

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sociedade Brasileira de Física
Departamento de Física

Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física

**Uma estratégia para inserção da Física
experimental nas séries finais do Ensino
Fundamental e séries Iniciais do Ensino
Médio**

Flávio Anselmo da Silva

Dissertação de Mestrado

Recife
22 de fevereiro de 2019

Aos meus filhos Tales Miguel e Sophia Maria.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus.

Agradeço ao meu orientador professor Aduino José Ferreira de Souza pelas suas observações e paciência.

Agradeço também à Coordenação e ao Corpo Docente do Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física, polo UFRPE, pelo empenho e compromisso pela qualidade de ensino.

Um especial agradecimento aos companheiros de jornada pelo apoio e suporte nos momentos mais árduos desta aventura.

Agradeço à Universidade Federal Rural de Pernambuco por disponibilizar seu pessoal técnico e sua infraestrutura para o funcionamento deste Mestrado Profissional em Ensino de Física.

Sou grato também à Sociedade Brasileira de Física — gestora do Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES).

Resumo

Embora a Física seja uma ciência de base experimental, poucos estudantes do Ensino Básico desconhecem deste fato. Comumente, os alunos associam a Física apenas às muitas “fórmulas” que eles precisam memorizar e ao tratamento matemático correspondente. Dentre outros fatores, isto se deve à forma que a disciplina é apresentada aos alunos. Nesta pesquisa apresentamos uma estratégia para introdução do método experimental em turmas finais do Ensino Fundamental e iniciais do Ensino Médio. Neste contexto, desenvolvemos um Produto Educacional constituído por um aparato e uma Sequência Didática que permite a realização de experimentos por alunos que estão tendo seu primeiro contato com a Física. O Produto Educacional foi aplicado em uma turma do primeiro ano do Ensino médio em uma Escola da Rede Pública Estadual pernambucana. O produto permite que a turma realize medições, tabule os dados, trace os correspondentes gráficos e determine uma relação quantitativa entre as grandezas envolvidas no fenômeno observado. Aqui, nos limitamos a situações nas quais a dependência funcional entre as grandezas envolvidas é expressa por uma função de primeiro grau. Não obstante, métodos estatísticos foram empregados para determinar os parâmetros da função. Além disso, empregamos uma planilha eletrônica em uma parte da análise dos dados. Nosso trabalho segue a proposta do Laboratório Aberto sugerido pela Sequência de Ensino por Investigação (SEI). Durante a aplicação do produto, atingimos o objetivo de guiar uma turma de 32 alunos no processo de medir, analisar os resultados e estabelecer uma relação quantitativa entre duas grandezas. A turma engajou-se vividamente nas atividades e nós percebemos uma mudança significativa da atitude dos estudantes nas demais atividades pertinentes da disciplina ao longo do semestre.

Palavras-chave: Atividades experimentais, Ensino por Investigação, Ajuste de Reta.

Abstract

Although physics is an experimental science, few students in elementary school seem to remember this fact. Typically, students associate physics with only the many "formulas" they need to memorize and the corresponding mathematical treatment. Among other factors, this is due to the way the discipline is presented to students. In this work, we present a strategy for the introduction of the experimental method in final classes of Elementary School and the beginning of High School. In this context, we developed an Educational Product consisting of an apparatus and a Didactic Sequence that allows the realization of experiments by students who are having their first contact with Physics. The Educational Product was applied in a class of the first year high school belonging to the public educational system of the State of Pernambuco. The product allows the class to take measurements, tabulate the data, draw the corresponding graphs and determine a quantitative relationship between the quantities involved in the phenomenon observed. Here, we limit ourselves to situations in which the functional dependence between the quantities involved is expressed by a first-degree function. Nevertheless, statistical methods were used to determine the parameters of the function. In addition, we employ a spreadsheet in a part of the data analysis. Our work follows the proposal of the Open Laboratory suggested by the Sequence of Teaching by Research (SEI). During the application of the product, we reached the goal of guiding a class of 32 students in the process of measuring, analyzing the results and establishing a quantitative relationship between two quantities. The class engaged vividly in the activities and we noticed a significant change in the attitude of the students in the other relevant activities of the discipline throughout the semester.

Keywords: Experimental Activities, Research Teaching, Line Adjustment.

Sumário

1	Introdução	1
1.1	Objetivo Geral	2
1.2	Objetivos específicos	2
1.3	Justificativa	2
2	Revisão bibliográfica	4
2.1	LDB e documentos suplementares	4
2.2	As Orientações Curriculares para o ensino de Física	6
2.3	Alfabetização Científica	7
2.4	Laboratório	9
2.5	Física e Matemática no Ensino Médio	11
2.6	A aprendizagem significativa	12
2.7	Laboratório Aberto	14
3	Referencial Teórico	17
3.1	Lei Física	17
3.2	Elasticidade	17
3.3	Regressão Linear Simples	19
4	Metodologia	21
4.1	Medidas dos círculos	23
4.2	Deformações elásticas	26
5	Resultados e discussões	32
5.1	Resultados da atividade dos discos	32
5.2	Resultados da medição dos corpos elásticos	34
6	Considerações finais	42
A	Produto Educacional	44
A.1	Apresentação	44
A.1.1	Roteiro para confecção do aparato experimental: Medidas dos Círculos	45
A.1.2	Roteiro para confecção do aparato experimental: Deformações Elásticas	46
A.2	Metodologia	48
A.2.1	Roteiro para aulas	50
A.2.1.1	Roteiro para as aulas do Círculo	50
A.2.1.2	Roteiro para as aulas das deformações elásticas	53

B Réguas e Escalas	58
B.1 1ª Atividade	58
C Pontos no plano cartesiano	61
C.1 2ª Atividade	61
D Mudeza de escala	62
D.1 3ª Atividade	62
E Vídeo aula: Construção de gráficos	65
F Mínimos quadrados	66
Referências Bibliográficas	69

Lista de Figuras

4.1	Círculos de papelão.	23
4.2	Conjunto de 12 círculos e fita métrica.	24
4.3	Medição do diâmetro de um círculo.	25
4.4	Medição do comprimento de uma circunferência.	26
4.5	Suporte de metal.	28
4.6	Trilha para guiar a haste de leitura.	29
4.7	Copo com elástico de borracha.	30
4.8	Copo com elástico nº 18.	30
4.9	Posição inicial do marcador.	30
4.10	Folha para construção de gráficos.	30
4.11	Elásticos com comprimentos iniciais de 18,0 cm, 9,0 cm e 4,5 cm.	31
5.1	Medição do diâmetro de um círculo.	36
5.2	Tabela com medidas do diâmetro e da circunferência da aluna <i>X</i> .	36
5.3	Reta ajustada obtida pela aluna <i>X</i> .	37
5.4	Tabela com medidas do diâmetro e da circunferência da aluno <i>Y</i> .	37
5.5	Reta ajustada obtida pelo aluno <i>Y</i> .	38
5.6	Gráfico produzido na planilha eletrônica pela aluna <i>X</i> .	39
5.7	Gráfico produzido na planilha eletrônica pelo aluno <i>Y</i> .	39
5.8	Histograma das respostas ao questionário I.	40
5.9	Tabela das medidas das deformações elásticas obtidas pela aluna <i>F</i> .	40
5.10	Reta ajustada pela aluna <i>F</i> .	40
5.11	Gráfico do peso em função da deformação de um único elástico produzido pela aluna <i>F</i> com o auxílio de uma planilha eletrônica.	41
5.12	Gráfico do peso em função da deformação de dois elásticos ligados em série produzido pela aluna <i>F</i> com o auxílio de uma planilha eletrônica.	41
A.1	Círculos de papelão.	45
A.2	Conjunto de 12 círculos e fita métrica.	45
A.3	Medição do comprimento de uma circunferência.	45
A.4	Medidas do suporte.	47
A.5	Vista lateral do suporte.	48
A.6	Vista frontal do suporte.	48
A.7	Lateral do suporte com trilha guia.	49
A.8	Elástico preso à haste.	50
A.9	Liga de borracha presa à haste.	50

A.10 Copo graduado com haste.	50
A.11 Orçamento.	55
A.12 Orçamento, continuação.	56
A.13 Cronograma de atividades.	57
B.1 Material fornecido aos estudantes.	59
B.2 Estudantes durante a realização das medições.	60
B.3 Tabulação dos dados obtidos nas medições.	60
C.1 Alguns objetos são dispostos no piso da sala de aula.	61
D.1 Vários sistemas de coordenadas cartesianos são desenhados no piso da sala.	63
D.2 Alunos determinando as coordenadas de um ponto.	63
D.3 Os dados são anotados para posterior análise.	64
F.1 Gráfico da reta ajustada confeccionado com o auxílio de uma planilha eletrônica.	68

Lista de Tabelas

2.1	Níveis de investigação no laboratório de Ciências (Borges, 2002, pág. 306)	15
A.1	Tabela para registrar os comprimentos e diâmetros dos círculos. A terceira coluna só deve ser preenchida no final da atividade.	51
A.2	Tabela para registrar as deformações das ligas. x_0 é o comprimento inicial do elástico	53
A.3	Tabela para registrar as deformações das ligas. x_0 é o comprimento inicial do elástico	53
F.1	Medidas dos diâmetros e circunferências	66
F.2	Planilha para organizar os cálculos referentes ao mínimo quadrado.	67

CAPÍTULO 1

Introdução

A Física é uma ciência da natureza com um amplo escopo de aplicação e um largo espectro de fenomenologia que ela buscar descrever. Como toda construção ou aventura humana ela é fruto de um número incontável de contribuições e influências socioculturais moldadas pela nossa capacidade de ver o mundo. O que distingue a Física das outras ciências naturais é a procura pelas leis mais fundamentais que governam os fenômenos que ela se propõe a descrever. Por tudo isso o ensino e a aprendizagem de Física é particularmente difícil. Equivocadamente, muita gente a considera uma atividade reservada a seres iluminados ou especiais. Na escola, a Física é constantemente confundida com matemática pela forma como é apresentada aos alunos, repleta de fórmulas, definições e conceitos. Porém, o mais importante, e muitas vezes esquecido no Ensino Médio, ou mesmo ignorado, é que a Física é uma ciência de base experimental. Fruto do esforço da humanidade por gerações e envolvendo seres de várias nacionalidades. Nesta dissertação apresentamos uma estratégia para introduzir o método experimental nas series finais do Ensino Fundamental e inicial do Ensino Médio. Nossa intenção é apresentar algumas técnicas básicas do método experimental empregado na Física e obter como subproduto importante a inserção do aluno na linguagem científica. Tal iniciativa proporciona meios para criação de uma cultura científica dentro da sala de aula. Dada a pouca experiência do público alvo, procuramos evitar o uso de equipamentos sofisticados para realização das medidas, utilizando dessa forma o mínimo de recurso tecnológico na obtenção dos dados. Não obstante, durante a análise dos dados utilizamos, entre outros recursos, uma planilha eletrônica para a produção de gráficos e procedimentos estatísticos. Escolhemos fenômenos simples, de fácil aferição, onde os alunos pudessem realizar medidas diretamente, sem a mediação de algum aparelho. Outrossim, nos restringimos a relações lineares entre as grandezas envolvidas nos experimentos, pois nossa intenção era permitir que os estudantes realizassem medidas, montassem tabelas e produzissem gráficos. Além disso, identificar a relação quantitativa entre as grandezas medidas. A dinâmica das atividades permitiu a socialização do trabalho, a cooperação entre os membros de cada equipe formada e a posterior discussão dos resultados entre os diversos grupos. O produto foi montado levando em consideração a facilidade de manuseio e a possibilidade de reposição de peças obtidas no comércio local. O Produto Educacional pode ser usado em um laboratório ou na própria sala de aula de acordo com a necessidade da turma ou do professor. O nosso trabalho segue recomendações na Lei de Diretrizes e Bases (1), LDB, no que se refere ao ensino de Física e em documentos complementares como os Parâmetros Curriculares Nacionais, PCN (2) e PCN+ (3). Destacamos a importância da Alfabetização Científica que deve começar desde cedo na vida do aprendiz. Apontamos o quanto é indispensável o uso do laboratório, independente do espaço físico trabalhado para garantir a construção do conhecimento do aluno e fazer a conexão entre teoria

e prática do mundo real. Tratamos da relação entre Matemática e Física, fundamental para interpretar um fenômeno físico. A nossa proposta almeja proporcionar uma Aprendizagem Significativa aos alunos. Para tal procuramos atividades que desenvolvessem nos alunos habilidades básicas e, concomitantemente, identificassem conhecimentos prévios que ancorassem as novas competências dentro do escopo da Física experimental. Concretamente, procuramos atingir os dois primeiros níveis do laboratório aberto sugeridos pelas Sequências de Ensino por Investigação (SEIs). No Capítulo 2 fazemos uma breve revisão dos aspectos pedagógicos que nortearam o trabalho, além disso, apresentamos um resumo das diretrizes para o ensino de Ciências no nível Médio. No Capítulo 3 é apresentada uma revisão sobre elasticidade, tratamento estatístico de dados e geometria plana. No Capítulo 4 descrevemos as atividades desenvolvidas pelos alunos na utilização do Produto Educacional. Os resultados e discursões da aplicação do Produto Educacional encontram-se no Capítulo 5. Finalmente, no Capítulo 6, apresentamos nossas considerações finais e perspectivas futuras. O produto educacional foi aplicado em uma escola pública do sistema integral da rede estadual no município de Paudalho, com alunos de uma turma de primeiro ano do Ensino Médio.

1.1 Objetivo Geral

Introduzir Física experimental nas séries finais do Ensino Fundamental e iniciais do Médio.

1.2 Objetivos específicos

- Introduzir a linguagem científica nas aulas de Física.
- Construir instrumentos que possam ser de fácil reprodução e utilização nas aulas.
- Identificação quantitativa de uma relação entre duas grandezas medidas.
- Através das atividades experimentais, motivar os estudantes para a importância de investigação de fenômenos.
- Incentivar o trabalho em grupo.

1.3 Justificativa

A proposta pedagógica das escolas brasileiras, orientadas pela Lei de Diretrizes e Bases (LDB)(1), é que ao término do ensino médio, etapa final da educação básica, o aluno tenha adquirido competências e habilidades suficientes para aplicar o que lhe foi ensinado na escola. Espera-se que o ensino de Física, nesse período final, contribua para a formação de uma cultura científica efetiva, proporcionando ao indivíduo a interpretação de fatos, fenômenos e processos naturais. Bem como seja adquirida a compreensão do conjunto de equipamentos e procedimentos técnicos e/ou tecnológicos do cotidiano doméstico e profissional do educando.

Porém, observa-se que o aluno nos anos iniciais do Ensino Médio apresenta inúmeras dificuldades para compreender fenômenos físicos e relacioná-los a acontecimentos do seu cotidiano. Sendo muitas vezes incapazes de realizar corretamente a leitura de tabelas e gráficos, ou repetir procedimentos a partir de dados sugeridos em relatórios, recursos esses importantes no estudo da Física. Infelizmente esses problemas na maioria das vezes persistem por todo ciclo escolar, produzindo verdadeiras defasagens nos objetivos almejados pela LDB, gerando dessa forma alunos despreparados para em numa situação real fazer uso do que foi ensinado. Como sugere os PCNs, é fundamental que a experimentação faça parte desde o início e com maior frequência da vida escolar, pois ela contribui para uma aprendizagem mais efetiva dando sentido aos conceitos apresentados ao aprendiz, sendo a ponte entre teoria e prática reafirmando a Física como ciência de cunho experimental. A inserção da Física experimental nas séries finais do Fundamental e na série inicial do Ensino Médio pode minimizar os problemas identificados acima. Aqui demonstramos que atividades em Física experimental podem ser realizadas com recursos de pouca sofisticação tecnológica em sala de aula ou laboratório. As atividades experimentais de caráter técnica e investigativa podem gerar ao longo do tempo consequências para a turma dentre as quais, familiaridade com os procedimentos básicos de medidas, o estímulo ao hábito de questionar, despertar o interesse para a disciplina ocasionando maior participação nas aulas e melhor rendimento nas avaliações. É importante destacar a relevância para formação do cidadão quando exposto desde cedo à experimentação e ao manuseio de equipamentos de medidas, tanto para aquele que tem como objetivo a vida acadêmica quanto para os que vão desempenhar outras funções na sociedade, pois os mesmos poderão intervir e participar das discussões que envolvem a sua realidade. Lembrando que o ensino da Física no Ensino Médio é destinado principalmente a quem não tem intenção de ser físico profissional, mas de formar pessoas capazes de compreender os fenômenos do seu cotidiano e utilizá-lo quando necessário para resolver problemas.

Revisão bibliográfica

2.1 LDB e documentos suplementares

Ciente da posição do Brasil no cenário mundial e das dificuldades frente às mudanças econômicas, sociais e tecnológicas, o país sente-se na obrigação de investir na formação de profissionais de nível médio e superior, com o objetivo de alavancar o seu desenvolvimento. Para isso várias iniciativas foram tomadas junto ao Conselho Nacional de Educação (CNE), resultando na promulgação da lei nº 9.394/96, Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB), de 20 de dezembro de 1996, responsável pela regulamentação do sistema educacional público e privado em todos os níveis. De acordo com a lei, a educação brasileira é dividida em educação básica e ensino superior, tendo no seu artigo primeiro a finalidade de ampliar o processo de formação do indivíduo já iniciado no convívio familiar, preparando-o para o exercício da cidadania. Seguido por outros documentos oficiais a LDB estabeleceu parâmetros para o ensino no país, definindo os deveres do Estado em relação à educação escolar pública, direcionando os trabalhos para um regime de cooperação entre União, Distrito Federal, Estados e municípios. Na lei vigente o ensino médio passou a fazer parte da etapa final da educação básica, com status de obrigatoriedade, tendo entre outros objetivos a serem alcançados a partir da vigência da lei, o de "desenvolver o educando, assegurar-lhe a formação como indispensável para o exercício da cidadania e fornecer-lhe meios para progredir no trabalho e em estudos posteriores" (Art.22), ganhando dessa forma uma nova dimensão na formação do cidadão. Os objetivos específicos para o ensino médio foram dados pela redação do Artigo 35 da LDB. O ensino médio, etapa final da educação básica, com duração mínima de três anos, terá como finalidades:

1. a consolidação e o aprofundamento dos conhecimentos adquiridos no ensino fundamental, possibilitando o prosseguimento dos estudos;
2. a preparação básica para o trabalho e a cidadania do educando, para continuar aprendendo, de modo a ser capaz de se adaptar com flexibilidade a novas condições de ocupação ou aperfeiçoamento posteriores;
3. o aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico;
4. a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina.

Nesse novo sistema, a LDB sugere a participação dos docentes em conjunto com os órgãos públicos, família e comunidade escolar na elaboração de uma proposta pedagógica, objetivando sempre a integração, articulação, interdisciplinaridade e contextualização dos conhecimentos, respeitando as normas de seu sistema de ensino, tendo como ponto de partida a realidade da escola, no sentido da formação integral do estudante. Sendo as unidades escolares responsáveis por orientar a definição das proposições curriculares, realizando a seleção dos componentes necessários para aplicações metodológicas e avaliativas. A organização curricular do Ensino Médio tem uma base nacional comum e uma parte diversificada, que leva em conta as características locais e especificidades regionais, sendo o currículo organizado em áreas do conhecimento divididas em Linguagens e suas tecnologias, Matemática e suas tecnologias, Ciências da Natureza e suas tecnologias, Ciências Humanas e sociais aplicadas (Art.35). O currículo deve garantir “a educação tecnológica básica, a compreensão do significado da ciência, das letras e das artes [...], adotar metodologias de ensino e avaliação de aprendizagem que estimulem a iniciativa do estudante” (Art.36). Outros documentos foram incorporados nos anos seguintes a promulgação da LDB, entre eles os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), servindo de balizador, a fim de nortear uma base Nacional Curricular. Nele a base didática está dividida em três grandes áreas com a finalidade de interagir entre si e com outras áreas, buscando como resultado a interdisciplinaridade, partindo da prerrogativa de que o ensino seja contextualizado, estas áreas estão divididas em: Linguagens, Códigos e suas Tecnologias, Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, Ciências Humanas e suas Tecnologias. A disciplina Física compõe a área das Ciências da Natureza, Matemática e Tecnologias. Nela espera-se que o aluno seja capaz de entender, comunicar e expressar resultados relacionados a processos físicos bem como compreender a Física como construção humana.

... 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. Ver referência (2).

Dando continuidade às mudanças na educação, as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+), vieram com a finalidade de complementar o que havia sido introduzido nos PCN. Os PCN+ sugerem um currículo de Física pautado por elementos estruturantes, constituídos pelos conteúdos disciplinares, reforçando a importância da interdisciplinaridade e contextualização. Este documento detalha e sugere a maneira como trabalhar as competências e habilidades, sugeridas pelos PCN, para a área do conhecimento e da disciplina. Para o ensino de Física os parâmetros indicam o desenvolvimento de três competências distribuídas em Representação e Comunicação, Investigação e Compreensão e Contextualização sociocultural.

Para permitir um trabalho mais integrado entre todas as áreas de Ciências da Natureza, e destas com Linguagens e Códigos e Ciências Humanas, as competências em Física foram já organizadas nos PCN de forma a explicitar os vínculos com essas outras áreas. Assim, há competências relacionadas principalmente com a investigação e compreensão dos fenômenos físicos, enquanto há outras que

dizem respeito à utilização da linguagem física e de sua comunicação, ou, finalmente, que tenham a ver com sua contextualização histórica e social. Ver referência(3)

Estas publicações (PCN e PCN+) formam um conjunto de documentos com a tarefa de tornar mais palpável as propostas contidas na LDB, tendo como um dos objetivos abrir o espaço para discussão entre os professores. É fato que estes materiais têm influenciado as estruturas dos livros didáticos e os projetos pedagógicos das escolas, porém ainda há um longo caminho para as unidades de ensino do país fazerem uso satisfatório do proposto pela lei.

2.2 As Orientações Curriculares para o ensino de Física

Com a proposta de propiciar um espaço para o diálogo e reflexão entre os educadores sobre a prática docente vigente nas escolas, as orientações curriculares para o ensino médio, é um documento desenvolvido a partir de diversos encontros e debates, com a participação de professores, gestores, representantes de Universidades e Secretarias de Educação, gerenciado pelo Ministério da Educação do Brasil. Elaborado para agregar elementos de apoio à proposta de trabalho, não deve ser recebido como produto pronto e acabado sob prescrição a ser realizado. Esse documento reforça a importância da dimensão investigativa que a ciência requer e que “difícilmente é trabalhada na escola e nem solicitada nos vestibulares”. Também chama a atenção para os aspectos importantes no estudo da ciência Física, quando diferencia o objetivo da escola e do cientista. “A Física escolar é diferente da ciência física, embora ambas estejam intimamente relacionadas. Os saberes ensinados são simplificados para possibilitar seu ensino” (4). É na escola durante o processo de aprendizagem que a atitude crítica e reflexiva deve ser estimulada quando o aluno se depara com um erro “inesperado”. O professor ciente desse processo deve buscar meios para modificar seus métodos, de forma a “capacitar o aluno a responder a perguntas e a procurar as informações necessárias, para utilizá-las nos contextos em que forem solicitados”. Além disso, é preciso potencializar a relação didática formada pela tríade, professor-aluno-conhecimento, definida no ambiente escolar, criando situações propícias ao desenvolvimento de habilidades e competências.

No início da relação didática, o professor precisa identificar meios de fazer emergir os conhecimentos que os alunos mobilizam para responder a determinadas situações. Para isso, situações de aprendizagem que os exponham a problemas que exijam a elaboração de hipóteses e a construção de modelos estão próximas do que sugerem as competências. Ver referência(4)

A Física trabalhada no ensino médio parte da premissa de que não se pretende formar físico. “O ensino dessa disciplina destina-se principalmente àqueles que não serão físicos e terão na escola uma das poucas oportunidades de acesso formal a esse conhecimento” (OCNEM, p. 53), reforçando o conceito que a Física na escola tem o papel cultural e de possibilitar a compreensão do mundo. Nesse ambiente, as competências devem se desenvolver em meio a contextualização de conhecimentos científico, histórico e cotidiano, agregado sempre que possível ao trabalho interdisciplinar. Estimulando o aluno a procurar as informações necessárias para abordar um problema quando solicitado, abrindo espaço para o desenvolvimento do espírito investigador.

Assim, o que a Física deve buscar no ensino médio é assegurar que a competência investigativa resgate o espírito questionador, o desejo de conhecer o mundo em que se habita. Não apenas de forma pragmática, como aplicação imediata, mas expandindo a compreensão do mundo, a fim de propor novas questões e, talvez, encontrar soluções. Ao se ensinar Física devem-se estimular as perguntas e não somente dar respostas a situações idealizadas. Ver referência(4)

Durante o trabalho o aprendiz deve se sentir motivado à reflexão e à necessidade de aprender. Por isso é de fundamental importância realizar um levantamento dos conhecimentos já vivenciados pelos alunos, com o objetivo de traçar estratégias que tenham significado dentro dos conteúdos ministrados.

Os conhecimentos prévios dos alunos, e a exploração de suas contradições e limitações pelo professor, exigem que este elabore situações e problemas que o aluno não faria sozinho e que tenham o potencial de levar à aquisição de um conhecimento que o educando ainda não possui, mas que passará a ter significância dentro dos esquemas conceituais do aluno. Ao mesmo tempo em que os conhecimentos prévios dos alunos são problematizados, deve-se fazer a contextualização histórica dos problemas que originaram esse conhecimento científico e culminaram nas teorias e modelos que fazem parte do programa de conteúdos escolares a ser apreendido pelo aluno, ampliando a visão do seu mundo cotidiano. Ver referência(4)

Quanto ao material didático, o documento aponta para um “modelo aberto” como forma de alcançar a autonomia intelectual, constituído a partir de diversas fontes de informações como livro didático, internet, revistas, etc; destacando a importância da atividade experimental, tema central deste trabalho, quando cita que “é necessário desenvolver práticas experimentais indispensáveis para a construção da competência investigativa” (OCNEM). A partir de temas estruturadores propostos pelos PCN+ que trazem sugestões de articulação entre as competências e conteúdos a serem vivenciados, o professor ainda deve contribuir para o desenvolvimento da autonomia crítica do estudante, expandindo, assim, a aprendizagem para fora de assuntos puramente científicos, tendo como ponto de partida situações mais próximas do aluno na busca de desenvolver competências de caráter do conhecimento físico.

Dentre as competências que devem ser sempre trabalhadas, os PCN apontam para aquelas mais ligadas ao caráter intrínseco do conhecimento físico, como reconhecimento de símbolos, reconhecimento de relações de causa e efeito, reconhecimento de modelos físicos microscópicos, entre outras. Ver referência(4)

Face ao exposto as orientações curriculares para o Ensino Médio trazem para dentro do ambiente escolar, quando utilizado, possibilidades do professor ampliar as estratégias de ensino de acordo com a sua realidade e os inúmeros problemas diagnosticados.

2.3 Alfabetização Científica

A escola deste século XXI enfrenta inúmeras dificuldades frente à intensa produção tecnológica e às mudanças sociais por ela geradas. A mesma se encontra muitas vezes com currículos defasados e práticas educacionais questionáveis para o momento atual, mas ainda assim tem a missão de preparar as novas gerações para uma relação harmoniosa entre a ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente. Vivemos em um período da história de muita informação, produção audiovisual, seja, na TV, no rádio, internet e redes sociais, utiliza-se equipamentos cada vez

mais sofisticados e produtos diversos das indústrias eletroeletrônica e química. Mas mesmo assim é observada na sociedade uma queda na cultura científica, ou seja, as pessoas vivem frutos do avanço da ciência e tecnologia, mas muitas delas não entendem ou não conhecem o porquê de determinado fenômeno acontecer, um aparelho elétrico funcionar ou os efeitos produzidos à saúde quando em contato prolongado com certos materiais. Parece faltar uma alfabetização científica proveniente de uma cultura científica que começa desde os primeiros anos da vida escolar reforçada gradualmente pela interação entre o sujeito e a sociedade. Segundo a Conferência Mundial sobre a ciência realizada em Budapeste (1999): “Hoje mais do que nunca, é necessário fomentar e difundir a alfabetização científica em todas as culturas e em todos os setores [...] a fim de melhorar a participação dos cidadãos na tomada de decisões relativas à aplicação dos novos conhecimentos”. Para Cachapuz (5) o conceito de alfabetização científica surge no fim da década de 50, mas o movimento toma destaque a partir dos anos 90, onde “falar de alfabetização científica, de ciências para todos, supõe pensar num mesmo currículo básico para todos os estudantes, . . . , que evitam repercussão das desigualdades sociais no âmbito educativo”. Dentre as discussões sobre o currículo básico idealizado pelo movimento, (7) observa alguns elementos comuns produzidos pelas várias propostas apresentadas na época, em que a alfabetização científica deve apresentar um caráter prático, cívico e cultural, como detalhado:

- Alfabetização científica prática, que permita utilizar os conhecimentos na vida diária com o fim de melhorar as condições de vida, o conhecimento de nós mesmos, etc.
- Alfabetização científica cívica, para que todas as pessoas possam intervir socialmente, com critério científico, em decisões políticas.
- Alfabetização científica cultural, relacionada com os níveis da natureza da ciência, com o significado da ciência e da tecnologia e a sua incidência na configuração social.(5)

Enquanto Reid e Houdson (5) dirige sua atenção a ideia de uma cultura científica básica, onde o aluno possa ter acesso a um conteúdo programático que vá além de apresentação de conceitos, mas valorize a técnica da ciência, a interação com a tecnologia, e aborde questões sociais e históricas, como apresentado:

- Conhecimentos de ciência — certos fatos, conceitos e teorias.
- Aplicações do conhecimento científico — a utilização de tal conhecimento em situações reais e simuladas.
- Saberes e técnicas da ciência — familiarização com os procedimentos da ciência e a utilização de aparelhos e instrumentos.
- Resolução de problemas — aplicação de saberes, técnicas e conhecimentos científicos a investigações reais.
- Interação com a tecnologia — resolução de problemas práticos, ênfase científica, econômica e social e aspectos utilitários das soluções possíveis.
- Questões sócio-econômico-políticas e ético-morais na ciência e na tecnologia.

- História e desenvolvimento de ciência e tecnologia.
- Estudo da natureza da ciência e a prática científica — considerações filosóficas e sociológicas centradas nos métodos científicos, o papel e status da teoria científica e as atividades da comunidade científica (5).

Sendo um dos parâmetros para o ensino das ciências atualmente, o conceito de alfabetizar cientificamente o aluno está ligado a "oferecer condições para que possa tomar decisões conscientes sobre problemas de sua vida e da sociedade relacionados a conhecimentos científicos" (8). Porém é observado por professores e estudiosos da educação uma crescente falta de motivação e compromisso dos alunos nas matérias de ciências, e entre elas a Física. Aparentemente os alunos aprendem cada vez menos e têm menos interesse pelo que aprendem (9) (Juan Ignacio Pozo). Mesmo sendo um fenômeno diagnosticado em diversos países ele se torna de grandes proporções no Brasil quando observado a proficiência em Física e outras disciplinas afins. Há uma necessidade mais acentuada na conjuntura atual de mudar a forma de ver e ensinar ciências, e principalmente Física, como afirma Guilbert e Meloche (5) quando diz que, "o melhoramento da educação científica exige como requisito iniludível, modificar a imagem da natureza da ciência que nós os professores temos e transmitimos". No caso da Física mesmo com os vários recursos adicionados junto ao livro texto, observa-se um reducionismo em sua forma de ensino, que tantas vezes é distorcida e empobrecida da forma como é apresentada, contribuindo para a sua rejeição, falta de estímulo e desinteresse, criando uma barreira para uma aprendizagem de caráter significativo e duradouro. A ciência sendo formada por um universo gigantesco de fatos, hipóteses e teorias não se expressa apenas na linguagem verbal, "as ciências necessitam de figuras, tabelas, gráficos e até mesmo linguagem matemática para expressar suas construções" (8). Cabe ao professor a tarefa de proporcionar situações onde o aluno tenha contato com diversas linguagens das ciências, podendo observar o mesmo fenômeno de óptica diferente, fazendo a transição gradual da linguagem cotidiana para à científica. Com o instrumento das linguagens sendo trabalhado o estudante passa a possuir recursos para entender conceitos, vivenciados em sala, tendo ferramentas para questionar e justificar, quando bem conduzido, um fenômeno. Para a introdução de uma cultura científica na escola o professor deve ser a ponte entre os diferentes modos dessa comunicação da ciência, também é importante lembrar que para ensinar ciências é necessário ensinar a falar a linguagem da Ciência.

2.4 Laboratório

O processo de experimentação é uma atividade que tem acompanhado a evolução da humanidade nas diversas partes e épocas do mundo. Nas ciências, desde o desenvolvimento do método científico, o laboratório passou a ser sinônimo de experimento e tem contribuído para o avanço de áreas do conhecimento como a Física. Com o crescimento das atividades industriais e as necessidades de bens de consumo, que ocorreram a partir do século XX, os laboratórios de pesquisas saem das universidades e passam a ser implantadas em empresas particulares ou governamentais até chegarem ao ambiente escolar. Na escola o laboratório pode ser uma importante ferramenta de ensino, quando utilizado adequadamente com o conteúdo ministrado em

sala de aula. O laboratório se bem utilizado deve unir a teoria à prática, ser o elo entre o abstrato das ideias e o concreto da realidade Física. Laburú, Silva e Sales(6) falam sobre a importância do laboratório, onde o aprendiz é confrontado com o valor esperado e o valor medido.

“Num sentido amplo, aprender física significa, então não só aprender os seus conceitos de modo qualitativo, mas deve envolver dos aprendizes determinação experimental de suas grandezas. Com isso, permite-se que eles participem genuinamente da natureza desta ciência, ou seja, da relação existente entre teoria e evidência”.(6)

Os PCNs+ citam a importância da experimentação durante todo o processo de desenvolvimento das competências de Física;

E indispensável que a experimentação esteja sempre presente ao longo de todo o processo de desenvolvimento das competências em Física, privilegiando-se o fazer, manusear, operar, agir, em diferentes formas e níveis. É dessa forma que se pode garantir a construção do conhecimento pelo próprio aluno, desenvolvendo sua curiosidade e o hábito de sempre indagar, evitando a aquisição do conhecimento científico como uma verdade estabelecida e inquestionável. Ver referência (3).

Muitos relatam a dificuldades para realização do trabalho de experimentação apontando como principais fatores a falta de espaço físico, material didático e tempo disponível. Essa opinião é contrária a de A. Tarcísio Borges(11) que afirma:

“É um equívoco corriqueiro confundir atividades práticas com a necessidade de um ambiente com equipamentos especiais para a realização de trabalhos experimentais, uma vez que podem ser desenvolvidas em qualquer sala de aula, sem a necessidade de instrumentos ou aparelhos sofisticados”

Para que as práticas experimentais possam atingir um bom nível de aproveitamento e se fazer representativas na construção do conhecimento é necessário romper com o chamado laboratório tradicional, aquele onde o aluno segue um roteiro, obtém alguns valores, ajusta os seus resultados para ficar conforme o restante da turma, quando alguma coisa der errada em suas medidas. Quando não há preocupação com o erro, os acontecimentos são previamente determinados pelo professor. Por outro, lado as atividades que têm como ponto de partida os conhecimentos prévios do aluno, estimulam a discussão e tem uma maior autonomia daqueles que as realizam, tem grande probabilidade de obter êxitos. É importante destacar que as atividades devem ser planejadas com cuidado e antecedência, “levando em conta os objetivos pretendidos, os recursos disponíveis e as ideias prévias dos estudantes sobre o assunto” (11). Não podendo esquecer, claro, o fator motivação, que surge a partir da atmosfera produzida pela expectativa dos acontecimentos que a atividade experimental possa proporcionar, novamente para que isso aconteça o professor deve sempre que possível utilizar estratégias eficientes, que sejam capazes de potencializar o aprendizado, como aponta Carlos Eduardo Laburú.

A vista disso, poderíamos questionar se o problema da motivação encontra-se no aluno que não demonstra interesse ou no professor que não utiliza estratégias eficientes para provocar a motivação. Certamente que uma parte importante da resposta para essa questão está situada numa certa relação de dependência entre estratégias eficientes e a capacidade das mesmas em potencializar a motivação de grande parte dos alunos. Ver referência (6)

Mesmo com um quantitativo de aulas reduzidas para o extenso conteúdo a ser vivenciado na escola, o laboratório passa a ser uma importante ferramenta para o processo de ensino aprendizagem de Física, visto que a quantidade de informações a que os alunos são expostos é

gigantesca, porém estes não conseguem relacionar corretamente conteúdo do livro ou da aula expositiva com fenômeno observado.

“Caberá sempre ao professor, dentro das condições específicas nas quais desenvolve o seu trabalho, em função do perfil de sua escola e do projeto pedagógico em andamento, selecionar, priorizar, redefinir e organizar os objetivos em torno dos quais faz mais sentido trabalhar.” Ver referência (3)

2.5 Física e Matemática no Ensino Médio

De todas as disciplinas ministradas no Ensino Médio a que mais se relaciona com a Física é sem dúvida a Matemática, que para muitos é a mesma coisa, sendo uma infeliz conclusão, resultado de anos e anos de uma cultura de ensinar a Física pela Matemática, de traduzir ou resumir um universo repleto de conceitos e leis num conjunto de fórmulas exaustivamente reproduzidas em questões de livros e vestibulares, sem relação com a realidade na maioria das vezes.

“Este processo de “matematização” verificado em nossas escolas nas aulas de Física, caracteriza-se pela excessiva ênfase na apropriação de conceitos matemáticos para resolver problemas de Física, sem conexão com os fenômenos físicos em estudo” (12).

Pouco se discute o papel dessa área do conhecimento para o aprendizado da Física na escola, a importância que ela tem na representação de uma lei, os limites ou as condições de contorno em que pode ser aplicada. A priori o aluno que vem do ensino fundamental deve ter competência para utilizar o que lhe foi ensinado em matemática e aplicá-lo quando necessário aos conteúdos de Física e modelos matemáticos.

Além do mais, a linguagem simbólica deve ser trabalhada desde as séries iniciais para que os alunos possam compreender de modo significativo sua relação com os modelos matemáticos. É preciso deixar claro que os modelos matemáticos desenvolvidos no Ensino de Física possuem um sentido agregado ao fenômeno em estudo, que suas variáveis possuem um significado, não constituindo um conjunto de símbolos vazios. Ver referência (12)

Na prática o que se espera é que o aluno ao chegar ao primeiro ano do Ensino Médio seja capaz de mensurar, comparar medidas, realizar leituras de grandezas diretamente e inversamente proporcionais, construir gráficos, tabelas e que tenha noções de funções. Os PCN+ destacam que “competências em Física para vida se constroem em um presente contextualizado, em articulação com competências de outras áreas, impregnadas de outros conhecimentos”. O fato é reforçado nas competências gerais do componente representação e comunicação, quando sugere a interpretação de símbolos e códigos em diferentes linguagens e representação através de equações, esquemas, diagramas, tabelas e gráficos. Enquanto a componente investigação e compreensão, cita entre outros, estabelecer relações identificando regularidade nos fenômenos, selecionando e utilizando instrumentos de medições, fazendo uso de escalas para realizar estimativas, elaborando hipóteses e interpretando os resultados. Sem dúvida já representa um mundo de trabalho a ser enfrentado pelo professor de Física que em vários momentos dentro das aulas a interrompe para ensinar Matemática, pelo grau de dificuldade encontrada pelos aprendizes. Salientamos os casos onde os programas bimestrais das duas disciplinas não andam em sintonia. Muito se fala em criar um ambiente motivador durante as aulas e despertar o interesse

das turmas. Alguns criam soluções mirabolantes, como canções, frases de efeito, com o intuito de tornar o momento de resolução de problemas menos desagradável. O principal entrave aparece nesse momento, como foi dito anteriormente resolve-se problemas de Física através de aplicação de fórmulas, de um modelo matemático em um processo mecânico sem debate sobre o fenômeno em estudo, resumindo tudo em um valor numérico. Nesse sentido,(12) Losada coloca que: “Em nossas escolas, esta prática é frequente. Os alunos costumam afirmar que “nas aulas de Física estudam Matemática”, pois não há uma relação entre o conceito físico e o modelo matemático. Aliás, não há a prática de resolverem-se problemas em Física com o objetivo de elaborar-se um modelo matemático. Há uma ilusão de que os alunos “resolvem os problemas”, uma vez que mecanizam os procedimentos de resolução. Os resultados obtidos sequer são questionados e analisados com vistas a debater o fenômeno estudado. A resolução do problema encerra-se quando se obtém um resultado numérico. Neste caso, será que há uma aprendizagem significativa?” O fato é que pouca mudança houve nos últimos anos a esse respeito, mesmo com a introdução dos PCNs e PCN+. Há pouca literatura sobre a relação Física e Matemática nos livros e nas capacitações (que dificilmente acontece na área), realizadas pelas gerências estaduais. Uma parcela de responsabilidade, é claro, se deve ao professor seja pela falta de habilidade, pois muitos assumem a tarefa sem a formação devida, por não terem aulas suficientes em sua área às completam com Física. Outros por comodidade, ou na tentativa de atingir o máximo dos conteúdos a serem cobrados nos exames externos deixam de lado à análise de conceitos e leis fundamentais para aprendizagem. Sem uma abordagem que guie o aprendiz a encontrar sentido nos modelos matemáticos do fenômeno, sem ele perceber que a teoria e a prática são interativas e que a matemática faz essa ponte, se torna muito difícil obter resultados satisfatórios de aprendizagem com significado.

2.6 A aprendizagem significativa

Das aprendizagens desenvolvidas por um indivíduo no cérebro (afetiva, cognitiva e psicomotora), a cognitiva esta ligada ao armazenamento organizado de informações daquele que aprende. Essa organização recebe o nome de estrutura cognitiva, e vem sendo instrumento de estudo de diversos teóricos e psicólogos da educação nas últimas décadas, entre eles o norte americano David P. Ausubel (13) que enfatizou os seus estudos na aprendizagem cognitiva. As ideias de Ausubel, cujas formulações iniciais são dos anos 60, encontram-se entre as primeiras propostas psicoeducativas que tentam explicar a aprendizagem escolar e o ensino a partir de um marco distanciado dos princípios condutistas (15). Para os defensores do condutivismo, a conduta humana é baseada no processo estímulo e resposta, mecanismo que determina a aprendizagem humana a partir da maneira como atuamos. De acordo com Ausubel a estrutura cognitiva é todo o conteúdo organizado de ideias, conceitos, proposições e informações adquiridas por um indivíduo. Essa organização segue uma hierarquia de conceitos mais gerais para conceitos mais específicos. “Em sua teoria Ausubel utiliza-se de conceitos por ele chamados de subsunçores ou ideias-âncora, nome atribuído a um conhecimento específico, existente na estrutura de conhecimentos do indivíduo, que permite dar significado a um novo conhecimento que lhe é apresentado ou por ele descoberto” (14). Para ele a aprendizagem consiste na ampliação da estrutura cognitiva por meio da incorporação de novas ideias e informações, no momento

em que nos conectamos com novos fatos e interagimos com eles, estamos aprendendo e ampliando a estrutura cognitiva existente. Essa aprendizagem depende do tipo de relacionamento que se tem entre as ideias já estabelecidas na mente e as novas estruturas que estão se internalizando, de acordo com o tipo de relacionamento pode se ter uma aprendizagem mecânica ou significativa. A aprendizagem significativa é o processo pelo qual uma nova informação se conecta, relaciona e interage com aspectos relevantes da estrutura de conhecimento do indivíduo, ou seja, com alguma coisa que ele aprendeu antes. Esse aspecto relevante Ausubel chama de subsunção, e sugere a utilização de organizadores prévios.

Em termos simples, subsunção é o nome que se dá a um conhecimento específico, existente na estrutura de conhecimentos do indivíduo, que permite dar significado a um novo conhecimento que lhe é apresentado ou por ele descoberto. Tanto por recepção como por descobrimento, a atribuição de significados a novos conhecimentos depende da existência de conhecimentos prévios especificamente relevantes e da interação com eles. (14).

Segundo Marco Antônio Moreira a aprendizagem significativa é o processo através do qual uma nova informação (um novo conhecimento) se relaciona de maneira não arbitrária e substantiva (não-literal) à estrutura cognitiva do aprendiz. Dizer não arbitrária significa que existe uma relação lógica e explícita entre a nova informação e outra já estabelecida na estrutura cognitiva do indivíduo, não sendo realizada de forma forçada ou mecânica. Enquanto substantiva se refere a uma vez aprendido um determinado conteúdo o indivíduo possa explicá-lo com suas próprias palavras utilizando-se de diversos recursos. Na aprendizagem mecânica as novas ideias não se relacionam de forma lógica e clara com nenhum conceito existente na estrutura cognitiva do indivíduo, não tem um ponto de ancoragem, a informação será armazenada de forma arbitrária, sem a garantia de flexibilidade e longevidade, ficando em um nível que ela vai ser facilmente esquecida.

Quando o conteúdo escolar a ser aprendido não consegue ligar-se a algo já conhecido, ocorre o que Ausubel chama de aprendizagem mecânica, ou seja, quando as novas informações são aprendidas sem interagir com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva. Assim, a pessoa decora fórmulas, leis, mas esquece após a avaliação. (15)

Segundo Ausubel não existe distinção entre aprendizagem significativa e mecânica, elas fazem parte de um processo contínuo, ora aprendemos de forma significativa ora de forma mecânica, principalmente quando não há nenhum conhecimento prévio sobre um determinado conteúdo. No primeiro momento a aprendizagem pode se dar de forma mecânica e depois com o acúmulo de informações e interações com outros conteúdos servir de ancoragem para um novo conhecimento. No processo a aprendizagem pode se dar por recepção quando o que pode ser aprendido é apresentado ao aprendiz na forma final através de um texto, uma aula expositiva. Ou a aprendizagem pode ser por descoberta quando o aprendiz depois de estimulado vai buscar as informações necessárias para solução do problema. Ausubel cita ainda que para haver aprendizagem significativa são necessárias duas condições:

Em primeiro lugar, o aluno precisa ter uma disposição para aprender: se o indivíduo quiser memorizar o conteúdo arbitrária e literalmente, então a aprendizagem será mecânica. Em segundo, o conteúdo escolar a ser aprendido tem que ser potencialmente significativo, ou seja, ele tem que ser lógico e psicologicamente significativo: o significado lógico depende somente da natureza do conteúdo, e o significado psicológico é uma experiência que cada indivíduo tem. Cada aprendiz faz uma filtragem dos conteúdos que têm significado ou não para si próprio. Ver referência (15).

Em um de seus textos ele relata que toda a psicologia educacional pode ser reduzida a um único princípio, que é considerar a realidade trazida pelo aprendiz, porque ele não chega a escola de maneira vazia.

“Se eu tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um único princípio, diria isto: o fato isolado mais importante que informação na aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra o que ele sabe e baseie isso nos seus ensinamentos”.(13)

2.7 Laboratório Aberto

O ensino por investigação tem suas bases alicerçadas no construtivismo e busca nas reflexões e investigações de Jean Piaget orientações para suas sequências didáticas, partindo da ideia de que todo conhecimento tem origem em um conhecimento anterior e que esse conhecimento se constrói no indivíduo pelos processos de equilíbrio, desequilíbrio e reequilíbrio. Onde a passagem da ação manipulativa para a intelectual, que ocorre no período da reequilíbrio, tem um significado importante no planejamento do ensino, pois a finalidade das disciplinas escolares é que o aluno aprenda conteúdos e conceitos, isto é, construtos teóricos. Nessa perspectiva o professor deve iniciar o seu trabalho em sala com um problema que esteja ligado a uma atividade manipulativa, que explore os conhecimentos prévios do estudante e o conduza através de acertos e erros observados pelo mesmo à tomada de consciências de como o problema foi resolvido. Sendo uma condição piagetiana o erro proporciona nessa etapa de construção de conhecimento, um instrumento para se alcançar os fundamentos de um conceito, levando os participantes da atividade a reorganizar suas ideias, refazendo perguntas, refletindo sobre o próprio erro como sugere Carvalho(8) .

E muito difícil um aluno acertar de primeira, é preciso dar tempo para ele pensar, refazer a pergunta, deixa-lo errar, refletir sobre o seu erro e depois tentar o acerto. O erro, quando trabalhado e superado pelo próprio aluno, ensina mais que muitas aulas expositivas quando o aluno segue o raciocínio do professor e não o seu próprio.

Outra dimensão absorvida pelas aulas investigativas se baseia nos trabalhos realizados pelo psicólogo Vygotsky, no qual ele mostra que é por meio da socialização que se dá o desenvolvimento dos processos mentais superiores. Onde a interação se utiliza de instrumentos e signos, que são construções sócias históricas e culturais, para a apropriação (internalização) dos artefatos socialmente construídos, dentre eles sendo o mais importante à linguagem. Para o ensino, vale ressaltar que as ideias de Vygotsky propõe o papel do professor como mediador na aquisição de significados contextualmente aceitos, realizado pelo intercâmbio de significados entre professor e aluno dentro da zona de desenvolvimento proximal do aprendiz. O professor é responsável por apresentar significados socialmente aceitos, e averiguar se o que aluno captou é aceito pela comunidade. Ao mesmo tempo o aluno deve verificar se aquilo que ele captou de significado são aqueles compartilhados no contexto da área de conhecimento em questão. O ensino se consuma quando aluno e professor compartilham significados socialmente aceitos. É na interação social e intercâmbio de significados, dentro da zona de desenvolvimento proximal do aprendiz que ocorre o processo de ensino aprendizagem.

Outro trabalho importante a ser citado refere ao de Bachelard (16), quando este afirma “que todo conhecimento é a resposta de uma questão”. O problema proposto segundo sua visão deve esta

Tabela 2.1 Níveis de investigação no laboratório de Ciências (Borges, 2002, pág. 306)

Nível de Investigação	Enunciado do problema	Procedimentos	Conclusão
0	Dado	Dados	Dadas
1	Dado	Dados	Em aberto
2	Dado	Em aberto	Em aberto
3	Em aberto	Em aberto	Em aberto

dentro da cultura do aluno, e ser interessante a ponto de motivá-lo a buscar uma solução. O processo de construção de uma resposta, não pode ser confundido com o método científico, com etapas pré-estabelecidas, porém “a solução do problema deve levar à explicação do contexto mostrando aos alunos que a ciência não é a natureza, mas leva a uma explicação da natureza.”(8)

Com a intenção de proporcionar aos alunos um ambiente favorável à introdução na cultura científica às sequências de ensino por investigação (SEI) é uma alternativa excelente como prática educacional. Tendo Anna Maria Pessoa de Carvalho como o nome mais expressivo no Brasil sobre o assunto, autora e organizadora de vários livros, destinado ao ensino por investigação, ela apresenta após longos anos de pesquisa junto aos seus colaboradores, os resultados dos trabalhos na forma de atividades planejadas as quais chamam de SEIs. Nesta proposta são sugeridos vários tipos de atividades, todos servindo de plataforma para as reflexões e construção do conhecimento, as atividades podem ser planejadas a partir de: Textos Históricos; Experiências de Demonstração Investigativas; Aulas de Sistematização ou Textos de Apoio; Questões e Problemas Abertos e Laboratório Aberto. Diferente do laboratório tradicional onde o aluno segue um roteiro pré-determinado e os resultados estão atrelado muitas vezes a enunciados fechados, que levam os estudantes a acreditarem que, para resolver o problema não deve sobrar nada nem faltar nada, e resultados diferentes ao término da atividade geram dúvidas e sensação de fracasso. O laboratório aberto proposto na SEI oferece ao aluno muito mais que manipular objetos e artefatos, através de uma investigação experimental compatível a sua estrutura cognitiva, a chance de se envolver coletivamente na procura de resoluções articuladas para solucionar o problema.

Por ser um problema para os alunos, o Laboratório Aberto não pode ter uma resposta já conhecida, pois isso não seria caracterizado como um problema. Seu objetivo não é provar o que os alunos já aprenderam nas aulas teóricas, mas, ao contrário, é leva-los a procurar uma solução experimental, utilizando-se de outras linguagens da ciência como construir tabelas com dados experimentais, isto é, escolher as variáveis importantes no fenômeno físico estudado e procurar estabelecer relações entre essas variáveis, construir gráficos, isto é, procurar qual a estrutura matemática que relaciona essas variáveis. O Laboratório Aberto procura complementar a alfabetização científica dos alunos. (8)

Para avaliar o trabalho no laboratório de ciências as SEIs se utilizam de um modelo proposto por Borges(11), o qual atribui valores aos níveis de investigação que vão de zero a três de acordo com o enunciado do problema se é fornecido pelo professor ou não, mesmo acontecendo com os procedimentos e as conclusões das atividades, como mostra a tabela 2.1.

O nível zero representa um laboratório tradicional com pouca flexibilidade. Nele o aluno segue o roteiro e antecipadamente já sabe onde deve chegar, busca ajustar os dados e convergir para o resultado da turma. Os próximos níveis observa-se uma maior autonomia crescente

dos participantes até atingir o nível três, onde o problema parte da turma e estratégias dos procedimentos bem como a conclusão são fruto de suas inter-relações.

CAPÍTULO 3

Referencial Teórico

3.1 Lei Física

Na introdução de uma de suas famosas palestras o professor R. P. Feynman (17) faz o seguinte comentário (tradução livre):

Até mesmo os artistas apreciam o por do sol, e as ondas dos oceanos e a marcha das estrelas através do firmamento. Existe então alguma razão para falarmos de outras coisas de vez em quando. Quando olhamos para tais coisas, sentimos um prazer estético que se origina diretamente da observação delas. Existe também um ritmo e um padrão nos fenômenos da natureza que não é aparente aos olhos, mas apenas aos olhos da análise. É a esses ritmos e padrões que nós chamamos de uma Lei Física

Dessa forma, uma Lei Física é uma proposição que se aplica a um determinado grupo ou a uma determinada classe de fenômenos, e que expressa o fato que um particular fenômeno ou comportamento de um dado sistema sempre será observado se determinadas condições forem satisfeitas. Depreende-se da declaração de Feynman que a relação entre o fenômeno e as condições que determina sua ocorrência pode não ser óbvia ou evidente. Ou seja, demanda uma certa análise ou esforço para se estabelecer uma lei. Tipicamente, as Leis Físicas são estabelecidas a partir de repetidas observações e experimentos científicos por muitos anos e que acabam se tornando universalmente aceitas no seio de uma comunidade científica. A física usa o método científico como uma ferramenta para desvendar os princípios que governam o comportamento da luz e da matéria, bem como descobrir as implicações dessas Leis em casos específicos. Por exemplo, os gregos antigos já conheciam a relação entre o comprimento de uma circunferência e o seu diâmetro. O famoso número π é “definido” como a razão entre o perímetro e o diâmetro de uma circunferência. No capítulo 5 vamos explorar esse fato para ilustrar um procedimento experimental para determinar a Lei que relaciona o comprimento da circunferência com seu diâmetro. Apesar da simplicidade do experimento, muitos questionamentos são possíveis. Entre outras coisas que podem ser discutidas, indagamos se qualquer objeto circular satisfaz a mesma Lei. Podemos pedir aos alunos que determinem o diâmetro e a circunferência de objetos de seu cotidiano e verificar como os novos dados se encaixam na previsão da “Lei” que eles acabaram de descobrir.

3.2 Elasticidade

A matéria é constituída por partículas, átomos, íons ou moléculas que podem estar organizadas de diferentes formas. A maneira como essas partículas se organizam e das condições

em que uma porção de matéria se encontra definem a forma de um corpo. Quando falamos de matéria estamos nos referindo a tudo que possui massa e ocupa lugar no espaço, grosso modo. Ao estudar a matéria em seus três estados mais comuns (sólido, líquido e gasoso), temos um arranjo molecular para cada um deles. Comumente, tais arranjos definem como o corpo responde a ação de forças externas. O estado gasoso é caracterizado pela alta compressibilidade, pois neste estado as partículas estão muito afastadas umas das outras e interagem muito fracamente. De fato, as partículas do gás estão em constante movimento e só interagem com as paredes do recipiente que as confina ou umas com as outras durante as colisões devido a seus movimentos erráticos. Assim, os gases assumem a forma do recipiente e se deformam facilmente. Já os líquidos apresentam algumas características diferentes dos gases, entre elas, a viscosidade, que é a resistência de um líquido em fluir. Neste estado as partículas estão mais próximas (comparadas com as distâncias entre as partículas de um gás) e se influenciam mutuamente. Ao fluir as moléculas do líquido deslizam uma sobre as outras e não resistem às tensões que não sejam perpendiculares à sua superfície. Por isso os líquidos também assumem a forma do recipiente. Outro aspecto importante é o fato dos líquidos serem pouco compressivos.

As partículas que formam os sólidos, por outro lado, interagem fortemente dando a estes uma forma própria. Comumente, as partículas formam arranjos regulares ficando mais ou menos igualmente espaçadas entre si. Deformar um sólido é muito mais difícil comparativamente. Em um tratamento teórico das deformações de um corpo sólido, ele é considerado um meio contínuo, e sua descrição forma a teoria da elasticidade. Mesmo não sendo perceptíveis na maioria dos casos cotidianos, todos os corpos sólidos sob a ação de forças aplicadas, apresentam deformações até certo ponto, ou seja, mudam de forma e volume. Basicamente, as forças intermoleculares são muito pequenas e atrativas, para distâncias grandes. À medida que a distância entre as moléculas diminui a força permanece atrativa e aumenta de intensidade até uma distância característica da substância que constitui o corpo(18). Abaixo desta distância, a força diminui de intensidade até zero. Para distâncias inferiores a força torna-se repulsiva e cresce abruptamente. Em resumo, essas forças têm a características de serem atrativas à longa distância e altamente repulsivas para distâncias muito pequenas. É este aspecto microscópico que explica o comportamento das deformações macroscópicas descritas pela teoria da elasticidade.

Acima discutimos brevemente o comportamento elástico de sólidos cristalinos. Porém nesta dissertação, as deformações de tiras elásticas sob a ação de forças externas serviram como paradigma para uma introdução do método experimental a alunos que estão iniciando seus estudos de Física. Um material como a borracha apresenta um comportamento muito diferente de um sólido cristalino. A diferença pode ser explicada pelo arranjo e propriedades das moléculas que forma uma borracha ou elásticos comuns. A borracha é composta em sua estrutura por cadeias lineares muito longas, contendo milhares de canais de isopreno, conectados um após o outro. Cada cadeia segue um caminho aleatório e se conecta com outras cadeias próximas. Nas aplicações conhecidas da borracha, ela é tratada por um processo conhecido como vulcanização, que consiste na adição de enxofre. As cadeias longas da borracha se ligam às cadeias curtas do enxofre através de um processo químico termicamente ativado e resulta numa rede tridimensional. A conexão de todas as cadeias originais em múltiplos pontos forma uma única molécula gigante.

Para entender as propriedades elásticas da borracha, teoricamente, é necessário conhecer os meca-

nismos físicos que ocorrem no nível molecular e como a natureza aleatória da cadeia produz a rede. [...] Na verdade, existem vários mecanismos físicos que produzem as forças elásticas dentro das cadeias da rede á medida que uma amostra de borracha é esticada. Duas delas surgem de alterações de entropia e uma está associada á distorção dos ângulos de ligação molecular ao longo da cadeia principal. (19)

Assim, quando a borracha é esticada as cadeias moleculares estão estendidas. Liberada da tensão externa, as cadeias voltam a emaranhar-se. Dessa forma, as moléculas se encontram em um estado de menor entropia quando estão esticadas. Isto explica o peculiar comportamento da borracha encolher (diminuir o volume) quando aquecida, pois o estado enovelado é o de maior entropia. Quando esticada a temperatura constante (ambiente) a entropia da borracha diminui, logo ela se encontra fora de equilíbrio e para manter tal estado é necessária uma tensão externa. Tão logo a tensão é retirada, a borracha encolhe para obedecer a segunda lei da termodinâmica (máxima entropia). Em primeira aproximação, podemos assumir que a diminuição da entropia é proporcional à deformação e, portanto, à tensão aplicada. Este é o conteúdo expresso pela lei de Hooke que afirma que a força elástica é diretamente proporcional à deformação.

3.3 Regressão Linear Simples

Regressão linear refere-se ao ajuste de um conjunto de dados por uma linha reta — pela reta que melhor descreve os dados. Esta é uma maneira um tanto vaga de definir o problema.

Em casos assim, o melhor é apresentar o problema em estudo através de um exemplo. Suponha que tenhamos em mãos um conjunto de observações. Gostaríamos de condensar e resumir os dados ajustando-os a um “modelo”. O modelo consiste em alguma função matemática definida por um conjunto de parâmetros ajustáveis. Assumindo que o modelo seja adequado, o problema consiste em determinar os valores dos parâmetros que melhor descreve os dados observados. As vezes o modelo (a classe de funções que o define) é sugerido por alguma teoria subjacente que os dados devem obedecer.

Na prática, procuramos definir um critério objetivo (medida) que nos permita escolher um dado conjunto de valores para os parâmetros em detrimento de outro. Tal medida nos diz o quanto a previsão do modelo concorda com as observações para uma particular escolha dos valores dos parâmetros. Em geral, a medida é tal que seus menores valores representam uma concordância mais próxima. Desta forma, o processo de ajuste de dados se reduz a um problema de minimização.

Vamos supor que estamos ajustando uma linha reta para descrever N observações (x_i, y_i) , com $i = 1, \dots, N$ oriundas de um experimento. Ou seja,

$$y(x) = ax + b, \quad (3.1)$$

onde a e b são os parâmetros do modelo a serem determinados. O quadrado da distância entre a previsão teórica $y(x_i) = ax_i + b$ e o valor observado y_i é dado por

$$d_i^2 = (y_i - ax_i - b)^2. \quad (3.2)$$

Uma medida usual da concordância entre os dados e a previsão teórica é

$$f(a,b) = \sum_{i=1}^N d_i^2 = \sum_{i=1}^N (y_i - ax_i - b)^2. \quad (3.3)$$

A determinação dos parâmetros a e b é obtida pela minimização de $f(a,b)$ da expressão 3.3, ou seja, por $\nabla f(a,b) = 0$. Assim,

$$\frac{\partial f}{\partial a} = -2 \sum_{i=1}^N (y_i - ax_i - b)x_i = 0 \quad (3.4)$$

$$\frac{\partial f}{\partial b} = -2 \sum_{i=1}^N (y_i - ax_i - b) = 0. \quad (3.5)$$

Portanto, a e b são obtidas da solução do seguinte sistema de equações lineares

$$a \sum_{i=1}^N x_i^2 + b \sum_{i=1}^N x_i = \sum_{i=1}^N x_i y_i \quad (3.6)$$

$$a \sum_{i=1}^N x_i + bN = \sum_{i=1}^N y_i, \quad (3.7)$$

cujo resultado é dado por

$$a = \frac{N \sum_i x_i y_i - \sum_i x_i \sum_i y_i}{n \sum_i x_i^2 - (\sum_i x_i)^2} \quad (3.8)$$

e

$$b = \frac{n \sum_i x_i^2 \sum_i y_i - \sum_i x_i \sum_i x_i y_i}{n \sum_i x_i^2 - (\sum_i x_i)^2} \quad (3.9)$$

Com vimos, a função $f(a,b)$ representa a soma dos desvios quadráticos entre o valor da variável dependente y_i na i -ésima observação daquele previsto pela relação linear. Implicitamente, neste procedimento estamos fazendo algumas suposições a respeito do comportamento estatístico dos dados. A saber, os valores da variável independente são medidos sem erros, os valores da variável dependente obedecem a mesma distribuição de probabilidades com o mesmo desvio padrão para todas as observações.

Nada foi dito sobre a adequação do modelo escolhido. Muitas vezes não sabemos se uma linha reta seria o melhor modelo para descrever os dados experimentais. Uma grandeza que pode medir a qualidade do ajuste é o coeficiente de correlação linear de Pearson(20) que é dado pela expressão

$$r = \frac{N \sum_i x_i y_i - \sum_i x_i \sum_i y_i}{\sqrt{\left[N \sum_i x_i^2 - (\sum_i x_i)^2 \right] \left[N \sum_i y_i^2 - (\sum_i y_i)^2 \right]}}. \quad (3.10)$$

O coeficiente de Pearson satisfaz a relação $-1 \leq r \leq +1$ e quanto mais próximo dos valores extremos mais adequado é o modelo.

CAPÍTULO 4

Metodologia

Neste capítulo serão descritas as etapas que constituíram a aplicação do Produto Educacional, a sequência didática, o material utilizado em cada etapa, bem como a dinâmica do desenvolvimento das aulas. As atividades foram desenvolvidas na Escola de Referência em Ensino Médio Confederação do Equador da rede estadual, no município de Paudalho, do Estado de Pernambuco, durante o primeiro semestre do ano de 2018. O trabalho envolveu uma única turma do primeiro ano do Ensino Médio. A metodologia baseia-se na investigação experimental, buscando atingir o nível 2, sugerido por Borges (11), para avaliar o grau de liberdade e participação do aluno no laboratório aberto, método utilizado pela SEI, Sequência de Ensino Investigativo. O principal objetivo consiste em apresentar aos alunos as técnicas e procedimentos experimentais próprios da Física.

A turma é, em sua maioria, composta por alunos oriundos de diversas Escolas da rede Municipal de Ensino. Portanto, planejamos algumas atividades para familiarizar os educandos com a metodologia que iríamos adotar. As atividades preliminares foram aplicadas com o objetivo de tentar homogeneizar a turma no que se refere a conteúdos matemáticos, que consideramos importantes para início dos trabalhos, bem como o manuseio de régua graduada em milímetros, fita métrica, o traçado de gráficos em papel milimetrado e tabulação de dados. Algumas dessas atividades estão descritas nos apêndices A, B, C, D, E e F. Como a nossa proposta de trabalho requer o conhecimento mínimo de alguns conteúdos matemáticos, as atividades que antecederam a aplicação do Produto Educacional objetivaram, a princípio, favorecer a compreensão de tópicos como: localização de pontos no plano cartesiano, arredondamento de valores, transformação de escalas e preenchimento de tabelas. Os materiais que serviram de ferramentas para o início das atividades preliminares foram régua, lápis, borracha, blocos de anotações e caneta.

O aparato experimental do Produto Educacional é de fácil produção, não querendo dizer de baixo custo, pois o suporte tem que ser feito por encomenda de acordo com as medidas especificadas pelo professor e há necessidade de compra de materiais como tubo de ferro, copos transparentes, elásticos de borracha e de costura, fitas métricas. No caso dos círculos, as caixas de papelão podem ser adquiridas sem custo, mas há necessidade da compra de compasso e cola branca. Nós consideramos que a sequência didática é parte integrante do Produto Educacional. O material desenvolvido pode ser utilizado em qualquer espaço escolar sendo destinado a professores interessados em trabalhar, com séries finais do Fundamental ou a série inicial do Ensino Médio, com uma abordagem de Física Experimental.

Nosso Produto Educacional é uma SEI constituída por um aparato experimental e um conjunto de atividades, composta de três momentos, que guiam ou servem de guia à aplicação do produto, todos envolvem os mesmos procedimentos experimentais. Começamos com uma situação desafiadora e logo em seguida a execução de medições e a consequente tabulação de

dados, se estendendo até a determinação da lei ou relação matemática entre as grandezas medidas. Aqui escolhemos situações onde a dependência funcional entre as grandezas é expressa por uma função de primeiro grau. Não obstante, cada momento difere dos outros em alguns aspectos no que diz respeito à análise dos resultados. No primeiro momento, os alunos medem o comprimento da circunferência em função do diâmetro. No segundo caso, o comprimento de uma tira elástica é medido em função da carga que está pendurada em uma de suas extremidades. Por fim, elásticos de diferentes tamanhos são distendidos sob a ação de uma mesma carga. No caso dos círculos, o sistema é rígido e os dados obtidos obedecem a uma relação linear. Ou seja, o comprimento da circunferência é proporcional ao diâmetro e a reta que melhor ajusta os dados experimentais passa pela origem do sistema de eixos. Desta forma, a lei de proporcionalidade ocorre entre as grandezas diretamente obtidas no processo de aquisição dos dados. No segundo momento, o que é diretamente observado é a carga aplicada ao sistema e o comprimento do elástico sob a ação da carga. O gráfico do comprimento do elástico em função da carga é descrito por uma linha reta que não passa pela origem dos eixos coordenados. Assim, essas duas grandezas não são proporcionais entre si. Porém, se definirmos uma nova origem para os eixos coordenados no ponto de intersecção da reta com o eixo das abcissas, obteremos uma relação linear para esse novo conjunto de grandezas. Essa translação de eixo corresponde a subtrair o comprimento do elástico sob a ação de uma carga de seu comprimento original (relaxado). Assim, o aluno pode concluir que a deformação (alongação) do elástico é proporcional à carga. Com isso os alunos tem a oportunidade de identificar as grandezas convenientes para expressar uma determinada lei que governa o fenômeno em observação. No terceiro momento, a turma pode discutir um dos fatores que influencia a elasticidade do material em estudo. Agora, elásticos de tamanhos relaxados distintos são submetidos à mesma carga. De forma que os alunos podem verificar que a deformação sofrida pelo elástico depende de seu comprimento inicial. Este fato é traduzido nos gráficos da deformação dos elásticos de tamanhos originais distintos em função das respectivas cargas. E este momento é uma ocasião propícia para se discutir leitura e interpretação de gráficos.

Como decidimos trabalhar com planilha eletrônica para criação de gráficos e análise de dados experimentais, procuramos empregar aquelas disponíveis gratuitamente. Diversos softwares são disponibilizados na internet como: Br office, Google Docs planilhas, entre outras, que se prestam muito bem para nossas finalidades. Neste trabalho optamos pela planilha do Google Docs, pois ela pode ser utilizada em computadores, tabletes e smartphone, sendo similar ao programa Excel que pertence a Microsoft e necessita-se de licença para ser utilizado. Outro fato para utilização do Google Docs é que os conteúdos ficam armazenados na rede de computadores (nuvem), podendo ser acessados em outros momentos. A sequência de trabalho esta organizada da seguinte maneira: 1º Levantamento prévio sobre o tema; 2º Obtenção de dados a partir de medidas; 3º Obtenção da melhor reta para distribuição dos pontos; 4º Debate coletivo sobre os valores obtidos; 5º Recurso tecnológico utilizando a planilha eletrônica; 6º leitura de um texto ou questionário.

4.1 Medidas dos círculos

Antes de iniciarmos a atividade de medição das propriedades geométricas dos discos, ver figura 4.1, discutimos alguns temas a respeito de medições e instrumentos de medida. Estimulamos a turma a refletir sobre a importância de realizar medições, procuramos descobrir os instrumentos de medidas com os quais eles já tiveram algum contato ou ouviram falar a respeito.



Figura 4.1 Círculos de papelão.

A turma é composta por 32 alunos e toda a atividade foi realizada em 8 horas aulas. As medições foram feitas em duplas, espontaneamente formadas. Cada dupla recebeu 12 círculos feitos de papelão de diâmetros diferentes, duas fitas métricas, duas réguas e duas folhas de papel milimetrado. Os alunos foram instados a medir o comprimento e o diâmetro de cada círculo, realizar os arredondamentos para duas casas decimais e organizar os dados em uma tabela. Na figura 4.2 vemos o conjunto de discos recebido por uma dupla. Nas figuras 4.3 e 4.4, ilustramos o processo de medição.

Embora as medições tenham sido feitas em conjunto, o traçado dos gráficos e a posterior análise foram realizados individualmente por cada aluno. A análise do resultado das medições consiste em traçar uma linha reta que melhor se ajuste aos pontos marcados no gráfico e obter sua inclinação (tangente do ângulo formado com o eixo das abcissas). Assim, podemos inferir que o comprimento da circunferência é proporcional ao diâmetro. Além disso, a constante de proporcionalidade é dada pela inclinação da “melhor” reta. Para enriquecer a discussão sobre



Figura 4.2 Conjunto de 12 círculos e fita métrica.

a atividade realizada, pedimos que cada aluno realizasse as medidas de cinco objetos com formato circular de tamanhos diferentes de seu cotidiano. No encontro seguinte pedimos que os alunos marcassem os pontos correspondentes às novas medições nos seus respectivos gráficos. Igualmente, podemos comparar o comprimento medido de um novo círculo com a previsão “teórica” fornecida pela multiplicação da inclinação da reta pelo diâmetro do novo círculo. Gostaríamos de enfatizar que embora a inclinação da reta deva se aproximar do valor de π , não consideramos que esta atividade se destina a medir π experimentalmente. Porém, nosso objetivo é introduzir o método experimental o mais cedo possível na prática de Ensino de Física. Para finalizar esta etapa, os alunos receberam instruções para trabalhar com uma planilha eletrônica como descrito em detalhes no capítulo 5. Consideramos esta iniciativa importante para familiarizar os estudantes com o uso de ferramentas modernas de análise de dados.

A avaliação da atividade foi feita através da aplicação de um questionário (ver apêndice A), do qual destacamos a pergunta número 2: “Se os círculos medidos fossem cada vez menores, por onde passaria a reta que ajusta os pontos experimentais?” A proporcionalidade só é obtida se esta reta passa pela origem dos eixos coordenados.



Figura 4.3 Medição do diâmetro de um círculo.



Figura 4.4 Medição do comprimento de uma circunferência.

4.2 Deformações elásticas

As atividades do segundo momento do produto educacional abordam uma propriedade mecânica interessantes dos materiais. Todo corpo se deforma sob a ação de um esforço suficientemente forte. Corpos formados por certos materiais são mais fáceis de serem moldados, outros parecem mais rígidos e assim por diante. A resposta de um material a esforços externos depende de vários fatores. Alguns aspectos do comportamento elástico dos materiais foram discutidos no capítulo 3. Aqui estamos interessados numa resposta macroscópica de certos materiais quando submetido à tração. Basicamente, gostaríamos de guiar o estudante a obter uma relação quantitativa entre a tração e a deformação entre tiras elásticas de borracha. De novo, gostaríamos de chamar a atenção para o fato de não estarmos medindo a constante elástica de

um determinado corpo ou “provando” a lei de Hooke. Dedicamos oito horas aulas às atividades experimentais e discussão do conteúdo e resultados. Aqui também partimos de uma provocação para a turma externar suas ideias e conhecimento sobre a dureza, elasticidade e a forma que os corpos apresentam. Em seguida a turma foi dividida em oito grupos de quatro alunos. Cada equipe recebeu um aparato com os seguintes materiais: suporte de metal, apoiado em um tripé, como na figura 4.5. Nesta figura pode-se ver também uma fita graduada em milímetro. O suporte possui uma trilha guia em seu corpo, como pode ser visto na figura 4.6. Esta trilha serve de guia para uma haste indicativa da leitura da posição da carga. Na parte superior do suporte há ganchos para prender as tiras elásticas, ver figura 4.5.

O aparato experimental também tem um recipiente transparente para acomodar a carga. Ele tem um corpo cilíndrico de 350 ml, no qual colamos uma fita crepe com marcações a cada 50 ml. O recipiente de carga é preso ao elástico por um eixo de arame posto em sua extremidade superior. A prolongação do eixo serve como um ponteiro para facilitar a leitura da posição da carga. Utilizamos elásticos de borrachas e elástico nº 18 empregados em vestuários. Abraçadeira de nylon foi usada para prender o elástico nº 18 ao suporte, como mostra as figuras 4.7 e 4.8.

O material que serviu como medida de carga (peso) foi água com corante. Cada aluno recebeu uma folha em que se pedia o preenchimento das tabelas referentes às medidas das deformações utilizando dois elásticos de borracha amarrados em série e medidas com um elástico apenas. A sequência de procedimentos até chegar a obtenção da reta foram semelhantes ao trabalhados com os círculos.

Para iniciar a atividade o aluno deve observar a posição inicial da haste na fita métrica do conjunto elástico-copo e anotar o valor medido na tabela, ver figura 4.9. A unidade de carga escolhida foi o Newton(N), pois achamos pertinente já que, esta unidade faz parte do conteúdo programático para o ano letivo, mas nada impede de ser atribuída outra unidade. Cada marcação no copo equivale à carga de 50 ml de água, ou seja, 0,5 N. O uso apenas de água dificulta a observação da coluna de líquido no copo, por isso adicionamos corante. Após obtenção dos dados pelos grupos cada aluno recebeu uma régua e uma folha milimetrada com os eixos carga versus deformação. A figura 4.10 mostra o modelo da folha. Como sempre a atividade foi encerrada com um debate sobre os resultados do experimento as propriedades elásticas do material.

Na busca de mais elementos para discussão realizou-se uma segunda atividade com os elásticos. Dessa vez de caráter demonstrativo, pois contou com a participação de apenas uma equipe na apresentação. Na atividade trabalhou-se com elástico branco, nº 18, de tamanhos diferentes, 18,0 cm, 9,0 cm e 4,5 cm, cada um preso a um copo, aferiu-se a posição inicial da haste quando vazios e posteriormente quando completamente cheios, como ilustrado na figura 4.11.



Figura 4.5 Suporte de metal.



Figura 4.6 Trilha para guiar a haste de leitura.



Figura 4.7 Copo com elástico de borracha.

Figura 4.8 Copo com elástico nº 18.

Figura 4.9 Posição inicial do marcador.

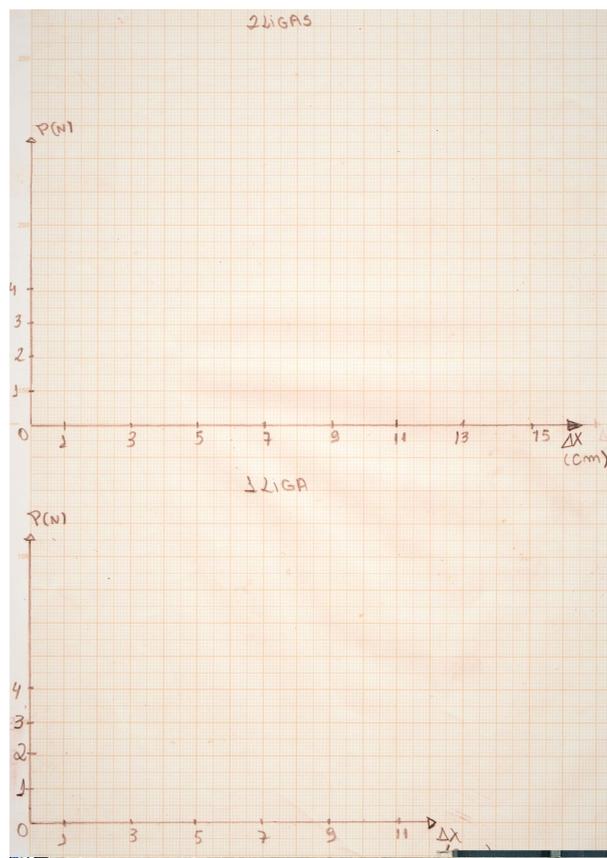


Figura 4.10 Folha para construção de gráficos.



Figura 4.11 Elásticos com comprimentos iniciais de 18,0 cm, 9,0 cm e 4,5 cm.

Resultados e discussões

5.1 Resultados da atividade dos discos

Na atividade dos círculos observou-se uma disposição e interesse dos alunos, durante todas as aulas. Vale salientar que as atividades preliminares, que estão descritas no apêndice B, C, D, E foram de grande importância para a aplicação do produto, pois possibilitou trabalhar com o grande grupo. Verificou-se que 29 dos 32 alunos conseguiram completar a atividade. O termo coeficiente angular da reta não havia sido entendido, para prosseguir com a atividade houve a necessidade de revisar relações métricas no triângulo retângulo e também função linear e afim. Em nenhum momento buscou-se determinar a lei de formação matemática da reta, mesmo fazendo uso de procedimentos matemáticos. Nesse momento o intuito era observar se eles conseguiam organizar os dados e enxergar uma regularidade dos valores próximos à reta. O valor do coeficiente angular serviu para que pudessem comparar com a média da relação Comprimento/ Diâmetro. Com esse procedimento surgiram questionamentos sobre a natureza da melhor reta e seu significado no trabalho. É importante registrar a dificuldade técnica, mesmo depois das atividades preliminares, quanto ao uso dos instrumentos de medição. Mesmo utilizando materiais pouco sofisticados, no primeiro momento verificou-se que alguns grupos apresentavam problemas para manusear régua e fita métrica corretamente. Identificamos o problema durante as medições do comprimento e diâmetro dos círculos. No exemplo ilustrado na figura 5.1, a medida realizada pelo aluno pode não corresponder a maior corda do círculo, pois ele não garante que a borda superior da fita métrica passa pelo centro do círculo. O erro cometido torna-se mais importante para as medições realizadas nos círculos de menor diâmetro.

Na figura 5.2, mostramos os resultados obtidos por uma aluna, identificado como aluna X, e na figura 5.3 o gráfico por ela elaborado.

Nas figuras 5.4 e 5.5, ilustramos os resultados obtidos pelo aluno Y, escolhido de uma dupla diferente da aluna X.

Na tabela da figura 5.2, construída pela aluna X, observa-se três colunas preenchidas. Na terceira coluna estão os valores do quociente entre o comprimento da circunferência e o seu diâmetro. Esses valores foram obtidos após a obtenção da inclinação da reta ajustada. A média 3,22 dos quocientes dessa relação encontra-se no lado superior direito da tabela, ele foi utilizado para comparar com o resultado obtido no cálculo da inclinação da reta. Durante a aplicação da atividade dispomos de apenas seis computadores, tomamos a decisão de formar duplas na construção dos gráficos. Foram muitas as dificuldades encontradas pelos educandos, mesmo sendo portadores de celulares, utilizando mídias sociais e aplicativos muitos não têm acesso a computadores e apresentaram desconhecimento de como utilizar a máquina e os

programas. Para minimizar o problema e socializar o aprendizado foi sugerido que as duplas fossem compostas por um aluno com habilidade no manuseio e outro não. Aquele que apresentava maior desenvoltura tornava-se “monitor“ de outro. Na utilização da planilha eletrônica, todos seguiram um roteiro com os seguintes passos:

- Digitar os valores obtidos nas medidas
- Obter o gráfico de dispersão
- Exibir a reta ajustada para dispersão
- Exibir a equação no gráfico
- Exibir o Título do gráfico
- Exibir os títulos dos eixos horizontal e vertical com suas unidades e escalas
- Exibir as linhas de grade verticais e horizontais (ajuda na visualização e facilita a explicação para eventuais dúvidas).

Nas figuras 5.6 e 5.7, mostraremos os gráficos produzidos pela aluna *X* e pelo aluno *Y* utilizando a planilha eletrônica.

Na aula seguinte todos os participantes receberam os seus gráficos impressos juntos com os feito à mão e puderam comparar os resultados. Nesse momento debateram-se questões sobre precisão de medidas e reforçamos os elementos que deveriam conter no gráfico. Aproveitamos este momento para interpretar os resultados do experimento com o auxílio dos gráficos. Formou-se um consenso na turma que os dados experimentais são adequadamente descrito por uma linha reta. E, após alguma discussão, a maioria concordou que a reta passaria pelo ponto (0,0). Nesse ponto, chamamos a atenção da turma para a pergunta do questionário nº 01: "Se os círculos medidos fossem cada vez menores, por onde passaria a melhor reta que ajusta os pontos?" Como pode ser visto na figura 5.8, muitos alunos não perceberam que o ponto (0,0) corresponderia a um círculo de raio infinitamente pequeno. Quando as observações foram confrontadas com a equação da reta, pudemos chamar a atenção da turma para o termo independente de x na equação ser nulo implica que a reta passa pela origem e que, portanto, as grandezas são proporcionais entre si. De fato, alguns alunos prolongaram a reta com o auxílio da régua e verificaram que esta passaria pela origem dos eixos coordenados, sem necessariamente conceber um disco infinitamente pequeno. Por fim, pudemos concluir que a razão entre o comprimento da circunferência e seu diâmetro é uma constante. E vários alunos chegaram a mencionar que a constante deveria ser igual ao famoso número Pi. Observe a respostas de alguns alunos quando questionados sobre a possibilidade de haver uma “lei“ relativa à razão do comprimento da circunferência por seu diâmetro:

“Sim, pois independente do tamanho, quando dividido C/D o valor será aproximado a 3,14.“ (Aluno T)

“Sim, pois assim no meu ponto de vista se agente pegar qualquer objeto circular vai dar o valor aproximado.“ (Aluna Z)

“Tudo está relacionado a lei de Pi e sim é uma lei e foi comprovada.“ (Aluna K)

“Sim, pode dizer que é uma lei porque irá sempre esta se aproximando de 3,14.“ (Aluno W)

5.2 Resultados da medição dos corpos elásticos

O trabalho com a medição dos elásticos seguiu uma dinâmica parecida com as utilizadas nos círculos, porém buscou-se dar mais autonomia aos participantes da atividade. Durante a execução das medidas os alunos perceberam que para obter resultados mais confiáveis deveriam observar a haste fixada na boca do copo sempre de frente e na altura dos olhos, ou seja, eles procuraram reduzir o erro de paralaxe. Outro fato importante se refere ao tempo de relaxação do elástico de borracha, todos os grupos perceberam que ao inserir uma nova quantidade de água no copo deveria esperar em média de cinco a dez segundos para anotar a posição do marcador referente à fita presa no corpo do suporte. Caso contrário haveria divergência nos valores anotados por cada aluno, principalmente para o último do grupo. Quanto à marcação dos pontos no papel milimetrado, o traçado da reta e a formatação dos gráficos na planilha eletrônica percebeu-se uma melhora, não apenas em qualidade como em tempo para produção se comparado com os círculos. As figuras 5.9 e 5.10 a seguir mostram os valores tabelados para as medidas dos elásticos, a construção da reta à mão e na planilha eletrônica. Aqui ilustraremos os resultados obtidos pela aluna *F*.

Nas figuras 5.11 e 5.12 mostramos os resultados obtidos pela aluna *F* porém, desta vez, os gráficos foram produzidos com o auxílio de uma planilha eletrônica.

Foi realizado um debate onde as equipes foram incentivadas a relatarem sobre a atividade e suas dificuldades. Um total de quatro dos oito grupos relatou que a inclinação da reta estava ligada ao comprimento inicial da liga, quando calculado a tangente. Quando sugerido que explicasse, o que aconteceu com a inclinação da reta quando mudamos o comprimento da liga? Alguns alunos argumentaram e deram opiniões como as respostas transcritas abaixo, obtidas da atividade:

“Quando colocamos somente um elástico a tendência dos valores é aumentar.”(Sic)

“A tendência é subir mais.” (Sic)

“O valor com duas ligas deu menor do que com uma liga.” (Sic)

“Com o aumento de ligas o valor esta proposto a diminuir.” (Sic)

“Quanto maior a elasticidade menor a inclinação. Quanto menor a elasticidade maior a inclinação.” (Sic)

“Por que com as duas ligas a elasticidade é bem menor e com uma a elasticidade é maior eu acho.” (Sic)

“Por que as duas ligas tem mais resistência do que uma só”. (Sic)

“A tendência é subir mas (sic), porque as duas ligas tem mais resistência (força) de que uma só, uma liga vai descer mais por isso vai ter o valor maior.” (Sic)

Notamos maior participação da turma na elaboração das respostas. Também foi possível perceber que os alunos procuraram discutir entre os grupos a forma mais eficiente de construir e analisar os gráficos. As respostas ainda carecem de um refinamento. Notamos ainda uma confusão de termos dos alunos no momento em que relatam sobre o experimento. Por exemplo, quando o aluno diz “que a tendência dos valores é aumentar“, ele não está se referindo à deformação, mas, na verdade, ao valor da tangente da reta. E quando falam de resistência, querem se referir à deformação do elástico. Até este momento, o conceito de força elástica, como uma força restauradora, não havia sido enunciado. A segunda etapa da atividade consistiu em

analisar três arranjos em equilíbrio, compostos por copos completamente cheios, cada um preso ao suporte por elásticos brancos, nº 18, de comprimentos 18,0 cm, 9,0 cm e 4,5 cm. Com os dados das posições iniciais para os copos vazios e finais para os copos completamente cheios, alunos puderam calcular a constante de proporcionalidade de cada sistema e compará-las. Os valores das constantes de proporcionalidade (K) para as medidas 18,0 cm, 9,0 cm e 4,5 cm foram respectivamente 0,29 N/cm; 0,57 N/cm e 1,13 N/cm.

Um percentual expressivo da turma após analisarem os resultados para K_1 , K_2 , K_3 , perceberam a importância do comprimento inicial do elástico na obtenção da constante K . Também relataram que os valores encontrados para os K s tinham relação com a tangente da reta e que os dois experimentos estavam relacionados. Ao fim das atividades, partiu-se para o trabalho no livro texto, formalizando o conceito de força elástica no quadro branco.



Figura 5.1 Medição do diâmetro de um círculo.

ATIVIDADE 1

MEDIDAS DO DIÂMETRO E DA CIRCUNFERÊNCIA

$$\frac{38,67}{12} = 3,22$$

Comprimento (cm)	Diâmetro (cm)	C/D
44,1	3,9	3,62
48,3	6,6	3,27
26,8	8,2	3,27
34,7	11,5	3,02
38,9	11,8	3,30
50,5	16,6	3,24
53,5	16,8	3,18
65,9	21,0	3,14
76,1	23,6	3,18
81,9	26,1	3,12
90,3	28,7	3,15
92,5	30,7	3,18

Figura 5.2 Tabela com medidas do diâmetro e da circunferência da aluna X.

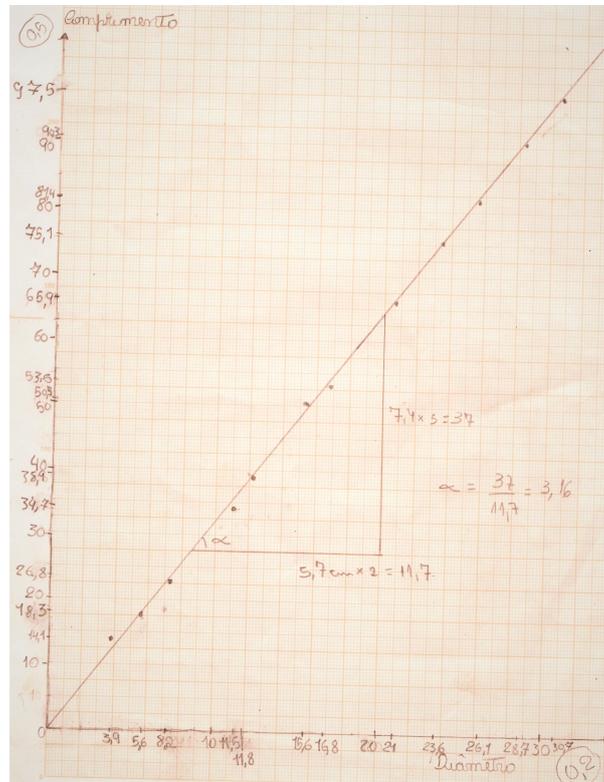


Figura 5.3 Reta ajustada obtida pela aluna X.

ATIVIDADE 1
MEDIDAS DO DIÂMETRO E DA CIRCUNFERÊNCIA

Comprimento (cm) y	Diâmetro (cm) x	C/D
14	4,0	3,5
18,6	5,5	3,38
26,4	8	<u>3,30</u>
33,5	10,3	3,25
39,1	12	3,26
48,3	14,9	3,24
53,4	16,8	3,18
63,5	19,7	3,24
76,4	23,9	3,18
80,6	25,7	3,14
89,8	27,9	3,22
94,6	29,7	3,18

$\frac{39,07}{12} =$

Figura 5.4 Tabela com medidas do diâmetro e da circunferência da aluno Y.

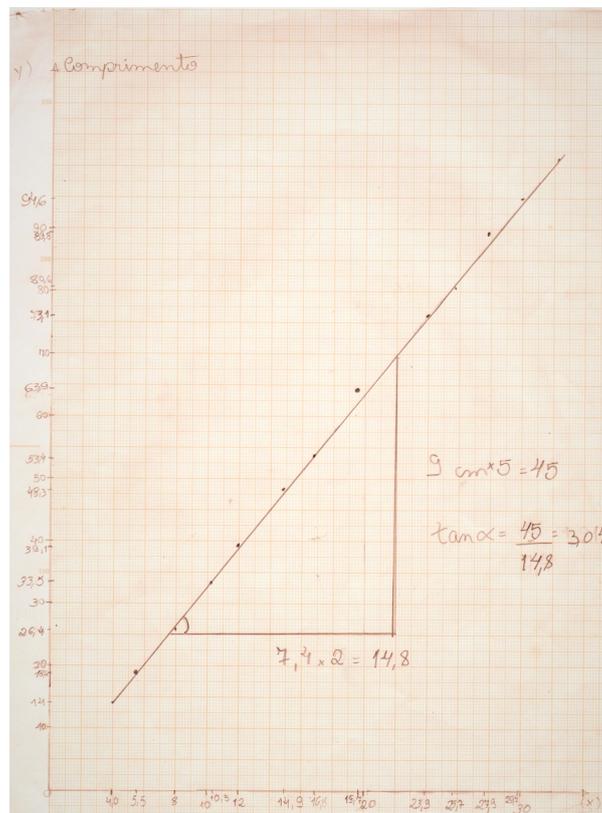


Figura 5.5 Reta ajustada obtida pelo aluno Y.

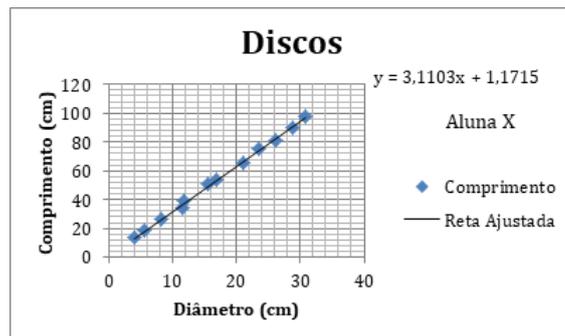


Figura 5.6 Gráfico produzido na planilha eletrônica pela aluna X.

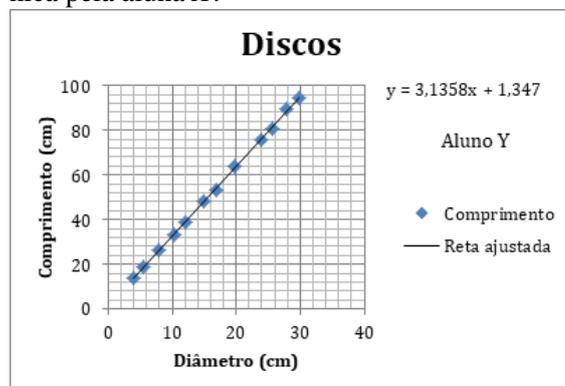


Figura 5.7 Gráfico produzido na planilha eletrônica pelo aluno Y.

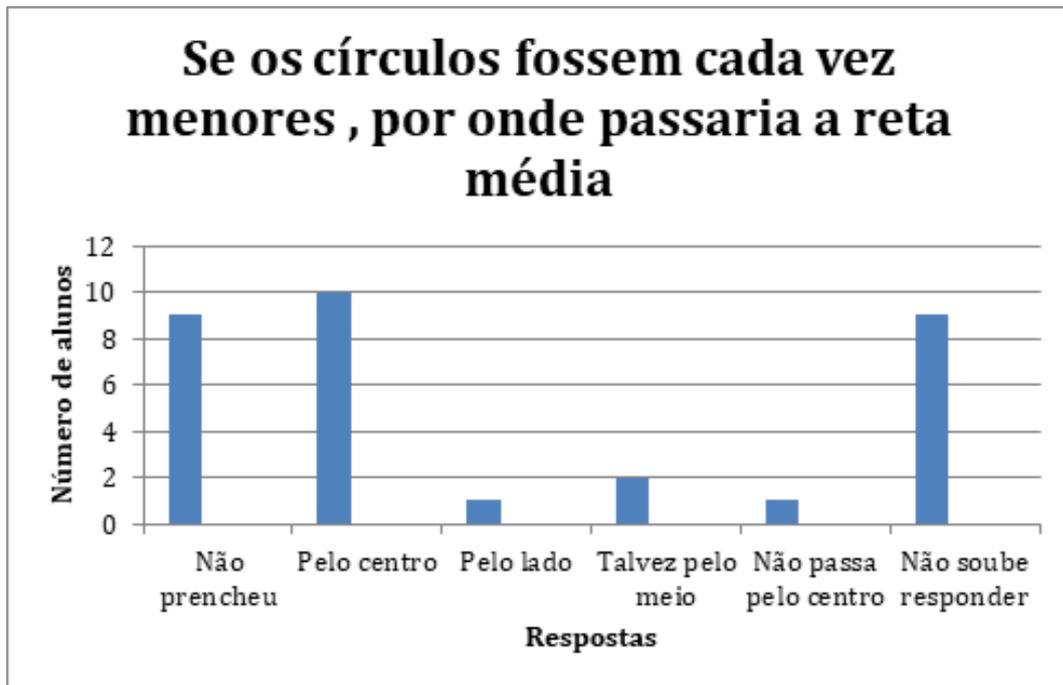


Figura 5.8 Histograma das resposta ao questionário I.

x0 = 20,4 cm 2 Ligas			
medida	Peso	X - x0 (cm)	ΔX
1	0,5	21,1 - 20	1,1
2	1,0	22,5 - 20	2,5
3	1,5	22,8 - 20	2,8
4	2,0	23,3 - 20	3,3
5	2,5	28,3 - 20	8,3
6	3,0	30,2 - 20	10,2
7	3,5	33,1 - 20	13,1

x0 = 11,6 cm 1 Liga			
medida	Peso	X - x0 (cm)	ΔX
1	0,5	12,1 - 11,6	0,5
2	1,0	12,2 - 11,6	0,6
3	1,5	13,2 - 11,6	1,6
4	2,0	13,3 - 11,6	1,7
5	2,5	16,8 - 11,6	5,2
6	3,0	18,2 - 11,6	6,6
7	3,5	19,3 - 11,6	7,7

Figura 5.9 Tabela das medidas das deformações elásticas obtidas pela aluna F.

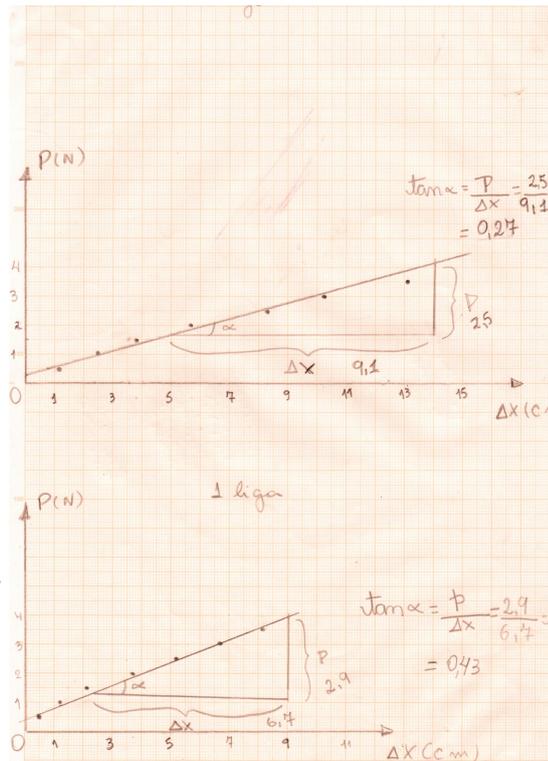


Figura 5.10 Reta ajustada pela aluna F.

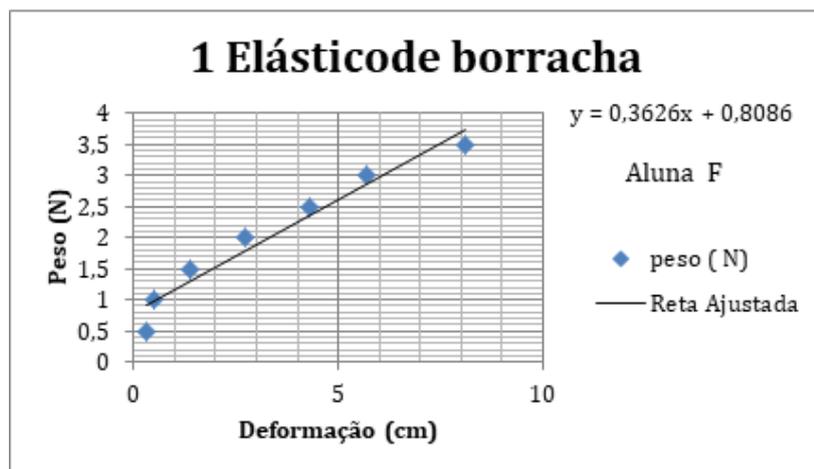


Figura 5.11 Gráfico do peso em função da deformação de um único elástico produzido pela aluna *F* com o auxílio de uma planilha eletrônica.

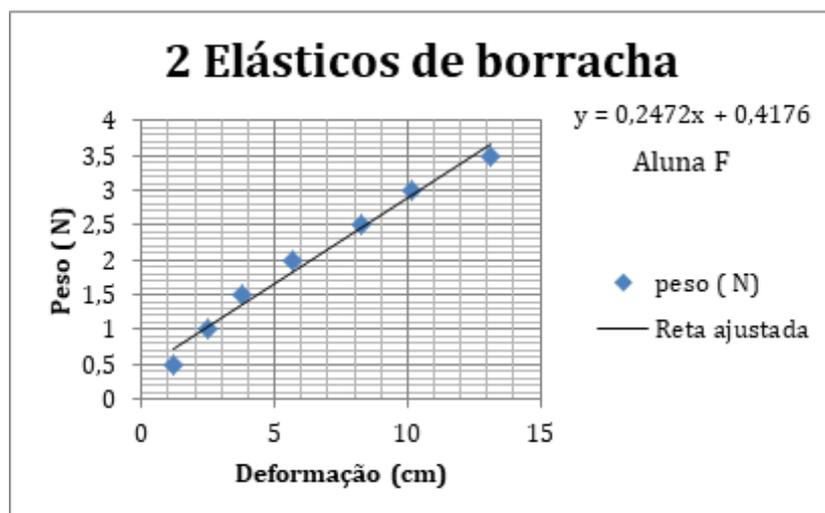


Figura 5.12 Gráfico do peso em função da deformação de dois elásticos ligados em série produzido pela aluna *F* com o auxílio de uma planilha eletrônica.

Considerações finais

Como citado no artigo 35 da LDB e em outros documentos que norteiam o ensino no Brasil a Educação Básica é obrigatória e destinada a todos. Ao término desse período o aprendiz deve ser capaz de exercer plenamente a sua cidadania, tendo as condições necessárias para caso deseje prosseguir em seus estudos. O ensino de Física tem muito a contribuir nessa formação visto que possui um amplo campo de aplicações e um enorme grupo de fenômenos que ela busca descrever. Muitas destas aplicações e fenomenologia fazem parte da vida diária do indivíduo. Porém são inúmeras as limitações encontradas para transmitir seus conceitos e aplicações nas escolas do país, principalmente as públicas. O jovem que queira ou não seguir em seus estudos diariamente tende a esbarrar em situações que exigem dele conhecimentos básicos nas diversas áreas do conhecimento, inclusive a Física. Diante disso defendemos a inserção das atividades experimentais nas séries iniciais do Ensino Fundamental e iniciais do Ensino Médio porque as mesmas possibilitam ao aluno exercitar desde cedo algumas técnicas científicas próprias do estudo da Física. Essas atitudes presentes desde cedo na vida escolar poderão ajudar o estudante a compreender os fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos e dos fenômenos do seu cotidiano. Além do mais, ao despertar para um fato que lhe chame atenção durante uma atividade experimental, o aluno poderá sentir-se motivado a procurar informações contidas na Física ou em outras disciplinas para solução de um problema.

Acreditamos que a aplicação desta proposta de trabalho foi positiva. Pudemos observar algumas vantagens durante e depois da execução do Produto Educacional. Percebemos que a turma motivou-se, quase todos os alunos participaram dos debates e as atividades proporcionaram momentos de reflexão. Dependendo da realidade da turma, o professor escolhe livremente o número de alunos por equipe. O produto é de fácil reposição de peças e montagem, não requer de um espaço específico para trabalhar, podendo perfeitamente ser utilizado na sala de aula. A escolha de fenômenos simples descritos por funções básicas é um ponto crucial na sequência didática, pois é a partir da análise dos dados dos gráficos que temos os momentos mais ricos para discussão. Outro fato positivo se deve à importância de manuseio dos instrumentos de medição. Ao manusear um instrumento de medição o aluno pode ter a experiência de deparar-se com problemas quase nunca mencionados no livro didático. Como foi o caso vivenciado por nossos alunos ao observar a haste de metal que servia de marcador no estudo da deformação elástica dos materiais. Os alunos perceberam que para uma leitura correta da deformação do elástico era preciso posicionar-se de forma que os olhos e a haste estivessem no mesmo nível. Momento oportuno para falar do Erro de paralaxe, comum ao leitor quando observa de forma errada a escala graduada. O erro se é causado por um desvio óptico devido ao ângulo do observador. No nosso caso, a maioria dos alunos não tem acesso a computadores, podemos destacar também o impacto positivo causado pela introdução da planilha eletrônica

na atividade.

Ressalvamos, porém, como desvantagem o quantitativo elevado de horas aulas empregadas nas atividades. Como a turma piloto era formada por alunos de várias localidades do município, eles formavam um grupo muito heterogêneo. Domínio de conteúdos matemáticos abaixo do esperado e considerável dificuldade no manuseio dos instrumentos de medição. Na tentativa de homogeneizar a turma, dedicamos quatro aulas para atividades extras. Na aplicação do produto foram utilizadas mais doze aulas, sendo seis para os discos e os outros seis para as deformações elásticas. Ou seja, todo o trabalho consumiu dezesseis aulas. Atribuímos o número elevado de aulas às dificuldades que encontramos, durante o período de aplicação, como feriados e outras atividades programadas pela Coordenação Pedagógica da Escola. As aulas separadas também foi outro fator negativo, pois em alguns momentos tivemos que recomeçar toda uma etapa do trabalho. Caso as aulas sejam conjuntas, acreditamos que a aplicação do produto, com as aulas extras, se for necessário, pode ser realizada em dez horas aulas, sem prejuízo para o conteúdo programático.

Pretendemos aplicar o produto em outras turmas, pois consideramos que apesar dos problemas enfrentados os resultados foram positivos e os dados colhidos durante sua realização servirão para aperfeiçoamento do material e sua aplicação.

Produto Educacional

A.1 Apresentação

Este produto educacional é destinado principalmente aos docentes que tenham interesse em utilizá-lo como recurso didático para o trabalho em sala de aula. O objetivo é trabalhar algumas técnicas básicas do método experimental empregado na Física com alunos que estão iniciando o estudo desta disciplina. A definição do tema “Uma estratégia para inserção da Física Experimental nas séries finais do Ensino Fundamental e séries iniciais do Ensino Médio”, deve-se à relevância que o método experimental tem para o ensino de Física e para formação do cidadão. A introdução de procedimentos que são próprios da ciência, em turmas iniciantes pode potencializar o rendimento escolar e despertar no aluno conexões com outras áreas do conhecimento, bem como aplicá-las para resolver problemas do seu cotidiano. Todas as atividades que constituem o produto e outras que serviram de preparação básica foram escolhidas a partir de fenômenos simples, em que fosse possível a realização de medidas diretas ou que guardam relação linear. A intenção foi desenvolver um material educacional de fácil manuseio e reposição de peças, e que servisse para ser trabalhado tanto no laboratório, se as condições permitirem, ou dentro da própria sala de aula. As atividades apresentadas neste Produto Educacional são organizadas visando o modelo do laboratório aberto de uma Sequência de Ensino Investigativo (SEI), começando inicialmente com um levantamento prévio sobre o conhecimento de um assunto em seguida a introdução de um problema, e finalizando com uma discussão, relatório ou questionário. O Produto Educacional é estruturado no conjunto de materiais que constitui o aparato e na sequência didática das aulas, não vemos como separar um do outro. Os três momentos, que constituem a aplicação do produto, envolvem os mesmos procedimentos experimentais. Começamos com uma situação problema, depois partimos para execução de medições e a consequente tabulação de dados se estendendo até a determinação da lei ou relação matemática entre as grandezas medidas. Aqui escolhemos situações onde a dependência funcional entre as grandezas é expressa por uma função de primeiro grau. Não obstante, cada momento difere dos outros em alguns aspectos no que diz respeito à análise dos resultados. No primeiro momento, os alunos medem o comprimento da circunferência em função do diâmetro. No segundo caso, o comprimento de uma tira elástica é medido em função da carga que está pendurada em uma de suas extremidades.

Caso o professor observe que o público alvo possua pouca bagagem matemática, sugerimos uma breve revisão sobre arredondamento, escalas de medidas, plano cartesiano, grandezas direta e inversamente proporcionais, função afim e linear. A aplicação do produto exige certa familiaridade com alguns conceitos estatísticos. Recomendamos ao professor, caso seja necessário, uma revisão dos conceitos de matemática-estatística como correlação de grandezas,

mínimos quadrados (regressão linear) e coeficiente de Pearson. Um breve resumo encontra-se no referencial teórico da dissertação associada a este produto. As duas sugestões servem no primeiro caso para homogeneizar a turma para o trabalho e, no segundo caso, dá ao professor ferramentas para explorar outros aspectos caso ele julgue pertinente. Acreditamos que as atividades descritas neste trabalho e os objetivos a que se propõe poderão ser de grande valia para o ensino de Física na escola. Ao fim de cada etapa poderão gerar valiosas discussões e despertar outros interesses. Também é bem provável que em alguma etapa do caminho o aluno possa relacionar um procedimento a outro já vivenciado e fazer a conexão entre a técnica e o conteúdo. Temos a esperança que este material contribua efetivamente para um melhor aprendizado tanto nas aulas de Física como na formação do cidadão que em breve estará disputando um espaço no campo de trabalho.

A.1.1 Roteiro para confecção do aparato experimental: Medidas dos Círculos

Materiais e componentes necessários para montagem dos Círculos.

- Círculos de papelão
- Fita métrica
- Régua
- Lápis
- Borracha
- Cola branca
- Compasso

Descrição da parte 1: A figura A.1 mostra círculos produzidos na escola a partir de caixas de papelão, e na figura A.2 o conjunto de doze círculos e duas fitas métricas a ser distribuídos a cada grupo de alunos. Na confecção dos discos emprega-se compasso, tesoura, régua, lápis e



Figura A.1 Círculos de papelão.



Figura A.2 Conjunto de 12 círculos e fita métrica.



Figura A.3 Medição do comprimento de uma circunferência.

cola branca. Para facilitar as medições da circunferência, sugerimos aumentar a espessura dos discos colando dois ou mais discos dependendo da espessura do papelão utilizado, ver figura A.3. Como utilizamos um compasso para construir os vários círculos, tomamos o cuidado de não deixar a marca da ponta do mesmo no centro. Caso a marca fique evidente poderá atrapalhar um dos objetivos da medida, ou seja, verificar se a aluna toma o cuidado de medir a maior corda do círculo. Utilizamos tesoura para fazer o contorno e não apelamos para a perfeição, pois as imperfeições de certa forma contribuem para uma heterogeneidade dos valores obtidos durante a realização das medidas.

A.1.2 Roteiro para confecção do aparato experimental: Deformações Elásticas

Materiais e componentes necessários para montagem do aparato

- Tubo de metal
- Arame 18
- Fita métrica
- Copo de plástico transparente de 350 ml
- Fita crepe
- Elásticos de borracha
- Elástico de costura nº 18
- Abraçadeira de nylon
- Béquer de 50 ml
- Água
- Corante
- Fita transparente

Descrição da parte 2: Para construção da segunda parte do aparato foram utilizados 7 metros de tubos de metal. Encomendou-se ao serralheiro construir oito suportes em forma de L , onde o menor lado na horizontal tem 15 cm de comprimento, com ganchos. Enquanto o corpo do aparato de 55 cm é apoiado numa base triangular, ver figura A.4. As figuras A.5 e A.6 mostram uma vista lateral e frontal do suporte.

O suporte possui uma trilha guia em seu corpo, ver figura A.7. Esta trilha serve de guia para uma haste indicativa da leitura da posição da carga. A haste serviu como marcador podendo correr para cima ou para baixo sem obstáculo e não permitir que o copo com a carga gire em torno de seu eixo.

O objeto que serve para receber a carga é um corpo cilíndrico de 350 ml, no qual colamos uma fita crepe com marcações a cada 50 ml. O recipiente de carga é preso ao elástico por



Figura A.4 Medidas do suporte.



Figura A.5 Vista lateral do suporte.



Figura A.6 Vista frontal do suporte.

um eixo de arame posto em sua extremidade superior. A prolongação do eixo serve como um ponteiro para facilitar a leitura da posição da carga. Utilizamos elásticos de borrachas e elástico nº 18 empregados em vestiários. Abraçadeira de nylon foi usada para prender o elástico nº 18 ao suporte, como nas figuras A.8, A.9 e A.10.

Como foi visto acima todos os materiais utilizados na construção do produto podem ser obtidos com facilidade no comércio local, facilitando a reposição das peças. É importante destacar que o aparato é constituído pelos círculos de papelão para estudo da relação entre comprimento e diâmetro, e pelo suporte de metal para o estudo das deformações elásticas.

Nas tabelas A.11 e A.12 mostramos uma tabela de orçamento de materiais para montagem do aparato.

Descrição da parte 3; Para a análise e construção dos gráficos fizemos uso de uma planilha eletrônica similar ao Excel, no nosso caso a planilha do Google Docs. Porém existem outras versões gratuitas que podem perfeitamente ser usada.

A.2 Metodologia

O Produto Educacional tem como proposta levar o aluno a realizar procedimentos próprios do método experimental. Em sua dimensão pedagógica utiliza a Teoria de Aprendizagem de David Ausubel para construir uma estratégia de trabalho que, durante a atividade, permita o aluno realizar uma tarefa que exija a aplicação de conhecimentos específicos, porém ele o faça baseado em conceitos gerais. Para isso buscamos através da prática pedagógica o Laboratório



Figura A.7 Lateral do suporte com trilha guia.



Figura A.8 Elástico preso à haste.



Figura A.9 Liga de borracha presa à haste.



Figura A.10 Copo graduado com haste.

Aberto, sugeridos nas SEIs, Sequência de Ensino por Investigação. A sequência de trabalho esta organizada da seguinte maneira: 1º Levantamento prévio sobre o tema; 2º Obtenção de dados a partir de medidas; 3º Obtenção da reta para que melhor ajuste os pontos; 4º Debate coletivo sobre os valores obtidos; 5º Recurso tecnológico utilizando a planilha eletrônica; 6º leitura de um texto ou questionário. Na figura A.13 apresentamos um cronograma sintético de uma das etapas de proposta de SEI.

A primeira parte da atividade realizada com os círculos contemplou todas as etapas descritas na tabela, porém não obedeceu à sequência acima, por ser muito técnico. No segundo momento referente ao estudo das deformações elásticas os alunos tiveram maior autonomia, obedecendo às etapas cronológicas da SEI apresentada na tabela acima.

A.2.1 Roteiro para aulas

A.2.1.1 Roteiro para as aulas do Círculo

Todas as etapas do Produto educacional podem ser realizadas em dezesseis aulas, cada uma delas com duração de 50 minutos. O principal objetivo consiste em apresentar aos alunos as técnicas e procedimentos experimentais próprios da Física. Os três momentos, que constituem a aplicação do produto, envolvem os mesmos procedimentos experimentais. Começamos com uma situação problema, depois partimos para execução de medições e a consequente tabulação de dados se estendendo até a determinação da lei ou relação matemática entre as grandezas medidas. Caso seja necessário, uma atividade preliminar que envolva o manuseio dos instrumentos de medidas e de conteúdos matemáticos pode ser realizada antes da aplicação do produto. As descrições das atividades preliminares encontram-se no apêndice da dissertação. É importante para uma aprendizagem significativa, segundo David Ausubel, iniciar as atividades com um levantamento prévio, através de um diálogo, sobre temas relacionados ao problema.

Tema: Relação entre a medida do diâmetro de um círculo e sua circunferência

Tabela A.1 Tabela para registrar os comprimentos e diâmetros dos círculos. A terceira coluna só deve ser preenchida no final da atividade.

Comprimento (cm)	Diâmetro (cm)	

Objetivo: Determinar a reta que melhor representa o comportamento do comprimento da circunferência em função de seu diâmetro.

Dinâmica das aulas:

- 1º Momento: Iniciar a atividade discutindo alguns temas a respeito de medições e instrumentos de medida. Estimular a turma a refletir sobre a importância de realizar medições. Procurar descobrir os instrumentos de medidas com os quais eles já tiveram algum contato ou ouviram falar a respeito
- 2º Momento: Apresentar o material dos discos e pedir que realizem as medidas das circunferências e de seus diâmetros, organizando os resultados das medidas numa tabela de três colunas. Ver tabela A.1.
- 3º Momento: Marcar os pares de valores medidos no gráfico. O papel milimetrado deve ser entregue previamente ao aluno. Uma vez traçado o gráfico com os pontos medidos no plano comprimento versus diâmetro, instruí-los para traçar a “melhor reta” que ajuste os dados experimentais e obter o coeficiente angular da reta.
- 4º Momento: Pedir que cada aluno realize as mesmas medidas em cinco objetos com formato circular de tamanhos diferentes de seu cotidiano. No próximo encontro as novas medições devem ser comparadas com previsão “teórica” fornecida pela multiplicação da inclinação da reta pelo diâmetro do novo círculo.
- 5º Momento: Empregar uma planilha eletrônica (software computacional) para construir os gráficos e repetir a análise. Na construção do gráfico o aluno com a ajuda do professor deve:
 - Digitar os valores obtidos nas medidas
 - Obter o gráfico de dispersão
 - Obter a reta que ajusta os dados experimentais
 - Exibir a equação no gráfico
 - Exibir o Título do gráfico
 - Exibir os nomes dos eixos horizontal e vertical com suas unidades e escalas
 - Exibir as linhas de grade verticais e horizontais (ajuda na visualização e facilita a explicação para eventuais dúvidas).

- Exibir nome do aluno.

6 ° Momento: Aplicar um questionário sobre a atividade realizada, similar ao exemplificado abaixo.

Questionário da atividade

1. As outras cinco medidas tem relação com as obtidas das circunferências de papelão quando localizadas no gráfico? Explique.
2. Se os círculos medidos fossem cada vez menores , por onde passaria a reta que ajusta os pontos experimentais?
3. A razão comprimento pelo diâmetro tende para um valor aproximado de 3,14 como observado na média obtida com todos os valores encontrados na atividade. Pode-se dizer que existe uma lei que relaciona comprimento da circunferência e seu diâmetro?
4. Quais conteúdos trabalhados em sala você consegue identificar na atividade?
5. Com relação a atividade, qual(is) principal (is) dificuldade(s) você encontrou?
6. O que mais lhe chamou atenção na atividade?
7. Você já havia utilizado o computador para atividade de Física? () Sim () Não
8. Você já havia trabalhado com alguma planilha eletrônica ? () Sim () Não
9. Na sua opinião as atividades experimentais ajudam a compreender melhor o conteúdo?
() Sim () Não () Talvez
10. Qual a sua sugestão para as próximas atividades?

Tabela A.2 Tabela para registrar as deformações das ligas. x_0 é o comprimento inicial do elástico

Medidas (cm)	carga (peso)	$x - x_0$	Δx
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			

Tabela A.3 Tabela para registrar as deformações das ligas. x_0 é o comprimento inicial do elástico

Elástico	carga (peso)	$x - x_0$	Δx

A.2.1.2 Roteiro para as aulas das deformações elásticas

Tema: Estudo das deformações elásticas

Objetivo: Determinar a reta que melhor representa o comportamento do comprimento de uma tira elástica em função da tensão em suas extremidades.

Dinâmica da aula:

- 1º Momento: Iniciar a atividade com uma provocação para a turma externar suas ideias e conhecimento sobre a dureza, elasticidade e a forma que os corpos apresentam. É oportunizado um tempo para os alunos externar as suas opiniões.
- 2º Momento: Apresentar o aparato e pedir que os alunos realizem as medidas das deformações elásticas para dois elásticos em série e para um único elástico, quando aplicada a carga, organizando os resultados das medidas em tabelas, como aquela mostrada na tabela A.2.
- 3º Momento: Marcar os pares de valores medidos no gráfico. O papel milimetrado deve ser entregue previamente ao aluno. Uma vez traçado o gráfico com os pontos medidos no plano carga versus deformação, instruí-los para traçar a “melhor reta” que ajuste os dados experimentais e obter o coeficiente angular da reta.
- 4º Momento: Anotar as deformações dos elásticos de comprimento iniciais de 18,0 cm, 9,0 cm e 4,5 cm quando submetido à mesma carga, organizando os resultados das medidas na tabela A.3. Calcular a constante proporcionalidade de cada um deles e comparar os resultados.
- 5º Momento: Empregar uma planilha eletrônica (software computacional) para construir os gráficos e repetir a análise. Na construção do gráfico o aluno com a ajuda do professor deve:

- Digitar os valores obtidos nas medidas
- Obter o gráfico de dispersão
- Obter a reta que ajusta os dados experimentais
- Exibir a equação no gráfico
- Exibir o Título do gráfico
- Exibir os nomes dos eixos horizontal e vertical com suas unidades e escalas
- Exibir as linhas de grade verticais e horizontais (ajuda na visualização e facilita a explicação para eventuais dúvidas).
- Exibir nome do aluno.

6º Momento: Ao término realizar um debate ou aplicação de um questionário.

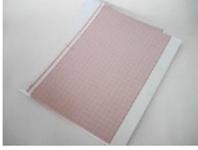
Tabela de orçamento		
Equipamento	Descrição	Preço Médio
	Fita métrica de 1,50 m, caixa com 12 unidades de 1,50 m	Entre R\$ 30,00 a R\$ 34,00
	Bloco De Papel Milimetrado A4 63g/m ² 50 Folhas	Entre R\$ 8,00 a R\$ 11,00
	Cola branca 1 kg	Entre R\$ 9,50 a R\$ 12,00
	Arame galvanizado rolo, 1 kg	Entre R\$ 10,50 a R\$ 12,00
	6 copo de plástico 350 ml transparente	R\$ 9,00

Figura A.11 Orçamento.

Continuação da tabela de orçamento		
	Fita Crepe Uso Geral 25x50mm 3m	Entre R\$ 3,50 a R\$ 4,00
	Elástico de Borracha Pacote com 100 unidades	Entre R\$ 4,00 a R\$ 5,00
	Elástico Chato 11mm nº 18 10 Metros	Entre R\$ 8,00 a R\$ 10,00
	Abraçadeira De Nylon com 100 unidades	R\$ 7 ,00
	Tubo quadrado de Ferro 2 x 2cm – 1,25 mm (6 metros)	R\$ 60,00
	Mão de obra	R\$ 60,00
	CUSTO MÉDIO TOTAL ENTRE:	R\$ 210 ,00 a R\$ 224,00

Figura A.12 Orçamento, continuação.

Aulas	Etapas	TEMPO ESTIMADO
1. Introdução de um problema	Nesta etapa busca-se apresentar a turma um problema.	1 horas/aula
2. Problematização	Começamos com uma pergunta do tipo: Por que os corpos esticam?	1 horas/aula
3. Construção de Hipóteses	Neste momento os alunos podem formar grupos para sugerir hipóteses que nos leve a uma explicação razoável.	1 horas/aula
4. Construção de Plano de Trabalho	Dividir a turma em grupos e apresentar o aparato.	1 horas/aula
5. Obtenção de dados (uso do aparato)	Cada grupo realiza suas medidas, é importante que todos os componentes possam manusear o aparato.	2 horas/aula
6. Conclusão e Comunicação	Análise dos dados pelos grupos e discussão sobre informações obtidas. Após o debate respondem a um questionário ou fazem um relatório.	2 horas/aula:

Figura A.13 Cronograma de atividades.

Réguas e Escalas

B.1 1ª Atividade

Tempo previsto: 1 hora/aula

Objetivo: Observar fatores que influenciam o resultado de uma medição

Atividade: Atividade experimental formado por grupos de quatro alunos.

Materiais: fita métrica, régua de madeira, régua escolar, bloco madeira, palito de picolé, peça de alumínio no formato retangular e bloco pequeno de plástico.

A aula teve início com o professor sugerindo que os grupos relatassem o porquê é importante saber a medida dos objetos que nos cercam, quais os instrumentos de medidas que eles conheciam, citassem quais momento do seu cotidiano eles tiveram a necessidade de medir algo. Nessa etapa a ideia era buscar informações da vivência do aluno e a partir de seus conhecimentos prévios interagirem com os conteúdos a ser vivenciados.

Foi apresentado a cada grupo uma fita métrica de 150 cm, uma régua de 30 cm, uma régua de madeira de 3 dm, ver figura B.1. Todos tiveram que realizar as medidas sugeridas na sequência, anotar numa tabela e responder a três perguntas escritas no quadro branco. Nas figuras B.2 e B.3 pode-se observar os alunos em atividade.

1º Os resultados das medidas para cada objeto realizado pelos três instrumentos foram iguais?

2º Verifique se a outra equipe obteve os mesmos resultados de medida?

3º Se ocorreu mudanças, você conseguiria explicar a razão?

Algumas respostas:

1º “Sim, por causa do instrumento usado”(Sic)

“Ocorreu as mudanças com os variados instrumentos de medição”

“o instrumento pode esta errado” (Sic)

2º “Os valores encontrados não estão muitos distantes mas também não estão iguais” (Sic)

“Os valores encontrados não estão iguais mas não estão tão distante. Acho que isso acontece devido a diferença que cada pessoa tem em posicionar a régua e o objeto” (Sic)



Figura B.1 Material fornecido aos estudantes.

3º “A forma de medir e o instrumento usado” (Sic)

“As escalas de cada régua e o arredondamento de cada dupla” (Sic)

A atividade abriu espaço para uma discussão com o grande grupo sobre erro de medidas e suas causas.



Figura B.2 Estudantes durante a realização das medições.



Figura B.3 Tabulação dos dados obtidos nas medições.

APÊNDICE C

Pontos no plano cartesiano

C.1 2ª Atividade

Tempo previsto: 1 hora/aula

Objetivo: Determinar as coordenadas de pontos

Atividade: Os alunos devem montar um esquema para determinar a localização dos pontos distribuídos na sala de aula.

Materiais: Roldanas de ferro, fita métrica, régua, lápis e papel.

Resultado da atividade

Cinco objetos foram distribuídos na sala e identificados com as letras *A*, *B*, *C*, *D* e *E*, (ver figura C.1) a turma foi convidada a determinar a localização de cada objeto e transferir os dados para uma folha de papel, a partir da seguinte questão proposta: Como você montaria um esquema para um colega que faltou a aula reproduzir a localização de cada objeto? Os lados dos quadrados inscritos no chão tem aproximadamente um metro de comprimento.



Figura C.1 Alguns objetos são dispostos no piso da sala de aula.

O objetivo era trabalhar a ideia de referencial, par ordenado, e coordenada no plano cartesiano. As respostas foram muito variadas, a maioria não fixou um referencial, nem informou de que posição foi realizada a sua observação. Também não conseguiram relacionar o problema com coordenadas cartesianas. No momento de discussão solicitamos que os alunos apresentassem uma opinião sobre a melhor forma de representar as posições na folha. Ao término realizamos uma revisão sobre plano cartesiano.

Mudança de escala

D.1 3ª Atividade

Tempo previsto: 1 horas/aula

Objetivo: Trabalhar mudança de escala e plano cartesiano

Atividade: Os alunos devem medir a posição de cada ponto em relação ao eixo das abscissas e ordenadas e reproduzir em uma escala menor na folha de ofício e milimetrada.

Materiais: fita métrica, régua, lápis e papel.

Na figura D.1 mostramos o piso da sala com os pontos devidamente marcados. As medidas foram realizadas em duplas e anotadas, no primeiro momento no caderno, os espaços utilizados foram os quadrantes do chão da sala. Na figura D.2, uma dupla de alunos obtendo as coordenadas do ponto. Já na figura D.3 vemos um aluno tomando nota das coordenadas. O próximo passo foi determinar uma escala adequada e localizar os pontos no papel milimetrado. A participação da turma foi boa e compreenderam o objetivo da atividade, porém observamos enormes dificuldades na construção do plano e localização dos pontos principalmente na folha milimetrada.



Figura D.1 Vários sistemas de coordenadas cartesianos são desenhados no piso da sala.



Figura D.2 Alunos determinando as coordenadas de um ponto.

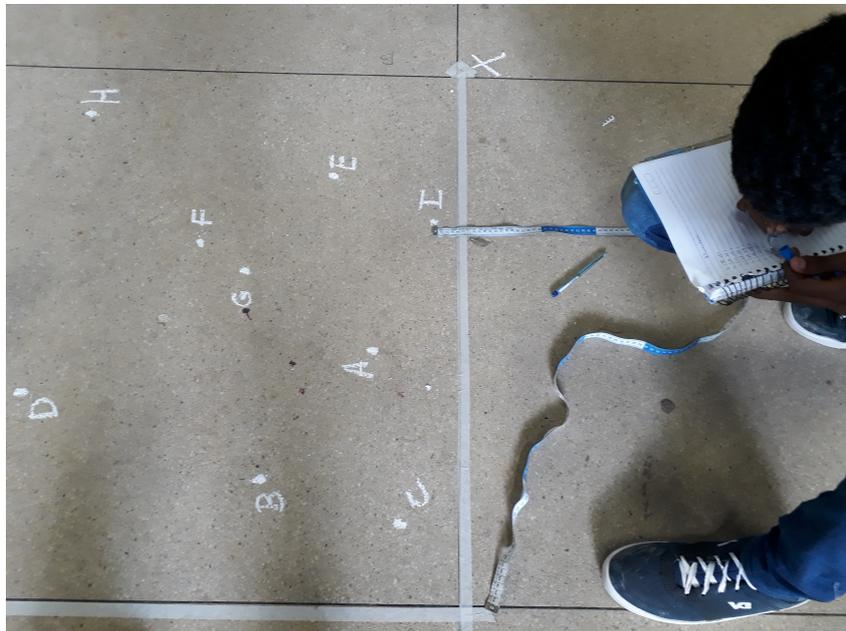


Figura D.3 Os dados são anotados para posterior análise.

APÊNDICE E

Vídeo aula: Construção de gráficos

4ª Atividade Tempo previsto: 1 horas/aula

Objetivo: Localização de pontos e construção de gráfico no papel milimetrado.

Atividade: Assistir um vídeo

Materiais: Data show, <https://youtu.be/zJ8IWj5I0>

Mínimos quadrados

Considere um experimento em que um aluno realiza medições dos diâmetros (x) de dez círculos e suas respectivas circunferências (y). Os resultados estão mostrados na tabela F.1.

- Calcule o coeficiente de correlação de Pearson a partir dos dados obtidos. Interprete os resultados.
- Obtenha as estimativas a e b e construa a equação da reta ajustada.
- Construa um diagrama de dispersão utilizando uma planilha eletrônica.

Resolução:

- Coeficiente de Pearson

$$r = \frac{N \sum_i x_i y_i - \sum_i x_i \sum_i y_i}{\sqrt{\left[N \sum_i x_i^2 - (\sum_i x_i)^2 \right] \left[N \sum_i y_i^2 - (\sum_i y_i)^2 \right]}}. \quad (\text{F.1})$$

Substituindo os valores obtidos na última linha da tabela F.2, obtemos

$$r = \frac{10 \times 8202,7 - 144,1 \times 459,2}{\sqrt{[10 \times 2590,07 - (144,1)^2] [10 \times 2599,43 - (459,2)^2]}} = 0,9991.$$

O valor de $r = 0,9991$ é classificado segundo alguns autores como uma ótima correlação entre as variáveis, o fato de r ser positivo indica que a relação é uma função crescente.

Tabela F.1 Medidas dos diâmetros e circunferências

medição	x_i	y_i
1	3,9	14,1
2	5,6	18,3
3	8,2	26,8
4	11,5	34,7
5	11,8	38,9
6	15,6	50,5
7	16,8	53,5
8	21,0	65,9
9	23,6	75,1
10	26,1	81,4

Tabela F.2 Planilha para organizar os cálculos referentes ao mínimo quadrado.

medição	x_i	y_i	X_i^2	Y_i^2	$X_i y_i$
1	3,9	14,1	15,21	198,81	54,99
2	5,6	18,3	31,36	334,89	102,48
3	8,2	26,8	67,24	718,24	219,76
4	11,5	34,7	132,25	1204,09	399,05
5	11,8	38,9	139,24	1513,21	459,02
6	15,6	50,5	243,36	2550,25	787,8
7	16,8	53,5	282,82	2862,25	898,8
8	21,0	65,9	441,0	4342,81	1383,9
9	23,6	75,1	556,96	5640,01	1772,36
10	26,1	81,4	681,21	6625,96	2124,54
Total	144,1	459,2	2590,07	25990,43	8202,7

b) estimativas de a e b

Para a inclinação temos:

$$a = \frac{N \sum_i x_i y_i - \sum_i x_i \sum_i y_i}{N \sum_i x_i^2 - (\sum_i x_i)^2}. \quad (\text{F.2})$$

Pela tabela F.2,

$$a = \frac{10 \times 8202,7 - 144,1 \times 459,2}{10 \times 2590,07 - (144,1)^2} = 3,09.$$

Para o ponto que intercepta o eixo y temos:

$$b = \frac{N \sum_i x_i^2 \sum_i y_i - \sum_i x_i \sum_i x_i y_i}{N \sum_i x_i^2 - (\sum_i x_i)^2} \quad (\text{F.3})$$

Da mesma forma, usamos os dados da última linha da tabela F.2 para obter

$$b = \frac{2590,07 \times 459,2 - 144,1 \times 8202,7}{10 \times 2590,07 - (144,1)^2} = 1,43.$$

Construindo a equação de regressão com os parâmetros encontrados temos:

$$\hat{y} = 3,09x + 1,43$$

\hat{y} é valor calculado (estimado) y e x são valores observados

Por exemplo, para o valor observado $x = 23,6$ encontramos,

$$\hat{y} = 3,09 \times 23,6 + 1,43 = 74,35.$$

Enquanto o valor medido para a circunferência foi 75,1 cm de acordo com a tabela F.1.

c) Construção do gráfico usando uma planilha eletrônica.

Com o auxílio de uma planilha eletrônica, construímos o gráfico da reta ajustada mostrado na figura F.1.

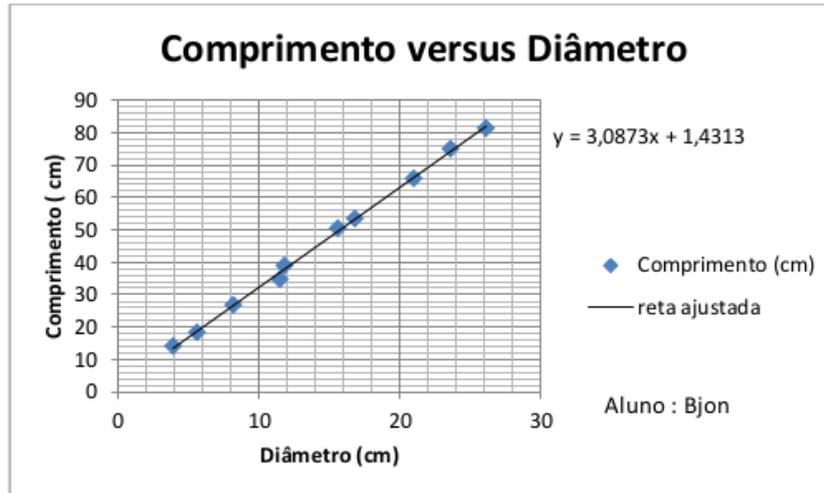


Figura F.1 Gráfico da reta ajustada confeccionado com o auxílio de uma planilha eletrônica.

Referências Bibliográficas

- 1 BRASIL. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, Lei no. 9.394, e 20 de dezembro de 1998.
- 2 NACIONAIS, Parâmetros Curriculares; MÉDIO, Ensino. Parte III Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 2013.
- 3 BRASIL, INEP. Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais-Física/PCN+. 2007.
- 4 BRASIL, M. E. C. SEB. Orientações Curriculares para o Ensino Médio. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC, SEB, 2006.
- 5 CACHAPUZ, António et al. A necessária renovação do ensino das ciências. 2005.
- 6 LABURÚ, Carlos Eduardo; DA SILVA, Osmar Henrique Moura; DE SALES, Dirceu Reis. Superações conceituais de estudantes do ensino médio em medição a partir de questionamentos de uma situação experimental problemática. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 32, n. 1, p. 1402, 2010.
- 7 MARCO, B. (2000). La alfabetización científica. En Perales, F. y Cañal, P. (Eds.): Didáctica de las Ciencias Experimentales, 141-164. Alcoy: Marfil.
- 8 CARVALHO, Anna Maria Pessoa de et al. Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013.
- 9 POZO, Juan Ignacio; CRESPO, Miguel Ángel Gómez. A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico. Porto Alegre: Artmed, v. 5, 2009.
- 10 Cruz, Joelma Bomfim da. Laboratórios. / Joelma Bomfim da Cruz. Brasília : Universidade de Brasília, 2009.
- 11 BORGES, Antônio Tarciso. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 19, n. 3, p. 291-313, 2002.
- 12 LOZADA, Cláudia de Oliveira; MAGALHÃES, Nadja Simão. FORMAÇÃO DE PROFESSORES E A PRÁTICA DA MODELAGEM MATEMÁTICA NA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS NAS AULAS DE FÍSICA.

- 13 AUSUBEL, David P. A aprendizagem significativa. São Paulo: Moraes, 1982.
- 14 MOREIRA, Marco Antonio. Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa (Concept maps and meaningful learning). Aprendizagem significativa, organizadores prévios, mapas conceituais, digramas V e Unidades de ensino potencialmente significativas, p. 41, 2012.
- 15 PELIZZARI, Adriana et al. Teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel. revista PEC, v. 2, n. 1, p. 37-42, 2002.
- 16 BACHELARD, Gaston. La formation de L'Esprit Scientifique.(Vrin. París), 1938.
- 17 FEYNMAM, Richard P., *The character of physical law*, MIT Press, (1967).
- 18 FEYNMAN, Richard Phillips. Física em 12 lições. Ediouro Publicações, 1999.
- 19 https://en.wikipedia.org/wiki/Rubber_elasticity. Aceso em 15 janeiro 2019.
- 20 FIGUEIREDO FILHO, Dalson Britto; SILVA JÚNIOR, José Alexandre da. Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r). 2009.
- 21 PIAGET, Jean. A evolução intelectual da adolescência à vida adulta-Piaget. Development, v. 15, p. 1-12, 1972.

