acreditavam que o melhor valor estaria naquele intervalo. Quando questionados sobre os demais cubos nas outras hastes, refletiram por algum tempo, mas ninguém ousou responder. Percebemos então que a noção de incerteza ainda não havia sido assimilada. Neste sentido, redirecionamos a discussão para o que tínhamos conversado inicialmente, até que um dos estudantes afirmou que poderia ser a imprecisão do experimento. Finalizamos a discussão dizendo que o resultado do experimento deveria ser expresso como:

### **Resultado = melhor valor $\pm$ a incerteza da medida.**

Onde o melhor valor será dado pela média das medidas, e a incerteza será dada pelo desvio padrão médio. Para obter o resultado, os estudantes instruídos pelo professor utilizaram o *Microsoft Office Excel 2007*.

Baseando-se na tabela 4, o grupo 1 obteve o seguinte resultado:

$$(0,328 \pm 0,025) \text{ s.}$$

Baseando-se na tabela 6, o grupo 2 obteve o seguinte resultado:

$$(0,191 \pm 0,021) \text{ s,}$$

Pelo exposto acima, verifica-se o grupo 2 apresentou um tempo de reação muito menor do que o grupo 1. Verifica-se ainda que não houve um intervalo de tempo comum aos grupos, o que não quer dizer que um método é melhor do que o outro.

#### **4.4.2 Experimento 2 - Queda livre**

Dando prosseguimento a sequência didática, com o segundo experimento, indagamos aos estudantes sobre a percepção que tiveram da atividade anterior, uma vez que não haviam até então participado de atividades desse feito. Foi pedido ainda que se manifestassem sobre as dúvidas e/ou dificuldades apresentadas no encontro anterior. Em relação a atividade, de forma consensual, afirmaram terem gostado, principalmente por ter propiciado a participação e interação de todos, e destacaram não terem tido dificuldades na realização do experimento anterior.

Após esse momento de avaliação e diálogo, apresentei a proposta do experimento a ser realizado a partir daquele instante: medir o tempo de queda de um objeto, assim como as possíveis dificuldades e fontes de erro advindas desta atividade.

Antes de iniciarmos propriamente o experimento, foi proposto que soltassem uma folha de papel e uma borracha da mesma altura e no mesmo tempo, mas antes deveriam responder: qual deles tocaria primeiro o solo? De forma imediata, um dos estudantes afirmou saber a resposta e disse que a borracha chegaria ao solo antes. Dando continuidade ao procedimento experimental, entregamos uma folha para que

pudessem fazer as anotações. Assim como o histograma de blocos, e, de acordo com Vygotsky ambos são mediadores externos, cuja finalidade é organizar os dados aferidos facilitando execução da tarefa.

Feito o primeiro experimento os estudantes perceberam que a borracha tocou o solo primeiro, conforme acreditavam que aconteceria. Em um segundo momento, pedi então que amassassem a folha e repetissem o experimento. Feito isso, para espanto de alguns, foi observado que tanto a folha, agora amassada, quanto a borracha tocaram o solo quase que no mesmo instante. Ao indagá-los o motivo do observado, foram unânimes em relacionar o evento ao fato da folha estar amassada, demonstrando dessa forma, desconhecer os reais motivos que provocara o retardamento da folha ao tocar o solo. Avisei que daríamos prosseguimento a realização da sequência e ao final discutiríamos o observado.

Na realização do experimento do tempo de queda, inicialmente foi permitido que os estudantes estipulassem a altura de queda do objeto. Por conveniência escolheram a altura da mesa (80 cm). Quando começaram, mostraram estar enfrentando dificuldades, pois ao soltar, o corpo caía rápido demais e, com isso, não conseguiam acionar corretamente o cronômetro, isto é, no tempo em que os eventos ocorriam. Isto está associado a primeira fonte de erro. Então foi indagado sobre o que podíamos fazer para resolver o problema? Prontamente, um dos estudantes propôs que aumentássemos a altura, coincidindo com a altura da porta, que é de 2,10 m; sanando temporariamente tal dificuldade, demos prosseguimento ao experimento.

Um estudante foi designado pelo grupo para soltar o corpo da altura previamente determinada, enquanto outro componente ficou responsável por medir o tempo de queda e avisar ao terceiro estudante, a quem coube à anotação dos dados. Após colher e anotar os dados foram questionados se haviam detectado alguma possível fonte de erro, capaz de colocar em dúvida a credibilidade dos dados aferidos. Nesse momento um único estudante se manifesta: “Apesar desse experimento ser mais difícil do que o anterior, (referência ao experimento tempo de reação) ao aumentar a altura de 80 cm para 2,10 m ficou mais fácil a realização do experimento”. Porém, ao realizar tal afirmação, o estudante desconsiderou fatores como a resistência do ar, a incerteza do cronômetro, discutida na experiência anterior e o efeito de paralaxe, o que seria novo para eles.

Com o propósito de direcioná-los a perceber as possíveis fontes de erro que passara despercebido, foi perguntado se eles estavam na mesma altura que o corpo foi solto, ao que responderam negativamente. Então foi questionado, se tinham certeza de terem começado a cronometrar no momento exato em que o corpo foi solto. A essa pergunta demonstraram insegurança, declarando que não tinham certeza nem de que acionaram o cronômetro no momento certo, nem mesmo “(...) estamos certos de que paramos no momento exato em que o objeto tocou o solo”, pois não estava no mesmo nível do chão. Embora o estudante desconheça tecnicamente, ele acaba de mencionar uma das possíveis fontes de erro: Paralaxe.

Diante do ocorrido foi retomada a pergunta inicial: vocês detectaram mais alguma fonte de erro que possa colocar em dúvida a credibilidade do experimento? Um dos estudantes declara, lembrando o experimento do primeiro dia, que “(...) toda medida tem uma incerteza e como estávamos usando o cronômetro teríamos a incerteza do tempo”. Outro questiona o fato de não estarmos à mesma altura no momento em que o corpo é solto e no momento em que o mesmo toca o solo. Aproveito, então, para explicar que o último fato observado constitui em uma fonte de erro que chamamos de paralaxe. Quando não observamos um evento de uma direção transversal ao movimento em direção a posição inicial, ocorrerá um desvio aparente da medida, ou seja, ocorrerá paralaxe.

Com o objetivo de mostrar mais uma fonte de erro (a resistência do ar), que ocorre sempre que um corpo é solto de uma dada altura devido ao ar atmosférico, retomada a discussão do experimento proposto, que consistia em soltar uma folha de papel e uma borracha ao mesmo tempo e da mesma altura. Explicamos que, ao amassarmos a folha, o peso da mesma permanece inalterado, todavia a superfície de contato diminui, implicando em uma menor resistência do ar, provocando assim menos atrito, o que permitirá com que o tempo de queda da folha diminua e a folha caia mais rapidamente.

Os grupos organizaram seus dados conforme tabela 8.

<b>N° de medidas</b>	<b>Grupo 1 tempo (s)</b>	<b>Grupo 2 tempo (s)</b>
1	0,43	0,40
2	0,40	0,62
3	0,63	0,53
4	0,38	0,44
5	0,47	0,50
6	0,41	0,44
7	0,46	0,47
8	0,44	0,44
9	0,46	0,50
10	0,47	0,50
11	0,41	0,50
12	0,47	0,47
13	0,47	0,46
14	0,40	0,53
15	0,37	0,69
16	0,44	0,65
17	0,31	0,59
18	0,50	0,53
19	0,47	0,50
20	0,31	0,50
21	0,37	0,62
22	0,40	0,53
23	0,35	0,50
24	0,44	0,53
25	0,44	0,62
26	0,44	0,44

27	<b>0,44</b>	<b>0,47</b>
28	<b>0,40</b>	<b>0,47</b>
29	<b>0,54</b>	<b>0,53</b>
30	<b>0,44</b>	<b>0,50</b>

Tabela 8: Medições dos grupos 1 e 2.

Para facilitar a montagem do histograma de blocos, foi disponibilizada para cada um dos grupos uma folha no modelo da tabela 7 e da tabela 8, onde aos estudantes coube a tarefa de anotar o número de ocorrência, uma vez que o intervalo foi calculado com base nos dados do experimento proposto aos grupos. Desta forma cada um dos grupos teve maior agilidade e puderam se concentrar na montagem dos histogramas.

Grupo 1

Hastes	Intervalos (s)	Nº de ocorrências
1	<b>0,310 † 0,345</b>	2
2	<b>0,345 † 0,381</b>	4
3	<b>0,381 † 0,416</b>	6
4	<b>0,416 † 0,452</b>	8
5	<b>0,452 † 0,487</b>	7
6	<b>0,487 † 0,523</b>	1
7	<b>0,523 † 0,558</b>	1
8	<b>0,558 † 0,594</b>	0
9	<b>0,594 † 0,629</b>	1

Grupo 2

Hastes	Intervalos (s)	Nº de ocorrências
1	<b>0,400 † 0,432</b>	1
2	<b>0,432 † 0,464</b>	5
3	<b>0,464 † 0,496</b>	4
4	<b>0,496 † 0,528</b>	8
5	<b>0,528 † 0,561</b>	6
6	<b>0,561 † 0,593</b>	1
7	<b>0,593 † 0,625</b>	3
8	<b>0,625 † 0,657</b>	1
9	<b>0,657 † 0,689</b>	1

Tabela 9: Intervalo (s) x número de ocorrências – grupos 1 e 2.

Após discutirmos sobre as possíveis implicações que a resistência do ar e o efeito de paralaxe causam ao experimento, os alunos estavam ansiosos em montar o histograma com o intuito de observar a curva que se formaria, com base nos valores coletados. Os



alunos perguntaram se haveria possibilidade de perceberem os efeitos de resistência do ar e do efeito de paralaxe no histograma. Foi explicado que ambos provocam erros experimentais, neste sentido, toda medida deveria ser representada acompanhada de sua respectiva incerteza e que ao montarem o histograma conseguiriam visualizar os intervalos onde os valores estariam mais afastados da melhor medida. Essas aparições são as fontes de erro que causam a incerteza.



Figura 16: Histograma montado pelo grupo 1.



Figura 17: Histograma montado pelo grupo 2.

Após a montagem, os histogramas foram colocados lado a lado pelos estudantes conforme a figura 18, pois desta forma eles poderiam observar graficamente as principais fontes de erros, o valor mais frequente encontrado no experimento, assim como comparar as curvas obtidas.

O primeiro fato que lhes chamou a atenção foi o fato da oitava haste do histograma do grupo 1 não possuir nenhum cubo, o que foi rapidamente associado as

fontes de erros. Nesse momento, uma intervenção foi feita com o objetivo de esclarecer o observado: Fizemos um número de repetições relativamente pequeno, todavia se aumentarmos esse número, certamente observaremos o aparecimento de cubos no referido intervalo. Continuando com as comparações, tanto os estudantes que compunham o grupo 1 quanto os estudantes que compunham o grupo 2 não tiveram dificuldades em perceber o intervalo onde houve maior incidência dos cubos. Quando perguntados, prontamente responderam: “(...) bastar olhar para o histograma e ver a coluna mais alta, esta terá um número maior de cubos”. Foi perguntado também a respeito dos demais cubos presentes nas outras hastes e como poderíamos interpretá-los “(...) representa a incerteza do experimentos”, enquanto outro estudante diz que: “São as fontes de erros presente em cada experimento”, afirmou um aluno.

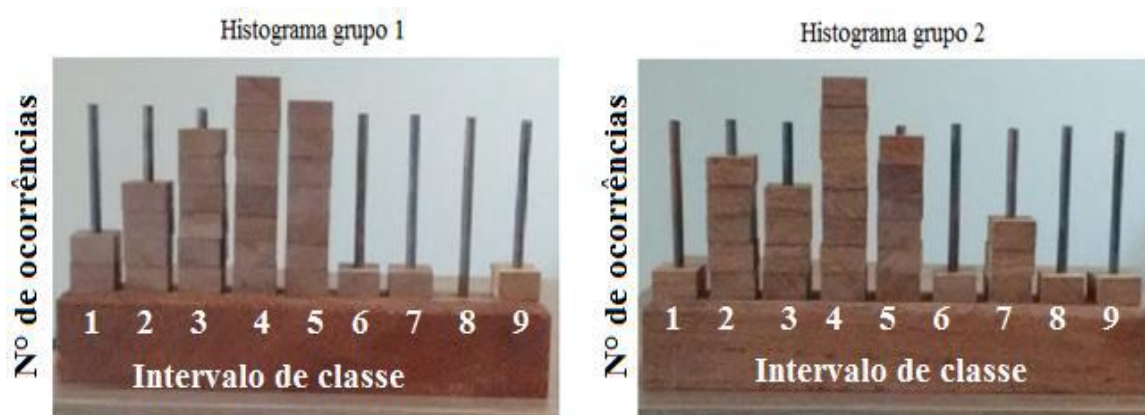


Figura 18: Histogramas montados pelo grupo 1 e pelo grupo 2.

Dando prosseguimento as atividades, um dos estudantes do primeiro grupo levanta a mão e faz o seguinte comentário: “(...) os dois histogramas apresentam oito cubos na quarta fileira, e os cubos voltados mais para o lado esquerdo.” Nesse momento os demais estudantes acenam positivamente concordando com a observação feita pelo colega.

Para obter o resultado, os estudantes instruídos pelo professor utilizaram o *Microsoft Office Excel 2007*.

O grupo 1, de acordo com a tabela 8 obtiveram o seguinte resultado:

$$(0,432 \pm 0,063) \text{ s.}$$

O grupo 2, de acordo com a mesma tabela, obtiveram o seguinte resultado:

$$(0,515 \pm 0,068) \text{ s.}$$

Ao discutirmos os intervalos obtidos pelos grupos percebemos que houve um intervalo de tempo comum a eles, que reforça a ideia de confiabilidade entre os dados obtidos.

### **4.4.3 Experimento 3 – Pêndulo simples**

Finalizando a sequência didática com o terceiro experimento, pêndulo simples, cuja proposta é enfatizar as incertezas intrínsecas nas medidas diretas de tempo, desenvolver nos estudantes a percepção de que o período independe da amplitude quando em pequenas oscilações, e representar os valores medidos experimentalmente no histograma de blocos. Objetiva-se também comparar os dados aferidos entre os grupos, a fim de perceberem a incerteza.

Para tanto, iniciamos a atividade discutindo as principais fontes de erros do experimento anterior (Queda livre). Um dos grupos argumentou que tiveram dificuldades para medir o tempo de queda do objeto, o outro grupo complementou, afirmando que essa dificuldade de cronometrar o tempo de queda ocorreu por conta do efeito de paralaxe, isto é, relacionaram ao fato de não estarem na mesma horizontal no momento em que o corpo foi solto, assim como não estavam na mesma horizontal quando o objeto tocou o solo. Nesse momento um estudante se desculpa e interrompe a discussão dizendo que tinha uma dúvida, e pergunta o porquê dos materiais utilizados em experimentos serem sofisticados? E porque os experimentos têm sempre que ser realizado em local fechado? Respondi ao estudante que os experimentos até então propostos, todo o material utilizado foi de fácil acesso e adquirido a baixo custo, ou seja, são materiais simples. Imediatamente ele argumentou: e os experimentos, foram feitos em ambiente fechado, isso é uma regra? A resposta a essa pergunta o aluno sabia, pois eu já a tinha respondido em outra oportunidade. Então surgiu a proposta de realizarmos esse último experimento em um local aberto, então decidimos pela quadra de esportes.

Após a discussão e tendo como base o relato dos estudantes de que não tinham conhecimento teórico do assunto, contextualizei alguns conceitos tais como período, frequência e amplitude de oscilação. Ressalto que neste momento, estamos interessados

em obter medidas diretas de tempo, isto é, obter o período de oscilação do pêndulo, logo a contextualização dos conceitos serviu principalmente para deixá-los mais seguros.

Convenientemente, o comprimento do pêndulo foi estipulado pelo professor em 1 metro, pois, desta forma, o período ficaria entono de 2 segundos. Assim, cada grupo recebeu uma folha contendo uma tabela em branco, e foram incumbidos da tarefa de montar o histograma. Para isso, teriam que realizar o experimento, obter os intervalos com base nos dados obtidos e inserir os cubos histograma.

Fomos para a quadra poliesportiva e fixamos o pendulo na parte superior da trave do gol, no suporte onde se encaixa a rede de futebol, em seguida demos sequência ao experimento.

Observando o desenrolar da atividade realizada por cada um dos grupos, percebi que os estudantes tomaram a iniciativa de designar um estudante para deslocar o corpo de massa  $m$  lateralmente, a partir da sua posição de equilíbrio e soltá-lo, enquanto um segundo integrante media o tempo de cada oscilação e, em seguida ditava para que outro membro anotasse na tabela disponibilizada.



Figura 19: Pêndulo simples.

É importante ressaltar que ao deslocar o corpo lateralmente a partir da sua posição de equilíbrio, mesmo com a tentativa dos estudantes em medir tal deslocamento, não temos garantias que a amplitude do movimento será sempre a mesma, uma vez que se faz necessário repetir esse procedimento inúmeras vezes. Pois com o intuito de minimizarmos as incertezas referentes ao tempo, foi sugerido que medíssemos o período a cada cinco oscilações e ao término faríamos os ajustes para

obtermos o período para uma oscilação apenas. A tabela 10 apresenta os dados aferidos pelos estudantes ao longo do experimento.

N° de medidas	Grupo 1 tempo (s)	Grupo 2 tempo (s)
1	1,96	2,01
2	1,87	1,92
3	2,00	2,03
4	1,99	2,00
5	1,96	1,94
6	1,98	1,96
7	1,98	2,03
8	1,98	1,98
9	1,99	2,03
10	2,03	1,98
11	2,01	1,98
12	2,00	1,99
13	2,02	1,98
14	1,96	2,01
15	2,00	2,01
16	1,97	2,18
17	1,99	2,03
18	1,95	2,03
19	1,98	2,00
20	2,01	1,97
21	1,99	1,97
22	2,01	1,98
23	1,88	1,95
24	1,95	2,03

25	1,99	2,00
26	2,00	2,01
27	1,97	2,01
28	1,98	1,99
29	1,93	1,99
30	2,02	1,99

Tabela 10: Medições do período do pêndulo dos grupos 1 e 2.

Embora nosso intuito seja direcionar os estudantes na obtenção dos dados experimentais, na inserção dos dados na tabela, na construção e interpretação dos dados fornecidos pelo histograma, nesse último experimento cada um dos grupos experimentou o desafio de construir a tabela de frequências. Isto é, com base nos dados obtidos experimentalmente, os grupos foram motivados e orientados a obter o intervalo de ocorrência e só então deveriam preencher a tabela.

Grupo 1			Grupo 2		
Hastes	Intervalos (s)	Nº de ocorrências	Hastes	Intervalos (s)	Nº de ocorrências
1	<b>1,87 ± 1,88</b>	1	1	<b>1,92 ± 1,94</b>	1
2	<b>1,88 ± 1,90</b>	1	2	<b>1,94 ± 1,97</b>	3
3	<b>1,90 ± 1,92</b>	0	3	<b>1,97 ± 2,00</b>	11
4	<b>1,92 ± 1,94</b>	1	4	<b>2,00 ± 2,03</b>	8
5	<b>1,94 ± 1,95</b>	2	5	<b>2,03 ± 2,06</b>	6
6	<b>1,95 ± 1,97</b>	5	6	<b>2,06 ± 2,09</b>	0
7	<b>1,97 ± 1,99</b>	7	7	<b>2,09 ± 2,12</b>	0
8	<b>1,99 ± 2,01</b>	7	8	<b>2,12 ± 2,15</b>	0
9	<b>2,01 ± 2,03</b>	6	9	<b>2,15 ± 2,18</b>	1

Tabela 11: Intervalo (s) x número de ocorrências – grupos 1 e 2.

Observando a tabela 11, verifica-se que o intervalo obtido pelo grupo 1 não é igual ao intervalo obtido pelo grupo 2. Tal fato ocorreu devido a diferença de valores que cada grupo obteve na realização do experimento. Percebe-se ainda, que a amplitude dos intervalos referentes à primeira e a quinta haste do grupo 1 tem amplitude menor que as demais, o mesmo ocorreu com o grupo 2, em relação a primeira haste. O motivo

de tal discrepância deve-se ao arredondado feito pelos estudantes no momento de realizar as operações matemáticas e obtenção dos intervalos. Diante da explicação do ocorrido, os estudantes prosseguiram com a atividade. Convém ressaltar que o experimento, e as comparações transcorreram normalmente.



Figura 20: Histograma montado pelo grupo 1.

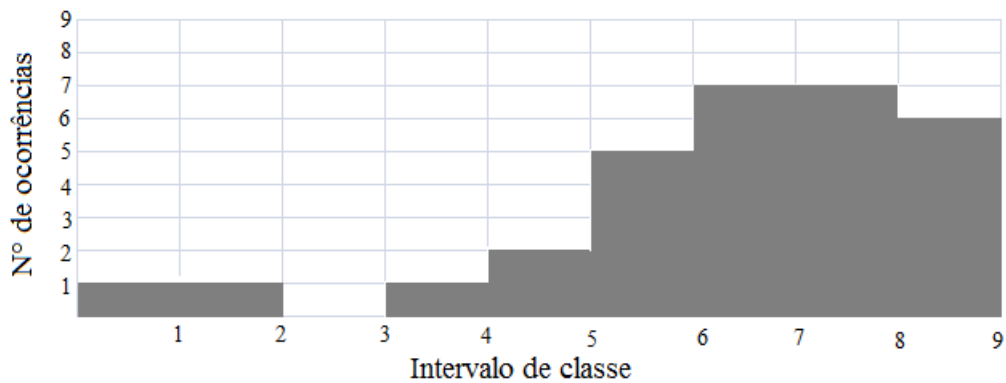


Figura 21: Histograma fornecido pelo Microsoft Office Excel 2007, com dados do grupo 1.



Figura 22: Histograma montado pelo grupo 2.

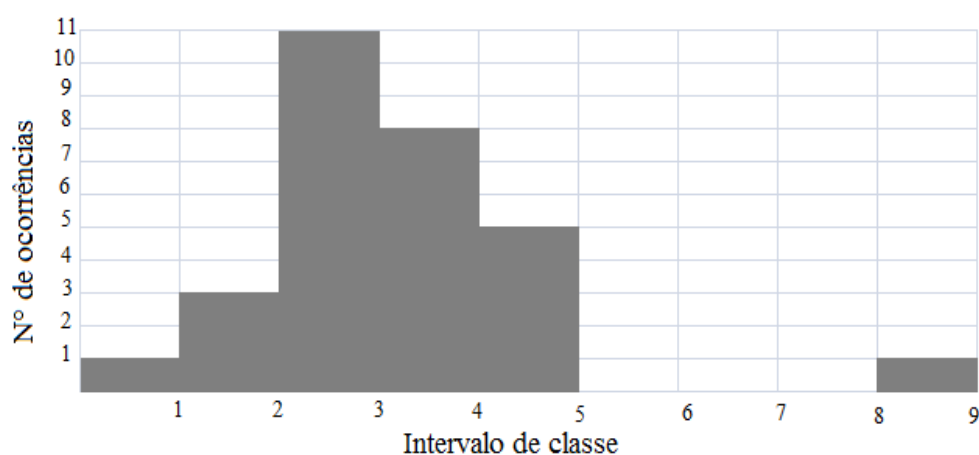


Figura 23: Histograma fornecido pelo Microsoft Office Excel 2007, com dados do grupo 2.

Após a realização do experimento e de posse dos dados, cada grupo inseriu os cubos no histograma, mostrados nas figuras 20 e 22, com o objetivo de comparar as curvas obtidas. Feito isso, os componentes do grupo 1 verificaram que houve maior número de ocorrência entre o intervalo de classe 6 a 8, enquanto que o grupo 2 observou um maior número de ocorrência entre o intervalo 2 e 3. Quando indagados sobre a diferença dos intervalos que cada um dos grupos obteve, afirmaram convictos que tal fato deve-se a incerteza na medida do tempo e completaram que diante disso, puderam perceber que não fazia sentido representar o resultado de uma medida tomando como base um único valor (questão colocada durante o desenrolar das atividades anteriores), pois o resultado obtido está dentro de um intervalo. Logo, representar a medida por um único valor significaria desprezar o restante das medidas. Neste momento, percebemos que os estudantes não só desenvolveram a noção de incerteza, quanto adquiriram maturidade experimental. Observo ainda que, conseguiram manusear e inserir os dados no histograma, e a interpretar o padrão de forma satisfatória. Quanto a ideia de que o período não depende da amplitude para pequenas oscilações, percebi que apenas um encontro foi insuficiente para que os estudantes internalizem a ideia. Todavia, a sequência contribuiu para aguçar a curiosidade dos estudantes, que se identificaram com a experimentação e prontificaram-se em pesquisar.

Nesse momento foi proposto um diálogo com os grupos uma vez que o término da atividade se aproximava. Todavia faltava introduzir no pouco tempo restante o programa *Microsoft Office Excel 2007*, uma vez que em sua maioria como afirma o pré-teste os estudantes não estavam acostumados a utilizar planilha eletrônica para fins



educacionais. Foi por meio deste programa que os estudantes calcularam a média das medidas e o desvio padrão assistido pelo professor. Alguns estudantes começaram a expor suas opiniões a respeito da sequência didática supondo termos chegado ao fim. “(...) Aprender por meio de experimentos é mais legal aprender assim”, afirmou um aluno. Ainda sobre esse assunto, outro estudante disse que o “(...) bom dessas atividades é que o que já sabemos é usado”, enquanto outro aluno afirma que “(...) é melhor do que decorar”.



Figura 24: Estudantes tabulando dados na planilha eletrônica

Aproveitando o momento de descontração, foi feita a pergunta: Seria possível inserir os dados do experimento que fizemos hoje em um programa de computador e compararmos com o histograma montado por cada grupo?

Neste momento foi mostrado o programa *Microsoft Office Excel 2007* instalado no notebook do professor. Foi apresentado para os grupos como obter o gráfico do histograma, todavia não foi possível mostrar os diversos recursos que o programa disponibiliza. Ainda sim ambos os grupos perceberam as semelhanças da curva propostas pelo programa com a curva que fora obtida pelo histograma de blocos. Figuras 21 e 23. Ainda de acordo com o programa calculamos os resultados para os grupos que foram os seguintes:

O grupo 1 encontrou:  $(1,978 \pm 0,036)$  s e o grupo 2 encontrou  $(1,999 \pm 0,044)$ s.

Diante dos dados apresentados verifica-se que tecnicamente os valores estão bem próximos.

## Capítulo 5

### Conclusões

O processo de ensino e aprendizagem, utilizando atividades experimentais, pôde proporcionar ao aluno a apreensão dos conteúdos de forma que eles consigam construir novos saberes. Para tanto, terão que partir das informações, dos conhecimentos que trazem do seu cotidiano para a sala de aula (MOREIRA, 2011). As orientações dos PCN's é que o ensino desta disciplina precisa ser renovado e novas práticas pedagógicas devem ser utilizadas para que haja uma mudança em relação ao olhar que os alunos possuem sobre a mesma. Atividades experimentais conectam o mundo do aluno à informações novas e permitem uma leitura mais ampla e diversificada da natureza.

A utilização de atividades que estimulem a participação dos discentes no processo de construção do conhecimento é defendida por pesquisadores da educação, entre eles Vygotsky. Para este autor, o processo de ensino e aprendizagem ocorre por meio da interação do indivíduo com o meio social, com os recursos materiais disponibilizados por sua comunidade e, principalmente com outros indivíduos. Nesse sentido, as atividades experimentais podem possibilitar a troca entre os grupos participantes, propiciar um diálogo com elementos do dia a dia do aluno, permitindo que ele compreenda determinados princípios de funcionamento, além de estimular e desenvolver a autonomia e a aprendizagem.

Durante a aplicação da sequência didática tivemos a oportunidade de realizar algumas constatações: a respeito do grupo de alunos que se dispuseram a participar dessa experiência, sobre o desenrolar das atividades experimentais, mas também a propósito da prática docente, que precisou ser reavaliada de forma constante. Todas estas constatações estão descritas a seguir.

O primeiro conjunto de observações se fez em relação aos alunos. Inicialmente nos chamou a atenção que eles não apresentavam nenhum conhecimento teórico dos assuntos abordados na sequência proposta. Porém, destaca-se que esse fato não foi preponderante no desenrolar das atividades, já que eles conseguiram transpor com destreza os desafios que o experimento lhes trouxe. Os estudantes citados nesta

dissertação, não sabiam da existência da incerteza inerente ao processo de medição pelo fato da maioria nunca terem participado de nenhuma atividade experimental ou ter visitado laboratório durante sua vida escolar, conforme o pré-teste nos indicou.

Constatamos ainda que a realização de uma atividade nova, distinta da que estavam acostumados, fez com que ficassem motivados a executar as tarefas propostas. Isto porque, nesta nova atividade foram utilizados instrumentos didáticos diferenciados, com uma metodologia que prima pelo diálogo e que está centrada no aluno, partindo dos seus saberes para construir / adquirir conhecimento. Percebemos ainda que ao longo da sequência, eles foram amadurecendo suas ideias e percepções, tornando-se cada vez mais autônomos tanto na realização propriamente dita das tarefas, quanto na articulação de conceitos que até então desconheciam.

O segundo conjunto de observações realizadas ao longo dessa sequência está relacionado ao produto educacional. Entender o propósito do histograma, a sua montagem e manuseio, foi uma conquista, pois, antes dos experimentos, os estudantes em sua maioria afirmavam categoricamente poder expressar o resultado de uma medida tomando como base um único valor, desconsiderando assim a incerteza intrínseca de cada medida. Presenciar relatos dos alunos a respeito de fontes de erros, observar as discussões travadas em torno do conceito de incerteza, vê-los inserir os blocos nas hastes, obter a curva e comparar os histogramas foi um objetivo alcançado de acordo com a proposta da sequência didática. Essas observações mostram que o histograma de blocos está servindo como mediador externo. Outro objetivo alcançado, de acordo com os PCN's foi despertar nos educandos o interesse por atividades experimentais.

Outro tipo de observação é a que diz respeito ao papel do professor durante a aplicação da atividade experimental. Isto porque a cada intervenção realizada pelos alunos, a resposta demandada devia ser suficientemente embasada e adequada aos níveis de conhecimentos dos estudantes. Pois de acordo com a teoria de Vygotsky cabe ao professor direcionar, orientar as atividades visando o sucesso da aprendizagem. Concluímos também que o professor deve incentivar a autonomia do estudante ao mesmo tempo em que o assiste: isto requer um equilíbrio adequado para que uma ação não prejudique a outra.

Pode-se usar de tecnologia moderna (programa de computador e aplicativo de celular), porém extremamente acessível mesmo a público de baixa renda já que esta cada dia mais difundida.

No ultimo dia de experimento, os alunos estavam mais maduros quanto a percepção de incertezas e quanto a necessidade de se fazer várias medições de forma correta para se chegar a um resultado confiável.

Por fim, percebemos que o uso de aplicativos e programas computacionais, quando inseridos ao ensino de Física, além de despertar o interesse do estudante, agiliza o tratamento de dados estatísticos. O histograma de blocos pode ser expandido para aulas de física teórica promovendo a reflexão, a interação social em um ambiente de colaboração, apresentando-se como mais uma alternativa para o ensino de física.

## Referências Bibliográficas

ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. **Atividades experimentais no ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades.** Revista brasileira de ensino de Física, vol. 25 n. 2, junho, (2003).

BRODROVA, E.; LEONG; D. J. **Tools of the mind: the Vigotsky approach to early childhood education.** 2ª ed. Nova York: Person, 2007.

CRESPO, A. A. **Estatística fácil.** 19ª ed. São Paulo: Saraiva, 2009.

DOV, Y. B. **Convite a Física.** Trad. Maria Luiza X. A. Borges. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1996.

GASPAR, A. **A prática experimental orientada pela teoria de Vigotsky.** In: Atividades experimentais no ensino de Física – uma nova visão baseada na teoria de Vygotsky. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014.

GOMES, A. A.; PRAXEDES, A. P. P.; SANTOS, J. C. **O ensino de Física: metodologia de Ensino às condições de aprendizagem.** Universidade Federal de Alagoas. Disponível em: <<http://dmd2.webfactional.com/media/anais/ENSINO-DA-FISICA.pdf>>, acesso em 30 de out. 2016.

GOMES, J. C.; CASTILHO, W. S. **Uma visão de como a física é ensinada na escola brasileira, e a experimentação como estratégia para mudar essa realidade** in 1ª jornada de iniciação científica e extensão do IFTO, 2011.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA – INMETRO. **Vocabulário Internacional de Metrologia: Conceitos fundamentais e gerais e termos associados.** INMETRO: RJ, 2012. 94 p.

JOINT COMMITTEE FOR GUIDES IN METROLOGY. **Avaliação de Dados de medição - Guia para a expressão de incerteza de medição.** 2008

JUNIOR, O. L. S. **A importância dos experimentos no estudo da Física para uma aprendizagem eficaz no ensino médio.** Monografia. Anápolis: UEG, 2011.

LABURÚ, C. E.; BARROS, M. A. **Problemas com a compreensão de estudantes em medição: razões para a formação do paradigma pontual** in *Investigações em Ensino de Ciências – V14(2)*, 2009

LIMA, F. D. A. **As disciplinas de física na concepção dos alunos da rede pública de Fortaleza/CE.** Monografia. Fortaleza, 2011.

LUCKESI, C.C. **Avaliação da Aprendizagem Escolar**, 19 ed. São Paulo: Cortez, 2008.

MARINELI, F.; PACCA, J. L. A. **Uma interpretação pra dificuldades enfrentadas pelos estudantes em um laboratório didático de Física.** *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v.28, n. 4, 2006.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO ESPORTE. Secretaria de Educação Fundamental (SEF). **Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN).** Introdução aos Parâmetros Curriculares nacionais, 1997.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO ESPORTE. Secretaria de Educação Média e Tecnológica (SEMTEC). **PCN + Ensino médio:** orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC/SEMTEC, 2002.

MOREIRA, A. C. **Uma Visão Vygotskyana das Atividades Experimentais de Física Publicadas em Revistas de ensino de Ciências.** Dissertação de mestrado. Salvador: UFBA, 2011.

MOREIRA, M. A. **Ensino de Física no Brasil: Retrospectiva e Perspectivas.** In: *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 22, n. 1, 2000.

NARDI, R. **Ensino de ciências e matemática, I : temas sobre a formação de professores.** São Paulo : Cultura Acadêmica, 2009.

PELIZZARI, A.; KRIEGL, M. de L.; BARON, M. P.; FINCK, N. T. L.; DOROCINSKI, S. I. **Teoria de aprendizagem segundo Ausubel.** In: *Rev. PEC. Curitiba*. v.2. n.1, Jul. 2001 e Jul. 2002.

SANTOS, E.I.; PIASSI, L. P. C.; FERREIRA, N. C. **Atividades Experimentais de baixo custo como estratégia de construção da autonomia de professores de Física: uma experiência em formação continuada.** *in*: IX Encontro Nacional de Pesquisa de Física. Belo Horizonte, 2004.

TAYLOR, J. R. **Introdução à análise de erros – o estudo de incertezas em medições físicas.** 2ª Ed. São Paulo: Editora Bookman, 2012.

VUOLO, J. H. **Fundamentos da teoria de erros.** 2ª Ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1996.

VYGOTSKY, L. S.; LURIA, A. R.; LEONTIEV, A. N. **Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem.** 7. ed. São Paulo: Ícone, 2001.

## APÊNDICE I

### Elaboração do produto educacional – Histograma de Blocos

#### 1.1 Base

A peça de madeira do tipo Angelim foi colocada em uma bancada que possuía uma escala de graduação em centímetros, sendo cortada longitudinalmente com um traçador<sup>16</sup>, no tamanho de 50 centímetros e em seguida, foi aparelhada<sup>17</sup> e boleada<sup>18</sup> na face e arredondada nas laterais superiores para dar acabamento, formando assim a base do histograma. Ainda nesse item foram realizados nove furos, com uma broca específica para madeira de 10 mm de diâmetro, equidistantes entre si de 4 cm uns dos outros e com profundidade de 3 cm cada um. Para dar acabamento, a base foi devidamente lixada com folha nº 200 e envernizada duas vezes.



Figura 1: Traçador e madeira (caibro e sarrafo)



Figura 2: Brocas e furadeira

---

<sup>16</sup> É uma espécie de serra circular, utilizada para cortes de madeiras mais espessas.

<sup>17</sup> Foi aparelhada com uma plaina.

<sup>18</sup> Foi boleada com uma máquina de bolear profissional.



**Observação:** dentre os tipos de madeiras possíveis estavam a Maçaranduba, Pinho, Eucalipto, Peroba ou MDF<sup>19</sup>, porém, todas apresentaram pontos negativos em relação ao desempenho e a função do produto. A Maçaranduba é mais dura e compacta, impedindo o manuseio nos cortes e perfurações, correndo o risco de rachar pela quantidade de furos necessários, características semelhantes as do mármore. O MDF, por outro lado, mostrou-se frágil e pouco resistente a água, embora acreditemos que o objeto educacional não terá contato com líquido. Todavia, se ocorrer, o MDF facilmente se deterioraria.

## 1.2 Haste

Foi adquirida uma haste de latão revestida de cobre, que foi escolhida, primeiro, pela facilidade em ser encontrada, já que habitualmente é usada em grande escala para aterramento elétrico residencial, segundo, por atender ao escopo do projeto e, principalmente por apresentar baixo custo. Ela foi cortada com uma serra circular própria para ferro, em várias unidades de 16,5 cm. Em seguida, tiveram as bordas esmerilhadas, com o mesmo maquinário, para que os cubos perfurados pudessem ser colocados e manuseados sem problemas através das hastes, evitando acidentes ou corte ocasionados por pontas sobressalentes nas bordas cortadas. Dando sequência na preparação do histograma, colocamos um pouco de cola em cada furo do caibro da base e encaixamos as hastes até o limite de 3 cm de profundidade, sobrando 13,5 cm para fora do caibro.

Vale destacar que, os discos utilizados para realizar os cortes na madeira e na haste de latão (banhada em cobre) são de naturezas diferentes, sendo indispensável, o uso de equipamento de proteção individual (EPI), já que o corte, tanto da madeira, como da haste de latão envolvem a liberação de sedimentos que podem ser danosos a saúde. A madeira libera um pó, que ao ser inalado causa dificuldades respiratórias e tosse, enquanto no corte da haste de latão se desprendem pequenos pedaços de metal em alta temperatura, que em contato com os olhos ou com a pele poderá causar queimaduras.

---

<sup>19</sup> Do inglês *Medium Density FiberBoard* (Fibra de Média Densidade)

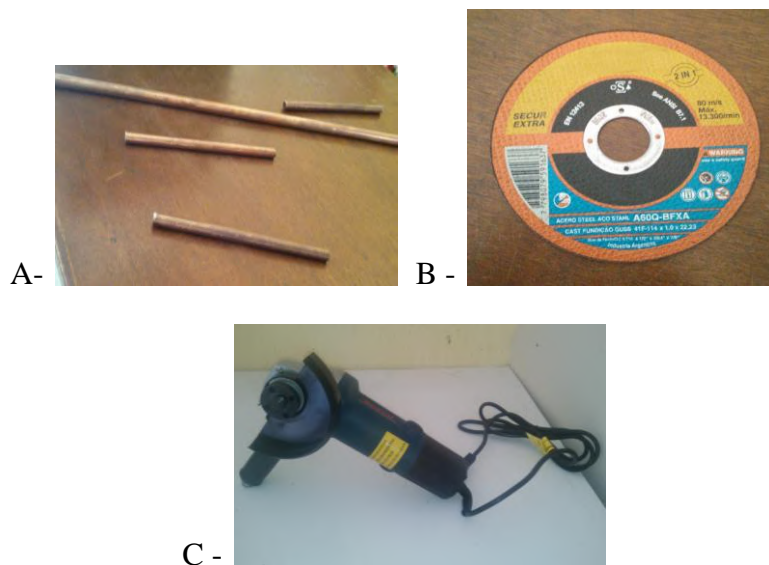


Figura 3: A - Hastes; B - Disco para cortar ferro; C - Serra circular.

### 1.3 Cubo

O caibro foi cortado de forma longitudinal com serra circular, perfazendo oitenta e oito cubos, de dimensões 4,5 cm de largura, 4,5 cm de comprimento e 2 cm de espessura, dos quais serão utilizados cinquenta e quatro para o produto educacional. Foi realizado um furo em cada cubo, com uma máquina de perfuração, atravessando-o transversalmente no meio, perpendicularmente à face, com diâmetro de 1,5 cm para ser encaixado nas hastes de latão e cobre.

Com todos os materiais aprontados, esperamos a secagem da cola e posteriormente testamos a colocação dos cubos em cada haste já alocada no caibro para verificação de sua colagem.



Figura 4: Blocos e Histograma com blocos



Figura 5: Histograma sem os Blocos

## APÊNDICE II

### Montagens alternativas

Tendo em vista uma maior aceitação da turma com o experimento, para uma melhor assimilação dos conteúdos, partindo-se da motivação causada pelo próprio envolvimento no experimento, é proposta a confecção de um histograma alternativo de baixo custo. O valor de tal iniciativa está no fato de acreditarmos que tanto a construção, por parte dos estudantes, quanto a condução dos testes, ainda por eles servem-lhes de motivação para o aprendizado e um contato maior com o objeto da mediação, que desperta neles um senso aprimorado dos limites da experiência e um maior engajamento para confeccioná-lo com maior perfeição possível.

Há um aumento da interação social que, além de facilitar a troca de conhecimentos e percepções, reforça o senso de responsabilidade pelo bom êxito do experimento e aumento da atenção dispensada na execução deste.

Pode-se confeccionar um histograma com base de isopor (no mesmo formato do proposto inicialmente), com as mesmas perfurações equidistantes, porém usaríamos como hastes espetos de madeira para churrascos. Os cubos, faríamos também com o isopor e posteriormente o perfuraríamos com as hastes (espeto de churrasco). Para que a base tenha maior estabilidade e solidez pode ser colada sobre uma tábua ou um pedaço de papelão, porém mais largo do que a base do histograma.

Outra possibilidade a baixo custo evitando perfurações seria montar o histograma usando com base uma cartolina ou uma folha de papel A4, por exemplo, e utilizar as peças de um jogo de damas com hastes. Percebam que as possibilidades são inúmeras, por esse motivo acreditamos que implementar essa proposta é possível, uma vez que não requer equipamentos sofisticados para sua realização.

## APÊNDICE III

Tabela de propagação de incertezas

$w = w(x, y, \dots)$	Expressões para $\sigma_w$
$w = x \pm y \pm \dots$	$\sigma_w^2 = \sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \dots$
$w = x^m$	$\sigma_w =   m x^{m-1}   \sigma_x$ ou $ \frac{\sigma_w}{w}  =   m \frac{\sigma_x}{x}  $
$w = a x$	$\sigma_w =   a   \sigma_x$ ou $ \frac{\sigma_w}{w}  =  \frac{\sigma_x}{x} $
$w = a x + b$	$\sigma_w =   a   \sigma_x$
$w = x y$	$\sigma_w^2 = y^2 \sigma_x^2 + x^2 \sigma_y^2$ ou $(\frac{\sigma_w}{w})^2 = (\frac{\sigma_x}{x})^2 + (\frac{\sigma_y}{y})^2$
$w = \frac{x}{y}$	$\sigma_w^2 = (\frac{x}{y})^2 \sigma_x^2 + (\frac{x}{y^2})^2 \sigma_y^2$ ou $(\frac{\sigma_w}{w})^2 = (\frac{\sigma_x}{x})^2 + (\frac{\sigma_y}{y})^2$
$w = x^p y^q$	$\sigma_w^2 = (p x^{p-1} y^q)^2 \sigma_x^2 + (x^p q y^{q-1})^2 \sigma_y^2$ ou $(\frac{\sigma_w}{w})^2 = (p \frac{\sigma_x}{x})^2 + (q \frac{\sigma_y}{y})^2$
$w = \text{sen } x$	$\sigma_w =   \cos x   \sigma_x$ ( $\sigma_x$ em radianos)
$w = \log_a x$	$\sigma_w =   \frac{1}{\ln a}   \frac{\sigma_x}{x}$

Tabela de propagação de incertezas. (VUOLO, 1996)

## APÊNCIDE IV

### Tabelas de anotação de dados

Tabela utilizada como mediador externo, distribuída aos alunos com a finalidade de auxiliá-los na tabulação dos dados.

#### TEMPO DE REAÇÃO

Método I

Número de medidas	Tempo (s)
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
⋮	
29	
30	

Método II

Número de medidas	Altura (m)	Tempo (s)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
⋮		
29		
30		

Intervalo x N° de ocorrências

Hastes	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Intervalos (s)									
N° de ocorrências									

# APÊNCIDE V

## Modelo teórico

Neste apêndice, abordaremos os modelos teóricos das três atividades experimentais como seguem abaixo:

### 1 - TEMPO DE REAÇÃO

#### INTRODUÇÃO

Neste primeiro experimento, temos por finalidade obter o tempo de reação humana por métodos diferentes entre dois grupos. De posse dos valores obtidos por cada grupo, deseja-se montar os histogramas de acordo com a seção 4.2 do cap. 4.

Entende-se por tempo de reação o intervalo de tempo gasto entre a geração de um estímulo, que pode ser visual, auditivo ou tátil, e a ação motora. Desta forma, o tempo de reação é um parâmetro experimental subjetivo, pois nele são levados em conta fatores psicomotores e/ou fisiológicos, o que varia de indivíduo para indivíduo.

#### OBJETIVOS

Objetivo geral:

Desenvolver a percepção de incertezas numa situação de erros aleatórios evidentes.

Compreender a noção de tempo de reação.

Objetivo específico:

- 1) Realizar medidas diretas do tempo de reação por métodos diferentes;
- 2) Organizar os dados medidos em intervalos numa tabela;
- 3) Representar os resultados no Histograma de blocos e perceber visualmente as incertezas;
- 4) Comparar os Histogramas entre os grupos.

## MATERIAL UTILIZADO

Régua

Telefone celular

Histograma de blocos

## INTRODUÇÃO TEÓRICA

Para o método I, utilizando um celular com sistema Androide e o aplicativo *Green Button Reaction Time test*,<sup>20</sup> devidamente instalado, para seu funcionamento, deve-se pressionar o botão o mais rápido possível, quando a tela muda a cor de vermelho para verde. Não deixe o dedo pressionando continuamente na tela, pois procedendo dessa maneira, o aplicativo não mudará de cor. O seu tempo de reação será informado pelo aplicativo na tela de inicial.

Com a finalidade de obter o tempo que um estudante demora em perceber que um objeto está caindo, e reagir a isso fechando a mão para interromper a queda do objeto, agora pelo método II, o tempo de reação consiste em determinar a distância percorrida, desde o momento que o objeto foi solto pelo experimentador até o instante que a pessoa segurou, fechando os dedos.



Figura 20: régua em queda livre

---

<sup>20</sup> O aplicativo *Green Button Reaction Time test*, é gratuito e pode ser obtido pelo link:

[https://play.google.com/store/apps/details?id=com.rsapps.greenbutton&hl=pt\\_BR](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.rsapps.greenbutton&hl=pt_BR)



Dois dos experimentos propostos nessa dissertação consiste em soltar um corpo em queda livre, a fim de determinar o tempo que este demora para percorrer a distância estipulada. Para isso, abaixo deduziremos por meio de Equações Diferenciais Ordinárias (EDO) a expressão amplamente difundida aos estudantes do Ensino que permite obter o tempo de queda de um objeto.

Supondo que um estudante solte uma bolinha de tênis da parte superior da porta da escola. Qual seria o tempo que essa bolinha demora a tocar o solo?

Da 2ª Lei de Newton temos:

$$F = ma, \quad \text{equação (A)}$$

onde  $F$  é a força,  $m$  é a massa e  $a$  aceleração.

O corpo em queda livre fica sujeito a uma aceleração constante representada pela letra  $g$  a qual denominamos aceleração da gravidade. Logo a equação (A) pode ser escrita como:

$$mg = m \frac{d^2s}{dt^2}, \quad \text{equação(B)}$$

simplificando a equação (B) temos:

$$\frac{d^2s}{dt^2} = g. \quad \text{equação (C)}$$

Se a altura da porta é  $S_0$  e a velocidade inicial da bolinha de tênis for  $v_0$ , isso implica que  $S$  é determinado conforme as condições iniciais de contorno, como seguem:

$$S_{(0)} = S_0 \quad S'_{(0)} = v_0. \quad \text{equação (D)}$$

Resolvermos a equação (C) em relação a  $t$ , teremos duas integrais que nos dará duas constantes de integração a ser determinada pelas condições iniciais. Logo reescrever a equação (C) como EDO de segunda ordem separável para a função  $S'$  é o que faremos abaixo.

$$ds' = g dt, \quad \text{equação (E)}$$

integrando a equação (E) temos:

$$\int ds' = g \int dt, \quad \text{equação (F)}$$

cujo resultado é:

$$S' = gt + c_x. \quad \text{equação (G)}$$

Como  $S'_{(0)} = v_0$  temos  $v_0 = g \cdot 0 + c_x$ , logo temos que  $v_0 = c_x$  então:

$$S' = gt + v_0 \quad \text{ou} \quad \frac{ds}{dt} = gt + v_0. \quad \text{equação (H)}$$

Reescrevendo a equação (H):

$$dS = (gt + v_0)dt. \quad \text{equação (I)}$$

Resolvendo a equação (I) temos:

$$\int dS = \int (gt + v_0)dt, \quad \text{equação (J)}$$

cujo resultado é:

$$S = \frac{1}{2} gt^2 + v_0 t + c_k, \quad \text{equação (K)}$$

como  $S_{(0)} = c_k$ , podemos substituir  $S_{(0)} = c_k$  na equação (K) obtendo assim a fórmula utilizada no Ensino Médio.

$$S_{(t)} = S_0 + v_0 t + \frac{1}{2} at^2. \quad \text{equação (L)}$$

A conversão da distância em tempo será feita utilizando a equação de queda livre de acordo com a equação (L):

$$S_{(t)} = s_0 + v_0 t + \frac{1}{2} gt^2 \quad \text{Onde:}$$

$S$  é a posição ( $m$ ) do corpo no instante  $t$  (s);

$S_0$  e  $v_0$  são a posição inicial ( $m$ ) e a velocidade inicial em  $\left(\frac{m}{s}\right)$ , respectivamente;

$g$  é a aceleração da gravidade ( $m/s^2$ ).

$S - S_0$  é a distância percorrida ( $m$ ) que chamaremos apenas de  $d$ .

$S - S_0 = v_0 t + \frac{1}{2} g t^2$ . Tendo a velocidade inicial nula e adotando a aceleração da gravidade  $g = 9,8 m/s^2$ . Obtemos o tempo de reação dado por:

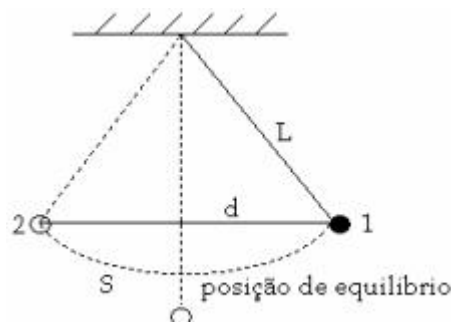
$$t_r = \sqrt{\frac{d}{4,9}}$$

A fórmula acima será utilizada para calcular o tempo de reação pelo método II

## 2 - PÊNDBULO SIMPLES

### INTRODUÇÃO

Ele consiste de um corpo de massa  $m$ , preso à extremidade de um fio de comprimento  $L$ , de tal maneira que a massa seja muito maior do que a massa do fio. Quando a massa  $m$  é afastada da posição de equilíbrio e é abandonada, ela se move de um lado para o outro descrevendo um “caminho circular”  $S$  ao redor do ponto de equilíbrio. O movimento executado pelo pêndulo a partir de uma posição qualquer até tornar a ocupar essa mesma posição chama-se oscilação completa. O intervalo de tempo gasto para executar uma oscilação completa é chamado de período. O arco  $S$  que corresponde ao máximo deslocamento do pêndulo em relação à posição de equilíbrio denomina-se amplitude. Quando o arco  $S$  é muito pequeno comparado com o comprimento  $L$ , dizemos que o pêndulo descreve pequenas oscilações. Isto significa que o arco  $S$  é aproximadamente igual ao segmento de reta  $d$ .



## Esquema de um Pêndulo Simples com amplitude

### OBJETIVOS

Objetivo geral:

Desenvolver a percepção sobre o período de oscilação de um pêndulo simples

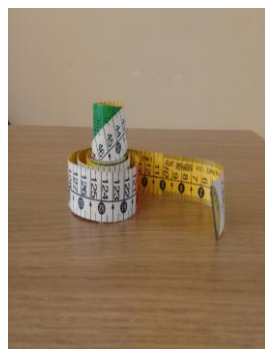
Objetivos específicos:

- 1) Perceber que o período não depende da amplitude quando em pequenas oscilações;
- 2) Perceber as incertezas aleatórias intrínsecas nas medidas diretas de tempo;
- 3) Representar os resultados no Histograma de blocos;
- 4) Comparar entre os grupos as curvas obtidas nos Histogramas, com fim de perceber as incertezas.

Material utilizado ou recursos didáticos:



Histograma de blocos



Fita métrica



Cronômetro



Prumo (usado como pêndulo simples)

## APÊNCIDE VI

### Pré-teste

---

- 1) Você já participou de alguma atividade experimental ou visitou algum laboratório durante a sua vida escolar?
- 2) Você acha que a prática experimental pode colaborar para o aprendizado de um determinado conteúdo de física?
- 3) Durante a realização de uma atividade experimental são obtidos alguns dados por meio de medições. Informar o resultado de um experimento realizando apenas uma medida seria o suficiente?
- 4) Se um estudante realizar algumas repetições do mesmo experimento, o valor medido por este será sempre o mesmo? Porque?
- 5) Dois grupos realizam o mesmo experimento. O Grupo 1 obteve um resultado um pouco diferente do resultado do grupo 2. Sobre este acontecimento selecione a resposta que mais reproduz a verdade no seu ponto de vista:  
  
 Os dois grupos podem estar corretos;  
 Os dois grupos podem estar errados;  
 Um grupo está certo e o outro errado;  
 O resultado de um experimento depende do procedimento que cada grupo realizou durante a tomada de medidas.
- 6) Mesmo que todos os estudantes utilizem os mais adequados procedimentos durante a realização de uma atividade experimental, é possível confiar no resultado obtido por eles sem que haja uma margem de erro? Justifique?
- 7) Você já utilizou algum tipo de planilha eletrônica com fins escolares?

sim       não

8) Caso no item anterior a sua resposta tenha sido positiva, informe quais planilhas e com qual o propósito estudantil?