

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CAMPUS SOROCABA

CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS PARA A SUSTENTABILIDADE
DEPARTAMENTO DE FÍSICA, QUÍMICA E MATEMÁTICA

A experimentação no ensino de Física: proposta
de aplicação para temas do ensino médio

Farley William da Costa

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação de Mestrado Profissional em Ensino de Física (PROFIS-So) da Universidade Federal de São Carlos, campus de Sorocaba, no curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Johnny Vilcarromero López

UFSCar - Sorocaba

Fevereiro/2018

A Experimentação no ensino de Física: Proposta de aplicação para temas do ensino médio

Farley William da Costa

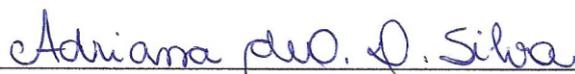
Orientador:
Prof. Dr. Johnny Vilcarromero López

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação do Mestrado Profissional em Ensino de Física (PROFIS-So) da Universidade Federal de São Carlos, campus de Sorocaba, no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

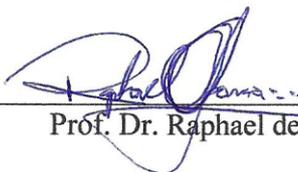
Aprovada por:



Profa. Dra. Fernanda Keila Marinho da Silva



Profa. Dra. Adriana de Oliveira Delgado Silva



Prof. Dr. Raphael de Oliveira Garcia

Sorocaba
Agosto de 2017

William da Costa, Farley

A Experimentação no ensino de Física: proposta de aplicação para temas do ensino médio / Farley William da Costa. -- 2017.
187 f. : 30 cm.

Dissertação (mestrado)-Universidade Federal de São Carlos, campus Sorocaba, Sorocaba

Orientador: Prof. Dr. Johnny Vilcarromero López

Banca examinadora: Profa. Dra. Fernanda Keila Marinho da Silva, Profa. Dra. Adriana de Oliveira Delgado Silva, Prof. Dr. Raphael de Oliveira Garcia
Bibliografia

1. Experimentação. 2. Ensino de Física. 3. MCU, Lentes, Circuitos. I. Orientador. II. Universidade Federal de São Carlos. III. Título.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha esposa Fabiana Paula Furlanetto da Costa e ao meu filho Bernardo Furlanetto da Costa por todo sacrifício durante este processo.

Agradecimentos

Agradeço a DEUS pela força e perseverança que não me deixou desistir.

A minha esposa Fabiana pela paciência e compreensão durante a escrita do trabalho.

Ao meu filho Bernardo por mesmo sem compreender inúmeras vezes solicitou minha presença e enquanto me ocupava com o trabalho brincava sozinho.

A minha família, pais e irmãos por estarem presentes em todos os momentos da minha vida e sempre me incentivarem para os estudos.

Ao meu orientador Johnny Vilcarromero López, por acreditar em mim e pela paciência e compreensão na orientação deste trabalho.

A professora Maria Gebara por ter iniciado este trabalho de orientação comigo.

A todos os professores do mestrado profissional: Adriana de Oliveira Delgado, Sergio Dias Campos, Antonio Augusto Soares, Tércio Guilherme de Souza Crus, Maria José Fontana Gebara, James Alves de Souza, Ana Lúcia Brandl e, também, a Fernanda Keila Marinho da Silva por acrescentarem no meu período acadêmico.

Aos alunos e amigos do Mestrado profissional pela convivência e pelas discussões construtivas sobre o ensino de física que tínhamos todas as segundas-feiras.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de pessoal de Nível Superior – CAPES pelo apoio financeiro por meio da bolsa concedida.

Aos meus alunos dos colégios participantes de Campinas, sem eles este trabalho não seria possível.

RESUMO

A EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA: PROPOSTA DE APLICAÇÃO PARA TEMAS DO ENSINO MÉDIO

Farley William da Costa

Orientador:
Prof. Dr. Johnny Vilcarromero López

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação (PROFIS -SO) no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física

Neste trabalho foram abordados temas teórico experimentais de física para o ensino médio que não são recorrentes na literatura do ensino de Física, mas que causam indagações e curiosidades nos alunos. Foram trabalhadas técnicas de experimentação com instrumentos do cotidiano. Os temas pesquisados foram: o Movimento Circular para as turmas do primeiro ano; o estudo das Lentes e visão para as de segundo ano e os Circuitos Elétricos, série e paralelo para as de terceiro ano. As turmas do primeiro e terceiro anos pertencem a uma escola da rede pública e a turma do segundo ano, a uma escola da rede privada e todas estão localizadas no Município de Campinas. Os experimentos foram propostos com o intuito de utilizar tanto os materiais do cotidiano dos alunos quanto possibilitar uma construção simples e subsidiada através de doações e de objetos em desuso. Tudo isso, no sentido de possibilitar um fácil acesso à experimentação e à integração da teoria com a prática dos temas trabalhados nas aulas. Desta forma, possibilita-se a experimentação enquanto um catalisador e/ou um facilitador da aprendizagem, através da motivação, do método tentativa e erro e da aproximação do cotidiano educacional, para que potencializem nos alunos a construção de uma aprendizagem significativa. Com relação aos instrumentos para coleta dos dados no âmbito do ensino da Física, foi utilizada a metodologia de pesquisa qualitativa através da elaboração e aplicação de questionários e depoimentos dos alunos, evidenciando a aceitação e os indícios de aprendizagem dos estudantes. Assim, se verifica que a construção do produto educacional leva em conta vários itens: desde um roteiro de aula, contribuições teóricas a serem desenvolvidas, até os experimentos realizados com os alunos.

Palavras-chave: Ensino de Física, experimentação, aprendizagem significativa.

Sorocaba
Agosto de 2017

ABSTRACT

THE EXPERIMENTATION IN PHYSICS TEACHING: PROPOSAL FOR IMPLEMENTATION IN HIGH SCHOOL THEMES

Farley William da Costa

Supervisor:

Prof. Dr. Johnny Vilcarromero López

Abstract of master's thesis submitted to Programa de Pós-Graduação Programa de Pós-Graduação (PROFIS -SO) no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), in partial fulfillment of the requirements for the degree Mestre em Ensino de Física.

This work approaches theoretical topics of physics addressed to high school, which don't usually appear in the literature of physics teaching but cause questions and curiosity in the students. This work used experimental techniques with everyday instruments. The topics covered were: the Circular Movement for First Year classes; study of Lenses and Vision for the second year, and the Electrical Circuits, series and parallel for the third year. The first and third year classes belong to a public school and the second year class in a private school, both at the city of Campinas. The experiments had the goal of using materials from the students' daily life, allowing a simple and low cost construction through donations and obsolete objects. This work also aims at the easy access to experimentation and to integrate theory to practice of the topics addressed in classes. In this way, it allows the experimentation as a catalyst or a facilitator of the learning, through motivation, the trial and error method, and by approximating the daily educational system to the scholar, in order to lead the student to build a meaningful learning. The data from the Physics teaching extent were collected using the qualitative research through questionnaires and testimonials from the students, which demonstrate the acceptance and the beginning of learning by them. The construction of the educational product takes into account several items: a lesson script, theoretical contributions to be developed and the experiments carried out with the students.

Keywords: Physics Teaching, experimentation, meaningful learning.

Sorocaba
August 2017

Sumário

Capítulo 1 – Introdução	09
Capítulo 2 – Metodologias para se ensinar Física	13
2.1 – Experimentação	13
2.1.1 – Laboratório de demonstração	15
2.1.2 - Laboratório tradicional	15
2.1.3 – Laboratório divergente	15
2.2 - Experimentação como estratégia à aprendizagem	16
Capítulo 3 – Referencial Teórico	19
3.1. – A Teoria da aprendizagem significativa	19
3.2. – A Teoria da aprendizagem significativa e a experimentação	24
Capítulo 4 – Teorias abordadas	27
4.1 – Movimento Circular	27
4.2 – Lentes Esféricas	32
4.3 – Circuitos elétricos – Teoria	41
Capítulo 5 – Descrição da Metodologia e Aplicação do Produto	49
5.1 – Movimento Circular Uniforme	50
5.1.1 - A bicicleta	50
5.1.2.- Metodologia	51
5.2 – Lentes – visão	59
5.2.1.- Metodologia	59
5.3 – Circuito elétrico	62
5.3.1 - Prancha de circuitos	62
5.3.2.- Metodologia	65
Capítulo 6 – Resultados	72
6.1 – MCU	72
6.2 – Lentes e visão	74
6.3 – Circuitos elétricos	87
Capítulo 7 – Considerações finais	95
Referências Bibliográficas	97
Apêndice A – Questionário MCU	103
Apêndice B – Questionário Lentes e Visão	110
Apêndice C – Questionário circuitos	113
Apêndice D – Produto educacional	119

Capítulo 1

Introdução

Sob o prisma de um profissional que atua na área de educação é evidente que o ensino de Física continua, essencialmente, centrado nos conteúdos e baseia-se, na maioria das vezes, em aulas expositivas.

Nesta perspectiva, os professores tendem a proceder como prestadores de serviços, entregadores de conteúdos e os estudantes são mantidos passivos, no próprio processo de aprendizagem, simplesmente realizando cálculos matemáticos, em vez de interpretar fenômenos físicos e construir seus próprios conceitos a partir do conhecimento que a Física traz.

A educação brasileira tem enfrentado embates: a falta de infraestrutura em escolas, a falta de profissionais qualificados, a baixa remuneração dos professores, evasão de alunos e um distanciamento entre o conteúdo das disciplinas apresentado aos jovens e a realidade da vida que eles levam (LEÃO et al, 2011). Há, também, que se levar em conta a velocidade das mudanças na sociedade, visto que essa só aumenta em função do desenvolvimento da tecnologia. Nesse cenário, há um reforço em acordo com a própria representação histórica-social do ensino de física que o anuncia como um saber e um campo de transmissão e interação inacessíveis e, assim, caracterizado como restrito apenas a um grupo seletivo; sujeitos estes considerados pelo senso comum como pessoas de sanidade mental duvidosa ou geniais/superdotadas.

Tanto o setor público quanto o privado estão experimentando (ALVES FILHO, 2000) o não-suprimento da demanda para sanar as vagas disponíveis para professor de física. Portanto, há uma adaptação de profissionais com outras formações para preencher essas lacunas como, por exemplo, engenheiros, matemáticos e outras áreas afins da física. Segundo os Dados do Censo Escolar publicados pelo Ministério da Educação (MEC, 2015) 73,3% dos professores em exercício não são formados na disciplina. (BRASIL, MEC/INEP/DEEP, 2015).

A sociedade tem certo preconceito em relação à disciplina de física, devido à má propaganda que é passada, de geração em geração, por alguns motivos plausíveis: a- professores extremamente conteudistas que oferecem aulas monótonas, b- pelas estatísticas

das escolas que sempre tem um alto número de alunos de recuperação e retenção nessa disciplina, c- por alunos que não tiveram sucesso em sua aprendizagem, d- pelo excesso de conteúdos fragmentados, e- pelo pequeno número de aulas semanais nas escolas, f- pelo excesso de cálculos matemáticos, g- pela falta de contextualização ou h- pela metodologia inadequada utilizada em sala de aula. Os motivos apresentados acabam sendo comprovados após a conclusão do ensino médio, em que o autor Scorsatto (2009) questiona se os alunos não conseguem aplicar o conteúdo aprendido ou se eles sequer aprenderam. Segundo Gleiser (2000):

“Lamentavelmente, ainda é possível para um aluno terminar a oitava série sem jamais VER algum fenômeno ligado às equações que ele ou ela estudou em classe. Eu mesmo sou vítima dessa prática de distanciamento entre a física da sala de aula e a física do mundo; só vi minha primeira demonstração na universidade.”. (GLEISER, 2000, p. 04)

Consoante aos escritos de NARDI (1998) a preocupação com os concursos para vestibular acaba tornando o material didático de física direcionado à resolução de exercícios, em vez de oferecer possibilidades de vivências para um real aprendizado.

“Podemos verificar isso analisando os livros didáticos, muitos possuem uma gama muito grande de exercícios, às vezes mais exercícios que teoria, assumindo o caráter de preparação para a resolução de exercícios de vestibular.”. (NARDI, 1998)

O excesso da “matematização” nos problemas é um dos fatores que afastam os alunos de se interessarem pelo estudo da física, o que não torna a aprendizagem significativa e motivante e, por sua vez, prejudica a compreensão dos conceitos, desde os mais essenciais, até os mais complexos. Outro agravante é o distanciamento do que é ensinado e a aplicabilidade/observação dos conhecimentos e fenômenos no cotidiano. Ainda conforme Scorsatto (2009), na contemporaneidade, depara-se com “*a falta de uma física palpável, que traz o aluno a uma reflexão referente aos problemas existentes na natureza a sua volta.*” (SCORSATTO, 2009).

Se os alunos possuem tanta dificuldade na aprendizagem de física, existe alguma falha no processo educativo, que perpassa pelos métodos de ensino. Segundo Cavicchioli (2008):

“Ensinar é um processo que envolve, necessariamente, uma meta explícita e que se efetiva quando essa meta foi atingida, ou seja, quando houver aprendizagem, pois se não houve aprendizagem, métodos e palavras, por mais que sejam bonitas, se não surtiram nenhum efeito de nada valem, por isso cremos

que os outros possíveis vilões possam ser os métodos de ensino utilizados e a maneira de avaliar.”. (CAVICCHIOLI, 2008, p.05).

Segundo Torres (2006), nos dias atuais, existe uma linha metodológica que propõe um ensino em que se aprende construindo, reconstruindo ou desconstruindo os conhecimentos, comparando os novos, com os anteriormente adquiridos. Para isso, é necessário sair da metodologia tradicional e ampliar o conhecimento acerca dos métodos e estratégias de ensino.

O ensino de Física deve ser feito de forma a trazer o aluno para dentro da ciência, ou melhor, levar o aluno de dentro da sala de aula para um mundo cheio de possibilidades. É possível mostrar aos alunos que essa ciência está presente em nosso dia-a-dia através de uma aproximação entre o conteúdo a ser ensinado com a tríade formada pela: a tecnologia, a cotidianidade e as revoluções da ciência. Com isso, tem-se o estabelecimento de relações e correlações dos conteúdos de maneira interdisciplinar. Em outras palavras, trazer a história da física nas aulas, ao realizar a devida contextualização histórica, é uma forma de exercitar a interdisciplinaridade.

Um caminho é incrementar a aula ao trazer experimentos ou levar os alunos até o laboratório de Ciências para mostrar o fenômeno/conceito observando-o na prática, a fim de se estimular tanto a assimilação e a apreensão daquele estudo físico como a familiarização com a metodologia científica (LIMA e TEIXEIRA, 2005).

Para tanto, nessa dissertação, as subdivisões das pesquisas encontram-se, assim, discriminadas: no primeiro ano do ensino médio, o tema abordado foi movimento circular uniforme, no segundo ano, lentes e visão e no terceiro ano, circuitos elétricos com enfoque na associação - série e paralelo. Esclarece-se as escolhas dos temas pela articulação e embasamentos teóricos dos estudos de Moreira e Penido (2009) e de Araujo e Abidi (2003).

O artigo de Moreira e Penido (2009) contribui para uma revisão bibliográfica sobre a utilização das atividades experimentais em Física no ensino médio. Trata-se de uma sondagem das propostas sobre essa temática apresentadas em artigos das revistas: Revista Brasileira de Ensino de Física, Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Revista Ciência & Educação, Revista Investigações em ensino de Ciências e Revista da Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências. Este estudo teve a criteriosa pesquisa de cento e vinte e um artigos nas revistas citadas, entre os períodos de 1979 e 2008, e apurou que

deste quantitativo apenas cinco experimentos utilizaram-se de lentes e um, de resistores.

Araujo e Abib (2003) analisaram cento e seis publicações sobre experimentações e trazem em seu artigo as principais características das abordagens e estratégias adotadas por cada autor. Não era o intuito dos autores, mas aproveitando o artigo e suas referências como revisão bibliográfica, se constata que cinco publicações falam sobre lentes e visão e apenas duas publicações são relacionados aos circuitos elétricos.

Por outro lado, numa busca realizada no ambiente virtual: o Google acadêmico e a página da CAPES sobre artigos e dissertações, não foram encontrados muitos artigos relacionados aos temas específicos aqui propostos. Dos artigos encontrados nesta coleta de dados, há um que utiliza o retroprojektor como ferramenta, mas o equipamento possui um enfoque diferente ao que será abordado nesse estudo (CATELLI e DE FRANCO, 2008), outros utilizam as lentes trabalhando o desvio da luz (VISOVINI, 2000). Sobre os circuitos, todos os artigos encontrados são com simuladores, como mostra Lopes (2009) e apenas um possui a medição da resistência de um resistor como apresentado nessa dissertação.

Com essas pesquisas constata-se o quanto a literatura carece de experimentos dos temas abordados e utilizando minha experiência docente percebo a dificuldade no aprendizado dos alunos nestes temas, principalmente, no de movimento circular e que não foi encontrada nenhuma publicação.

Nesse sentido, o objetivo desta dissertação é apresentar estes três temas de estudos abordados com o auxílio da experimentação. Para tanto, faz-se a utilização de material acessível para a construção dos mesmos e, assim, entrecruzam-se a teoria e a prática alicerçadas pela teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel.

Elaborou-se uma sequência didática e após sua aplicação, tem-se como produto da dissertação um roteiro de aulas aplicadas, porém, reelaborado e aprimorado. Esse roteiro é composto por uma sequência de aulas, contribuições de teoria e experimentos, que tem como objetivo principal, assessorar e abrir possibilidades ao professor de física na aplicação da experimentação em sala de aula, mostrando o quanto o uso da experimentação como um componente a mais no processo de ensino-aprendizagem auxilia o aluno em sua aprendizagem significativa.

A seguir, aborda-se as metodologias e estratégias envolvidas nos processos de ensino dos conteúdos propostos para a disciplina de Física.

Capítulo 2

Experimentação como metodologia para se ensinar

Física

Tendo em vista esta discussão, podemos encontrar uma ampla variedade de estudos envolvendo o aperfeiçoamento das metodologias e estratégias para se ensinar Física. Dentre essas, elencam-se: desenvolvimento de projetos interdisciplinares que envolvam a História da Física, literatura, cinema, teatro, proposição de pesquisas, experimentação, jogos e simuladores (TIC), problemas de aplicação e contextualização, CTSA (ciência, tecnologia e sociedade) e FMC (Física moderna e contemporânea). Com o exposto acima, se esclarece que nesse trabalho foca-se a experimentação por saber o quanto a física está ligada aos procedimentos e práticas experimentais e isso é referenciado por Alves Filho (2000) que explicita, em relação a física, que *“tanto que se acredita que ela, dentre as Ciências Naturais, sempre foi - e continua sendo - aquela que tem uma relação bastante estreita com atividades ligadas ao laboratório”*. (ALVES FILHO, 2000).

2.1 – Experimentação

Este trabalho procura explorar em maior profundidade a experimentação nas atividades de aula, pois, segundo Araújo e Abib (2003), uma atividade experimental pode:

“(...) despertar facilmente o interesse dos estudantes relacionarem-se à ilustração e análise de fenômenos básicos presente em situações típicas do cotidiano. Estas situações são consideradas como fundamentais para a formação das concepções espontâneas dos estudantes, uma vez que estas concepções se originariam a partir da interação do indivíduo com a realidade do mundo que os cerca.”. (ARAÚJO e ABIB, 2003, p. 186).

Uma forma de contextualizar o ensino e trazer a física para o cotidiano do aluno é a experimentação. A resposta para tão sonhada pergunta dos alunos ao olhar um fenômeno: Como isso é possível? Pode ser desvendada muitas vezes através de uma montagem experimental, criando a oportunidade para se ensinar os conceitos físicos. Segundo Reginaldo et al (2012), a experimentação estabelece a dinâmica e indissociável relação entre teoria e prática (REGINALDO et al, 2012).

A utilização da experimentação em sala de aula tem sido apontada por professores e alunos como sendo um otimizador no processo de ensino e aprendizagem (BORGES, 2002; ARAUJO e ABIB, 2003), uma vez que elas facilitam o exercício pedagógico e aumentam o entendimento do aluno.

Cruz (2009) afirma que *“não há dúvidas de que o ensino das Ciências deve ocorrer de maneira integrada com as atividades de laboratório”* (CRUZ, 2009, p. 26) e evidencia que o experimento é uma das ferramentas adequada à construção do conhecimento.

A experimentação desperta o interesse dos alunos e estimula por estar em contato com a prática, além de aumentar sua capacidade de aprendizado que está sempre em desenvolvimento, introduzindo o aluno à iniciação na pesquisa (LIMA, 2012).

Borges (2004) diz que:

“O trabalho no laboratório pode ser organizado de diversas maneiras, desde demonstrações até atividades prático-experimentais dirigidas diretamente pelo professor ou indiretamente, através de um roteiro. Todas podem ser úteis, dependendo dos objetivos que o professor pretende com a realização das atividades propostas.”. (BORGES, 2004, p. 3003).

O uso da experimentação em sala de aula tem a finalidade de trazer conhecimento sendo facilitador da aprendizagem do aluno, trazendo *“um significado às teorias que foram estudadas, tornando-as claras, não para serem comprovadas, mas para serem estudadas, compreendidas, discutidas e, porque não, modificadas”* (REGINALDO, SHEID e GULLICH, 2012).

A forma como a atividade experimental vai ser introduzida pelo professor no decorrer da aula ou do conteúdo; sendo no início da aula para gerar questionamentos e mexer com conhecimentos prévios; durante, para que o aluno faça associações imediatas com o conteúdo teórico ou; ao final, para sedimentar o conteúdo, deve ser analisada pelo professor. Essa análise deve vir por intermédio de um planejamento cuidadoso e que vise a resolução/demonstração de um problema/fato do dia-a-dia, bem como, o conhecimento prévio dos alunos e não apenas a aplicação da teoria, para potencializar o trabalho experimental.

Para Borges (2004), a intenção é criar um ambiente de interação entre experimento e teoria sem estabelecer uma hierarquia entre eles (AMARAL e SILVA, 2000). Assim, o professor terá a condição de verificar qual das diferentes abordagens de laboratório ou de ensino experimental que se encaixa na sua proposta.

Um experimento pode ser concebido considerando-se diferentes enfoques ou

abordagens. Segundo a concepção de Alves Filho (2000) e outros autores apresentaremos três abordagens. Explica-se ao se utilizar, nessa dissertação, a denominação laboratório, nas propostas apresentadas, respeita-se àquelas adotadas pelos autores que fundamentam essa pesquisa.

2.1.1 – Laboratório de demonstração

De acordo com Alves Filho (2000) são experiências realizadas pelo professor em que o aluno é um mero espectador. Este tipo de experimentação pode apresentar vários objetivos como: introdução, ilustração, complementação de um conteúdo, ou deixar o conteúdo mais interessante e agradável. Ferreira (1978) coloca que a experimentação apresentada desta maneira, seja mais motivadora para o professor que para o aluno.

Em oposição a Ferreira, Ronsoni et al. (2005) colocam que o laboratório de demonstração enriquece a aula, além de despertar o interesse dos estudantes e trazer o cotidiano para dentro da sala de aula, fazendo do aluno um espectador que pode questionar, avaliar e aumentar seu senso crítico, tornando o conhecimento científico mais próximo dos alunos.

2.1.2 - Laboratório tradicional

Este laboratório é o mais comum, o texto-guia da experimentação possui um objetivo claro e é organizado (“tipo receita de bolo”) como roteiro para o aluno. Nessa abordagem, geralmente aplicada em pequenos grupos, os alunos realizam o experimento de forma ativa, fazendo as medidas e manuseando os equipamentos, porém, de forma sistemática. Não discutem e ficam impossibilitados de fazer mudanças e/ou testes no experimento, dessa forma, apenas seguem os passos do roteiro e comprovam uma lei física.

2.1.3 – Laboratório divergente

Nesta abordagem a lei física não está sendo questionada e nenhum objetivo é apresentado, o texto guia utilizado orienta o aluno, mas não é um roteiro/receita. Ele familiariza o aluno com os equipamentos e técnicas de laboratório e orienta o aluno ao que

deve ser feito, as medidas e ajustes, mas não como deve ser feito. Com isso, permite ao aluno uma certa liberdade e reflexão em relação aos procedimentos a serem realizados.

Ao pedir ao aluno que meça um parâmetro, o professor tenta induzir o aluno a perceber que o resultado é uma informação (SERÉ et al.1993). A análise dos métodos, dos objetivos e das medidas levam o aluno à reflexão, despertam questionamentos que, por conseguinte, são apresentados ao professor para serem discutidos em sala, propiciando o processo de assimilação e aquisição de uma aprendizagem significativa para aquele aluno e os demais discentes presentes. Colabora-se essa afirmação com Seré et al. (2003) ao afirmarem que *“Tem-se a impressão de que nesse tipo de manipulação perde-se muito tempo, mas, na realidade, o nível de aprofundamento dos conhecimentos adquiridos é maior”* (SERÉ et al. 2003). Esse tipo de abordagem requer uma maturidade maior do aluno, além de dispor de um tempo maior para sua realização.

2.2 - Experimentação como estratégia à aprendizagem

Independentemente do método que o professor utiliza para realizar a experimentação, o essencial é a problematização do conhecimento dos estudantes, suas explicações e relações estabelecidas. Um dos objetivos é não dissociar teoria e prática (HIGA e OLIVEIRA, 2012). O importante é que aconteça a experimentação e que esta beneficie o processo de ensino-aprendizagem do aluno como elemento estimulador da busca pelo conhecimento.

Fagundes (2007) afirma que a experimentação é uma estratégia para aquilo que se deseja aprender ou formar e que pode ser considerada um meio e, não, um fim. Devemos utilizar a experimentação como um método para agregar valor e o seu uso, concomitante, e de modo complementar, torna o aprendizado concreto e significativo, visto que o estudante consegue relacionar o que é aprendido com seu cotidiano, fazendo com que o ensino experimental precise envolver mais reflexão e análise no trabalho prático (HODSON 1994).

Para Silva e Zanon (2000) podemos relacionar a teoria com a prática como uma via de mão dupla na qual a: contextualização, a investigação, o questionamento e a reconstrução do conhecimento vão dos experimentos, às teorias e das teorias, aos experimentos.

Farias (1992) ressalta que a dificuldade do professor em realizar atividades experimentais, nas aulas de Ciências e Física, pode estar associada “*a falta de motivação e de condições de trabalho, o que resulta na acomodação ao ensino estritamente teórico-expositivo*”. (FARIAS, 1992, p. 246)

Existem muitos empecilhos para a utilização do método da experimentação e o uso do laboratório. Nas escolas públicas e, inclusive, em algumas escolas particulares, existe falta de recursos para a compra de materiais e, até mesmo, a ausência de espaço específico para as atividades, além de salas numerosas, falta de tempo para o professor planejar e realizar suas atividades e número reduzido de aulas semanais, bem como, a precariedade da formação inicial dos professores para situações de ensino experimental (REGINALDO, SHEID e GULLICH, 2012).

Estes problemas dificultam a realização de experimentos, entretanto, não justificam a falta de prática de aulas experimentais pelos professores de física (RINALDI et. al., 1997). O professor deve se manifestar e impor em sua instituição para que melhorias sejam feitas, mas não pode ficar esperando por isso. Determinados experimentos podem ser realizados com material de baixo custo, o que deve ser considerado um incentivo à criatividade do professor que, além disso, deve buscar formação continuada constantemente para se manter atualizado com as novas possibilidades pedagógicas. (WENGSYNSKI e TOZETTO, 2012)

O fundamental para que haja a experimentação, não é uma estrutura com mesas e cadeiras e, sim, um planejamento e clareza dos objetivos das atividades propostas (BORGES 2004). “*(...). As atividades práticas, desde que interessantes e desafiadoras, já serão suficientes para proporcionar um contato direto dos alunos com os fenômenos, identificar questões de investigação, organizar e interpretar dados (...)*”. (REGINALDO, SHEID, & GULLICH, 2012). As oportunidades são criadas pelo professor que precisa ter uma postura diferenciada sobre como ensinar e aprender ciências, uma formação adequada, e consciência clara dos benefícios da experimentação no ensino de física.

Segundo Carvalho et. al. (1998),

“É o professor que propõe problemas a serem resolvidos, que irão gerar ideias que, sendo discutidas, permitirão a ampliação dos conhecimentos prévios; promove oportunidades para a reflexão, indo além das atividades puramente práticas; estabelece métodos de trabalho colaborativo e um ambiente na sala de aula em que todas as ideias são respeitadas.”. (CARVALHO et. al., 1998, p. 66)

O papel do professor se torna indispensável, como mediador durante as aulas, proporcionando questionamentos ao aluno sobre o potencial que suas concepções iniciais têm para explicar fenômenos e especulações levantados a partir da atividade experimental (HODSON, 1994).

A experimentação como método de ensino irá despertar no aluno a curiosidade, uma vez que trazer situações cotidianas para dentro da aula é muito mais significativo. Pois, essa atividade modifica o papel do aluno na escola: de observador para colaborador, de passivo para ativo no processo de aprender. Dessa maneira, encadeia-se uma participação proativa do fazer e aprender ciência e com aplicabilidade para que os alunos possam através de seus conhecimentos prévios e da construção e reconstrução dos seus conceitos, tenham a apreensão e desenvolvimento do senso crítico para: argumentar, pensar, agir, interferir questionar, contemplando os objetivos propostos nos Parâmetros Curriculares Nacionais - PCNS.

A opção pelo exercício de aulas com experimentação é uma solução, já que a vivência que o experimento proporciona retoma a física em sua essência. A manipulação dos materiais e aparelhos (simples ou sofisticados), dos experimentos ou a observação de um fenômeno com ou sem a utilização de materiais de alto custo não é o foco da metodologia. O foco é a desfragmentação do ensino teórico e do ensino experimental; é usar o desafio, a curiosidade e o senso investigativo do aluno para que ele tenha profundas mudanças conceituais, metodológicas e atitudinais.

Capítulo 3

Referencial Teórico

Em minha experiência docente percebo que muitos alunos veem o aprendizado de física como a resolução de exercícios de forma mecânica, por saberem que serão avaliados por uma prova que mede esta habilidade. Todavia, o ensino-aprendizagem de Física vai muito além da habilidade de resolver exercícios numéricos que representa apenas uma das finalidades da aprendizagem. Dito de outro modo, através da Proposta Curricular do Estado de São Paulo: “*A física ensinada na escola deve, portanto, ser pensada como um elemento básico para a compreensão e a ação no mundo contemporâneo...*” (SEE-SP, 2009) ou nas considerações de Moraes (2010): permitir ao aluno aplicar os conceitos físicos em situações diversas do cotidiano. Isso porque conforme evidencia Medeiros (2002):

“Para muitos estudantes, a Física é apenas um amontoado de fórmulas usadas para resolver problemas. E a resolução de problemas consiste apenas em escolher as equações apropriadas, substituir os números e calcular as incógnitas (...). Os estudantes, frequentemente, não percebem a distinção entre as poderosas ferramentas da Física, seus conceitos, princípios e leis fundamentais.”. (MEDEIROS, 2002, p. 82).

Ensinar física é mais que favorecer a fixação de fórmulas e expressões científicas é promover situações de aprendizagem que possibilitem ao aluno a formação de sua bagagem cognitiva (BIANCONI e CARUSO, 2005) para que tenha uma aprendizagem de forma significativa.

3.1. A Teoria da aprendizagem significativa

A teoria da aprendizagem significativa é uma teoria cognitivista, que se preocupa como o ser humano compreende, armazena e utiliza as informações e como atribui significados à realidade em que se encontra. Essa teoria desenvolvida por David Paul Ausubel foi direcionada para psicologia educacional - ensino escolar - visando elucidar de que maneira o indivíduo aprende, quais os fatores que influenciam nesse processo e os processos mentais existentes na estrutura cognitiva do aprendiz (LOPES, 2014).

Aprendizagem para Ausubel, conforme a leitura de Moreira (1999) significa uma

incorporação de conceitos, conteúdos e informações, organizados e assimilados na estrutura cognitiva do indivíduo (MOREIRA,1999). Esta estrutura é entendida como o conteúdo total de ideias de um certo indivíduo e a forma hierárquica como estão organizadas. Um exemplo, nesse direcionamento, seria como os conceitos mais gerais estão e/ou podem ser ligados naqueles outros mais específicos.

Para que o processo de ensino aprendizagem ocorra Ausubel coloca que o que mais influencia é aquilo que o aluno já sabe previamente, dessa forma, basta o professor descobrir esse ponto de partida e planejar seu curso levando isso em consideração. Segundo Moreira (1999),

“A atenção de Ausubel está constantemente voltada para a aprendizagem, tal como ela ocorre na sala de aula, no dia-a-dia da grande maioria das escolas. Para ele, o fator isolado que mais influencia a aprendizagem significativa é o que o aluno já sabe. [...] Novas ideias e informações podem ser aprendidas e retiradas, na medida em que conceitos relevantes e inclusivos estejam adequadamente claros e disponíveis na estrutura cognitiva do indivíduo e funcionem, dessa forma, como ponto de ancoragem às novas ideias e conceitos”. (MOREIRA, 1999, p. 152).

O aluno só aprende conforme os novos conhecimentos e informações são integrados de forma inclusiva na estrutura cognitiva, ou de forma a transformar a estrutura cognitiva. O material pré-existente na estrutura cognitiva serve de âncora para o material mais novo e o armazenamento da informação é feito de forma hierárquica, não literal e não arbitrária fazendo com que o conhecimento adquira significados e enriqueça seus conhecimentos prévios (MOREIRA, 1999).

“Esses conceitos (ou conjunto de conceitos) previamente existente na estrutura cognitiva do estudante, fundamental para alicerçar aprendizagem de novos significados, pode ser definido como conceito subsunçor ou simplesmente subsunçor e é apoiado sobre ele que se constrói significativamente um novo conhecimento.” (LOPES, 2014, p. 22).

Não acontece apenas uma sobreposição de conhecimentos, mas, para além disso, uma remodelagem do conhecimento na estrutura cognitiva.

A aprendizagem significativa permite ao aprendiz o armazenamento das informações de maneira estável e o uso do novo conceito de forma inédita, independentemente do contexto em que este conteúdo foi primeiramente aprendido

(SOUZA, 2016). Esta relação entre o novo conhecimento e o conhecimento prévio existente na estrutura cognitiva é o que diferencia a aprendizagem significativa de aprendizagem mecânica.

A aprendizagem mecânica se dá “*com pouca ou nenhuma associação com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva*” (MOREIRA e MASINI, 1982). As novas ideias são memorizadas não possuindo relação com ideias existentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Como são armazenadas de maneira arbitrária, o aprendiz não é capaz de expressar o novo conteúdo em um contexto diferente de como foi aprendido. Em geral, envolve conceitos com um alto ou total teor de "novidade" para o aprendiz, mas no momento em que é mecanicamente assimilada, passa a se integrar ou criar novas Estruturas Cognitivas (SOUZA, 2016).

Embora pareçam opostas as aprendizagens significativa e mecânica, elas podem aparecer em um mesmo processo de ensino e aprendizagem. Quando conceitos novos são apresentados, eles são armazenados de forma não arbitrária na estrutura cognitiva, e quando surgem conceitos na mesma área, aquela nova informação serve de subsunçor (facilitador) mesmo que pouco elaborado. Conforme a aprendizagem vai se tornando significativa, esses subsunçores vão sendo sedimentados e capazes de ancorar novas informações (MOREIRA,1999).

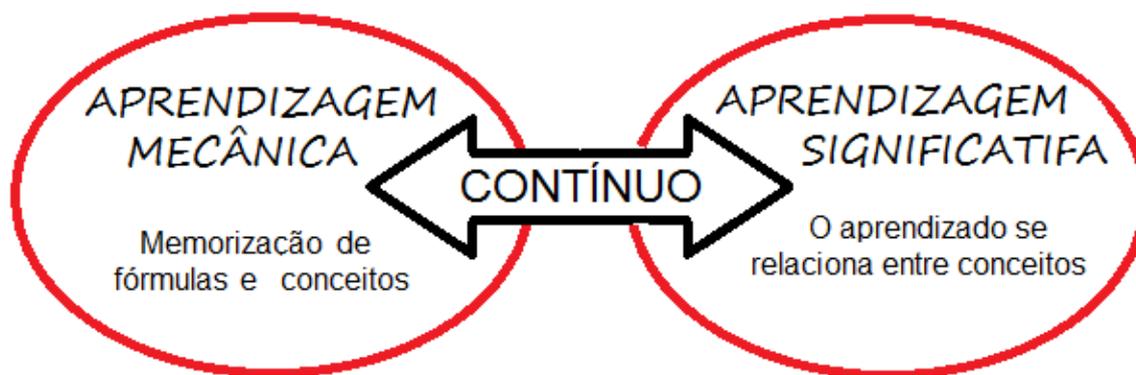


Figura 3.1 – Diferenciação entre aprendizagem significativa e mecânica. Fonte: do autor

Segundo Soares (2015) e Souza (2011), Ausubel coloca duas condições para que ocorra a aprendizagem significativa:

1ª condição é a de que o material de ensino e aprendizagem deve ser potencialmente significativo, ou seja, um facilitador proporcionando ao aprendiz associar o

material pedagógico com o conhecimento existente em sua estrutura cognitiva.

2ª condição é a de que o aluno precisa ter predisposição para aprender de forma não arbitrária e substantiva. A aprendizagem significativa depende do aluno, se este tiver a intenção apenas de memorizar o conteúdo de forma arbitrária, a aprendizagem será mecânica.

Os princípios da Diferenciação Progressiva, Reconciliação Integrativa, Organização Sequencial e Consolidação, incluem e são reflexos da “influência das variáveis da estrutura cognitiva” (SOUZA, 2011). Esses princípios devem ser levados em conta pelo professor na hora de planejar sua estratégia de aula, ou seja, o professor deve estar atento ao conteúdo e às formas de organização desse conteúdo no sistema cognitivo do aluno (SOARES, 2015).

Em prosseguimento, e com as bases das contribuições de Ausubel e das pesquisas de Moreira (1999) sobre o desenvolvimento dos processos de aprendizagem significativa, serão explicados esses importantes conceitos que legitimam a presente dissertação.

Quando se classifica uma **Diferenciação progressiva** de conteúdo é porque ocorreu uma relação de associação do geral para o específico, ou seja, a diferença parte de um aspecto ancora geral para ir diversificando e gerando novas especificidades de conhecimentos e conteúdos. Nesse âmbito, há a importância de se estabelecer uma sequência de conteúdo que parta de conceitos mais gerais e inclusivos caminhando de forma progressiva para conceitos mais específicos. Recorre-se ao embasamento de Moreira (2012) para agregar informações à concepção de diferenciação progressiva:

“No curso da aprendizagem significativa, os conceitos que interagem com o novo conhecimento e servem de base para a atribuição de novos significados vão também se modificando em função dessa interação, i.e., vão adquirindo novos significados e se diferenciando progressivamente. Imagine-se o conceito de “conservação”; sua aquisição diferenciada em ciências é progressiva: à medida que o aprendiz vai aprendendo significativamente o que é conservação da energia, conservação da carga elétrica, conservação da quantidade de movimento, o subsunção “conservação” vai se tornando cada vez mais elaborado, mais diferenciado, mais capaz de servir de âncora para a atribuição de significados a novos conhecimentos. Este processo característico da dinâmica da estrutura cognitiva chama-se **diferenciação progressiva**.”. (MOREIRA, 2012, p. 06).

Sobre o conceito cunhado por Ausubel de **Reconciliação integrativa** pode-se enunciar sua processualidade na aquisição de uma aprendizagem quando as ideias de uma estrutura cognitiva são relacionáveis, ou seja, conceitos originais buscam associações entre si, interligando-se de forma expansiva e Sintética, fazendo com que essa estrutura se remodele, germinando novos significados para os conteúdos. Para evidenciar a reconciliação integrativa, eis o paralelo feito por

Moreira (2012) e o qual muito contribui para a presente pesquisa, aqui desenvolvida:

“(...) é o que ocorreria, por exemplo, se o aluno tivesse conceitos de campo elétrico e magnético claros e estáveis na estrutura cognitiva, os percebesse intimamente relacionados e reorganizasse seus significados de modo a vê-los como manifestações de um conceito mais abrangente, o de campo eletromagnético. Essa recombinação de elementos, essa reorganização cognitiva, esse tipo de relação significativa, é referido como reconciliação integrativa.” (MOREIRA, 2012, p. 06).

Com relação à **Organização sequencial** se explica que essa consiste no estabelecimento de uma sequência dos tópicos ou subdivisões de ensino, de maneira a ter uma maior coerência, observando os princípios programáticos de diferenciação progressiva e de reconciliação integrativa com as relações de dependência que naturalmente existem na matéria de ensino a que pertencem (SOUZA, 2011).

E, por fim, a concepção de **Consolidação** que seria o domínio do conteúdo que está sendo abordado antes de se avançar com novos conhecimentos. Para que seja apresentado a sequência do conteúdo, o conhecimento inicial deve estar consolidado e deve servir de pré-requisito, para que assim, confira ao conhecimento precedente clareza, estabilidade e organização. Tendo em vista que o fator isolado mais importante para a teoria da aprendizagem significativa é o que o estudante já sabe, quanto maior o grau de consolidação, melhor a ancoragem que irá promover a futura assimilação. (SOUZA, 2011).

Com o exposto acima das contribuições teóricas para o processo de desenvolvimento da aprendizagem significativa, passaremos a abordar a facilitação da aprendizagem, pois esta é tida como a preocupação primordial da aprendizagem significativa e, por isso, sua grande relevância nessa dissertação que pesquisa esses facilitadores para a esfera do ensino de Física.

Como salientado acima, a preocupação principal para a sistematização da teoria da aprendizagem significativa é a facilitação da aprendizagem (SOUZA, 2011) e para esta abordagem Moreira (2006) argumenta que a avaliação é fundamental quando abrange:

A-) A importância dada à identificação daquilo que o aluno já sabe, antes de tentar ensiná-lo;

B-) A necessidade de acompanhar a aprendizagem à medida que ela acontece, a fim de corrigi-la, clarificá-la e consolidá-la;

C-) A importância de determinar a eficácia das estratégias de ensino e da organização e sequenciação do conteúdo, assim como de avaliar até que ponto os objetivos estão sendo alcançados. (MOREIRA, 2006)

Os procedimentos de avaliação precisam ser coerentes com todo o processo de

ensino-aprendizagem, caso contrário, não poderão servir como diagnóstico para esses processos. O mecanismo de avaliação deve ser inédito, porque através dele o professor vai poder avaliar o quanto o processo de aprendizagem foi significativo. O aluno deve ser incentivado a interpretar fenômenos distintos dos que foram apresentados como contexto de aprendizagem. As evidências de aprendizagem significativa poderão surgir com as relações construídas entre os aspectos observados do fenômeno e os conceitos abordados durante a aprendizagem (SOUZA, 2011) e pelo aspecto progressivo na construção de respostas, mesmo sendo na solução de um problema numérico. (KLEINKE, 2016)

O professor possui alguns desafios que são, primeiramente, o de procurar conhecer a estrutura cognitiva do aprendiz e contribuir para uma interação entre o conteúdo ensinado e o que o aluno já sabe. A utilização de uma imagem ou conceito, pré-existent na estrutura cognitiva do aluno, pode facilitar o estabelecimento de relações (RONCA, 2016), modificando sua estrutura cognitiva, tornando-a mais clara, estável e organizada. Num segundo momento, é necessário fazer uma análise do que vai ser ensinado em sua disciplina e identificar os conceitos mais abrangentes e que tenham o maior poder de incluir, de modo a facilitar a interação com o conhecimento prévio do aluno (MOREIRA, 1997).

3.2. A Teoria da aprendizagem significativa e a experimentação

Uma das estratégias é de se começar o conteúdo com a experimentação oferecendo ao professor duas possibilidades para contemplar objetivos distintos. A primeira é de garantir um organizador prévio, caso o aprendiz não tenha subsunçores, como material introdutório antes do material de aprendizagem, empregando generalidade e inclusividade. Sua principal função é a de servir de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que ele deve saber, a fim de que o novo material possa ser aprendido de maneira significativa.

A segunda é utilizar a experimentação em sala de aula de forma a propiciar a contextualização, aplicação e conexão de informações e conhecimentos já assimilados com as novas informações, minimizando as exigências de abstração do aprendiz e permitindo uma compreensão mais eficiente dos conhecimentos. Esse processo de associação de informações novas com outras já inseridas, de forma ancorada, denomina-se aprendizagem

significativa (MOREIRA E MASINI, 2001).

Nesta atividade de experimentação, o aprendiz participa da busca de dados e informações através da observação do experimento apresentado pelo professor (com ajuda de alguns alunos) que serão utilizadas para fundamentar os conhecimentos que este aprendiz irá incorporar de forma organizada em sua estrutura cognitiva. Para que o trabalho do aluno seja bem executado e alcance aprendizagens mais significativas, a mediação desempenhada pelo professor é crucial.

Ao implementar uma rotina de atividade experimental no início de cada conteúdo, no meio ou no fim, o professor deve ter clareza do objetivo do experimento que deve ser registrado no plano de ensino, numa sequência lógica, para que a atividade seja coerente com seus objetivos de aprendizagem para aquela turma, dentro daquele curso e para que esteja em consonância com o conteúdo curricular, de forma a abordar conceitos mais gerais e inclusivos, caminhando de forma progressiva para conceitos mais específicos, utilizando o conceito de diferenciação progressiva. Esse planejamento permitirá que a prática docente faça mais sentido e traga resultados mais significativos para os alunos.

O uso da experimentação em sala de aula não assegura que a atividade resultará em aprendizagem significativa (SILVA e ZANON 2000), mas, é uma tentativa, visto que a atividade experimental é uma atividade potencialmente significativa. Nesse aspecto, referenda-se em Souza (2011) que estabelece um diálogo e entrecruzamentos pertinentes às problematizações e estudos aqui realizados, principalmente correlacionados à processualidade: atividade experimental, conhecimento significativo e fenômenos cotidianos. Em suas considerações Souza (2011) irá considerar as atividades experimentais e pautadas no cotidiano do aprendiz como promotoras de aquisição de novas informações e conhecimentos. (SOUZA, 2011).

A experimentação tem o papel motivador e o potencial de estimular o interesse dos estudantes sobre a aula, permitindo a ele aprender a observar o fenômeno ou refletir sobre o problema, conceito ou proposição tornando mais provável a aprendizagem significativa (SOUZA, 2011) como afirma (LABURÚ; BARROS, 2009) a motivação pode *“impulsionar a aprendizagem de conteúdos para níveis mais significativos e ser um meio crucial para promover a iniciação ao desenvolvimento epistemológico do inquirir científico e de instigar os estudantes em habilidades cognitivas, de atitudes e práticas.”*. (LABURÚ; BARROS, 2009).

Com todo o exposto que vem sendo desenvolvido ao longo desse capítulo podemos inferir que a experimentação, também, ajuda no processo de ensino-aprendizagem por considerar a aprendizagem pelo erro. Isso porque quando o aprendiz faz uma associação errônea utilizando um subsunçor de forma inadequada, acontece um desequilíbrio de ideias e, através da observação, medição e reflexão, ocorre uma mudança de um conceito de forma não arbitrária em sua estrutura cognitiva tornando, assim, a aprendizagem significativa.

Desse modo, procura-se, continuamente, contribuir para um processo ensino-aprendizagem significativos dos conceitos e conhecimentos físicos por parte dos alunos.

Capítulo 4

Teorias abordadas

Neste capítulo serão abordadas as teorias da física que subsidiam todo o trabalho desenvolvido em sala de aula. Os temas escolhidos foram pensados a partir de uma revisão bibliográfica de temas teóricos experimentais que pouco aparece na literatura.

4.1 – Movimento Circular Uniforme (MCU)

É um movimento no plano, em que a partícula se move com velocidade constante a uma distância fixa em torno de um ponto chamado centro. Um carro percorrendo uma curva de raio constante com velocidade constante, um satélite movendo-se em uma órbita circular, um ponto de um disco LP já em rotação, partículas eletrizadas como prótons e elétrons quando lançadas perpendicularmente a um campo magnético são exemplos de movimento circular uniforme.

Seja r o raio da trajetória circular. A posição instantânea P da partícula fica definida pelo ângulo θ entre o vetor deslocamento $r = OP$ correspondente e o eixo OX de um sistema cartesiano com origem no centro do círculo, vide **figura 4.1**, onde θ é positivo no sentido anti-horário. O arco s corresponde ao ângulo θ sobre o círculo é dado por:

$$s = r \cdot \theta \quad (4.1)$$

Onde θ é medido em radianos ($\pi \text{ rad} = 180^\circ$)

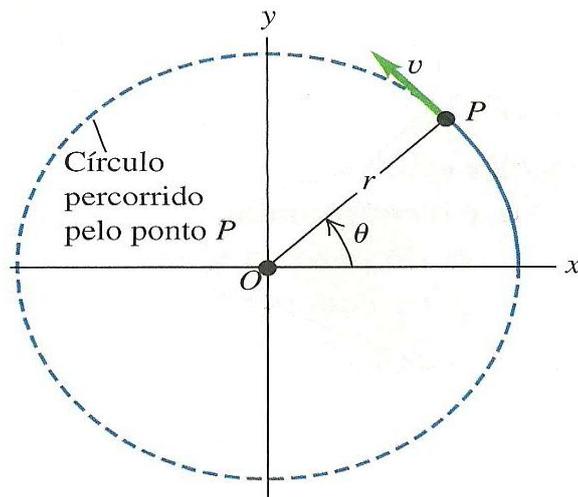


Figura 4.1 – Corpo em movimento uniforme em uma trajetória circular. Fonte: YOUNG, 2016, p. 311, adaptada.

Derivando a equação $s = r\theta$, em relação ao tempo, notando que r é constante para uma dada partícula e tomando o módulo de ambos os membros da equação temos

$$\left| \frac{ds}{dt} \right| = r \left| \frac{d\theta}{dt} \right| \quad (4.2)$$

Agora $|ds/dt|$ é o valor absoluto da taxa de variação do comprimento de arco, que é igual a velocidade linear v da partícula. O valor absoluto da taxa de variação do ângulo $|d\theta/dt|$, é o módulo da velocidade angular instantânea em rad/s que é designado por ω . Logo:

$$v = \omega \cdot r \quad (4.3)$$

Quanto mais afastado o ponto estiver do eixo, maior será sua velocidade linear. A direção do vetor velocidade linear é tangente a sua trajetória circular em cada um de seus pontos.

Podemos demonstrar a equação horária do movimento circular através da equação do MRU dada por $s(t) = s_0 + v \cdot (t - t_0)$, e utilizando a relação $s = r\theta$, lembrando que r não varia com o tempo temos:

$$\theta(t) = \frac{s(t)}{r} \rightarrow \theta(t) = \frac{s_0}{r} + \frac{v}{r}(t - t_0) \quad (4.4)$$

Sabendo que velocidade angular é $\omega = v/r$ e o $\theta = s/r$, logo o movimento da partícula na trajetória circular e representado por:

$$\theta(t) = \theta_0 + \omega \cdot (t - t_0) \quad (4.5)$$

No movimento circular uniforme não existe uma componente da aceleração paralela (tangente) a trajetória; caso houvesse, o módulo da velocidade seria variável. O vetor aceleração é perpendicular (normal) a trajetória e orientado para dentro em direção ao centro da trajetória circular, ele tem como função apenas mudar a direção do vetor velocidade.

Estramos trabalhando com grandezas escalares, vamos supor um objeto em movimento circular, no sentido anti-horário traçamos o eixo cartesiano com a origem coincidindo com o centro da circunferência, temos o vetor posição $\vec{P}(t)$ sendo o vetor que sai da origem e vai até o ponto que está em movimento.

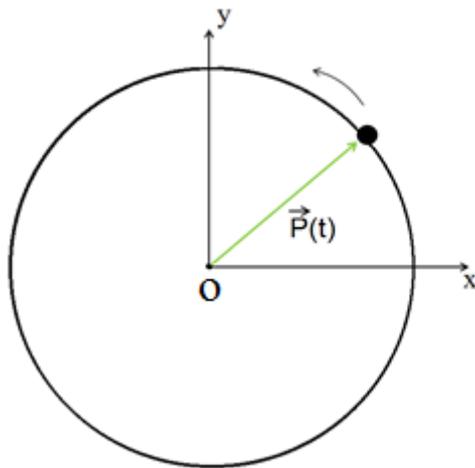


Figura 4.2 – Vetor posição no MCU (fonte autor).

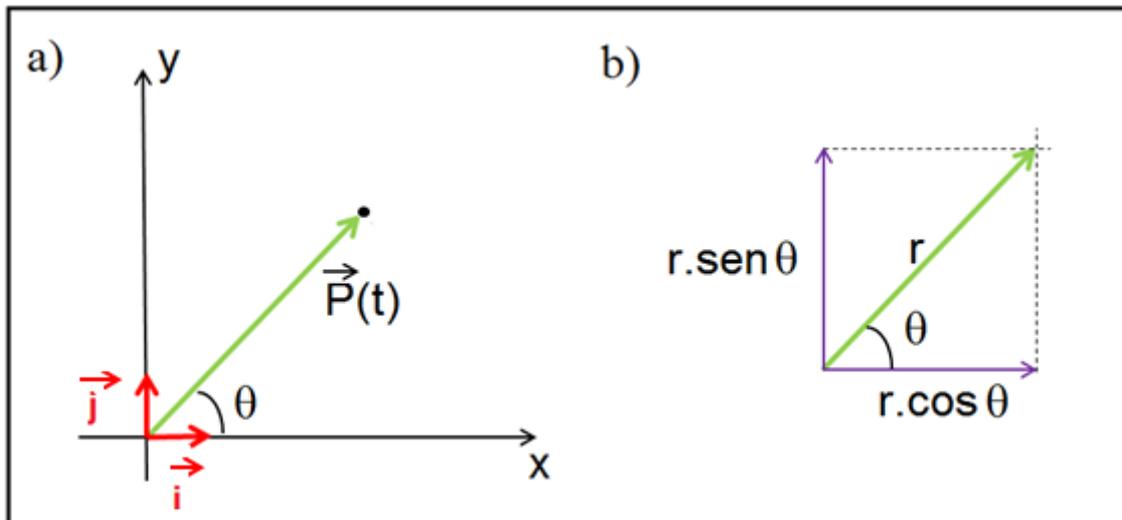


Figura 4.3- (a) Vetor posição e os versores \vec{i} e \vec{j} ; (b) As componentes do vetor P em função e seu módulo (fonte autor).

Para facilitar vamos observar a **figura 4.3** , consideraremos que o módulo do vetor P é r equação 4.6 , portanto a partícula descreve uma circunferência de raio r, e o ângulo entre o vetor P e o eixo x é θ

$$|\vec{P}(t)| = r \quad (4.6)$$

Podemos escrever o vetor posição em notação dos versores ¹ \vec{i} e \vec{j} , com o módulo de suas componentes, **figura 4.3b**.

$$\vec{P}(t) = r\cos[\theta(t)].\vec{i} + r\sin[\theta(t)].\vec{j} = r(\cos[\theta(t)].\vec{i} + \sin[\theta(t)].\vec{j}) \quad (4.7)$$

Para determinar a velocidade em função do tempo vamos derivar a posição em função do tempo $\vec{v} = d\vec{P}/dt$, e aplicando a regra da cadeia temos:

$$\vec{v}(t) = \frac{d\vec{P}}{dt} = r(-\sin[\theta(t)])\frac{d\theta}{dt}.\vec{i} + r\cos[\theta(t)]\frac{d\theta}{dt}.\vec{j} \quad (4.8)$$

Sabendo que $\omega = d\theta/dt$, que é a velocidade angular, a taxa que o ângulo muda com o passar do tempo, temos:

$$\vec{v}(t) = \frac{d\vec{P}}{dt} = r(-\sin[\theta(t)])\omega.\vec{i} + r\cos[\theta(t)]\omega.\vec{j} \quad (4.9)$$

Sabendo que ω é constante por ser um MCU, fatorando a expressão, colocando $\omega.r$ em evidência, temos:

$$\vec{v}(t) = -\omega r(\sin[\theta(t)].\vec{i} + \cos[\theta(t)].\vec{j}) \quad (4.10)$$

Sabendo que a derivada da velocidade em relação ao tempo é a aceleração, temos:

$$\vec{a}(t) = \frac{d\vec{v}}{dt} = -\omega r \left\{ \cos[\theta(t)]\frac{d\theta}{dt}.\vec{i} + \sin[\theta(t)]\frac{d\theta}{dt}.\vec{j} \right\} \quad (4.11)$$

Substituindo novamente $\omega = d\theta/dt$ e fatorando obtemos:

$$\begin{aligned} \vec{a}(t) &= \frac{d\vec{v}}{dt} = -\omega r(\cos[\theta(t)]\omega.\vec{i} + \sin[\theta(t)]\omega.\vec{j}) \\ \vec{a}(t) &= -\omega^2 r(\cos[\theta(t)].\vec{i} + \sin[\theta(t)].\vec{j}) \end{aligned} \quad (4.12)$$

Comparando com a equação 4.7 obtemos o vetor aceleração em função do vetor posição:

$$\vec{a}(t) = -\omega^2.\vec{P}(t) \quad (4.13)$$

¹ Versor trata-se de um vetor de módulo 1 (vetor unitário) com a direção de um dado vetor. Um vetor pode ser definido como múltiplo ou submúltiplo de m vezes este versor e possui o mesmo sentido quando m for positivo ou o sentido oposto, caso m seja negativo. Assim, um vetor pode ser expresso como o produto de um versor por um escalar.

Nesse caso, a velocidade angular tende a ser considerada como escalar, por estarmos trabalhando em duas dimensões, aqui temos que a aceleração tem a mesma direção do vetor posição, porém, com sentido oposto, confirmando que a aceleração tem a direção do raio e aponta para o centro da circunferência.

Agora vamos obter o módulo do vetor aceleração, lembrando ω é constante:

$$|\vec{a}(t)| = |-\omega^2 \vec{P}(t)| = |-\omega^2| \cdot |\vec{P}(t)| \quad (4.14)$$

Vamos chamar o módulo do vetor aceleração de aceleração centrípeta (a_c) e sabendo o módulo do vetor P pela equação 4.6 vale r , portanto:

$$a_c = \omega^2 \cdot r \quad (4.15)$$

Sabendo que $\omega = v/r$ (equação 4.3), chegamos em outra expressão para o módulo da aceleração centrípeta

$$a_c = \frac{v^2}{r} \quad (4.16)$$

Também, podemos expressar o modulo da aceleração em um movimento circular uniforme em termos do período T do movimento, o tempo que a partícula leva para realizar uma volta completa em torno da trajetória circular. Em um intervalo de tempo T (período), a partícula se desloca a uma distância igual ao comprimento da circunferência $2\pi r$, de modo que sua velocidade escalar é:

$$v = \frac{2\pi r}{T} \quad (4.17)$$

Quando substituimos a equação 4.17 em 4.16, obtemos a nova expressão:

$$a_c = \frac{4\pi r^2}{T^2} \quad (4.18)$$

Tabela 4.1 – Fórmulas do MCU.

GRANDEZA	FÓRMULA	UNIDADE (SI)
Posição angular	$s = r \cdot \theta$	rad
Velocidade escalar	$v = \frac{2\pi r}{T} = \omega \cdot r$	m/s
Velocidade angular	$\omega = \frac{d\theta}{dt} = \frac{2\pi}{T} = \frac{v}{r}$	rad/s
Aceleração centrípeta	$a_c = \omega^2 \cdot r = \frac{v^2}{r} = \frac{4\pi r^2}{T^2}$	m/s ²

4.2 - Lentes Delgadas

Lente é todo meio transparente limitado por duas superfícies curvas ou uma curva e uma plana, também definido como um sistema óptico com duas superfícies refratoras (YOUNGY et. al. 2016). A lente mais simples possui essas superfícies esféricas e suficientemente próximas, para ser desprezada a distância entre elas (espessura da lente) recebendo o nome de lentes delgadas.

São encontradas em lupas, microscópios, telescópios, máquinas fotográficas, projetores, filmadoras, óculos etc.

Não dá para imaginar o mundo hoje sem algo capaz de aumentar ou diminuir o tamanho das imagens dos objetos. O tamanho da máquina fotográfica necessária para registrar um retrato teria que ser do tamanho de uma pessoa, não poderíamos observar coisas no microscópio, ele não serviria para nada, pois este não iria nos fornecer uma imagem maior do objeto observado, não conseguiríamos ver estrelas e observar planetas mais de perto, além de inúmeras pessoas não conseguirem enxergar. Mas, felizmente, as lentes existem e graças a elas vamos ao cinema, tiramos fotografias, observamos coisas pequenas com o microscópio e as pessoas com defeitos visuais conseguem enxergar com precisão.

A **figura 4.4** mostra vários tipos de Lentes, conforme as curvaturas das superfícies. As lentes mais espessas no centro do que nas extremidades são convergentes com valor de f (distância focal) positivo, em caso contrário, são divergentes, com o valor de f negativo, desde que essas lentes estejam imersas em um material com índice de refração menor que o índice de refração do material da lente. Provaremos este fato utilizando a equação dos fabricantes de lentes cuja demonstração está na sequência.

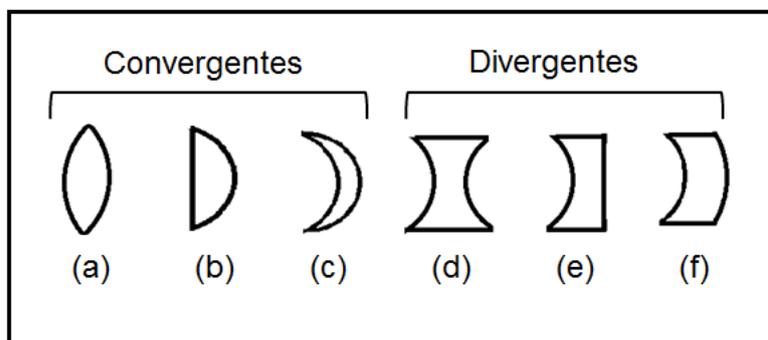


Figura 4.4 – Classificação das lentes: (a) Biconvexa; (b) Plano convexa; (c) Côncavo convexa; (d) Bicôncava; (e) Plano Côncava; (f) Convexo Côncava. (FONTE AUTOR).

➤ Equação dos fabricantes de lentes

A equação dos fabricantes de lentes fornece uma relação entre a distância focal f , o índice de refração n do material da lente e os raios de curvatura R_1 e R_2 das superfícies da lente. Utilizaremos a premissa de que a imagem formada por uma superfície refratora ou refletora pode servir de objeto para outra superfície refletora ou refratora.

Começaremos deduzindo a equação do dioptra esférico e na sequência demonstrando a equação dos fabricantes de lentes.

Consideremos o dioptra constituídos por dois meios transparentes possuindo índices de refração n_1 e n_2 e separados por uma superfície esférica de raio R . O objeto está no ponto O e a imagem se formará no ponto I o qual se encontra no eixo passando pelo centro de curvatura C e o objeto O . As coordenadas da imagem I e do objeto são p e p' , conforme representa a **figura 4.5**:

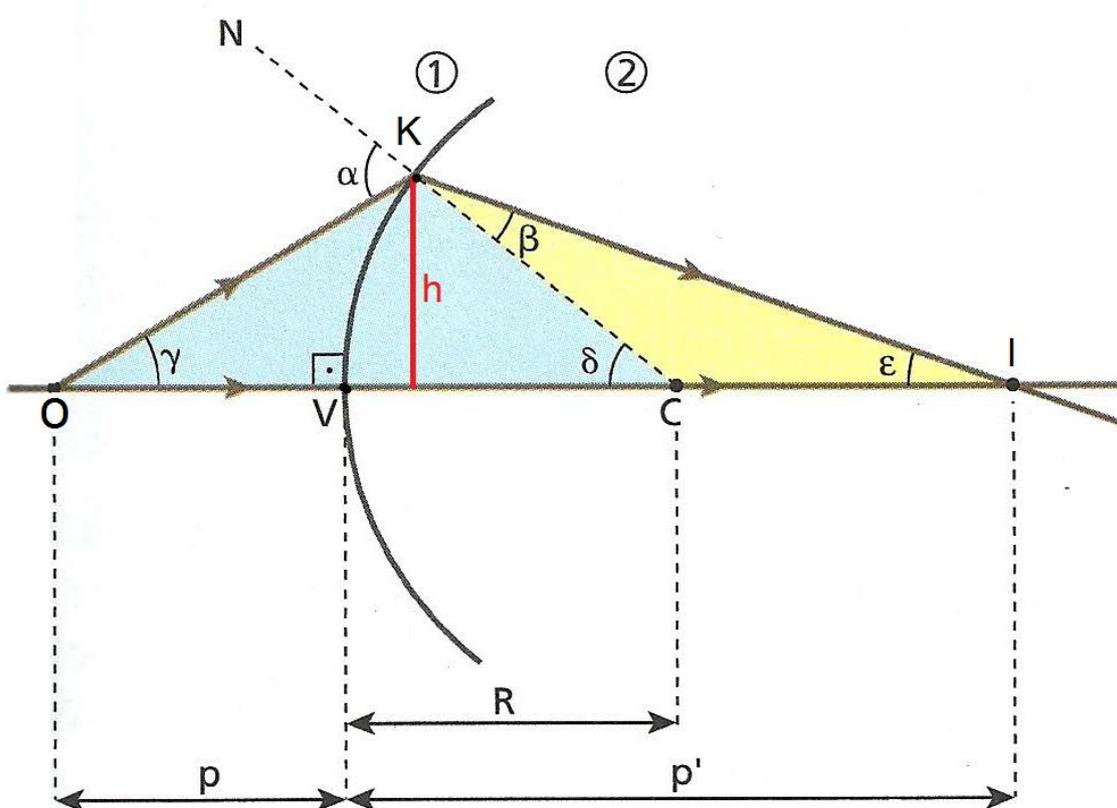


Figura 4.5 – Dioptra esférico. Fonte: VILLAS BÔAS et. al., 2010.

Consideremos primeiramente um raio incidente de O formando um ângulo γ com a horizontal e α com a normal à superfície. Este raio é refratado formando um ângulo β com a normal e um ângulo ε com a horizontal. O conjunto de raios refratados formará a imagem em I do objeto.

Visando estabelecer uma relação entre n_1 , n_2 , p , p' e R , aplicaremos a lei de Snell a refração do raio luminoso incidente no ponto k :

$$n_1 \cdot \text{sen}\alpha = n_2 \cdot \text{sen}\beta \quad (4.19)$$

Admitindo que esse raio seja pouco inclinado em relação a reta determinada por O e I , os ângulos α e β serão pequenos e $\overline{IV} \cong h$, valendo as aproximações:

$$\text{sen}\alpha \cong \alpha \quad \text{e} \quad \text{sen}\beta \cong \beta \quad (4.20)$$

Assim:

$$n_1 \cdot \alpha = n_2 \cdot \beta \quad (4.21)$$

O triângulo OCK , α é ângulo externo, logo:

$$\alpha = \gamma + \delta \quad (4.22)$$

No triângulo CKI , δ é ângulo externo, logo:

$$\delta = \beta + \varepsilon \quad \text{ou} \quad \beta = \delta - \varepsilon \quad (4.23)$$

Substituindo (4,22) e (4,23) em (4.21), vem:

$$\begin{aligned} n_1(\gamma + \delta) &= n_2(\delta - \varepsilon) \\ n_1\gamma + n_1\delta &= n_2\delta - n_2\varepsilon \end{aligned} \quad (4.24)$$

Da qual:

$$n_1\gamma + n_2\varepsilon = (n_2 - n_1)\delta \quad (4.25)$$

Valem, também, as aproximações:

$$\gamma \cong \text{tg}\gamma = \frac{h}{p} \quad (4.26)$$

$$\varepsilon \cong \text{tg}\varepsilon = \frac{h}{p'} \quad (4.27)$$

$$\delta \cong \text{tg}\delta = \frac{h}{R} \quad (4.28)$$

Substituindo os valores de γ , ε e δ em (4.25), decorre que

$$\frac{n_1}{p} + \frac{n_2}{p'} = \frac{n_2 - n_1}{R} \quad (4.29)$$

Consideremos agora a lente biconvexa com raios de curvaturas respectivamente iguais a R_1 e R_2 . Essa lente possui um índice de refração absoluto de refração n_L e esta

imersa em um meio de índice absoluto de refração n_m , de modo que $n_{L,m}$ seja o índice de refração da lente em relação ao meio.

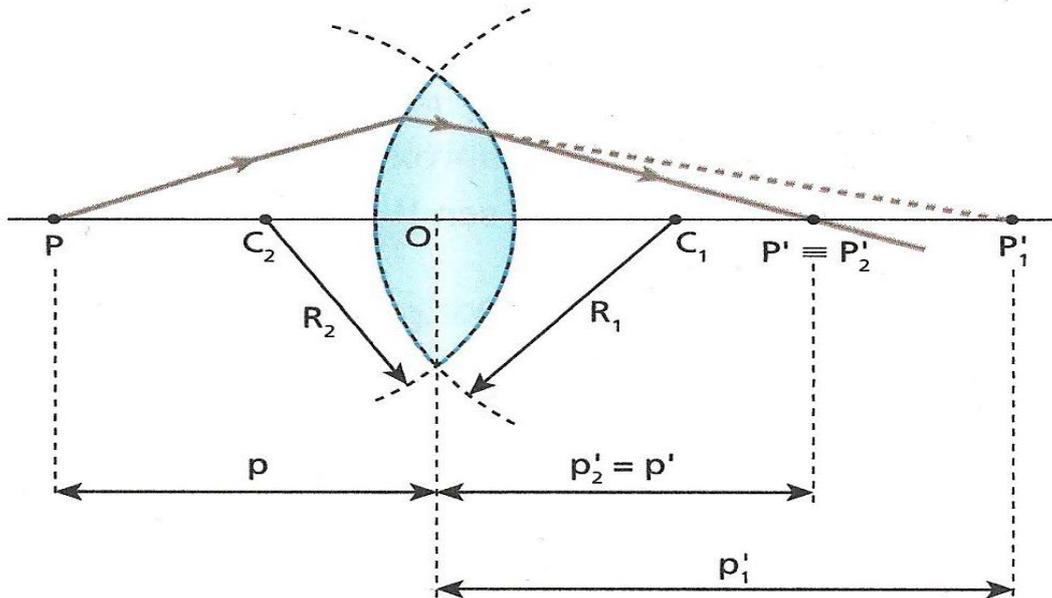


Figura.4.6 – Esquema de uma lente biconvexa e seus parâmetros. Fonte: VILLAS BÔAS et. al., 2010.

Aplicando a equação do dioptra esférico deduzida acima (4.29) para a face do lado esquerdo temos:

$$\frac{n_m}{p} + \frac{n_L}{p'_1} = \frac{n_L - n_m}{R_1} \quad (4.30)$$

A imagem real gerada pela face do lado esquerda comporta-se como objeto virtual a face da direita. Aplicando a essa face a equação do dioptra esférico, tem-se:

$$-\frac{n_L}{p'_1} + \frac{n_m}{p'_2} = \frac{n_L - n_m}{R_2} \quad (4.31)$$

Somando (4.30) e (4.31) e observando que $p'_2 = p'$, obtém-se:

$$\frac{n_m}{p} + \frac{n_m}{p'} = (n_L - n_m) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \quad (4.32)$$

Dividindo-se todos os termos da equação acima por n_m , decorre que:

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \left(\frac{n_L}{n_m} - 1 \right) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \quad (4.33)$$

Usando a equação que iremos demonstrar no próximo tópico:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'} \quad (4.34)$$

Em que f é a abscissa focal da lente, chega-se, finalmente, a equação dos fabricantes de lentes:

$$\frac{1}{f} = \left(\frac{n_L}{n_m} - 1 \right) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \rightarrow \frac{1}{f} = (n_{L,m} - 1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \quad (4.35)$$

➤ Lentes Convergentes

A lente convergente apresenta a propriedade de que todo feixe incidente paralelo ao eixo da lente que refrata convergindo para um foco F_2 (**figura 4.7a**) e forma uma imagem real nesse ponto. Analogamente os raios que fluem do ponto F_1 emergem da lente formando um feixe paralelo (**figura 4.7b**). O ponto F_1 é chamado de primeiro foco, o ponto F_2 é o segundo foco e a distância f é chamada de distância focal. Essa medida é feita a partir do centro da lente, para uma lente delgada sempre possuem a mesma medida de ambos os lados, além de ser definida uma grandeza positiva.

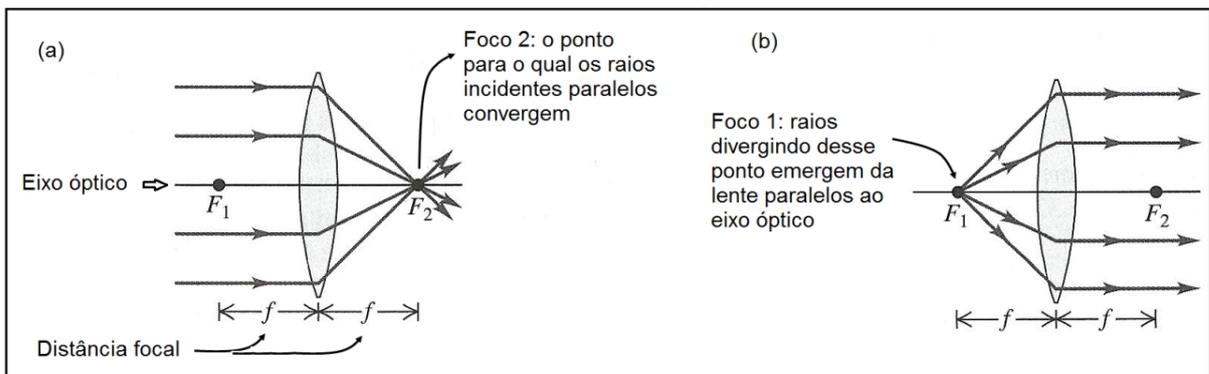


Figura 4.7 - F_1 e F_2 são o primeiro e o segundo focos de uma lente delgada convergente. Fonte: YOUNG, 2016.

A linha horizontal central é chamada de eixo óptico e é definida pelos centros de curvatura das duas superfícies esféricas.

➤ Lentes divergentes

A lente divergente apresenta a propriedade de que todo feixe incidente paralelo ao eixo da lente que refrata diverge depois da refração tendo como referência um ponto chamado segundo um foco F_2 (**figura 4.8a**). Analogamente, os raios que convergem para o primeiro foco F_1 emergem da lente formando um feixe paralelo (**figura 4.8b**). A distância focal de uma lente divergente é uma grandeza negativa. Os focos de uma lente negativa estão invertidos em relação aos focos da lente convergente.

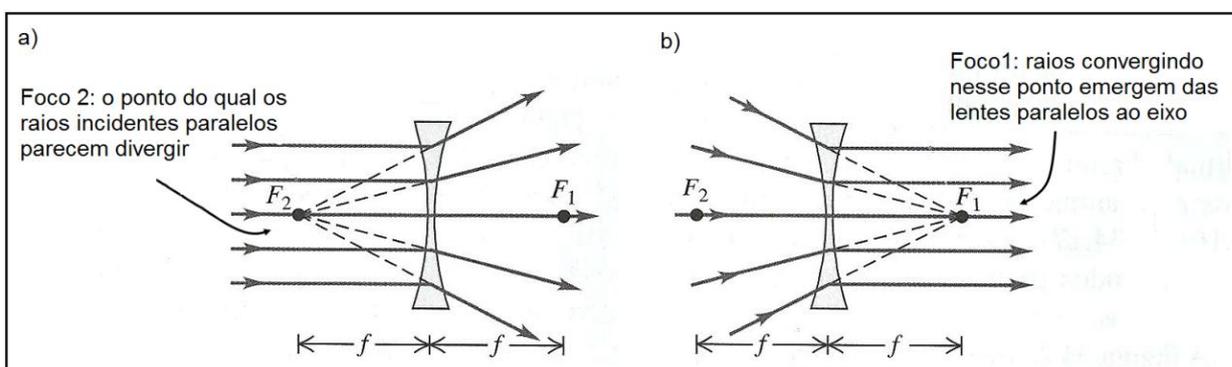


Figura 4.8 - F_1 e F_2 são o primeiro e o segundo focos de uma lente delgada divergente. Fonte: YOUNG, 2016.

➤ Método gráfico para formação de imagens

A posição e o tamanho da imagem formada por uma lente pode ser determinada utilizando um método gráfico. Para estabelecer essas características da imagem é necessário traçar dois raios notáveis. A interseção desses raios, depois da refração pela lente determina a posição e o tamanho da imagem. Quando a imagem for real, a posição do ponto imagem é determinada pela interseção direta dos raios notáveis, quando for virtual a posição da imagem é determinada pela interseção dos prolongamentos dos raios emergentes. Os três raios principais para se determinar essas imagens são:

- 1) Um raio paralelo ao eixo, emerge da lente passando pelo segundo foco F_2 de uma lente convergente ou parece vir do segundo foco de uma lente divergente.
- 2) Um raio que passa pelo centro da lente não sofre nenhum desvio apreciável; no centro da lente, as duas superfícies são paralelas; portanto, o raio emergente entra e sai essencialmente na mesma direção.

3) Um raio que passa pelo primeiro foco F_1 (ou cujo prolongamento o atinge) emerge paralelamente ao eixo óptico. (YOUNG, 2016).

Vejamos, então, como fica cada uma das construções possíveis (**figura 4.9**).

Nas lentes convergentes quando o objeto for localizado antes do primeiro foco da lente a imagem sempre será invertida e real, portanto poderá ser projetada em um anteparo, dando grande aplicabilidade as lentes. Quando o objeto se encontra antes do ponto antiprincipal (distância que equivale a duas distâncias focais da lente) a imagem apresenta um tamanho menor que o objeto como acontece nas câmeras fotográficas e no olho (**figura 4.9a**), e conforme esta imagem é aproximada da lente ela começa a aumentar de tamanho, sendo do mesmo tamanho do objeto quando este se encontra a duas distâncias focais $2f$ da lente (**figura 4.9b**), maior quando se encontra entre o ponto antiprincipal e o primeiro foco, como podemos observar o projetor de slides e o de cinema, até mesmo o data show (**figura 4.9c**). O objeto na ocasião que se encontra no primeiro foco dizemos que a imagem está focalizada no infinito, que seria o lugar fictício onde retas paralelas se encontram (**figura 4.9d**). E por fim sempre que o objeto for colocado próximo a lente, entre o primeiro foco e a lente, a imagem formada vai ser direita, maior e virtual, desta forma não podendo ser projetada, o que ocorre quando é utilizada em forma de óculos e lupas (**figura 4.9e**).

Para as lentes divergentes (**figura 4.9f**), independentemente, de onde o objeto é colocado, a imagem conjugada sempre apresenta as mesmas características. Imagens formadas, por este tipo de lente, são utilizadas nos óculos para a correção da miopia e são sempre virtuais, direitas e menores que o objeto.

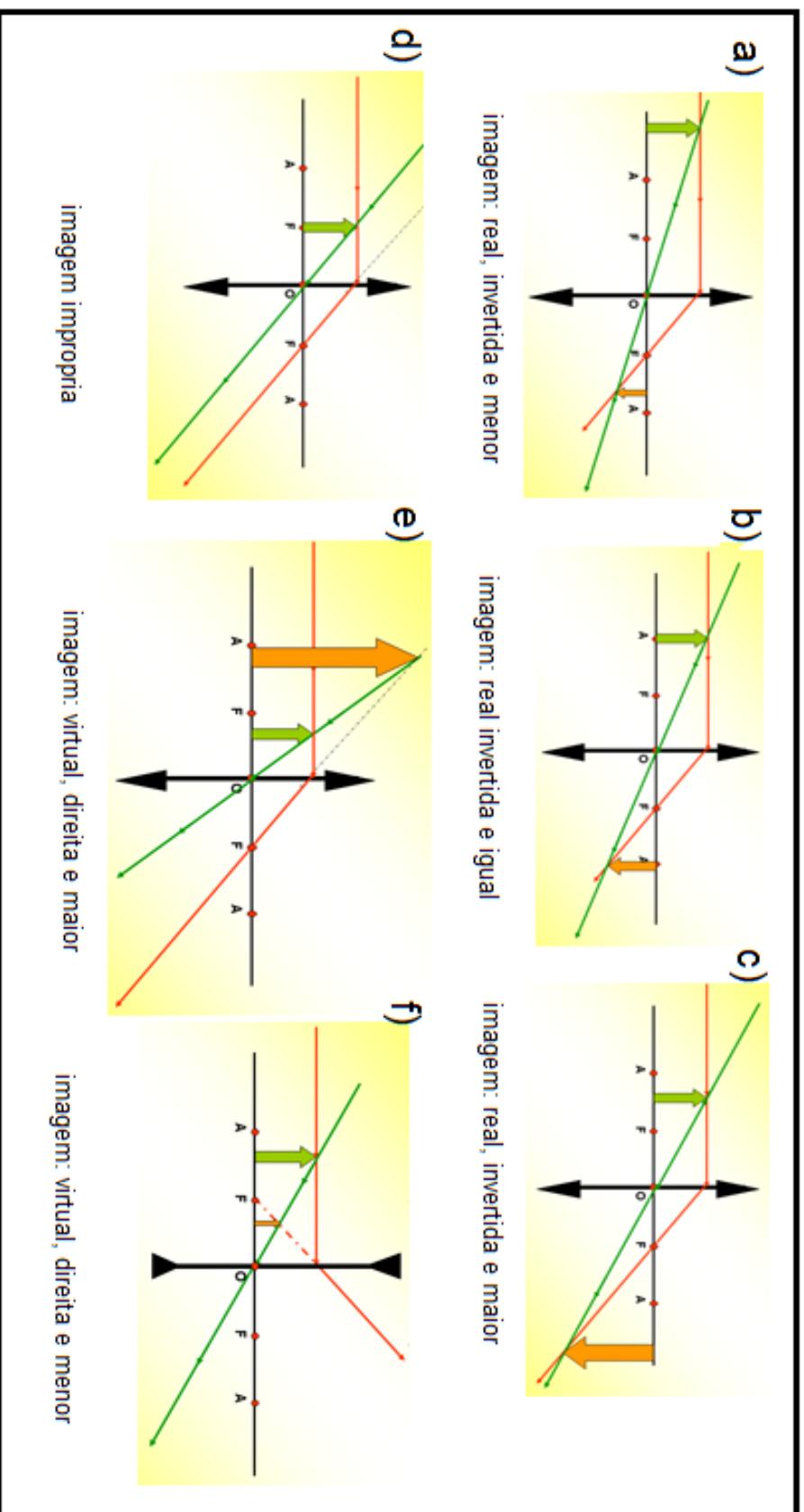


Figura 4.9 – Formação da imagem para um objeto situado a diversas distancias de uma lente delgada. (a) lente convergente: objeto colocada antes do antiprincipal; (b) lente convergente: objeto colocado no antiprincipal; (c) lente convergente: objeto colocado entre o antiprincipal e o primeiro foco; (d) lente convergente: objeto colocado no primeiro foco; (e) lente convergente: objeto pode ser colocado em qualquer lugar. Fonte (<https://www.slideshare.net/andrivitor1/lentes-esfricas-san-diego-2013-1>).

Igualando as expressões (4.36) e (4.37), vem:

$$\frac{p'}{p} = \frac{f}{p-f} \quad (4.38)$$

Igualando a equação 4.38 a zero e dividindo por $f.p.p'$, ao reagrupar temos,

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'} \quad (4.39)$$

As equações 4.36 e 4.39 são as equações fundamentais para as lentes delgadas.

Tabela 4.2- Fórmulas de lentes delgadas. Fonte: VILLAS BÓAS et. al., 2010.

Grandezas	Convenção de sinais	Fórmulas
P - distância do objeto à lente. P' - distância da imagem à lente. o - tamanho do objeto. I - tamanho da imagem. A - aumento linear transversal	P' > 0 - imagem Real (invertida). P' < 0 - imagem Virtual (direita). A > 0 - imagem direita (virtual) A < 0 - imagem invertida (real) f > 0 – lente convergente f < 0 – lente divergente	$A = \frac{i}{o} = \frac{-p'}{p} = \frac{f}{f-p}$ $\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'}$ $\frac{1}{f} = \left(\frac{n_L}{n_m} - 1\right) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$

4.3 – Circuitos elétricos

A eletricidade é dividida em partes, uma é a chamada eletrostática que estuda as cargas elétricas em repouso, estudando campo elétrico, força e potencial elétrico, e a outra que é objeto do nosso estudo é a eletrodinâmica que estuda as cargas elétricas em movimento, onde esse movimento de cargas de uma região para outra recebe o nome de corrente elétrica (YOUNG, 2016).

➤ Corrente elétrica

Ao ligarmos um fio metálico aos polos de uma bateria carregada, uma corrente elétrica passa através do fio quando a conexão é feita, pois as extremidades do fio condutor estão em potenciais diferentes. Essa corrente é resultado do movimento dos portadores de cargas livres (elétrons nos condutores sólidos) que se deslocam do menor para o maior

potencial elétrico. Convencionalmente definiu-se o sentido da corrente como o sentido dos portadores positivo de carga elétrica (oposto ao sentido dos elétrons). Embora corrente tenha sentido, ela não é uma grandeza vetorial.

Para definir a intensidade da corrente, vamos supor que partículas carregadas estão se deslocando perpendicularmente a secção transversal de um fio com uma área A , de acordo com a **figura 4.11**. A corrente é definida como a taxa a que a carga elétrica flui através dessa superfície (SERVAY, 2004). Considerando ΔQ a quantidade de carga que atravessa essa área do condutor em um intervalo de tempo Δt , temos a corrente média definida por:

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \quad (4.40)$$

Definimos corrente instantânea I como o limite da expressão acima, a medida que a variação de tempo tende a zero.

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{dQ}{dt} \quad (4.41)$$

A unidade no SI de corrente elétrica é o ampère; um ampère é definido como um coulomb por segundo ($1 \text{ A} = 1 \text{ C/s}$).

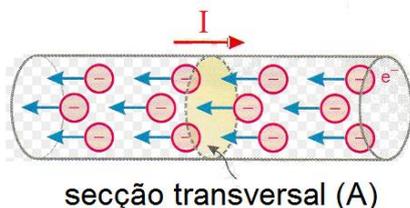


Figura 4.11 – Fio condutor e portadores de carga atravessando perpendicularmente sua secção transversal de área A . (Fonte: <http://engcomp.com.br/wp-content/uploads/2016/06/corrente-eletrica-secao.png>).

Podemos expressar a corrente em função da velocidade das cargas que se movem. Considere as partículas idênticas e carregadas que se movem em um condutor de área de secção transversal A de acordo com a **figura 4.12**. Se n representa o número de portadores de carga por unidade de volume e Δx o comprimento do condutor, temos que o número de portadores no elemento de volume é $n.A.\Delta x$, portanto, a carga móvel ΔQ neste elemento é definida por:

$$\Delta Q = (nA\Delta x).q \quad (4.42)$$

Onde q é a carga de cada portador. Se os portadores de carga em um tempo Δt , deslocam Δx ao longo do condutor, com uma velocidade média chamada v_a podemos

escrever $\Delta x = v_a \Delta t$. Se Δx for o comprimento do condutor, para um determinado Δt , a quantidade de carga que atravessa o condutor é:

$$\Delta Q = (nA\Delta x) \cdot q = (nAv_a\Delta t) \cdot q \quad (4.43)$$

Se dividirmos os dois lados da equação por Δt , teremos a corrente elétrica I medida através da densidade nos portadores de carga n , a carga q e a velocidade de arrasto v_a .

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = nqv_aA \quad (4.44)$$

A densidade corrente J é definida como a corrente que flui por unidade de área do condutor (YOUNG, 2016). A partir da equação 4.44, a densidade da corrente é:

$$J = \frac{I}{A} = nqv_a \quad (4.45)$$

➤ Resistência elétrica

A velocidade de arrasto dos elétrons dentro do condutor, está relacionada com a força elétrica aplicada a eles, que por sua vez está relacionada de maneira direta com o campo elétrico gerado pela diferença de potencial entre as extremidades do condutor.

Desta forma quando uma diferença de potencial (ddp) U é aplicada na extremidade do condutor, a corrente estabelecida do condutor é proporcional a ddp (U) aplicada. Podemos escrever esta relação como $U = R \cdot I$, sendo R a constante de proporcionalidade, chamada de resistência do condutor. Definimos essa resistência pela razão entre a tensão aplicada nas extremidades do condutor e a corrente estabelecida no condutor.

$$R = \frac{U}{I} \quad (4.46)$$

A resistência tem a unidade no SI de volt por ampère, chamada de ohm (Ω), em homenagem a Georg Simon Ohm (1787-1854), que foi o primeiro a fazer o estudo sistemático da resistência elétrica (SERVAY, 2004).

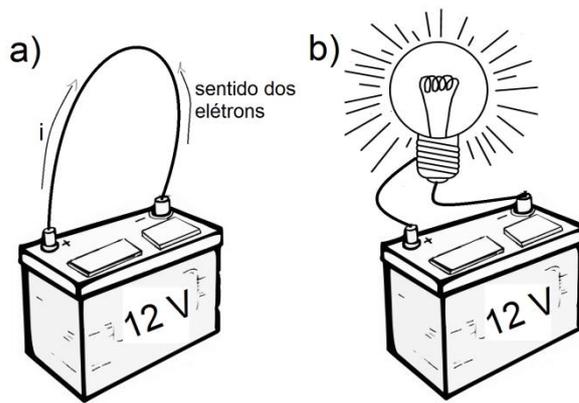


Figura 4.12 – a) Bateria ligada em curto circuito; b) Bateria ligada em um lâmpada. (Fonte do autor).

Para interpretar melhor o conceito de resistência, observemos a **figura 4.12a**. Nela está representada um fio condutor ligado entre os terminais de um gerador (bateria) que mantém entre seus terminais uma tensão (ou diferença de potencial) de 12 V. O fio é então percorrido por uma corrente elétrica de intensidade I , cujo sentido convencional está assinalado na figura. Os elétrons livres que possui o material condutor serão então acelerados do polo negativo ao positivo, já que possuem cargas negativas, e em seu trajeto sofrerão múltiplos choques com os átomos ou moléculas que constitui o fio condutor. Esses choques podem ser entendidos como uma dificuldade à passagem dos elétrons, ou seja, oposição a passagem de corrente elétrica, o que nos leva a concluir que quanto maior for a resistência, menor será a corrente elétrica no circuito e que os fios condutores, também, possuem resistência elétrica.

Experimentos comprovam que para muitos materiais a resistência é constante para um grande intervalo de tensões aplicadas, dizemos que o condutor apresenta um comportamento ôhmico, ou seja, estes dispositivos possuem uma relação linear entre a corrente e a voltagem como na **figura 4.13a** e, caso contrário, apresenta um comportamento não ôhmica **figura 4.13b**.

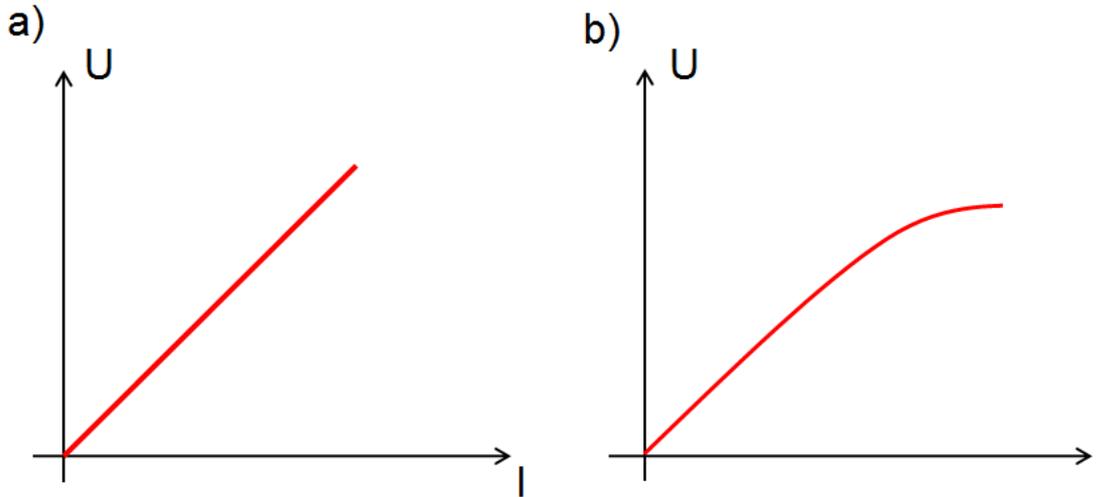


Figura 4.13 – a) gráfico da curva de um resistor ôhmico; b) gráfico da curva de um resistor não ôhmico. (Fonte do autor).

Experimentalmente percebe-se que a resistência de um fio condutor ôhmico é diretamente proporcional ao comprimento e inversamente proporcional a sua área de secção transversal, onde a constante de proporcionalidade, chamada de resistividade do material, que tem as unidades ohm-metro ($\Omega \cdot m$), depende das propriedades do material e da temperatura. A resistência de um corpo é uma propriedade do corpo, já a resistividade é uma propriedade da substância.

$$R = \frac{\rho \cdot l}{A} \quad (4.47)$$

Estudaremos, a seguir, associação de resistores que é a forma de como se organiza resistores interligados. O comportamento desta associação varia conforme os resistores estão ligados, estudaremos a associação em série e a associação em paralelo. No cotidiano encontramos essas associações em instalações residenciais, em lâmpadas de decoração natalina e em circuitos de aparelhos eletrônicos como televisores e rádios.

Suponha três resistores com resistências R_1 , R_2 , R_3 , dispostos na **figura 4.14** de duas maneiras diferentes entre os pontos A e B. Dizemos que existe uma **associação em série**, quando dois ou mais dispositivos de um circuito, tais como resistores, baterias e motores, são interligados para constituir um único trajeto condutor, isto é, sem bifurcações. De forma que se forem percorridos por corrente elétrica tenha um único caminho a seguir, portanto, a mesma intensidade como indicado na **figura 4.14a**.

Na **figura 4.14b** temos uma **associação em paralelo**, onde dois ou mais dispositivos são interligados de modo que seus terminais fiquem ligados diretamente nos

terminais da fonte (bateria) mantendo a mesma diferença de potencial. De forma que se forem percorridos por corrente elétrica, essa terá que se dividir nos resistores.

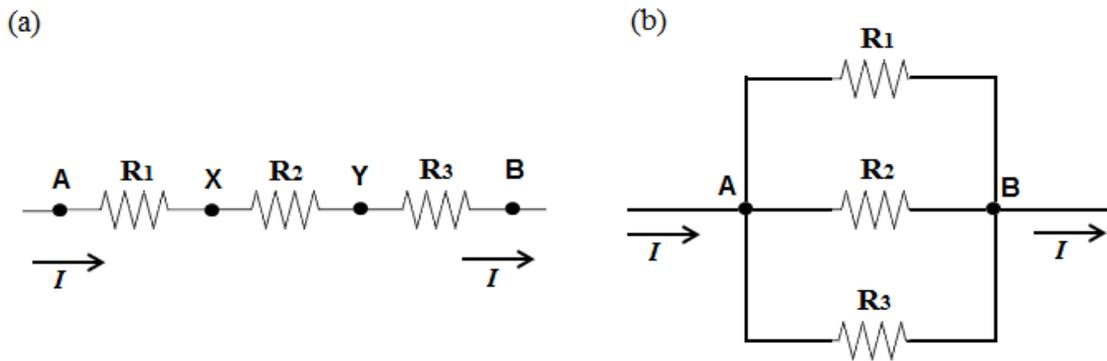


Figura 4.14 – (a) R_1 , R_2 e R_3 , organizados em série. (b) R_1 , R_2 e R_3 , organizados em paralelo. (Fonte do autor).

Independente da maneira com que se agrupe os resistores podemos sempre encontrar um único resistor apto a substituir a combinação inteira, produzindo a mesma corrente elétrica e a mesma ddp. Por exemplo, é possível substituir o conjunto de lâmpadas natalinas (pisca-pisca) por uma única lâmpada submetida à mesma tensão e percorrida pela mesma corrente. Essa resistência singular é chamada de resistência equivalente, e pode ser calculada com a equação 4.46, com U_{AB} , sendo a tensão entre os pontos A e B e a corrente I, a corrente do ponto A ou do ponto B (YOUNG, 2016).

$$R_{EQ} = \frac{U_{AB}}{I} \quad (4.48)$$

➤ Associação de resistores em série

Quando os resistores estão ligados em série como mostra a **figura 4.14a**, os resistores inclusos no circuito serão percorridos pela mesma corrente elétrica. Isso acontece pelo fato de a corrente elétrica dispor somente de um caminho para fluir através do circuito. Quando um resistor do circuito queima ou é retirado, o caminho percorrido pela corrente é interrompido, caracterizando um circuito aberto fazendo com que todo o circuito pare de funcionar. Aplicando a equação ddp para cada resistor temos:

$$U_{AX} = R_1 \cdot I; \quad U_{XY} = R_2 \cdot I; \quad U_{YB} = R_3 \cdot I \quad (4.49)$$

A diferença de potencial nos terminais da associação em série é igual à soma das diferenças de potencial medidas entre os terminais de cada um dos resistores associados,

isto é, a ddp total aplicada através de um circuito em série divide-se entre os dispositivos elétricos individuais, de modo que a soma das quedas de voltagem nos resistores individuais é igual à ddp total mantida pela fonte.

$$U_{AB} = U_{AB} + U_{XY} + U_{YB} = (R_1 + R_2 + R_3).I \quad (4.50)$$

Logo,

$$\frac{U_{AB}}{I} = R_1 + R_2 + R_3 \quad (4.51)$$

O fluxo ordenado de elétrons livres, que atravessam o circuito enfrenta a resistência do primeiro dispositivo resistivo, a resistência do segundo, a do terceiro e, assim por diante, de modo que a resistência total do circuito é a soma das resistências desmembradas que existem ao longo do circuito. Assim, podemos dizer que a resistência equivalente a uma associação em série de resistores é igual à soma das resistências dos resistores associados.

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 \quad (4.52)$$

A resistência equivalente em um circuito em série sempre é maior que qualquer uma das resistências individuais, para um número qualquer de resistores pode ser generalizada para:

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n \quad (4.53)$$

➤ Associação de resistores em paralelo

Todos os resistores contidos no circuito serão submetidos pela mesma diferença de potencial (tensão). Isso acontece pelo fato de que cada resistor está ligado ao mesmo ponto da bateria que os outros.

$$I_1 = \frac{U_{AB}}{R_1}; \quad I_2 = \frac{U_{AB}}{R_2}; \quad I_3 = \frac{U_{AB}}{R_3} \quad (4.54)$$

A corrente elétrica nos terminais da associação em paralelo é igual à soma das correntes elétricas medidas entre os terminais de cada um dos resistores associados, isto é, a corrente elétrica total aplicada através de um circuito em paralelo divide-se entre os dispositivos elétricos individuais, de modo que a soma das correntes nos resistores individuais é igual à corrente elétrica total mantida pela fonte.

$$I = I_1 + I_1 + I_1 = U_{AB} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_1} \right) \rightarrow \frac{I}{U_{AB}} = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_1} \right) \quad (4.55)$$

Sabendo que $R_{eq} = U_{AB}/I$, portanto:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \quad (4.56)$$

A resistência equivalente em um circuito em paralelo sempre é menor que a resistência de menor valor, para um número qualquer de resistores conectados em paralelo pode ser generalizada como o inverso das resistências individuais:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n} \quad (4.57)$$

Quando um dos resistores da associação em paralelo queima, a corrente elétrica que circula nos demais componentes do circuito não é alterada.

Em virtude dessa segunda propriedade, os circuitos elétricos residenciais e de iluminação pública são todos em paralelo. Se fossem em série, quando a lâmpada de um cômodo parasse de funcionar, todas as demais lâmpadas, também, parariam, pois isso, impediria a passagem da corrente elétrica.

Tabela 4.3 - Fórmulas da associação série e paralelo.

Associação de resistores em série	Associação de resistores em paralelo
$I = I_1 = I_2 = I_3 = I_n$ $U = U_1 + U_2 + U_3 + \dots + U_n$ $R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$	$I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n$ $U = U_1 = U_2 = U_3 = U_n$ $\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$

Procurou-se, ao longo dos Capítulos 3 e 4, mostrar a relação entre a aprendizagem significativa e a experimentação de conceitos físicos. Em seguida, serão trabalhadas a descrição metodológica e aplicação dos objetos dessa pesquisa.

Capítulo 5

Descrição da Metodologia e Aplicação do Produto

A proposta foi aplicada no Ensino Médio, em duas escolas na cidade de Campinas, interior do Estado de São Paulo. A escola da Rede Estadual fica localizada em um bairro de periferia com vulnerabilidade social acentuada e a escola da rede privada localizada em uma região privilegiada em um distrito. A Escola Estadual apresenta nas salas de aula apenas lousa e dispõe de um único projetor para uso de todo o corpo docente cuja solicitação para a aula deve ser feita com muita antecedência. A Escola Particular possui em todas as salas quadro negro, lousa digital, projetor e computador com acesso à internet.

Procurei não utilizar os recursos que eram disponíveis na Escola Particular para que qualquer professor em qualquer escola pudesse aplicar as sequências didáticas preparadas. Assim, as adaptações e aprimoramentos serão possíveis em qualquer realidade, com qualquer recurso adicional que esteja à disposição.

O produto consiste em três temas de estudo, um para cada ano do Ensino Médio. Os temas/conteúdos foram escolhidos, por se tratar de temas pouco abordados, conforme discutidos na Introdução. Os conteúdos foram apresentados no capítulo 4.

Desse modo, os temas eleitos foram:

- a) A cinemática do movimento circular, abordada no primeiro ano do Ensino Médio cuja sequência didática foi aplicada na Escola Estadual;
- b) O estudo das lentes, abordado no segundo ano do Ensino Médio, aplicado em uma escola privada;
- c) A sequência de circuito série /paralelo, abordada no terceiro ano, que também foi praticada na Escola Estadual.

Os experimentos permitem ao professor adequar os instrumentos de acordo com sua maneira de lecionar e com a necessidade da aula.

Em ambas as escolas, a coordenação apoiou e incentivou a aplicação da atividade. As atividades foram aplicadas em sala de aula, mesmo nas escolas tendo laboratório, isso porque, havia a importância em se propor atividades que poderiam ser feitas por qualquer público, com ou sem recursos de laboratório, como, também, propõem Ribeiro et al (2016).

Não obstante, é importante realizar uma breve descrição de cada uma das realidades. Na Escola Estadual, é comum haver um laboratório de física, química e

biologia, entretanto, com poucos materiais à disposição. Em contrapartida, na Escola Particular, um dos laboratórios é restrito apenas para as disciplinas de física e química, que por sinal, é moderno e, muito bem equipado, além de contar com o recurso de monitoria realizado por um professor assistente.

A proposta foi aplicada em uma turma de cada série, nos meses de setembro e outubro de 2016 nas escolas citadas e a seguir descrevo o desenvolvimento da aula experimental para, posteriormente, discutir os resultados.

5.1 - Movimento Circular Uniforme

5.1.1 - A bicicleta

Para a obtenção de uma visualização mais concreta, estimulante e compreensível do movimento circular, foi desenvolvida uma sequência que utilizava como objeto um meio de transporte muito popular nessa faixa etária: a bicicleta. Assim, foi comprada uma bicicleta em um ferro velho. Depois foi levada até uma serralheria onde foram aproveitadas a roda traseira e sua engrenagem, a coroa e o pedal. Foi levada, também, à bicicletaria para que fossem consertados as engrenagens e o freio. Na tentativa de mostrar dados do movimento circular, um ciclocomputador*², também, conhecido como computador de bordo, foi acoplado à roda traseira, para que pudesse ser medida a velocidade, a frequência de rotação da roda, a distância percorrida e o tempo, como mostra a **figura 5.1**. Durante a aplicação da sequência, ficou claro que não é necessário que se tenha uma bicicleta modificada, basta se ter uma bicicleta comum com marchas e que o ciclocomputador seja instalado na roda traseira. Então, deve-se colocar a bicicleta com as rodas para cima como mostra a **figura 5.2**.

² Ciclocomputador: consiste num aparelho totalmente eletrônico, capaz de captar dados via sensores magnéticos. Dentre sua principal função, cita-se o registro de horas, quilometragem, velocidade, cronógrafo, hodômetro parcial, cadência de pedalada, velocidade média, velocidade máxima, e, em alguns mais completos, é possível registrar até os batimentos cardíacos e a zona alvo de treinamento do atleta (SOARES, MACHADO 2012). Esse dispositivo é encontrado em lojas de artigos esportivos.

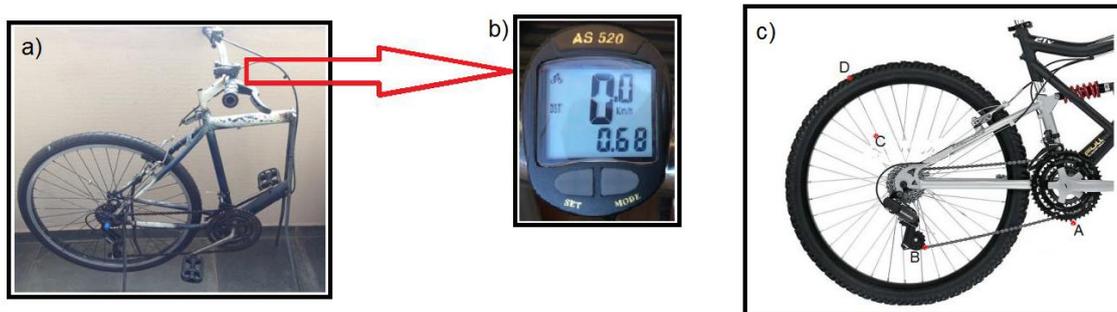


Figura 5.1. – (a) aparato experimental da bicicleta, uma bicicleta serrada “ao meio”, suspensa por tripés; (b) ciclocomputador acoplado na bicicleta para a medição de grandezas físicas; (c) Esquema da bicicleta com alguns pontos estratégicos para padronização das respostas durante a aplicação dos questionários. (Fonte: do autor).



Figura 5.2 - bicicleta colocada de “ponta cabeça”, que serviria da mesma forma que uma bicicleta serrada. (Retirado de <https://syndromexc.files.wordpress.com/2011/11/giant-anthem.jpg>).

5.1.2.- Metodologia

A proposta de MCU foi aplicada a uma turma do primeiro ano do Ensino Médio, no período da manhã, na escola da rede estadual, em 3 dias, totalizando 5 aulas. Essas aulas foram cedidas ao professor aplicador, pois ele não leciona nesta turma, sendo que nos dois primeiros dias as aulas foram duplas com 50 minutos de duração cada, e, no terceiro dia, uma aula de 50 minutos, que foi dada para cobrir a falta de um professor. Neste último encontro, houve um espaçamento de uma semana. Houve uma quantidade de alunos diferente em cada um dos três dias: no primeiro dia tivemos 18 alunos presentes, no segundo dia, 26 alunos presentes e no terceiro dia 23 alunos presentes, em um total de 38 alunos. Contudo, apenas 11 alunos compareceram nos três dias.

Na primeira aula, o professor aplicador se apresentou a turma, visto que não era o

professor titular da disciplina e estes alunos não o conheciam. Depois, foi apresentada a proposta dizendo que estas aulas fariam parte de uma pesquisa de mestrado, e que não teriam respostas “certas ou erradas” em um primeiro momento, mas que deveriam responder seriamente os questionários que seriam apresentados, com o conhecimento que eles traziam e que deveriam colaborar com as aulas. Se isso ocorresse ganhariam um ponto na média de Física, o que já havia sido previamente combinado com o professor titular da turma.

Inicialmente foi apresentado aos alunos o aparato experimental, a bicicleta, conforme a **figura 5.1(a)**, o que causou certa inquietação entre os alunos e surgiram questionamentos como: “O que este professor vai mostrar para a gente? ”; “O que é isso, professor?; “Dá para pedalar? ” Com este despertar de curiosidade, foi aguçado nos alunos uma predisposição para o aprendizado, por estar trazendo algo diferentes das aulas tradicionais, que segundo Ausubel é uma das duas condições para o aprendizado. Após esclarecer as dúvidas, foi perguntado aos alunos o que entendiam por “movimento circular” e onde eles percebiam estes movimentos nos objetos e na natureza no nosso dia-a-dia. Foram obtidas diversas respostas como: roda, volante do carro, movimento de um disco (frisbe), etc.

Após explorar oralmente o tema, um questionário breve foi entregue aos alunos contendo perguntas sobre uma situação-problema de transmissão de movimento transcrita no apêndice A. O professor explicou o que cada figura representa e o aluno utilizou somente seus conhecimentos prévios para responder. Na sequência, foi apresentado o mesmo questionário aos alunos, mas desta vez após a observação da bicicleta (experimento) e a identificação dos pontos da figura com pontos na bicicleta como mostra a **figura 5.1(c)**. No momento posterior, o professor movimentou o pedal da bicicleta fazendo com que este entrasse em movimento, colocando todo o bloco em movimento, (pedal, coroa, corrente catraca e roda traseira) e pediu para que novamente os alunos preenchessem o referido questionário, agora observando os pontos previamente marcados na coroa e catraca da bicicleta.

Com esta sequência de atividades, o aluno passa de observador de uma figura bidimensional e estática na lousa para de um objeto concreto que é a bicicleta e, em um terceiro momento, vê o concreto em funcionamento. Aqui o experimento de observação subsidia a construção do conhecimento que vai do abstrato ao concreto modificando sua

estrutura cognitiva.

Após o preenchimento dos três questionários, o professor explanou sobre o conteúdo começando com a revisão sobre o significado do número π e uma retomada de ângulos em circunferências, e depois, discorreu sobre o conteúdo de MCU, consoante no **apêndice D**.

No final da aula, os alunos conseguiram perceber que para o movimento circular, além da velocidade linear que já se conhecia, apareceu uma nova velocidade, a angular, e foi construído com eles a relação entre velocidade angular, velocidade linear e raio através de demonstrações feitas com barbante e a roda da bicicleta, o que os levou a concluir a relação $v = \omega \cdot r$.

Ausubel coloca que o que mais influencia o aprendizado é o que o aluno já sabe, pensando nisso, para introduzir os conceitos de movimento circular foram utilizados conceitos de movimento retilíneo, que já tinham sido vistos pelos alunos durante o primeiro semestre, facilitando a associação do novo conhecimento com o conhecimento já existente em sua estrutura cognitiva.

Com o auxílio da câmera de um celular, o ciclocomputador da bicicleta foi filmado marcando a frequência e velocidade em todos os momentos do experimento, de acordo com a **figura 5.3**; enquanto um outro aluno colocava o pedal em movimento com as mãos. A proposta era que, na aula seguinte, fosse trazida pelos alunos uma tabela de frequência por velocidade que seria tirada da gravação que o professor compartilharia com todos, através do e-mail, para que fosse analisada a relação da frequência com a velocidade.

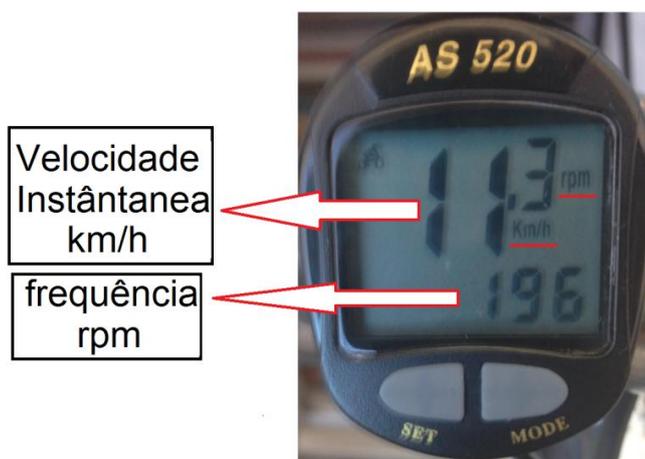
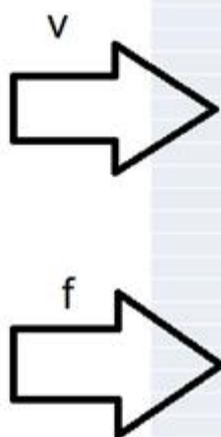


Figura 5.3 – O ciclocomputador na função frequência, marca a velocidade em km/h e a frequência em rpm. (Fonte: do autor)

No segundo encontro, preparado para continuar a sequência, ainda que houvesse pouca participação dos alunos na realização do exercício proposto para casa, o professor-pesquisador tabulou os dados da filmagem e transformou as medidas para as unidades no SI para dar continuidade a aula. Nesse segundo encontro, realmente nenhum aluno havia feito a tabela. Com a tabela abaixo, sinalizada como **figura 5.4** e entregue aos alunos fotocopiada, foi proposto aos alunos que construíssem um gráfico de velocidade por frequência. Como as aulas são curtas, o professor-pesquisador preferiu também adiantar o gráfico utilizando uma planilha eletrônica e que, também, foi fotocopiado e disponibilizado aos alunos.

Tabela 5.1 - Dados da velocidade e da frequência tirado da gravação de vídeo feita pelos alunos, ao lado a mesma tabela em unidades no SI

velocidade (km/h)	frequencia (rpm)	frequencia (Hz)	velocidade (m/s)
2,400E+00	1,900E+01	0,32	0,67
3,700E+00	3,000E+01	0,50	1,03
4,700E+00	3,800E+01	0,63	1,31
5,500E+00	4,400E+01	0,73	1,53
5,700E+00	4,600E+01	0,77	1,58
6,700E+00	5,400E+01	0,90	1,86
7,400E+00	6,000E+01	1,00	2,06
9,600E+00	7,700E+01	1,28	2,67
1,060E+01	8,500E+01	1,42	2,94
1,190E+01	9,600E+01	1,60	3,31
1,400E+01	1,120E+02	1,87	3,89
1,630E+01	1,300E+02	2,17	4,53
1,790E+01	1,440E+02	2,40	4,97
1,860E+01	1,490E+02	2,48	5,17
1,890E+01	1,510E+02	2,52	5,25
1,990E+01	1,600E+02	2,67	5,53
2,050E+01	1,640E+02	2,73	5,69
2,170E+01	1,740E+02	2,90	6,03
2,250E+01	1,800E+02	3,00	6,25
2,550E+01	2,040E+02	3,40	7,08
2,620E+01	2,100E+02	3,50	7,28
2,770E+01	2,220E+02	3,70	7,69
3,030E+01	2,430E+02	4,05	8,42
3,280E+01	2,630E+02	4,38	9,11
3,830E+01	3,070E+02	5,12	10,64
3,990E+01	3,200E+02	5,33	11,08
4,100E+01	3,290E+02	5,48	11,39
4,290E+01	3,430E+02	5,72	11,92
4,490E+01	3,600E+02	6,00	12,47
4,590E+01	3,680E+02	6,13	12,75
4,650E+01	3,730E+02	6,22	12,92
4,790E+01	3,840E+02	6,40	13,31
4,930E+01	3,950E+02	6,58	13,69



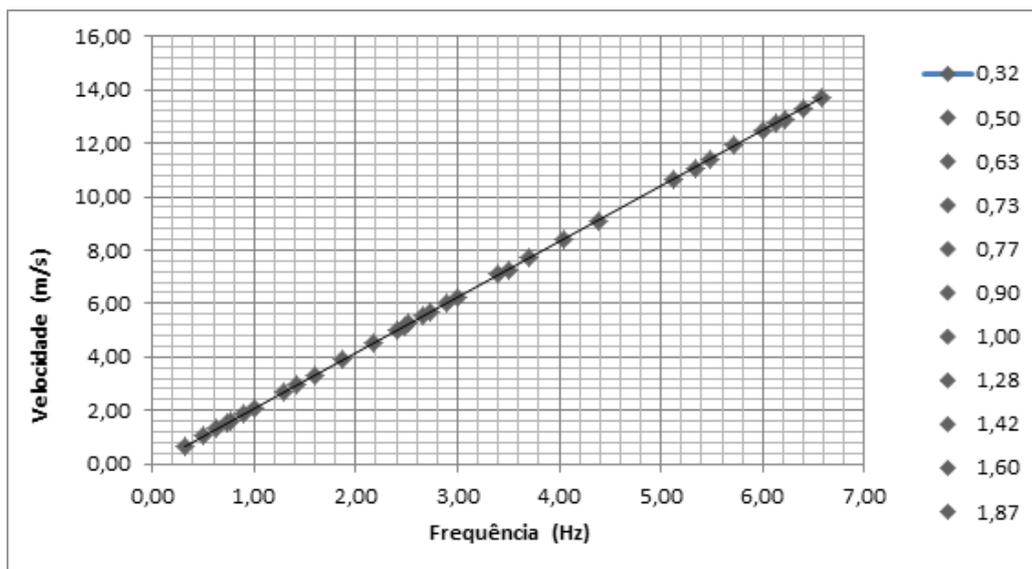


Figura 5.4 - Gráfico construído em uma planilha eletrônica com os dados da tabela. (Fonte: do autor)

Com o gráfico e a tabela em mãos, os alunos deveriam responder ao questionário 4 (que consta no **Apêndice A**) e, através de recursos matemáticos como o cálculo do coeficiente angular através da tangente, achar o raio da roda, como é sugerido no **Apêndice D – seção 2.3.1**. A aula continuou, todavia, os alunos não sabiam o que era coeficiente angular, não sabiam sobre equação da reta, e não tinham a mínima ideia de como relacionar o raio da roda com o gráfico, se queixaram de não ter tido aulas de matemática que contemplassem este assunto devido às faltas e licenças de alguns professores. Para minimizar essa lacuna, o professor-pesquisador fez uma exposição oral sobre o assunto em sala, para que houvesse um entendimento por parte dos alunos, tentando criar novos conhecimentos em sua estrutura cognitiva de forma que esses conhecimentos fossem usados de subsunçores para a resposta do questionário 4, mas não conseguiu atingir a todos.

No terceiro encontro o professor-pesquisador fez uma breve revisão sobre todos os tópicos que já havia ensinado e sugeriu mais uma atividade utilizando o aparato Bicicleta. O odômetro e o cronômetro foram zerados e, então, o professor-pesquisador requisitou novamente que um aluno filmasse o computador de bordo **figura 5.5(a)** e outro pediasse, pois, iriam calcular a distância que a bicicleta teria andado através de um gráfico de velocidade por tempo. Após a filmagem o professor lembrou aos alunos das aulas de cinemática em que aprenderam que em um gráfico de velocidade por tempo, a área sob a curva é numericamente igual ao deslocamento percorrido. Como foi feito no gráfico

anterior, primeiro seriam tabulados os valores de velocidade e tempo do computador de bordo através de pausas do vídeo e depois, construído um gráfico. Por ser o último encontro com os alunos e devido à falta de tempo, como professor-pesquisador já havia previsto e se planejado para superar esse contratempo, preparou uma tabela e um gráfico para entregar aos alunos similar ao da **figura 5.6 (a)** e a **tabela 5.2** e explicou que o gráfico e a tabela tinham sido feitos através de uma planilha eletrônica, e, como a velocidade poderia aumentar ou diminuir com o passar do tempo, pois isso, dependia de quem pedalava e que o gráfico não necessariamente seguiria um padrão.

Com um gráfico para cada aluno, o professor-pesquisador pediu para que calculassem a área, através dos quadradinhos que já possuíam no gráfico e que na periferia da curva formada, onde os quadradinhos não estavam completos, que fosse feita uma aproximação usando o bom senso de que cada dois meios quadradinhos davam um e, assim por diante, conforme **figura 5.6 (b)**. Após a contagem dos quadradinhos, foi calculada a área de um quadradinho e feita a multiplicação e, depois, o resultado foi comparado com o valor marcado no odômetro consoante à **figura 5.5 (b)**.

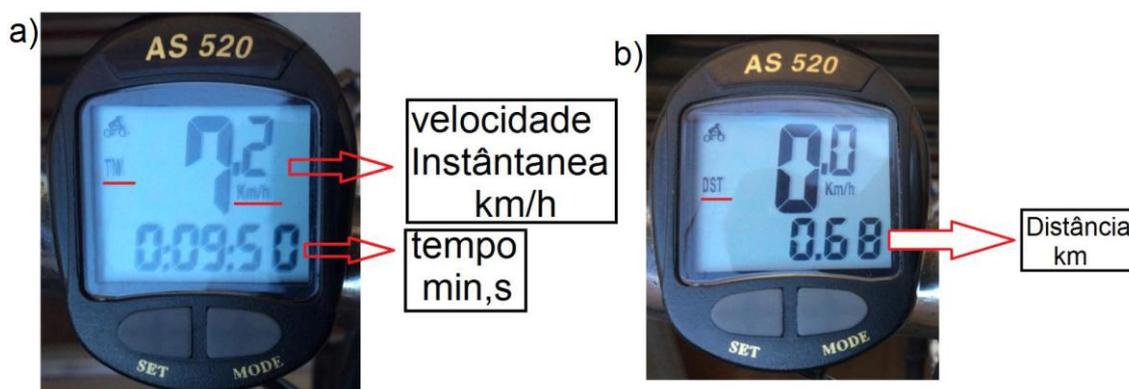


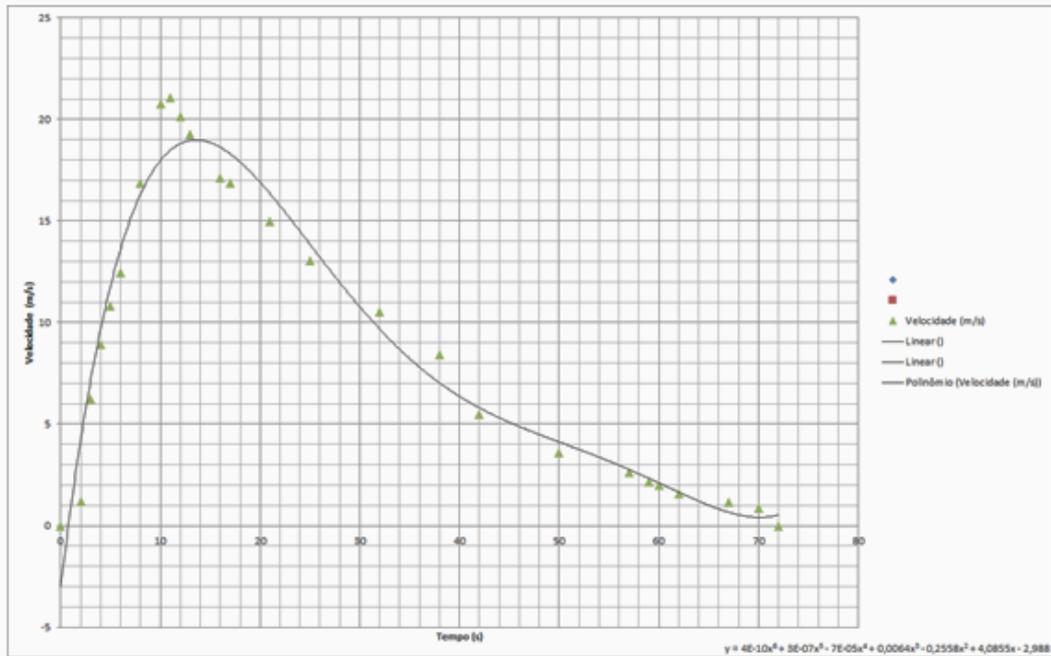
Figura 5.5 – (a) O ciclocomputador na função cronômetro marca a velocidade em km/h e o tempo em hora, minuto e segundos. (b) O ciclocomputador na função distância, marca a velocidade em km/h e a distância percorrida em km. (fonte: do autor)

Tabela 5.2 - Dados da velocidade e do tempo retirado da gravação de vídeo feita pelos alunos, ao lado a mesma tabela em unidades no SI.

Velocidade km/h	Tempo (s)	Velocidade km/h	Tempo (s)
0,000E+00	0	0,000E+00	0
4,300E+00	2	4,300E+00	2
2,240E+01	3	2,240E+01	3
3,220E+01	4	3,220E+01	4
3,900E+01	5	3,900E+01	5
4,480E+01	6	4,480E+01	6
6,070E+01	8	6,070E+01	8
7,470E+01	10	7,470E+01	10
7,580E+01	11	7,580E+01	11
7,250E+01	12	7,250E+01	12
6,930E+01	13	6,930E+01	13
6,160E+01	16	6,160E+01	16
6,070E+01	17	6,070E+01	17
5,390E+01	21	5,390E+01	21
4,690E+01	25	4,690E+01	25
3,790E+01	32	3,790E+01	32
3,030E+01	38	3,030E+01	38
1,980E+01	42	1,980E+01	42
1,290E+01	50	1,290E+01	50
9,500E+00	57	9,500E+00	57
7,800E+00	59	7,800E+00	59
7,200E+00	60	7,200E+00	60
5,700E+00	62	5,700E+00	62
4,200E+00	67	4,200E+00	67
3,100E+00	70	3,100E+00	70
0,000E+00	72	0,000E+00	72



a)



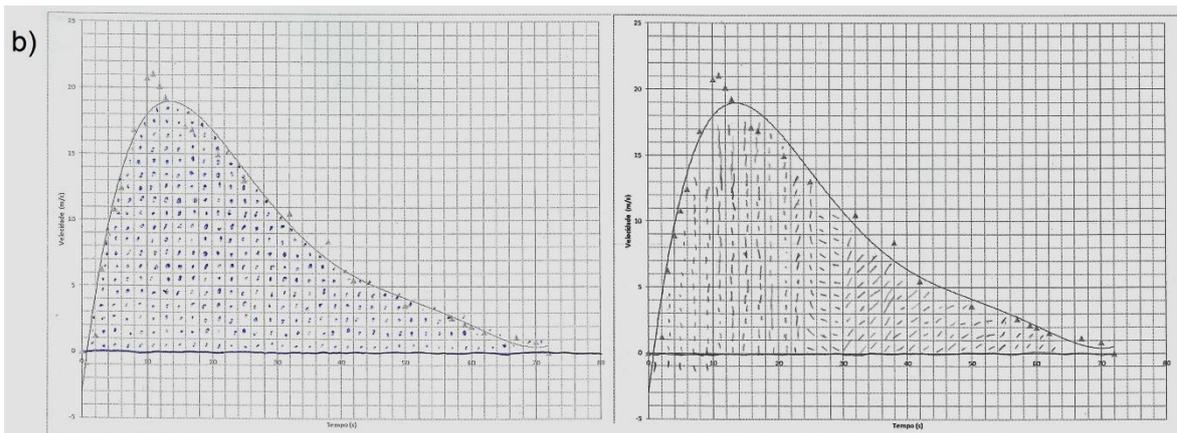


Figura 5.6 – (a) Gráfico construído em uma planilha eletrônica com os dados da tabela. (b) Cálculo da área feita pelos alunos pelo método da contagem de quadradinhos. (Fonte: do autor)

Para terminar o último encontro, o professor-pesquisador apresentou para os alunos um novo questionário com a mesma figura do questionário 1 anexo B, mas agora com o conhecimento de toda a matéria, os alunos teriam condições para comparar o raio, frequência, período velocidade angular e velocidade linear em cada caso apresentado de acordo com a **figura 5.7**, utilizando maior, menor e igual, e, assim, aplicando os conceitos apresentados nos três encontros aferindo indícios de aprendizagem significativa.

RB	RA	PRIMEIRO CASO	
TB	TA		
fB	fA		
ω B	ω A		
VB	VA		
		SEGUNDO CASO	
RB	RA		
TB	TA		
fB	fA		
ω B	ω A		
VB	VA		

Figura 5.7 - Item do questionário, onde os alunos precisam responder maior, menor ou igual comparando os pontos marcados. (Fonte: do autor)

5.2 - Lentes – visão

5.2.1 A lupa e o retroprojektor

Nestas aulas foram utilizados uma lupa, uma vela, celulares da turma e um retroprojektor.

A lupa pode ser encontrada em lojas populares de variedades. Ela foi utilizada para projetar na parede da própria sala de aula a imagem de uma vela acesa e da tela de um celular que estava emitindo luz. Já o retroprojektor, que, por ser um objeto que já foi muito utilizado, possui em praticamente todas as escolas e muitas vezes está em desuso, foi utilizado em outro momento para simular a visão de um míope e um hipermetrope.



Figura 5.8 - objetos utilizados durante as aulas - celular, lupa, vela e retroprojektor. (Imagem do retroprojektor http://img.atacadistasonline.com.br/img/img_prod/15858/1361_1_20121211133554.jpg).

5.2.2 – Metodologia

A proposta de lentes e visão foi aplicada a uma turma do segundo ano do Ensino Médio, no período da manhã, no colégio privado da cidade de Campinas pelo professor-pesquisador, que também é o titular da turma, em 5 dias, totalizando 5 aulas. Nesta turma, os alunos tiveram uma maior frequência. Dos 28 alunos da sala, apenas um aluno não esteve presente em todas as aulas. Nesta escola, a avaliação é feita através de provas, portanto, o conteúdo foi ministrado e os exercícios do material de apoio do aluno foram feitos em sala de aula e como tarefas concomitantes às aulas.

Antes de iniciar as aulas de lentes, já haviam sido exercitados com os alunos os conteúdos que são pré-requisitos para se estudar este: introdução à óptica geométrica, reflexão da luz, espelhos planos e esféricos e refração da luz.

Na primeira aula, o professor comunicou aos alunos que passaria alguns questionários aos alunos durante o estudo sobre lentes e visão para sua pesquisa de mestrado, e disse aos alunos que respondessem com seriedade o questionário, que ele não seria avaliado, para que não tivessem medo de errar e nem copiassem a resposta de outro colega ou em alguma outra fonte de pesquisa/consulta.

Antes de iniciar o conteúdo, foi passado o questionário introdutório, em que eram indagados sobre seus conhecimentos acerca de lentes, qual era a definição que achavam ser correta e os tipos de lentes que conheciam (**disponível no Apêndice B**). Esse questionário foi aplicado para que o professor tivesse uma percepção do conhecimento prévio dos alunos acerca do tema, Ausubel diz que para se ensinar algo é fundamental saber o que o aluno já sabe. Na sequência, iniciou o conteúdo falando sobre tipos de lentes e comportamento óptico.

No segundo encontro, os alunos responderam outro questionário de como seriam formadas as imagens por uma lupa. Depois, com uma lupa, um celular e uma vela foram mostradas as imagens reais que a lupa poderia formar, projetando algumas imagens da vela e do celular na parede da sala que naquele momento estava escura de acordo com a **figura 5.9**. Também, foi comentada sobre a imagem virtual que a lupa conjuga e que é de senso comum dos alunos. Após esta observação, foram apresentados aos alunos os raios notáveis e construídas as imagens possíveis formadas pelas lentes convergentes e divergentes no quadro negro. Com esta sequência, os alunos conseguiram criar subsunçores para a formação de imagens, até mesmo, associando com o projetor que apresenta em sala de aula, depois acrescentar e modificar sua estrutura cognitiva com a teoria e a construção das possíveis formação de imagens geradas pelas lentes.

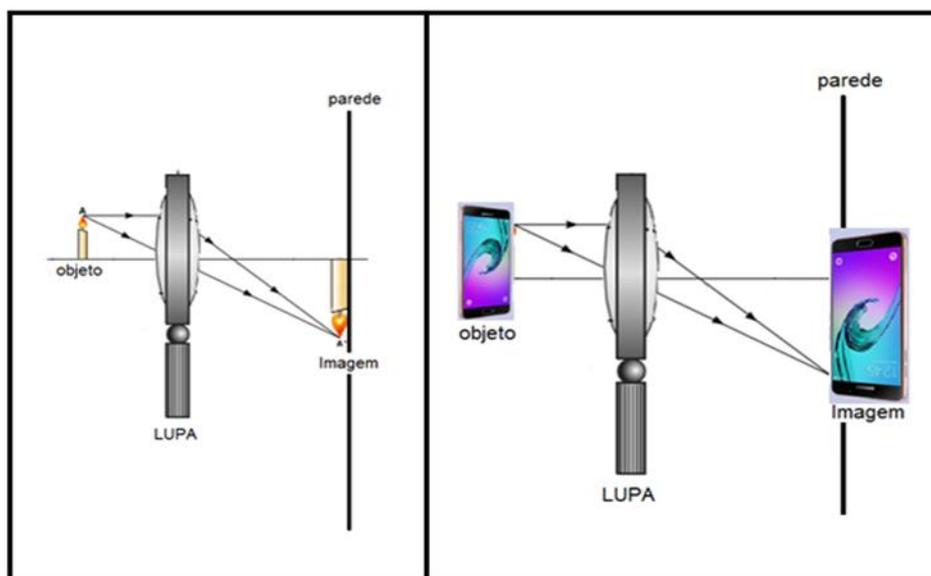


Figura 5.9 - Esquema representativo da projeção da lupa e de um celular através de uma lupa em uma sala escura. (Fonte: do autor).

A terceira aula foi iniciada com uma provocação aos alunos feita pelo professor: como eles poderiam medir o foco de uma lente? Após a discussão, foi passado aos alunos o estudo analítico e a vergência de uma lente terminando o conteúdo de lente esférica.

No quarto encontro, introduziu-se o estudo da visão. O professor, primeiramente, mostrou as partes principais do olho humano e falou sobre os pontos próximo e remoto de um olho. Antes de iniciar o conteúdo de “defeitos da visão”, foi passado um questionário para avaliar o conhecimento prévio dos alunos sobre a concepção deles acerca da visão de um míope e de um hipermetrope sem óculos e qual a lente corretiva que acreditam ser correta para auxiliar o vidente em cada um desses defeitos.

No quinto encontro o professor ensinou o conteúdo de defeitos da visão: miopia, hipermetropia e presbiopia, e demonstrou com o retroprojetor como seria a visão do míope e do hipermetrope, e, com o auxílio de óculos mostrou como eles enxergam sem a lente corretiva e com a lente corretiva consoante à **figura 5.10**, utilizando o experimento como material potencialmente significativo.

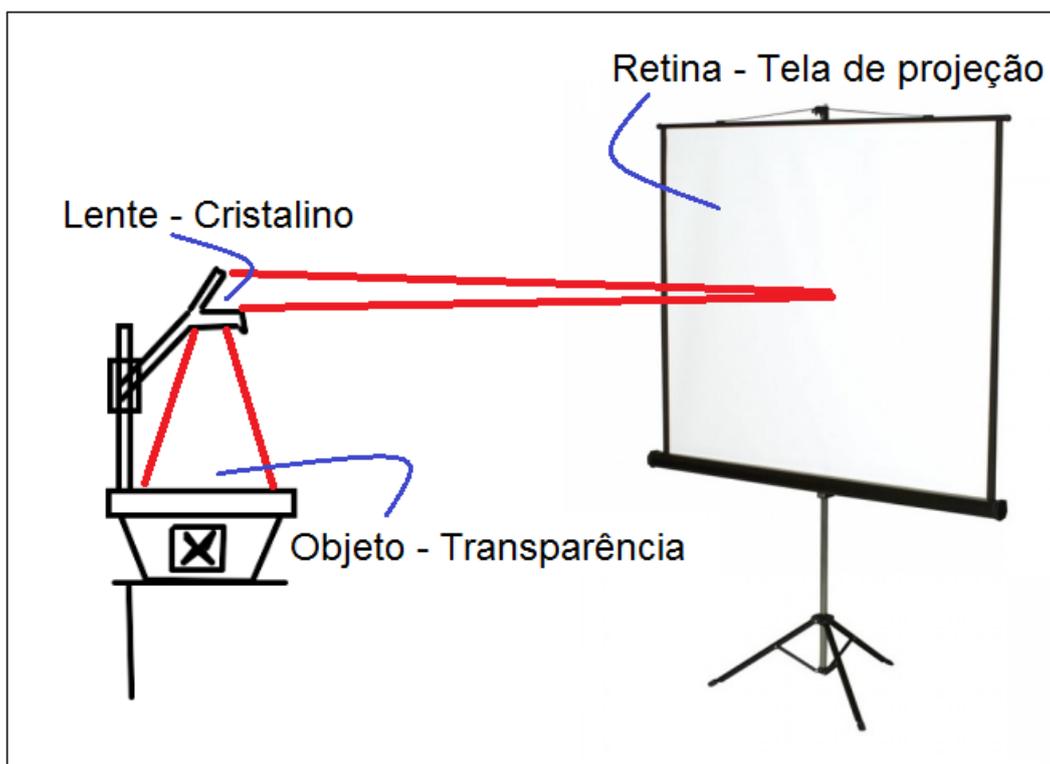


Figura 5.10 – Representação de um olho humano através de um retroprojektor. (Fonte: do autor)

5.3 - Circuito elétrico

5.3.1 - Prancha de circuitos

Para esta temática experimental, foram utilizados quatro circuitos elétricos feitos em duas pranchas, retalhos de madeiras conseguidos em marcenaria sem custo, lâmpadas incandescentes em desuso e os outros componentes foram comprados em loja de material elétrico/eletrônico, com um custo médio de R\$ 85,00. Na primeira prancha foi construído um circuito para testar a lei de Ohm, com uma lâmpada e/ou com um resistor **figura 5.11**. A fonte variável de tensão foi substituída por um dimmer em série com o circuito para baratear o circuito.

Na outra prancha, foi montado um circuito em série e outro em paralelo como mostra a **figura 5.12** para facilitar o manuseio e aproveitar alguns componentes para baratear a construção. Em ambos os circuitos, temos os conectores vermelho e preto que serão utilizados como terminais de medida para o amperímetro e voltímetro.

- 1- Dimmer
- 2- Soquete
- 3- Terminal para encaixe do resistor e medir DDP
- 4- Terminal para medir corrente elétrica
- 5 -Terminal para a conexão da fonte de tensão

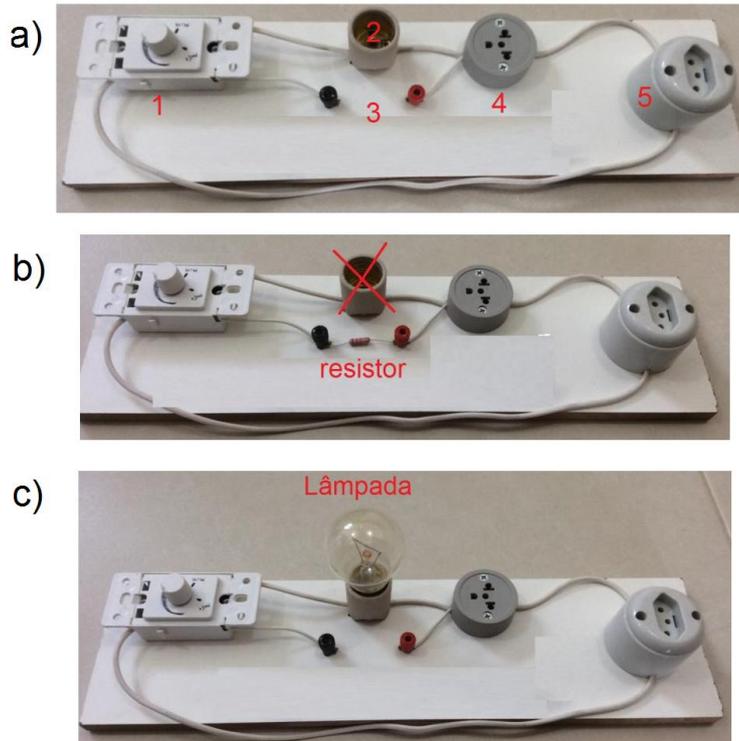
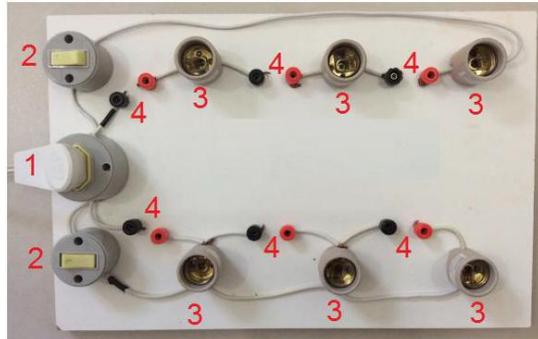


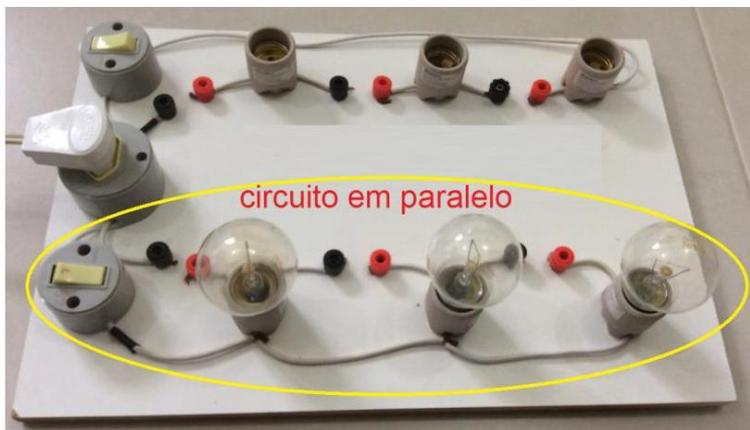
Figura 5.11 – (a) Prancha mostrando o circuito utilizado para comprovar a lei de Ohm. (b) Circuito dimmer resistor (c) Circuito dimmer lâmpada(fonte: do autor)

- 1- Terminal para a conexão da fonte de tensão
- 2- Interruptores
- 3- Soquete
- 4- Terminais para medir corrente elétrica e ddp

a)



b)



c)

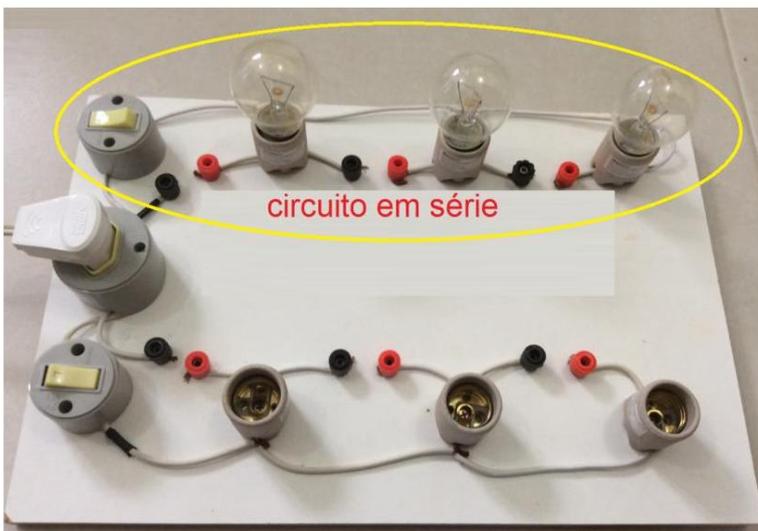


Figura 5.12- (a) Prancha mostrando o circuito série e paralelo (b) Circuito em paralelo (c) Circuito em série(fonte: do autor)

5.3.2 – Metodologia

A proposta de circuitos elétricos foi aplicada a uma turma do terceiro ano do Ensino Médio, no período da noite, em uma escola da rede estadual pelo professor-pesquisador e titular da turma, em 4 dias, totalizando 7 aulas. Nos três primeiros encontros as aulas foram duplas com uma duração de 90 minutos e no terceiro encontro foram utilizados apenas 20 minutos da aula. O segundo e terceiro encontros, não foram intercalados por uma semana sem exercício da temática experimental, houve um espaçamento de duas semanas, devido a ocorrência de um feriado e da semana de provas.

No primeiro dia, tivemos 19 alunos presentes; no segundo, 18; no terceiro 19; e, no quarto, 19 alunos, totalizando 35 alunos, sendo que apenas 11 alunos compareceram nos três dias.

Na primeira aula, o professor salientou que o conteúdo ministrado na sequência didática seria utilizado para seu estudo de mestrado, faz parte da grade curricular do terceiro ano do Ensino Médio e que há a possibilidade de se aprender tais conceitos a partir de alguns experimentos. Orientou ainda que os alunos respondessem aos questionários com seriedade e que não utilizassem outra fonte de pesquisa diferente dos seus próprios conhecimentos prévios em suas respostas. E que as tarefas relacionadas à essa sequência didática seriam incorporadas à avaliação contínua bimestral.

Nas aulas anteriores, já havia sido trabalhado o significado de circuito elétrico aberto e fechado, corrente elétrica, ddp e a noção da Lei de Ohm. Primeiramente, o professor apresentou o aparato experimental semelhante ao da **figura 5.11(b)** e ligou os aparelhos de medição conforme representado pela **figura 5.13 (b)** . Solicitou que os nomeassem no questionário 1 (**Apêndice C**), a legenda de cada componente do experimento mostrado na **figura 5.13 (a)**.

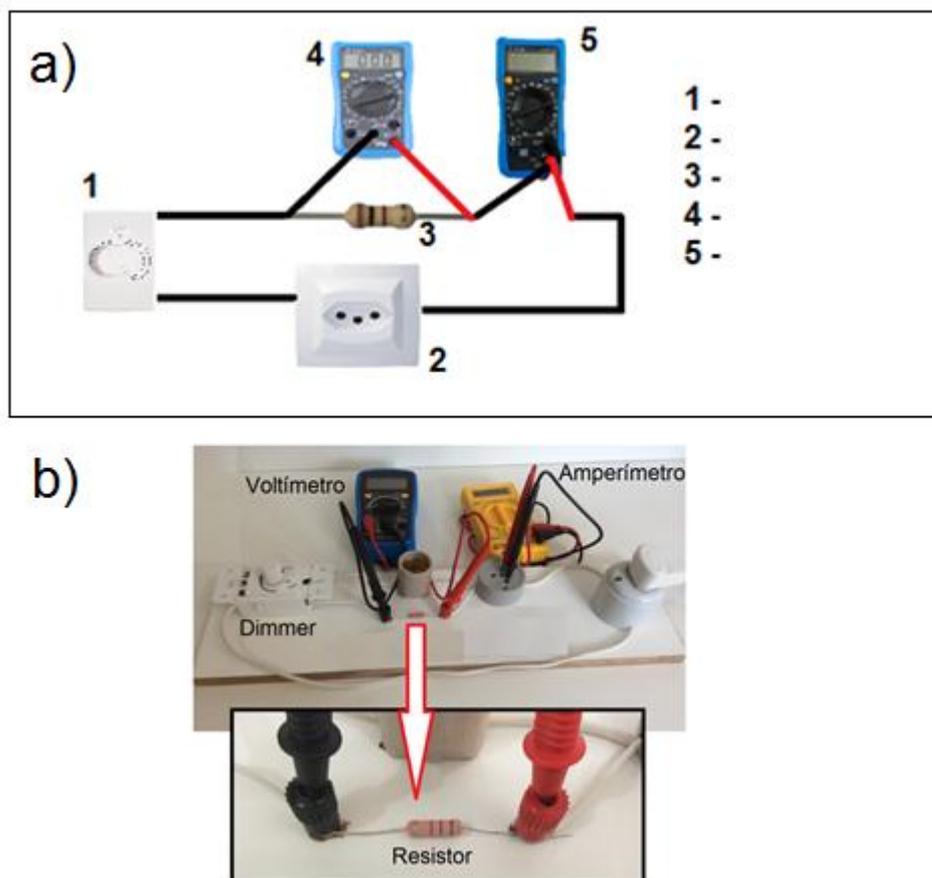


Figura 5.13 – (a) Esquema circuito resistor dimmer (b) Prancha com circuito e aparelhos de medição(fonte: do autor)

Durante o exercício, percebi que muitos alunos não sabiam nomear os componentes, como por exemplo, o dimmer, que integra o ventilador da própria sala de aula em que estudam. Muitos também não reconheceram os aparelhos de medição, contudo, através de algumas intervenções do professor, alguns alunos deduziram que “deve ser o aparelho que mede tensão e corrente”.

Um aluno foi convidado para auxiliar o professor com as medidas e outro para marcar as medidas no quadro negro. Dando sequência ao questionário, foi observado como a tensão e a corrente se comportam quando se varia a “resistência” do dimmer. Depois, foram anotados 10 valores destes que foram medidos de acordo com a **figura 5.14**.

Com estas medidas, cada aluno construiu um gráfico em papel milimetrado em que puderam observar a linearidade do gráfico, observando o comportamento de um condutor Ôhmico. Após a construção do gráfico, os alunos mediram a resistência do resistor utilizando o gráfico e confirmaram através da medição com o Multímetro. Foi sugerido

pelo professor que os alunos multiplicassem a corrente elétrica por 10 para facilitar a construção do gráfico.

Na sequência, foi feito o mesmo processo, mas com uma lâmpada, como mostra a próxima **figura 5.15**. Foi medida a corrente e a DDP, dez vezes, para que o aluno percebesse o comportamento da referida corrente. Infelizmente, não houve tempo hábil para se construir o gráfico, então, o professor fez no quadro negro um esboço do gráfico sobre o comportamento das grandezas ali envolvidas, para que através do método comparativo pudessem acrescentar e modificar sua estrutura cognitiva concluindo que a lâmpada não teve o mesmo comportamento do resistor, observando o seu comportamento não ôhmico.

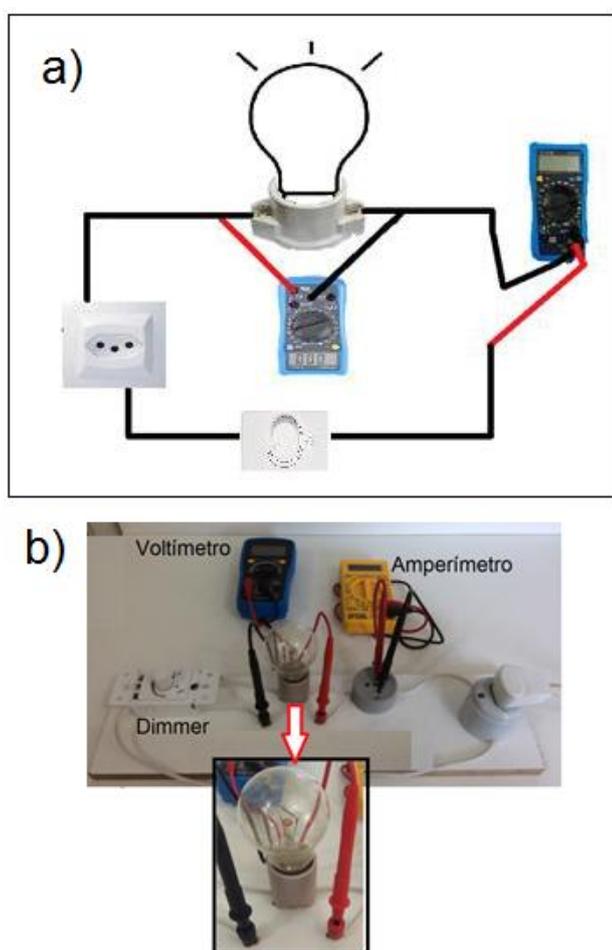


Figura 5.15 (a) Esquema do circuito dimmer lâmpada (b) Prancha circuito dimmer lâmpada com os aparelhos de medição.(fonte: do autor)

O segundo encontro foi iniciado com a atividade 2 do **apêndice C** (questionário: Análise de um circuito em série). Foi apresentado aos alunos a prancha da **figura 5.12** e um esquema no questionário como o da **figura 5.16**.

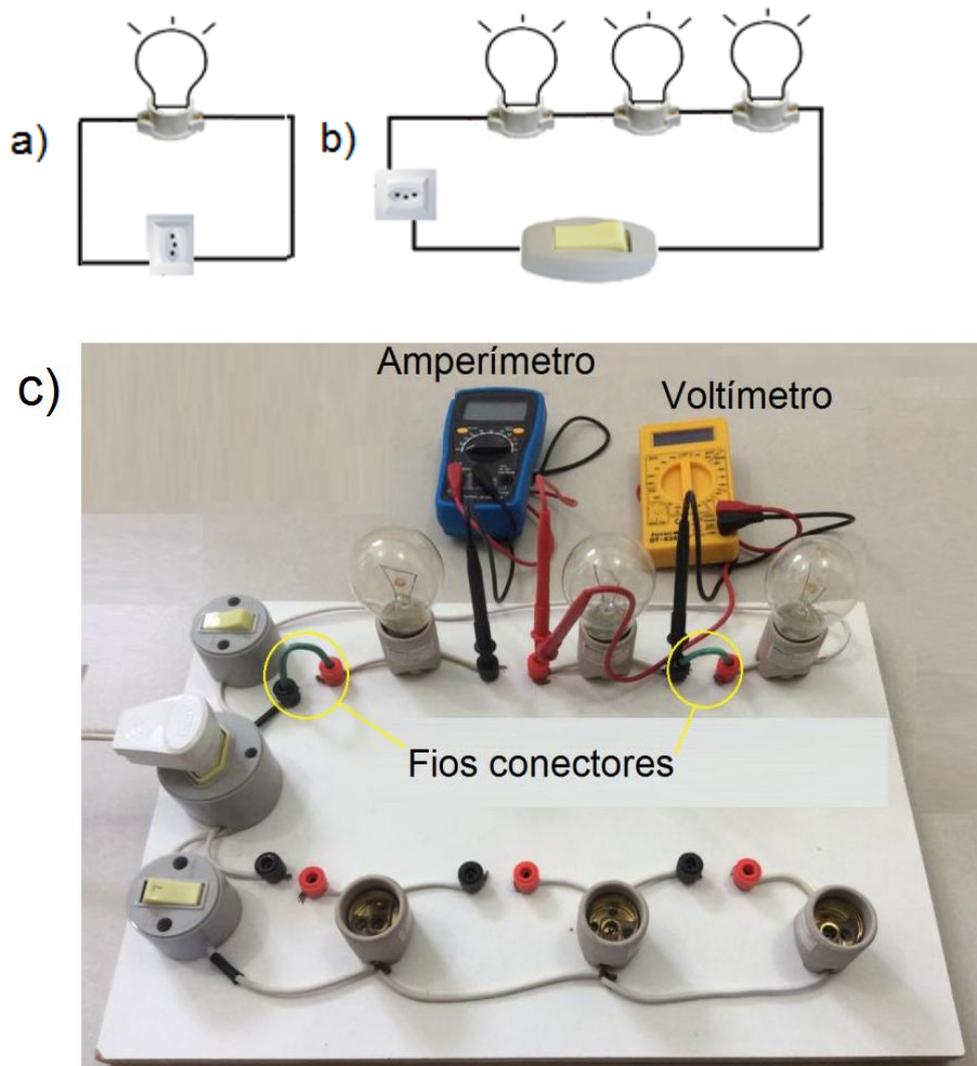


Figura 5.16- (a) Lâmpada ligada em tensão 110v (como em um abajur), (b) Esquema do circuito em série e (c) Prancha com o circuito em série com os aparelhos de medição. (Fonte: do autor).

O professor convidou um aluno para auxiliar nas medições e no manuseio dos equipamentos. Neste roteiro, foi primeiro acesa apenas uma lâmpada de um abajur para que o aluno pudesse observar seu brilho e foi marcada sua ddp e sua corrente elétrica. Depois, foram colocadas no circuito elétrico três lâmpadas idênticas a do abajur e perguntado aos alunos, antes de se acenderem as lâmpadas, o que aconteceria com a corrente que atravessaria cada lâmpada e qual seria a ddp em cada lâmpada e a intensidade do brilho. Dando sequência à atividade, foram comprovadas experimentalmente as hipóteses, pois o circuito foi ligado e a medição em cada lâmpada foi feita. Para finalizar, foi perguntado aos alunos o que aconteceria com as outras lâmpadas e com o circuito se apenas a “primeira” lâmpada fosse retirada; quase concluindo o experimento, foi questionado o que aconteceria se fosse tirada só a lâmpada do meio e, por último, o que

ocorreria caso fosse retirada só a última lâmpada.

Após cada pergunta do professor respondida com as hipóteses dos alunos, o experimento era realizado a seguir, o que confirmava ou refutava as hipóteses formuladas, podendo causar um desequilíbrio de ideias e uma mudança de conceito de forma não arbitrária na estrutura cognitiva do aprendiz facilitando a aprendizagem significativa.

Após a relação da corrente elétrica, ddp brilho e a percepção sobre circuito aberto e fechado, foi dado início a parte dois, onde se mostrou com o resistor de carvão o comportamento da resistência equivalente de um circuito em série **figura 5.17**.

Com o auxílio de um multímetro, foi calculada a resistência elétrica de um resistor de carvão; depois de dois resistores em série, e, finalmente com três resistores em série, fazendo com que os alunos percebessem a relação de dobro e triplo que se tem na resistência equivalente, o que os levou a concluírem que a resistência equivalente em um circuito em série é a soma dos resistores.

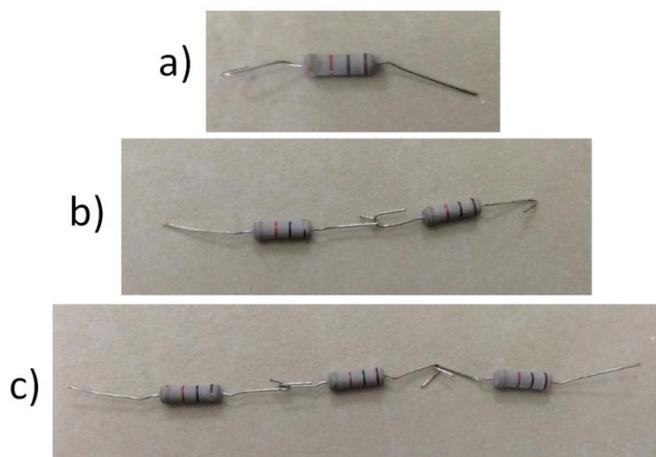


Figura 5.17 – (a) Resistor de carvão; (b) Associação de dois resistores de carvão em série; e (c) Associação de três resistores em série. (Fonte: do autor)

Na segunda parte da aula, foi passada aos alunos a teoria do circuito em série, com o auxílio do quadro negro e giz, como mostra o **Apêndice D – seção 4.1**.

No terceiro encontro, foi feita uma revisão do circuito em série e, na sequência, foi apresentado o circuito em paralelo. Foi respondido o **questionário 2 partes 1 (Apêndice C)** que estava em posse dos alunos. Seguindo as orientações do roteiro, foram medidas a tensão e a corrente de uma lâmpada ligada independentemente (como em um abajur), **figura 5.17(a)**. Depois, as lâmpadas foram ligadas em paralelo com a prancha da **figura 5.12 (b)** e foram ligados os medidores como na **figura 5.18**.



Figura 5.18 - Circuito em série ligado aos aparelhos de medida. (Fonte: do autor)

Antes de ligar o circuito em paralelo, foi perguntado aos alunos o que aconteceria com a ddp, corrente elétrica e o brilho de cada lâmpada quando o circuito fosse ligado em relação a lâmpada do abajur, depois que os alunos registraram sua resposta foi ligado o circuito e medida as variáveis. Dando continuidade a aula, o professor perguntou aos alunos o que aconteceria com as outras lâmpadas caso ele retirasse a “primeira” lâmpada, e depois se retirasse só a segunda, ou se retirasse só a terceira. Tudo foi comprovado experimentalmente, depois foi discutido com os alunos os registros como feito na associação em série.

Seguindo o curso da aula, foi trabalhado a resistência equivalente de um circuito em paralelo com resistores de carvão, parte dois do questionário 3 (**Apêndice C**), com um multímetro. Foi medida a resistência de um resistor, depois foi medida a resistência de dois resistores colocados em paralelo, depois foi colocado três resistores em paralelo, como mostra a **figura 5.19**.

Na segunda parte da aula, foi passada aos alunos a teoria do circuito em paralelo com o auxílio do quadro negro e giz como mostra o **Apêndice D**.

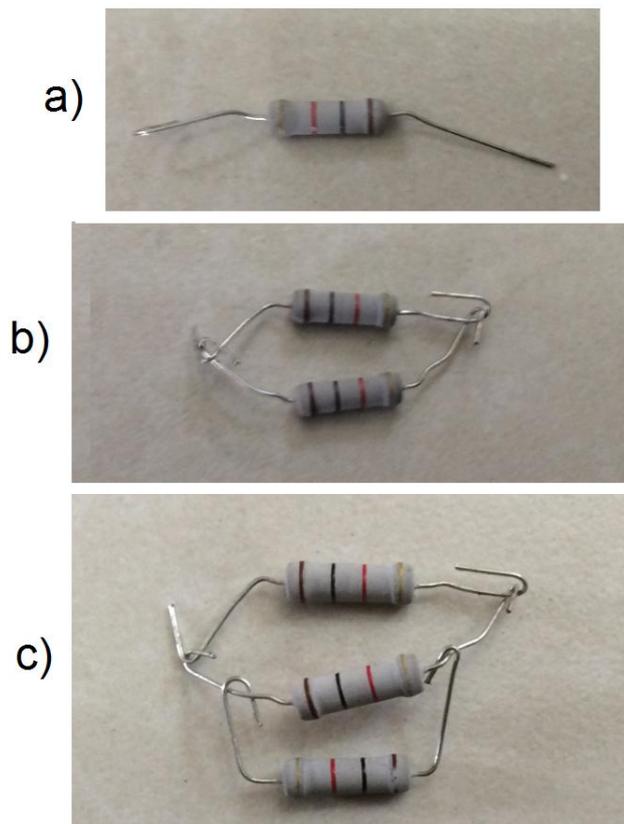


Figura 5.19 - Circuito em paralelo de resistor de carvão. (Fonte: do autor)

No último encontro, o professor passou no quadro negro uma associação em série e uma associação em paralelo e fez algumas perguntas para sala sobre tensão, corrente e resistência na associação, e os alunos registraram em uma folha suas conclusões.

Capítulo 6

Resultados

A tabela abaixo mostra um panorama de onde foi aplicado cada tema, escola e série para orientar a discussão.

Tabela 6.1 – Tabela demonstrativa de escola, série e aplicação e cada tema.

Temas	Série	Escola	Cidade
MCU	1° EM	Pública	Campinas
Lentes e Óptica da visão	2° EM	Particular	Campinas
Círculo série Paralelo	3° EM	Pública	Campinas

A análise dos resultados foi feita aula a aula, gradativamente, concomitantemente com o conteúdo trabalhado e com a análise dos questionários respondidos ao longo das aulas. Todas as observações feitas, no desenvolvimento deste trabalho, têm caráter qualitativo e se referem às atividades aplicadas nas turmas anteriormente descritas.

Os resultados serão separados por turma, visto que as turmas são de anos diferentes e cada turma trabalhou com um conteúdo específico do ano. Orientando pela Tabela 6.1, iniciaremos a discussão com o Movimento circular, ministrado para o primeiro ano do ensino médio, depois, Lentes e visão, para o segundo ano e fechando, com Circuitos elétricos, tema do terceiro ano.

6.1 - MCU

Para buscar indícios de aprendizagem dos alunos foram aplicados quatro questionários e dois trabalhos com gráficos. Os três primeiros questionários eram iguais, mas no primeiro foi apresentada apenas uma figura para que os alunos respondessem, no

segundo foram mostrados os pontos da figura na bicicleta (ou seja uma situação de aplicação da teoria), e, no terceiro os alunos puderam ver a bicicleta em funcionamento, para experimentar o conceito. Como mostra o **Apêndice B**.

Analisando-se os três primeiros questionários, que foram realizados logo ao primeiro encontro, observou-se uma mudança nos conceitos que os alunos traziam, através da devolutiva sobre a mesma questão de um questionário para o outro em 70% dos questionários, e, no último questionário, houve um índice de 65% de acertos, após a prática do experimento, mostrando o quanto é importante trazer ao aluno, não só os conteúdos de forma abstrata, mas, também, a vivência que só a situação experimental pode oferecer.

A análise dos gráficos que foi trabalhada no segundo encontro, fez com que os alunos percebessem a relação entre as novas grandezas físicas: frequência, período e velocidade angular. E ficou claro que quanto maior a frequência de rotação, maior a velocidade angular e a linear, e também que tais grandezas são diretamente proporcionais.

Relembrou, também, a propriedade do gráfico de velocidade por tempo, que a área é numericamente igual ao deslocamento escalar, neste caso, à distância percorrida.

No último questionário, após toda explicação do conteúdo, esperava-se que os alunos tivessem um melhor desempenho. Neste questionário foi apresentado novamente o pedal e as rodas, a bicicleta em movimento e pedido para que os alunos comparassem períodos, frequência e velocidades, nos dois casos de transmissão do movimento. Como resultado, os alunos que responderam corretamente sobre todos os conceitos representaram 47 % da turma. Considero o rendimento satisfatório, por não ser o professor titular da turma, pela sala ser muito heterogênea, e por ter aplicado este questionário no último encontro, que por sinal era a última aula ainda de substituição. Acredito que se o questionário tivesse sido aplicado logo após o término do conteúdo, o rendimento teria sido melhor.

O resultado embora satisfatório, não foi o esperado, pretendia atingir 70% da turma, como nos outros temas. Por não ser o professor titular da sala, essas aulas poderiam ter sido feitas em uma oficina contra período, em dias consecutivos, para que o conteúdo fosse melhor estruturado cognitivamente pelos alunos.

Caso a disponibilidade de tempo fosse maior para a aplicação, a proposta deveria ser consumida em mais aulas, permitindo que os gráficos fossem construídos em sala de

aula com orientação do professor e a atualização dos conceitos matemáticos colocados de maneira mais detalhada permitindo ao aluno fazer uma transposição do conhecimento matemático com o físico através da interdisciplinaridade.

6.2 - Lentes e visão

A aula de lentes e visão foi aplicada para a turma da escola particular. Nesta aula foram passados aos alunos dois questionários que avaliaram apenas o conhecimento prévio dos alunos, mas não avaliaram o conhecimento adquirido por eles. Como já havia mencionado, anteriormente, este conteúdo foi cobrado na última prova do ano contendo as cinco questões abaixo:

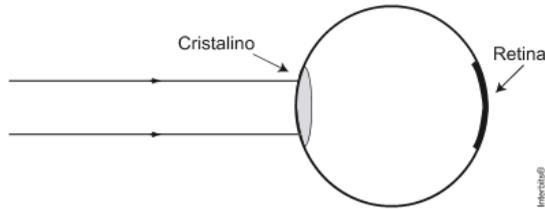
01-(UFMG) Quando uma pessoa olha para um objeto, a imagem deste deve se formar sobre a retina. Algumas pessoas, por terem um defeito de visão, veem objetos próximos fora de foco, enquanto os distantes ficam mais bem focados. Outras pessoas têm o defeito contrário – ou seja, os objetos distantes são vistos fora de foco e os próximos, mais nitidamente. Elmo é um professor de Física portador de um desses dois defeitos e, para corrigi-lo, ele precisa usar óculos. Nestas figuras, Elmo está sem óculos, à esquerda, e com seus óculos, à direita.

Como se pode notar na figura da direita, os óculos fazem com que os olhos de Elmo pareçam maiores.



a) A lente dos óculos de Elmo é convergente ou divergente? Justifique sua resposta.

b) Nesta figura, está representado um dos olhos de Elmo, sem óculos, e dois raios de luz que vêm de um objeto muito distante: Desenhe, nessa figura, a continuação dos dois raios para indicar em que ponto se forma a imagem do objeto. Explique seu raciocínio.



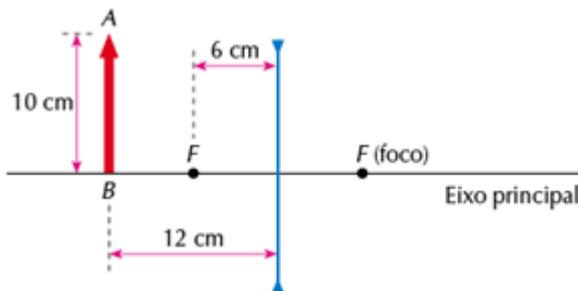
02 – Uma pessoa possui miopia e presbiopia. Ao realizar uma consulta, o oftalmologista constatou que o ponto remoto da pessoa está a 80 cm de seus olhos e seu ponto próximo a 50 cm.

- Quais são os tipos de lentes corretivas que a pessoa deve usar?
- Sendo 25 cm a distância mínima da visão distinta, qual é a distância focal e a vergência da lente que foi prescrita para a presbiopia? E para a miopia?

03 - Um objeto é colocado diante de uma lente delgada. A imagem formada, projetada numa tela, resultou menor do que o objeto.

- Qual a lente utilizada?
- Faça um esquema representando o objeto, a lente e a imagem formada e dois raios utilizados na obtenção da imagem.
- Cite um aparelho óptico em que a imagem formada é análoga à descrita

04 – Um objeto AB encontra-se diante de uma lente divergente, como mostra a figura. Determine:



- A distância da imagem à lente.

- b) O aumento fornecido pela lente.
- c) O tamanho da imagem.

05 - Uma lupa produz uma imagem a 30 cm da lente, para fornecer uma capacidade de aumento de 16 vezes, determine sua distância focal.

A seguir, seguem algumas respostas dos alunos para um mais detalhado acompanhamento dos objetos de estudo pertinentes nesta pesquisa e da apropriação no ensino de Física de princípios geradores de aprendizagem significativa para o corpo discente.

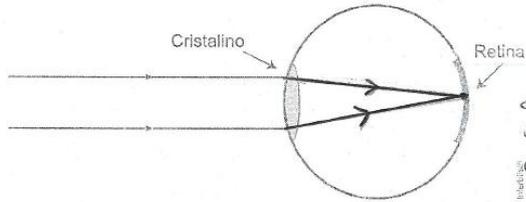
Questão 01

Resolução (será considerado apenas o que estiver dentro deste espaço)

0,9 ✓

a) Convergente, pois o olho vê os objetos perto desenfocados e os de longe focados.

b)



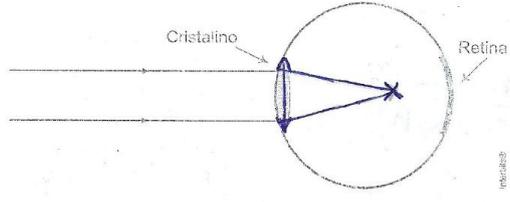
Como ele tem hipermetropia, ou seja, ele enfoca objetos de longe melhor do que de perto, a imagem que se projeta de longe, se projeta na retina, as de perto projetam a imagem antes da retina.

1,0

Resolução (será considerado apenas o que estiver dentro deste espaço)

a) Miopia, pois a lente "traz" as coisas pequenas e distantes para perto, pois a imagem se forma antes da retina.

b)



A imagem se forma com os raios de luz concentrados no foco (pois o cristalino funciona como uma lente convergente) e a imagem se forma antes da retina devido ao alongamento do globo ocular, o que causa a Miopia.

Na questão 01 muitos alunos acertaram, mas não justificaram de maneira correta, alguns esqueceram de associar o olho maior a lente convergente, já que as divergentes só diminuem a imagem de tamanho, o item b, o aluno que errou o item a consequentemente errou o b, e o aluno que acertou o item b, não necessariamente acertou porque acertou o a. Esse exercício remete ao experimento do retroprojektor e, aqui, há uma grande questão

levantada pela Teoria de Ausubel que diz respeito à origem dos *subsunçores*. Se eles não estiverem presentes para viabilizar a Aprendizagem Significativa, como é possível criá-los?

Para procurar estabelecer uma linha de diálogo com essa pergunta tem-se a colaboração de Moreira (1999), em sua leitura de Ausubel, a Aprendizagem Mecânica é necessária e inevitável no caso de conceitos inteiramente novos para o aprendiz, mas posteriormente, ela passará a ser Significativa. Para acelerar esse processo Ausubel propõe os Organizadores Prévios, ou seja, o que os alunos já possuem de conhecimento e que são auxiliares para acionar novos subsunçores na Estrutura Cognitiva de cada um dos estudantes, interligando esses conceitos aparentemente não relacionáveis para que gradativamente possam ser apreendidos. E aqui se pode recorrer devido ao resultado apontado pelos alunos que a experimentação e modos de aplicação mais palpáveis dos conceitos físicos possibilitam o deslocamento da aprendizagem mecânica para a significativa onde a informação nova é assimilada pelo *subsunçor* passando a alterá-lo. Embora ocorressem equívocos por parte dos alunos isso é primordial para que o novo conhecimento possa ir sendo adquirido de forma ativa e significativa.

Vejamos a situação a seguir:

Questão 02

Resolução (será considerado apenas o que estiver dentro deste espaço)

$P_{RM} = 80 \text{ cm}$
 $P_{PH} = 50 \text{ cm}$

a) A pessoa deve usar lente *divergente* ~~planoconvexa~~ e convergente

b) $f = -P_{RM}$
 $f_m = -80 \text{ cm}$

$V = \frac{1}{f} \quad V = \frac{1}{f} \quad V = -1,25 \text{ di}$
 $\frac{1}{f} = -0,8$

$V = 4 - \frac{1}{0,5} \quad V = 4 - 2$
 $V = 2 \text{ di}$

$V = \frac{1}{f} \quad 2 = \frac{1}{f} \quad f = \frac{1}{2} \quad f = 0,5 \text{ cm}$

R: A distância focal do miópe é -80 cm e do hiperópe é $0,5 \text{ cm}$. A vergência do miópe é $-1,25 \text{ di}$ e do hiperópe é 2 di .

Resolução (será considerado apenas o que estiver dentro deste espaço)

PR=80cm a) A pessoa deve ^{usar} uma lente divergente para corrigir a miopia e uma lente convergente para a presbiopia.

b) MIÓPIA
 PRm=80cm = $f = -80\text{cm} \rightarrow -0,8\text{m}$
 $V = \frac{1}{f} = \frac{1}{-0,8} = -1,25\text{ di}$

PRESBIOPIA $\rightarrow f = pp = 50\text{cm} = 0,5\text{m}$
 $C = 4 - \frac{1}{PP} = 4 - \frac{1}{0,5} = 4 - 2 = 2\text{ di}$
 2,0

Neste exercício o item a teve um grande número de acertos, visto que a resposta seria as duas lentes, embora, alguns alunos descreveram a lente associada ao defeito de visão, há que se observar os engendramentos entre esferas conceituais gerais para que se direcionem e especifiquem, conforme abordadas no Capítulo 3, sobre o princípio da Diferenciação Progressiva. Já no item b, o aluno tinha que associar o defeito ao conceito, para que, utilizando a ferramenta matemática resolvesse o problema. Ao resgatar conceitos prévios aprendidos em sala de aula, os alunos adentram em uma Aprendizagem Significativa Combinatória, pois a informação nova, não é suficientemente ampla para absorver os subsunçores, mas em contrapartida é muito abrangente para ser absorvida por estes. Assim, para a se associar de forma mais independente aos conceitos originais, é necessário que se recorra aos conceitos matemáticos para ir construindo os subsunçores da física ótica.

Para tanto, mais um processo de ensino aprendizagem aplicado em sala de aula com um “feedback” avaliativo é apresentado abaixo.

Questão 03

Resolução (será considerado apenas o que estiver dentro deste espaço)

a) A lente utilizada é a convergente
 c) As câmeras fotográficas são um exemplo de aparelho óptico em que a imagem formada é ora
 logo à direita

b)

Resolução (será considerado apenas o que estiver dentro deste espaço)

a) Convergente 0,6 c) Retroprojetor

b)

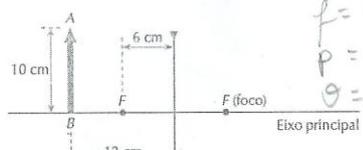
Percebemos que o item a foi associado pelos dois alunos, que compreenderam a imagem projetada com imagem real. No item b se deveria demonstrar com um desenho a

formação de imagens, o aluno deveria lembrar da experimentação feita em sala com a lupa e os desenhos feitos em sala de aula, associando-o com o instrumento pertinente, item c.

Pode-se dizer que a aquisição de significados na Estrutura Cognitiva se dá através da Assimilação e, por conseguinte, a relevância da experimentação dos conceitos físicos como instrumentais impulsionadores para a Aprendizagem Significativa.

Vejamos a Questão 04:

Resolução (será considerado apenas o que estiver dentro deste espaço)



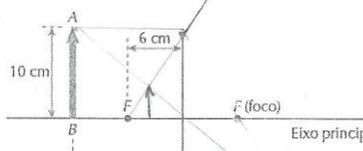
$f = 6 \text{ cm}$
 $P = 12 \text{ cm}$
 $\theta = 10 \text{ cm}$

a) $\frac{1}{-6} = \frac{1}{12} + \frac{1}{P'}$
 $\frac{1}{P'} = \frac{1}{-6} - \frac{1}{12} = \frac{-2}{12} - \frac{1}{12} = \frac{-3}{12}$
 $P' = -4 \text{ cm}$

b) $A = -\frac{P'}{P} = \frac{4}{12} = \frac{1}{3}$

c) $A = \frac{i}{\theta} \rightarrow -1 = \frac{i}{10} \Rightarrow i = -10 \text{ cm}$

Resolução (será considerado apenas o que estiver dentro deste espaço)



a) $f = -6 \text{ cm}$
 $P = 12 \text{ cm}$
 $\theta = 10 \text{ cm}$

$\frac{1}{f} = \frac{1}{P} + \frac{1}{P'}$
 $-\frac{1}{6} = \frac{1}{12} + \frac{1}{P'}$
 $\frac{1}{P'} = -\frac{1}{6} - \frac{1}{12} = \frac{-2}{12} - \frac{1}{12} = \frac{-3}{12}$
 $P' = -4 \text{ cm}$

b) $A = -\frac{P'}{P} = \frac{4}{12} = \frac{1}{3}$

c) $A = \frac{i}{\theta} \Rightarrow \frac{1}{3} = \frac{i}{10} \Rightarrow 3i = 10 \Rightarrow i = \frac{10}{3} \approx 3,33 \text{ cm}$

O aluno errou por não se atentar a convenção de sinais, que para a lente divergente a distância focal tem o valor negativo, mas observa-se que o aluno acertou o raciocínio

para resolução do exercício, que comparando com a resposta correta, se percebe que foi utilizado o mesmo caminho. Com isso, faz-se um paralelo entre o processo de desenvolvimento da questão pelos dois alunos, onde se enfatiza que o conteúdo previamente detido pelo indivíduo representa um forte influenciador do processo de aprendizagem. Novos dados serão assimilados e armazenados na razão direta da qualidade da Estrutura Cognitiva prévia do aprendiz. O equívoco da convenção de sinais por parte de um dos alunos, alterou o resultado, mas o raciocínio é condizente.

Por fim, apresentação a situação a seguir:

Questão 05

Resolução (será considerado apenas o que estiver dentro deste espaço)

$$P' = 30 \text{ cm}$$

$$A = 16$$

$$A = -\frac{p'}{p}$$

$$16 = \frac{-30}{p}$$

$$p = 1,8 \text{ cm}$$

$$A = \frac{f}{f-p} \quad 16 = \frac{f}{f-1,8}$$

$$16(f-1,8) = f$$

$$16f - 288 = f$$

$$15f = 288$$

$$f = 19,2 \text{ cm}$$

1,5

Resolução (será considerado apenas o que estiver dentro deste espaço)

$$P = 30 \text{ cm}$$

$$A = 16 \text{ vezes}$$

$$A = \frac{p'}{p}$$

$$16 = \frac{30}{p}$$

$$p = \frac{30}{16} = \frac{15}{8}$$

$$A = \frac{f}{f-p}$$

$$16 = \frac{f}{f - \frac{15}{8}}$$

$$16f - 30 = f$$

$$-30 = -15f$$

$$f = 2 \text{ cm}$$

2,0

$\frac{15 \cdot 15}{8} = 20,625$
 $\frac{1 \cdot 30}{100} = 0,3$
 $f = 20,925$

Nessa questão, como na anterior, muitos alunos não a acertaram na íntegra, por esquecerem de se tratar de uma lupa, a imagem é virtual e pela convenção de sinais, as imagens virtuais são negativas e, com este esquecimento, mesmo usando o raciocínio correto, erraram no resultado final.

Essa experiência cognitiva, porém, não se influencia apenas unilateralmente. Apesar da estrutura prévia orientar o modo de assimilação de novos dados, estes também

influenciam o conteúdo atributivo do conhecimento já armazenado, resultando numa interação evolutiva entre "novos" e "velhos" dados. Esse processo de associação de informações agregam a Reconciliação Integrativa, ou seja, essa organização sequencial que mescla os “antigos” (conhecimentos prévios já adquiridos pelos alunos) com os “novos” conhecimentos que para sejam entendidos e assimilados pelos alunos. E, por isso, procura-se estimular a experimentação e o reconhecimento dos conhecimentos prévios dos educandos para ajudem no processo de ensino-aprendizagem dos conhecimentos específicos da Física.

Em continuação a toda análise aqui desenvolvida, será discutido, logo abaixo, as notas das provas realizadas pelos alunos.

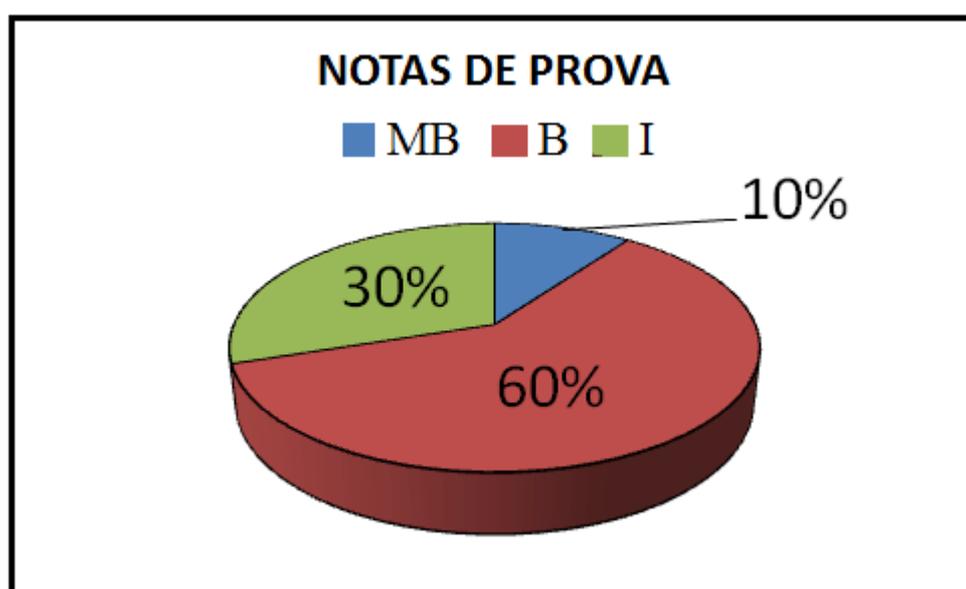


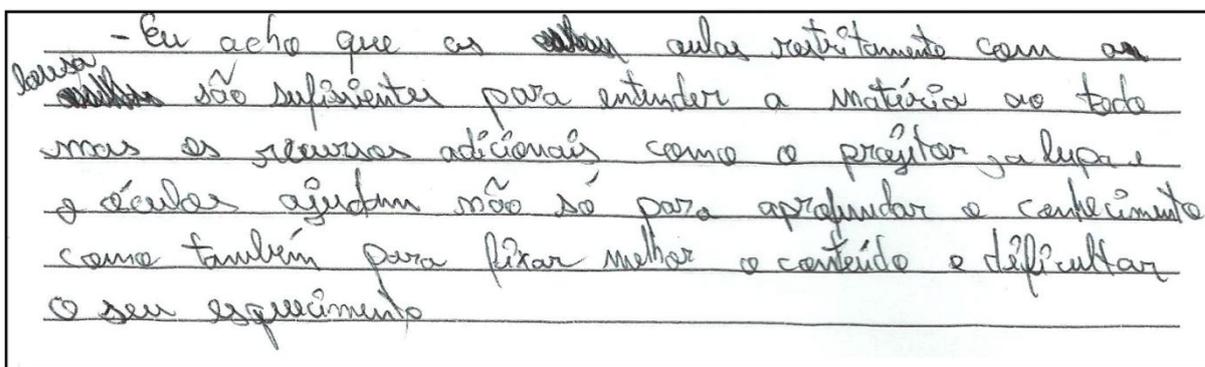
Figura 6.1 – Notas dos alunos na prova trimestral, conteúdo: lentes e visão. (<http://riobranco.webclasses.com.br/eportal/webclasses/index.php#>).

Ao analisar o resultado das notas da prova, como mostra a **figura 6.1**, e ao classificar as notas de 0 à 4,9 como Insatisfatórias, 5 à 7,9 como Boas e 8 à 10 como Muito Boas, temos um índice de 30% com nível Insatisfatório, 60% como Bom e 10% como Muito Bom.

Com esses índices, é possível concluir que 70 % dos alunos conseguiram um bom desempenho. Nos minutos finais do último encontro foi solicitado que os alunos escrevessem como foram às aulas e o que os materiais demonstrativos trouxeram de benefícios. Neste registro, os alunos comentaram as percepções sobre as aulas, tendo a

maioria dos alunos relatado uma percepção positiva da experimentação.

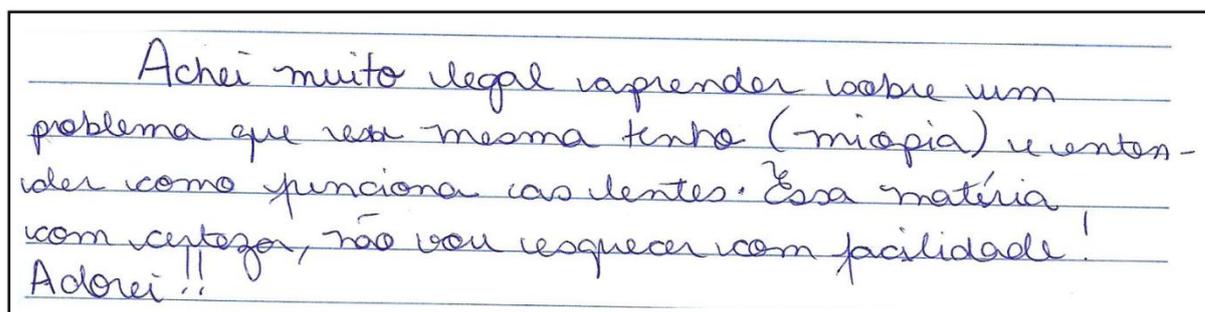
A seguir, estão alguns exemplos de respostas:



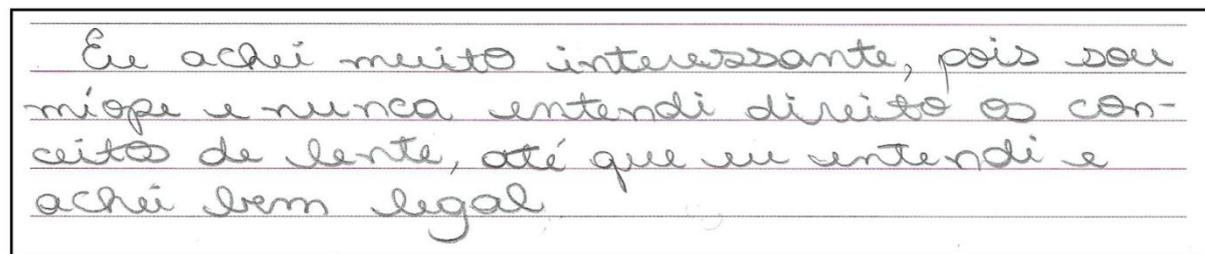
- Eu acho que as aulas restritamente com as ~~aulas~~ ^{aulas} são suficientes para entender a matéria de todo mas os recursos adicionais, como o projetor, a lupa e o vídeo ajudam não só para aprofundar o conteúdo como também para fixar melhor o conteúdo e dificultar o seu esquecimento.

Figura 6.2 – Depoimento de um ótimo aluno sobre as aulas de lentes e visão.

Essa resposta é de um aluno, comprometido e acima da média, mesmo não precisando do experimento para melhorar seu entendimento, deixa exposto que os “recursos adicionais” ajudam a fixar melhor o conteúdo e dificultar o esquecimento.



Achei muito legal aprender sobre um problema que ~~esta~~ ^{esta} mesma tenho (-miopia) e entender como funciona as lentes. Essa matéria com certeza, não vou esquecer com facilidade! Adorei!!



Eu achei muito interessante, pois sou míope e nunca entendi direito os conceitos de lente, até que eu entendi e achei bem legal.

Figura 6.3 – Depoimento de dois alunos míopes.

As duas alunas acima conseguiram através da demonstração com o retroprojetor entender seu problema de visão, uma delas relatando que não vai esquecer com facilidade.

Os experimentos ajudaram muito pois a matéria de ótica é abstrata sem o uso de exemplos, principalmente para identificar as imagens reais.

Aula ajudou tanto a entender na prática a diferença entre imagem real e virtual, mas também mostrou conteúdo que combinou com a visão, física e biologia.

Figura 6.4 – Depoimento de dois alunos quanto ao conceito de imagens reais e virtuais.

Para estes alunos, os experimentos deixaram claro a ideia de imagem real e virtual que já tinha sido trabalhada nas aulas sobre espelhos esféricos e que os alunos compreenderam através das demonstrações.

Os experimentos ajudaram muito, principalmente porque deixou a física mais palpável.

As aulas com os exemplos ajudaram muito na minha compreensão sobre esse assunto, ainda mais com os exemplos da vela + lupa, e principalmente com o do retroprojeto.

Figura 6.5 – Depoimentos de dois alunos mostrando o quanto a experimentação é um facilitador da aprendizagem.

Para alguns alunos a aula se tornou mais agradável, mais próxima do cotidiano. Na sequência outros registros, mostrando o grande índice de respostas positivas, comprovando que a experimentação é um fator motivador.

Entendi muito mais com o experimento, deixou a aula mais legal.

Acho que as demonstrações práticas contribuíram para a ilustração e o entendimento desses conceitos teóricos. O experimento do retroprojetor, pude visualizar a ideia de formação de imagens antes e depois da retina. Em especial, na ideia de formação de imagens a luz por feixe de extrema importância.

O uso do retroprojetor ajudou muito a entender como enxergam os míopes, hipermetropes, e a lupa. Também nos ajudaram a entender como ocorre a formação da visão (ajuste da imagem). Entendermos também como ela se projeta em, por exemplo, o uso da célula vista através de lupa.

Como tem a dificuldade em física os experimentos e demonstrações me ajudam a visualizar e entender melhor como funciona, então ajudou muito.

O celular e a vela ajudaram a entender os conceitos.
O projetor ajudou a entender como as pessoas míopes e hipermetropes enxergam.

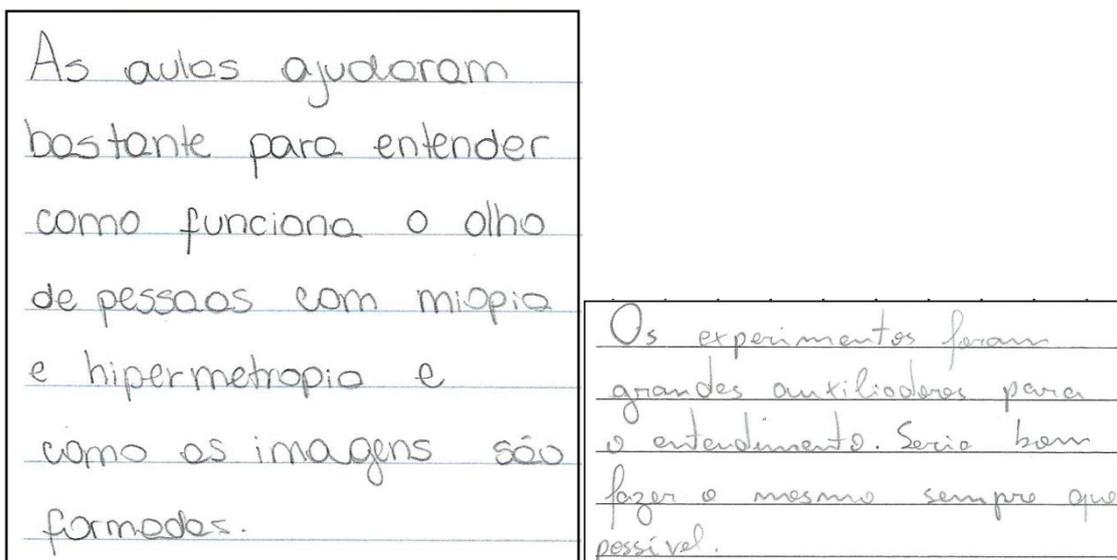


Figura 6.6 – Depoimentos de alunos positivos quanto às aulas.

A porcentagem dos alunos que não atingiram o resultado esperado gira em torno dos 30%, mas como educador fico inquieto de não ter atingido os 100%. Apesar desse resultado, os comentários mostram indicativos de como a atividade prática desperta o interesse e a curiosidade nos alunos, fazendo alguns relacionarem a física com experiências pessoais, mostrando a importância de relacionar práticas de sala de aula com o cotidiano. Uma maneira de sanar este problema é através da recuperação continuada, que todos nós enquanto docentes, devemos oferecer ao aluno após qualquer processo de ensino e aprendizagem. Desse modo, logo abaixo, estará exposto o inciso legislativo que baliza essas conduções na esfera educacionais.

De acordo com a Resolução 53 da Secretaria de Educação em sua Resolução SE 53, de 2-10-2014, em seu Artigo 9º temos que caberá à equipe escolar identificar os alunos do Ensino Fundamental e do Ensino Médio que necessitem de mecanismos de apoio no processo de ensino e aprendizagem, para concluir seus estudos dentro do tempo regular previsto na legislação pertinente. Em seu Parágrafo único são discriminados que os mecanismos de apoio utilizados no processo de ensino e aprendizagem, a que se refere o caput deste artigo, distinguem-se pelos momentos em que são oferecidos e pelas metodologias utilizadas em seu desenvolvimento, caracterizando-se basicamente como estudos de Recuperação Contínua e de Recuperação Intensiva, assim definidas:

“1 - Recuperação Contínua: ação de intervenção imediata, a ocorrer durante as aulas regulares, nas classes de Ensino Fundamental ou Médio, e que é voltada para as dificuldades específicas do aluno, abrangendo não só os conceitos, mas também

as habilidades, procedimentos e atitudes, sendo desenvolvida pelo próprio professor da classe ou da disciplina, com apoio do Professor Auxiliar, quando necessário;

2 – Recuperação Intensiva: a oportunidade de estudos que possibilita ao aluno compor classe cujo professor desenvolverá atividades de ensino específicas e diferenciadas, que lhe permitirão trabalhar os conceitos básicos necessários a seu prosseguimento de estudos.”. (BRASIL, Resolução SE 53, 2014).

Com o desenvolvimento das análises dos resultados, procura-se apontar para a relevância de instrumentos e experimentos significativos que estimulem e tornem acessível o saber físico aos alunos.

A seguir, serão apresentadas as experiências sobre circuitos elétricos feitas em aulas.

6.3 - Circuitos elétricos

Nas aulas de circuitos que foram dadas aos alunos do terceiro ano do Ensino Médio da escola pública, foram apresentados três questionários divididos em duas partes, sendo cada um aplicado em um encontro. O primeiro foi sobre Lei de Ohm, em que os alunos fizeram medidas de corrente elétrica e DDP que atravessavam um resistor e responderam algumas perguntas como mostra o **Apêndice D** e depois realizaram o mesmo procedimento com uma lâmpada. Foi possível perceber o avanço das respostas de uma parte para outra como seguem as respostas do aluno A e do aluno B.

<p>- O que vai acontecer com a tensão e a corrente elétrica no <u>resistor</u> quando aumentarmos a resistência do Dimmer? Por quê?</p> <p>A tensão vai diminuir e a corrente elétrica aumenta, porque o U já estava no máximo então ele diminui</p>
<p>- O que vai acontecer com a tensão e a corrente elétrica na <u>lâmpada</u> quando aumentarmos a resistência do Dimmer? E brilho? Por quê?</p> <p>A tensão vai diminuir e a corrente mantém Brilho - O Brilho diminui?</p>

Figura 6.7 - Respostas do aluno A para a mesma pergunta feita para o resistor e depois para a lâmpada.

- O que vai acontecer com a tensão e a corrente elétrica no resistor quando aumentarmos a resistência do Dimmer? Por quê?

Vai aumentar o V e abaixar o $M.A.$
Porque o V já estava no máximo então ele diminui

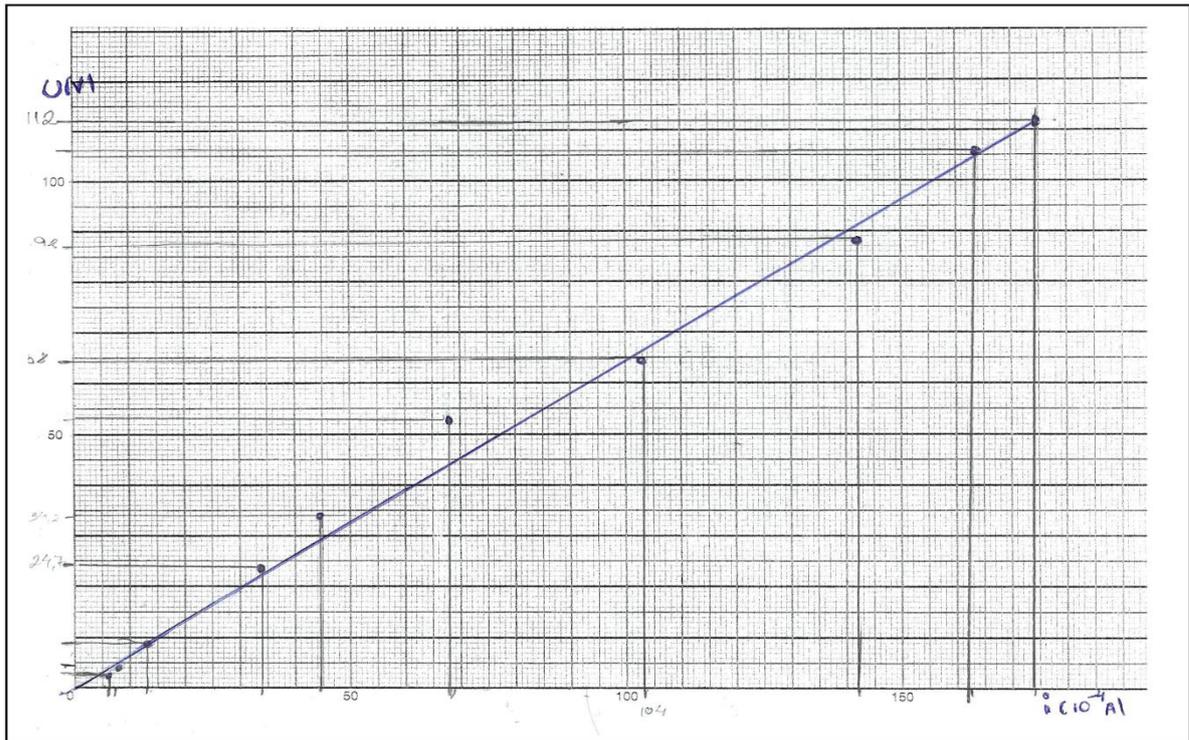
mA - miliampère - está se referindo a Corrente elétrica

- O que vai acontecer com a tensão e a corrente elétrica na lâmpada quando aumentarmos a resistência do Dimmer? E brilho? Por quê?

A tensão vai diminuir e a corrente manter
Brilho - ficará mais fraco

Figura 6.8 - Respostas do aluno B para a mesma pergunta feita para o resistor e depois para a lâmpada.

Na construção do gráfico do resistor, os alunos perceberam que os pontos encontrados se assemelhavam com uma reta e traçaram a reta tendo a média dos pontos. Todos os alunos, sem exceção, acharam estranho os pontos contidos no gráfico não formarem uma reta perfeita. Foi explicado aos alunos que a medida experimental possui erros tanto por parte de quem mede e da ferramenta utilizada na medição. Após terem construído a reta, calcularam a resistência pela fórmula $U = R.I$, pegaram um ponto da reta que fizeram e calcularam a resistência. Nesta turma, 60% dos alunos realizaram a conta e todos acertaram, chegaram a um valor próximo ao valor nominal, ao da resistência do resistor medido com um multímetro pelos alunos, o qual apresentou um valor de 6,7 k Ω , e perceberam que se pegarem outros pontos e fizerem a conta sempre dará o mesmo valor, concluindo que a reta construída identifica a curva de um resistor Ôhmico.



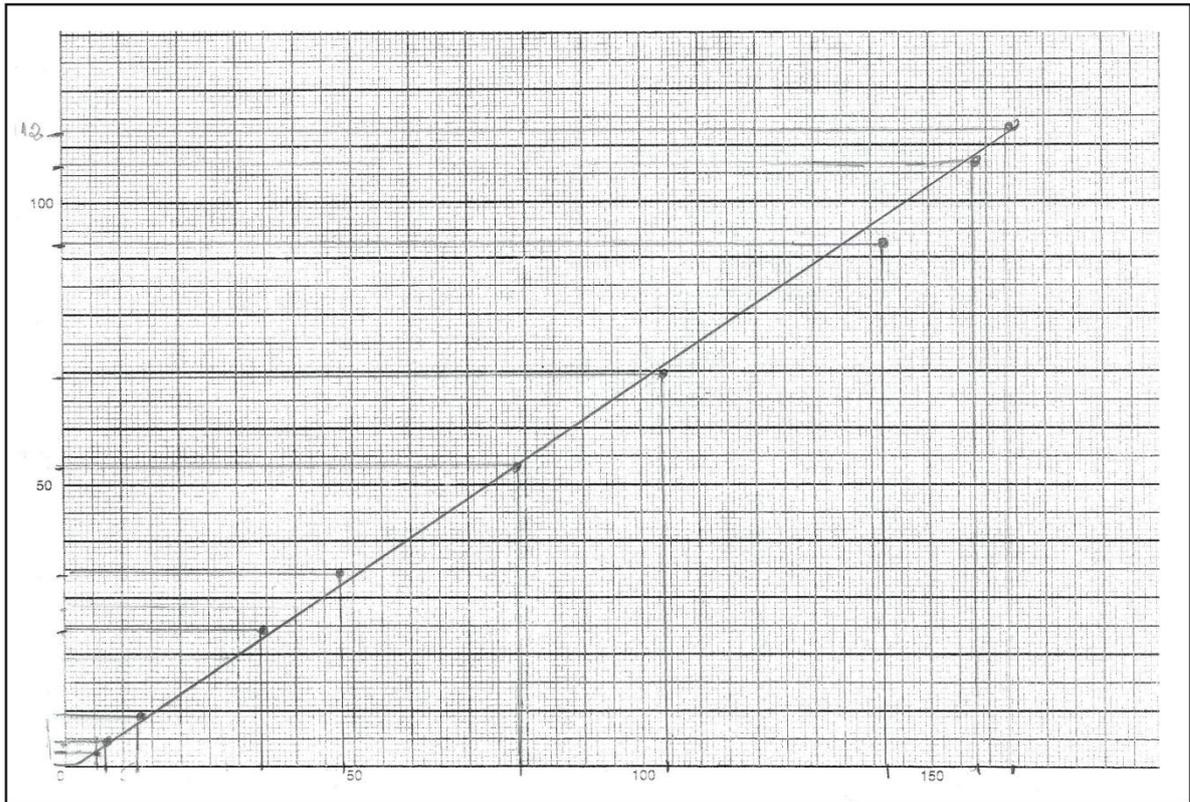
- construa um gráfico de tensão por corrente elétrica e analise a curva apresentada

Essa curva é uma reta? *sim*

Como calcular essa resistência? $U = R \cdot i$

$$106,5 = R \cdot 16,35 = \frac{106,5}{16,35} = \boxed{R = 6,51}$$

Figura 6.9 - Gráfico construído por um aluno C e o cálculo de sua resistência, a corrente está em mA, portanto, os resultados da resistência deve estar em k Ω .



- construa um gráfico de tensão por corrente elétrica e analise a curva apresentada

Essa curva é uma reta?

sim

Como calcular essa resistência?

$$68,5 = R \cdot 10,46 \quad \frac{68,5}{10,46} = \boxed{6,54 \Omega}$$

Figura 6.10 - Gráfico construído por um aluno D e o cálculo de sua resistência, a corrente está em mA, portanto, os resultados da resistência devem estar em k Ω .

Ao fazerem as medidas da corrente elétrica e ddp para o circuito da lâmpada, acharam que ela se comportaria da mesma maneira, mas quando um esboço do gráfico foi feito no quadro negro pelo professor, os alunos logo perceberam a não linearidade do gráfico, após traçar a curva e calcular a resistência em dois pontos distintos, elas não coincidiavam. Portanto, se concluiu que não era uma reta.

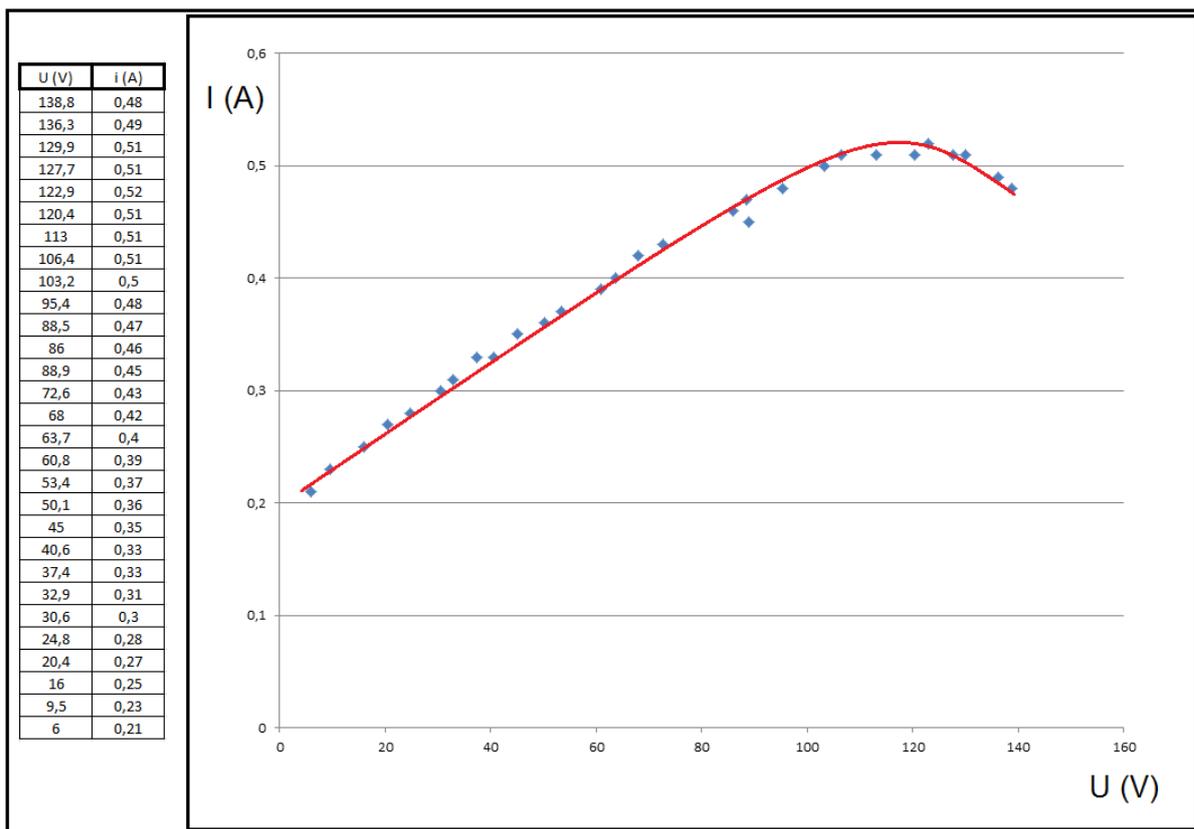


Figura 6.11 - Gráfico representando a curva da resistência elétrica de uma lâmpada de tungstênio de 60 W, similar ao esboço feito pelo professor em sala de aula.

Com a análise dos dois gráficos, os alunos conseguiram observar o comportamento de um condutor ôhmico e não ôhmico na prática.

No circuito em série e em paralelo, o procedimento utilizado foi diferente: nos questionários foram colocadas situações em que o aluno previa o que ia acontecer e depois comprovava, experimentalmente, a situação; na sequência era instigado a analisar suas observações como mostra a **figura 6.12**. Desta forma, a grande maioria dos participantes acertava a resposta após o experimento porque observava o que estava ocorrendo e com uma breve discussão com o professor, chegava à conclusão correta. Para melhor avaliá-los, foi elaborado, ao final de todas as aulas, um questionário com três questões para confirmar a eficácia das aulas com os experimentos.

- Se ligarmos três lâmpadas EM SÉRIE o que acontece com o brilho, ddp e corrente em relação ao caso anterior ?
Por quê? É possível mensurar estes valores?

Vai diminuir o Brilho das lâmpadas, os valores de Tensão e Voltagem vão aumentar.

Realizar o experimento e comprovar

Quais suas observações ?

Eu observei que o Brilho das lâmpadas em série diminuiu e os valores de Voltagem e Tensão diminuíram também.

Figura 6.12 – Resposta de um aluno referente ao questionário circuito em série.

No circuito em série e paralelo foram abordadas as questões abaixo no último encontro que após a abordagem da experimentação e uma abordagem do conteúdo no quadro negro, avaliar o entendimento do aluno.

Circuito em série

Questão 1 - Porque no circuito em série a corrente elétrica é constante?

Questão 2 - O que acontece com a ddp/tensão em cada lâmpada? Por que?

Questão 3 - Quando a primeira lâmpada é retirada o que acontece com as outras?

Por quê?

Circuito em paralelo

Questão 1 - Qual a relação entre a corrente que entra no circuito e a corrente que atravessa cada lâmpada?

Questão 2 - A ddp/tensão em cada lâmpada é diferente da tensão de entrada (tomada)? Por que?

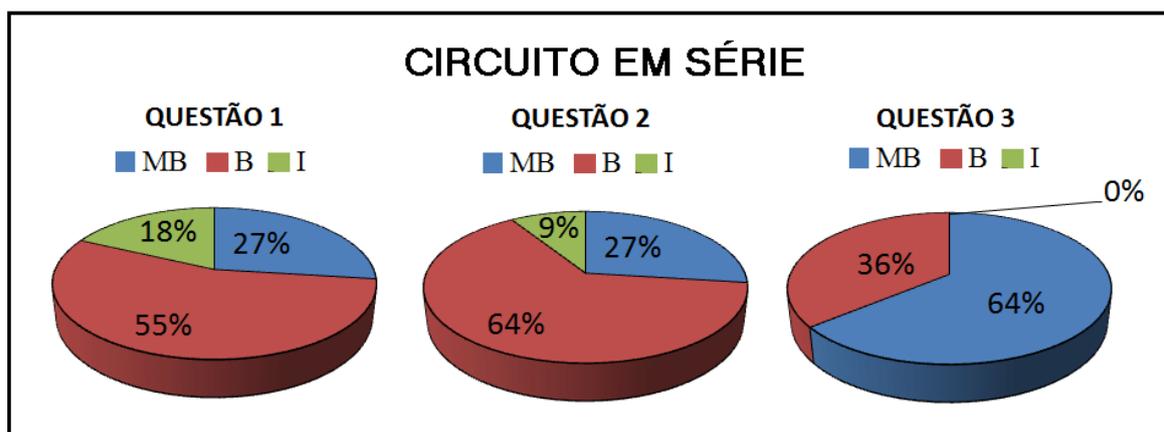
Questão 3 - Se tivermos três lâmpadas iguais, qual seria a resistência equivalente no circuito, sabendo que a resistência de uma lâmpada é R?

Para a análise das respostas foram estabelecidas a classificação da tabela abaixo:

Tabela 6.2 – Critérios da avaliação das respostas apresentadas

Classificação	Critério
Muito Bom (MB)	O estudante demonstrou domínio no conteúdo ao responder a questão, conseguindo alcançar a resposta correta ou quase correta com uma pequena margem de erro.
Bom (B)	O estudante apresentou parcialmente a resposta correta, fazendo relações corretas, mas não justificando a resposta.
Insatisfatório (I)	O estudante não respondeu de forma correta a questão, apresentou idéias sem conexão, ou deixou a questão em branco.

As respostas dos estudantes referentes ao questionário foram classificadas segundo os critérios atribuídos na **Tabela 6.2**. Logo na sequência, tem-se a **figura 6.13** que demonstra os resultados do questionário do circuito em série e do circuito em paralelo, com o desempenho dos alunos.



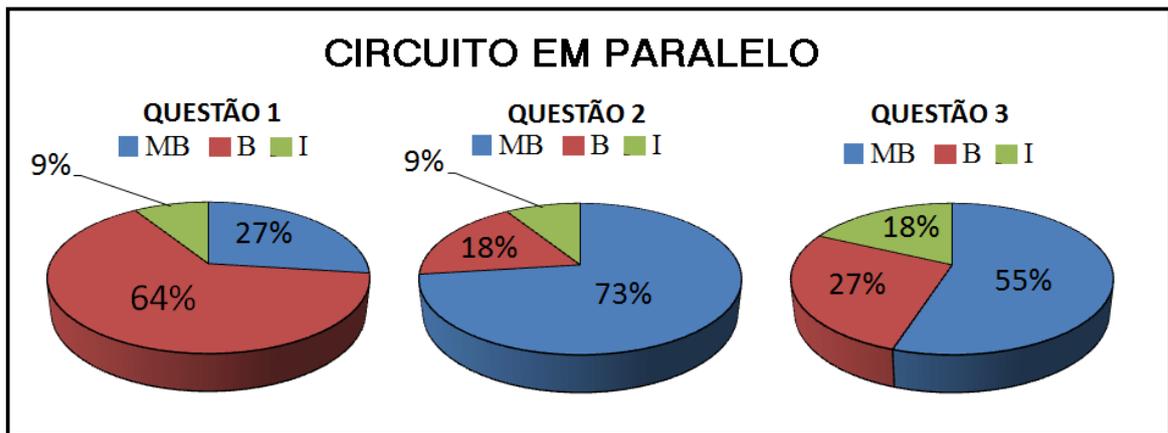


Figura 6.13- Resultado do questionário final “Circuito em série e circuito paralelo - mostrando a frequência relativa.

Os questionários aplicados tinham por objetivo avaliar a potencialidade da experimentação no ensino-aprendizagem dos conteúdos de circuitos elétricos em série e paralelo. Observando a **figura 6.13**, que foi estabelecida a partir dos critérios levantados na tabela 6.2 percebemos que os objetivos foram alcançados, visto que o índice de respostas insatisfatórias não passou de 20% em todas as questões. O fato de a sequência ter sido aplicada para o corpo discente do período noturno, tivemos um índice alto de alunos que atingiram a classificação MB, muitos dos alunos trabalham o dia todo, alguns para terem a liberdade financeira outros para comporem a renda familiar, se dedicando aos estudos apenas à noite.

Os resultados alcançados eram esperados, mas acredito que se não estivesse um espaçamento de duas semanas entre o segundo e o terceiro encontro, poderiam ter assimilado melhor o conteúdo. Com estas semanas “perdidas” não pude dispor um tempo para que os alunos fizessem o gráfico da curva da lâmpada (resistor não ôhmico), não possibilitando a oportunidade da construção de mais um gráfico por eles, o que julgo importante para o desenvolvimento do aluno. Para melhorar a aplicação dos experimentos, percebi que apenas dois alunos auxiliando a medição das grandezas limita a vivência dos alunos no processo de medição, isto poderia ser sanado com a disponibilização de mais pranchas (aumentando o custo), mas a medição teria que ser feita com o auxílio do professor, visto o risco de choque elétrico, ou separar a sala em grupos e com apenas uma prancha o professor passasse de grupo em grupo auxiliando a medição, assim o custo ficaria o mesmo.

Capítulo 7

Considerações finais

A utilização da experimentação na aula despertou o interesse dos estudantes, visto que é uma forma de aproximar o ensino do cotidiano, de trazer para a sala de aula algo a mais, que aulas apenas com giz e lousa e resolução de exercícios, procurar deixar a física mais agradável, apagando aquele velho preconceito de matéria difícil e chata.

Em relação ao experimento da bicicleta, podemos afirmar que o mesmo auxiliou os estudantes a entenderem a diferença entre velocidade angular e linear, além de fazer com que os alunos sedimentassem o conceito de transmissão do movimento observando as engrenagens da bicicleta quando em movimento.

O experimento de lentes e visão veio a diferenciar o conceito de imagem real e imagem virtual além de trazer aos alunos a visualização de como uma pessoa com defeito de visão enxerga e mostrando qual é o papel dos óculos (lente) na correção da visão.

E o experimento de circuitos trouxe o aluno para mais perto da realidade de como as instalações residenciais são feitas e como se pode medir a tensão elétrica e a corrente elétrica de um circuito. A confusão entre corrente elétricas e ddp foi desfeita e a conscientização do quanto é perigoso ligar vários aparelhos em uma única tomada, tipo benjamim (conhecido como T), ou em várias sobrepostas foi feito a partir do entendimento de circuito paralelo.

A ideia aqui apresentada, não é uma receita engessada, mas como já dito, é apenas mais uma comprovação de quanto a experimentação vem a somar com a teoria quando falamos em aprendizagem significativa.

Com este trabalho e através do mestrado, percebi que a experimentação não é a única forma que temos para alcançarmos resultados satisfatório, hoje com essa grande produção de trabalhos em ensino de física devido aos mestrados profissionais de todo país, percebemos o quanto temos a aprender, e o quanto o trabalho do outro acrescenta no nosso trabalho, através da intersecção das experiências de quem produziu com quem procura inovar-se. O desafio é não ficar parado e perceber que cada área da física, cada matéria, cada capítulo do livro didático, ou do material apostilado a ser lecionado pode se encaixar um método de aprendizagem diferente, como a simulação, o teatro, a produção de

maquete, etc., para diversificar sua aula e atingir o verdadeiro objetivo que é a aprendizagem.

Referências Bibliográficas

ALENCAR, S.E.P. **O cinema na sala de aula: uma aprendizagem dialógica da disciplina história**. Dissertação de Mestrado. Fortaleza: Faculdade de Educação/Universidade Federal do Ceará, 2007.

AMARAL, L.O.F.; SILVA, A.C. “Trabalho Prático: Concepções de Professores sobre as Aulas Experimentais nas Disciplinas de Química Geral”. In: **Cadernos de Avaliação**, Belo Horizonte, vol.01, n.03, pp. 130-140, 2000.

ARAÚJO, Mauro Sérgio Teixeira de; ABIB, Maria Lúcia dos Santos. “Atividades experimentais no ensino de Física: Diferentes enfoques, diferentes finalidades”. In: **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, vol. 25, n. 02, pp.176-194, jun 2003.

BIANCONI, M. L.; CARUSO, F. “Apresentação: Educação não formal”. In: **Ciência e Cultura**, São Paulo, vol.57, n. 04 out./dez, 2005.

BORGES, A. T. “Novos Rumos para o Laboratório Escolar de Ciências”. In: **Caderno Brasileiro - Ensino de Física**, vol.19, n.03, pp.291-313, dez. 2002.

_____. **Novos rumos para o laboratório escolar de ciências**. Belo Horizonte, MG, 2004

BRASIL. **Resolução 53**. São Paulo: Secretaria da Educação, 2014. Disponível em: Acesso em: 11 nov. 2016.

_____. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Ministério da Educação. Secretária da Educação Média e Tecnológica. Brasília: SEMTEC, 1999. Disponível em: https:

http://www.rededosaber.sp.gov.br/portais/Portais/18/arquivos/Prop_FIS_COMP_red_md_20_03.pdf&sa=D&ust=1499311732806000&usg=AFQjCNFs95WdQ3y-VkW9Ug_tjZJWQ43WDg. Acesso em: jul. 2016.

_____. **Censo Escolar**. Ministério da Educação. MEC/INEP/DEEP, 2015.

CARVALHO, A. M. P.; VANNUCCHI, A. I.; BARROS, M. A.; GONÇALVES, M. E. R.; REY, R. C. **Ciências no Ensino Fundamental - O Conhecimento Físico**. São Paulo: Editora Scipione, 1998.

CATELLI, Francisco; DE FRANCO, Vinicius Cappellano. “Pense e responda! Imagens queimam?”. In: **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, vol. 23, n. 03, pp. 439-443, 2008.

CAVICCHIOLI,E.A; JOUCOSKI, E. **Como ensinar física para os alunos do primeiro ano do Ensino Médio**, 2008.

CRUZ, J. B. **Experiências de Laboratório**: Curso técnico de formação para os funcionários da educação. Brasília: Universidade de Brasília, 2009.

CUNHA, M. B., GIODAN, M. “A imagem da ciência no cinema”. In: **Química nova escola**, vol. 31, n. 01., fev. 2009.

ESCUTA FLUTUNATE. **Ausubel e a aprendizagem significativa**. Disponível em: <https://escutaflutuante.wordpress.com/tag/reconciliacao-integrativa/>. Acesso em: 10 out. 2016.

FAGUNDES, S. M. K. “Experimentação nas Aulas de Ciências: Um Meio para a Formação da Autonomia?”. In: GALIAZZI, M. C. et al. **Construção Curricular em Rede na Educação em Ciências: Uma Aposta de Pesquisa na Sala de Aula**. Ijuí: Unijui, 2007.

FARIAS, A. J. O. “A construção do laboratório na formação do professor de Física”. In: **Caderno Catarinense - Ensino de Física**. Florianópolis, vol. 09, n.03, pp.245-251, dez. 1992.

FERREIRA, N.C. **Proposta de laboratório para a escola brasileira**. Dissertação de Mestrado. São Paulo: FEUSP-IFUSP, 1978.

FILHO, A., & P., J. “Regras da transposição didática aplicadas ao laboratório didático”. In: **Caderno Catarinense - Ensino de Física**, vol.17 n.02, pp.174-182, 2000.

FILHO, Jose de P. Alves, “Regras da transposição didática aplicadas ao laboratório didático”. In: **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, vol. 17, n. 02, pp. 174-188, 2000.

GLEISER, M. “Por que ensinar física?”. In: **Revista física na escola**. vol.1, n.1.,2000.

GONÇALVES, D. **Física do científico ao vestibular**. 7º edição. Rio de Janeiro: Editora ao livro técnico S.A., vol. 01, 1970.

GUALTER, J. B., BÔAS, N. V., DOCA, R. H. **Física**. 1º edição. São Paulo: Editora Saraiva, vol. 01, 2010.

____. **Física**. 1º edição. São Paulo: Editora Saraiva, vol. 02, 2010.

____. **Física**. 1º edição. São Paulo: Editora Saraiva, vol. 03, 2010.

HIGA, I.; OLIVEIRA, O. B. **A experimentação nas pesquisas sobre Ensino de Física: fundamentos epistemológicos e pedagógicos**. Educar em Revista. n.44, p.75-92. 2012. IYPT BRASIL. Problemas IYPT Brasil 2015.

HODSON, D. “Hacia um Enfoque más Crítico del Trabajo de Laboratorio”. In: **Enseñanza de las Ciencias**. Barcelona, vol. 12, n.03, pp. 299-313. 1994.

KARAM, R. A. **Matemática como estruturante e física como motivação: uma análise de concepções sobre as relações entre matemática e física**. Disponível em: <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/vienpec/CR2/p730.pdf> . Acesso em 07 jun. 2016.

KLEINKE, R.C.M. **Aprendizagem significativa - A pedagogia por projetos nos processos**

de alfabetização. Floripa: UFSC, 2003. Disponível em:

<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/84933/192826.pdf?sequence=1>. Acesso em: 12 set. 2016.

LABURÚ, C. E., BARROS, M. A.” Problemas com a compreensão de estudantes em medição: razões para a formação do paradigma pontual”. In: **Investigações em Ensino de Ciências**. Vol. 14, n. 02, pp. 151-162, 2009.

LARA, A. L., MANCIA, L. B., SABCHUK, L., PINTO, A. E., & SAKAGUTI, P. M. **Ensino de física mediado por tecnologias de informação e comunicação: um relato de experiência**. São Paulo, 2013.

LARA, A. L.; MANCIA, L. B.; SABCHUK, L.; MIQUELIN, A. F. & PINTO, A. E. A. “O PIBID, o ENEPC e os trabalhos sobre as tecnologias de informação e comunicação no ensino de ciências: algumas reflexões e possíveis relações”. In: **VIII Encontro Nacional de Pesquisadores em Ensino de Ciências**. Campinas, 2011.

LEÃO, Geraldo; DAYRELL, Juarez Tarcísio; & REIS, Juliana Batista dos. “Jovens olhares sobre a escola do ensino médio”. In: **Cadernos Cedes**. vol. 31, n. 84, pp. 253-273, 2011.

LIMA, L.L., **O Ensino de química: a relação teoria prática como estratégia pedagógica de uma aprendizagem significativa**, Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática, do Centro de Ciências da Universidade Federal do Ceará – Fortaleza 2012.

LIMA, Kênon Erithon Cavalcante; TEIXEIRA, Francimar Martins. “A epistemologia e a história do conceito experimento/experimentação e seu uso em artigos científicos sobre o ensino de Ciências”. In: **Apresentação de Trabalho/Comunicação**, 2005.

LOPES, R. R. S. **Conceitos de Eletricidade e Suas Aplicações Tecnológicas: Uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa**. Dissertação de Mestrado. Vitória: UFES, 2014.

LOPES, Rosemara Perpetua, et. al. “Experimentação real e virtual de circuitos elétricos simples como ferramenta mediadora no processo de aprendizagem de Física”. In: **Simpósio Nacional de Ensino de Física**. vol. 18, pp. 01-09, 2009.

LUZ, S. L. **O Ensino de Física no Enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS): uma Abordagem da Eletricidade a Partir do Método Experimental Investigativo**. São Paulo, 2008.

Marinho, E. C. P. **Avaliação da aprendizagem de eletrônica a partir de uma proposta de educação científica baseada em projetos de TCC**. Caruaru: UFP, 2014.

MEDINA, M., MARCO, B. “O teatro como ferramenta de aprendizagem da física e de problematização da natureza da ciência”. In: **Caderno brasileiro de ensino de física**. vol. 27, n. 02, pp.313-333, ago. 2010.

MEDEIROS, A; MEDEIROS, C.F. “Possibilidades e limitações das simulações computacionais no ensino de física”. In: **Revista brasileira de ensino de física**. vol. 24, n. 02, pp.77-86, jun. 2002.

MONTE, M. J., ALMEIDA, J. R. **História da física no ensino médio**, 2007.

MORAES, R.X. **Aulas de física usando simulações e experimentos de baixo custo**: um exemplo abordando a dinâmica das rotações. Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro: CEFET/RJ, 2010.

MOREIRA, Ana Cláudia S.; PENIDO, Maria Cristina Martins. Sobre as propostas de utilização das atividades experimentais no ensino de Física. In.: **Atas do VII Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências**. Florianópolis, 2009.

MOREIRA, M.A., **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: Editora pedagógica e universitária Ltda, 1999.

_____. **A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula**. Brasília: Editora da Universidade de Brasília, 2006.

_____. **Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa**. Revisado em 2012. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/~moreira/mapasport.pdf>. Acesso em: out 2016.

MOREIRA, M. A., CABALLERO, M.C., RODRIGUEZ, M.L. “Aprendizagem significativa: um conceito subjacente”. In: **Actas del Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo**. Burgos, España, 1997, pp. 19-44.

MOREIRA, M. A., MASINI, E. F. S. **Aprendizagem significativa**: a teoria de David Ausubel. São Paulo: Centauro, 2001.

Moreira, M.A.; Masini, E.A.F.S.. **Aprendizagem significativa**: a teoria de David Ausubel. São Paulo, Editora Moraes. (1982)

NARDI, R. (Org). **Pesquisas em ensino de física**: objetivos e imposição no ensino médio. São Paulo: Escrituras, 1998.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica**. São Paulo: Edgard Blücher, vol. 03, 1997.

_____. Idibem. São Paulo: Edgard Blücher, vol. 04, 1998.

_____. Ididem. São Paulo: Edgard Blücher, 2002.

OSTERMANN, F., MOREIRA, M. A. “Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa”. In: **Física moderna e contemporânea no ensino médio**. Porto Alegre, RS, 2000.

PEDUZZI, L. O. “Sobre a resolução de problemas no ensino de física”. In: **Caderno**

catarinense de ensino de física. vol. 14, n. 03, pp.229 – 253., 1997.

POINCARÉ, H. **O Valor da Ciência.** Tradução Maria Helena Franco Martins. Rio de Janeiro: Contraponto, 1995.

REGINALDO, C. C., SHEID, N. J., & GULLICH, R. I. **O ensino de ciências e experimentação,** 2012.

RIBEIRO, Angelo Donizete, et. al. “O ENSINO DE FÍSICA ATRAVÉS DE EXPERIMENTOS DIDÁTICOS DE BAIXO CUSTO”. In: **ANAIS DA JIC-JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA.** vol. 06, n. 01, 2016.

RICARDO, E. C. “Educação CTSA: obstáculos e possibilidades para sua implementação no contexto escolar”. In: **Ciência & Ensino.** vol. 01, número especial, nov. 2007.

RINALDI, Carlos. “Comunicações: O ensino de Física a nível médio em Mato Grosso”. In: **Caderno Catarinense de Ensino de Física,** Florianópolis, vol. 14, n. 01, p. 93-102, abr. 1997.

RONCA, A.C.C., **Temas em psicologia.** Ribeirão Preto, vol. 02 n. 03 dez. 1994. Disponível em http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-389X1994000300009&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt . Acesso em 05 nov. 16.

RONSONI, G.P., et.al. **LABIDEX - LABORATÓRIO DE INSTRUMENTAÇÃO, DEMONSTRAÇÃO E EXPLORAÇÃO.** Revista Eletrônica de Extensão Número 2, Florianópolis, 2005, Disponível em < [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/5118-16108-1-PB%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/5118-16108-1-PB%20(1).pdf)> . Acesso em abril 2016

SCORSATTO, M.C; DULLIUS, M. M e KONRAD, O. **Uma Abordagem Alternativa para o Ensino da Física:** Consumo Racional de Energia. 2009.

SÉRÉ, M. G.; JOURNEAUX, R.; LARCHER, C. “Learning statistical analysis of measurement errors (First year of University). Students' conceptions and obstacles”. In: **International Journal of Science Education,** Reading, vol. 15, n. 04, pp. 427-438, 1993.

SÉRÉ, M. G., COELHO, S. M., & NUNES, A. D. “O papel da experimentação no ensino da física”. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física.** vol.20, n. 01, pp.30-42., 2003.

SERVAY, Raymond A. **Princípios da Física:** eletromagnetismo. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

SILVA, M.A. **O ensino de física para alunos do ensino médio.** Equipe Brasil Escola – Disponível em: <http://educador.brasilescola.com/estrategias-ensino/o-ensino-fisica-para-alunos-ensino-medio.htm>. Acesso em: 19 nov. 2015.

SILVA, L. H. de A.; ZANON, L. B. “A experimentação no ensino de Ciências”. In: SCHNETZLER, R. E ARAGÃO, R. de. **Ensino de Ciências:** fundamentos e abordagens. 1ª ed. São Paulo: UNIME, 2000.

SOARES, L.V. **A construção de experimentos pelos alunos do ensino técnico integrado ao médio**: uma proposta de resolução de problemas no contexto de uma mostra escolar de ciência e tecnologia. Dissertação de Mestrado. Vitória: UFES, 2015.

SOARES, Elaine Daniela Ferreira; MACHADO, Agostinho Jairo Santos. “Perfil do atleta de mountain bike da cidade de Ipatinga-MG”. **Revista on-line Unileste**, 2012.

SOUZA, A. C, CELESTRINI, L., GRIGORIO, N., RODRIGUES, J. **Teoria de Ausubel: Cognoscitiva ou Cognitiva – Disponível em** <http://meuartigo.brasilescola.uol.com.br/pedagogia/teoria-ausubel-cognoscitiva-ou-cognitiva-1.htm>. Acesso em: 06 out. 2016.

SOUZA, R. A. **Teoria da Aprendizagem Significativa e experimentação em sala de aula**: integração teoria e prática. Dissertação de Mestrado. Salvador: UFB, 2011.

TORRES, R. M. F. O Professor PDE e os desafios da escola pública paranaense – produção didática pedagógica 2007. Disponível em: (http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes_pde/2007_ufpr_lem_md_rita_maria_formiga_torres.pdf). Acesso em 27 jun. 2016.

VERCELLI, L.C.A. **Estação ciência**: espaço educativo institucional não formal de aprendizagem. Pós-graduação. UNINOVE, 2011.

VIANA, M. C. V. “O Cinema na Sala de Aula e a Formação de Professores de Matemática. Minicurso oferecido aos alunos do Curso de Matemática na UFRRJ”. In: **Dia de Atividades Acadêmico-Científico-Culturais**. Seropédica- RJ: UFRRJ, 18 de maio de 2010.

VILLAS BÔAS, Newton; DOCA, Ricardo Helou; BISCUOLA, Gualter José. **Física 2**. São Paulo: Saraiva, 2010.

VISCOVINI, Ronaldo Celso. “Kit de experimentos ópticos com apontador laser”. In: **Revista Brasileira de Ensino de Física**. vol. 22, n. 01, 2000.

WENGSYNSKI, D. C.; TOZETTO, S. S. **A formação continuada face as suas contribuições para a docência**. IX ANPED SUL – Seminário de Pesquisa em Educação da Região Sul, 2012. Disponível em: <http://www.uces.br/etc/conferencias/index.php/anpedsul/9anpedsul/paper/viewFile/2107/513> > . Acesso em: abril de 2016.

YOUNG, H. D. **Física I**. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2016.

YOUNG H. D., FREEDMAN, R.A. **Física III – Eletromagnetismo**. 12º edição. São Paulo: Editora Pearson, 2009.

_____. **Física IV – Óptica e física moderna**. 12º edição. São Paulo: Editora Pearson, 2009.

Apêndice A – Questionário MCU

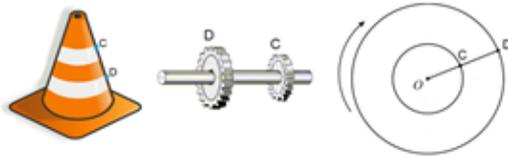
Estes são os questionários originais que foram utilizados na aplicação das aulas. Tais questionários, após a experiência de execução em sala de aula e análise das respostas dos alunos foram aprimorados e as perguntas reelaboradas para inclusão do produto.

TRANSMISSÃO NO MOVIMENTO CIRCULAR

ALUNO: _____ N _____
ESCOLA: _____

QUESTIONÁRIO 1

PRIMEIRO CASO



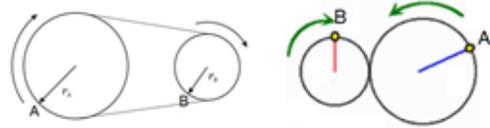
Olhando para os pontos C e D

- Qual esta girando mais vezes em um mesmo tempo? Por quê?

- Qual está mais rápido? Por quê?

- Qual tem maior velocidade? Por quê?

SEGUNDO CASO



Olhando para os pontos A e B

- Qual esta girando mais vezes em um mesmo tempo? Por quê?

- Qual está mais rápido? Por quê?

- Qual tem maior velocidade? Por quê?

QUESTIONARIO 2



Olhando para os pontos marcados na bicicleta responda as mesmas perguntas anteriores.

Caso 1

Olhando para os pontos C e D

- Qual esta girando mais vezes em um mesmo tempo? _____
- Qual está mais rápido? _____
- Qual tem maior velocidade? _____

Caso 2

Olhando para os pontos A e B

- Qual esta girando mais vezes em um mesmo tempo? _____
- Qual está mais rápido? _____
- Qual tem maior velocidade? _____

QUESTIONARIO 3

Responder o questionário 2 novamente.

Caso 1

Olhando para os pontos C e D

- Qual esta girando mais vezes em um mesmo tempo? _____
- Qual está mais rápido? _____
- Qual tem maior velocidade? _____

Se a sua resposta mudou, justifique porque _____

Caso 2

Olhando para os pontos A e B

- Qual esta girando mais vezes em um mesmo tempo? _____
- Qual está mais rápido? _____
- Qual tem maior velocidade? _____

Se a sua resposta mudou, justifique porque _____

TRANSMISSÃO NO MOVIMENTO CIRCULAR

ALUNO: _____ N _____
ESCOLA: _____

QUESTIONARIO 4 – GRÁFICO DE $V \times f$

- Qual a relação entre velocidade e frequência?

- Qual é o grau da função da curva formada?

- O que representa a tangente da curva?

- Medir a tangente

- Qual o raio da roda?

- Comprovar

QUESTIONARIO 5

- Como faço para descobrir o quanto a bicicleta andou se tiver apenas o tempo e sua velocidade com o passar do tempo? _____

- Marcar os dados e construir um gráfico com as unidades corretas

- Esse gráfico é do primeiro grau? Por quê? _____

- Qual o valor numérico da área deste gráfico sob a curva? _____

- conferir com o odômetro _____

NÃO APLIQUEI

QUESTIONARIO 6

O que é o raio de uma circunferência (R)?

O que é período (T)?

O que é frequência (f)?

O que é velocidade linear escalar (v)?

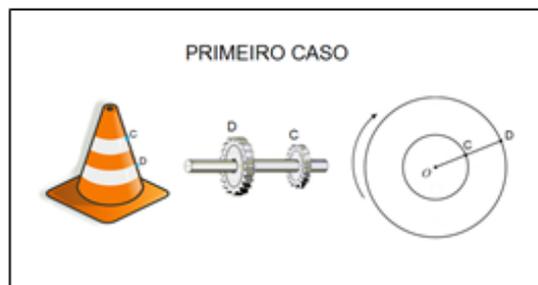
O que é velocidade angular (ω)?

QUESTIONARIO 7

Responder com maior(>), menor(<) ou igual(=).

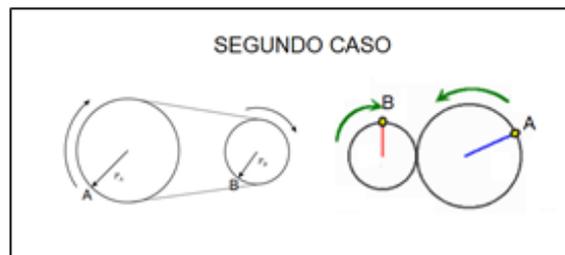
Caso 1

RB	RA
TB	TA
fB	fA
ω B	ω A
VB	VA



Caso 2

RB	RA
TB	TA
fB	fA
ω B	ω A
VB	VA

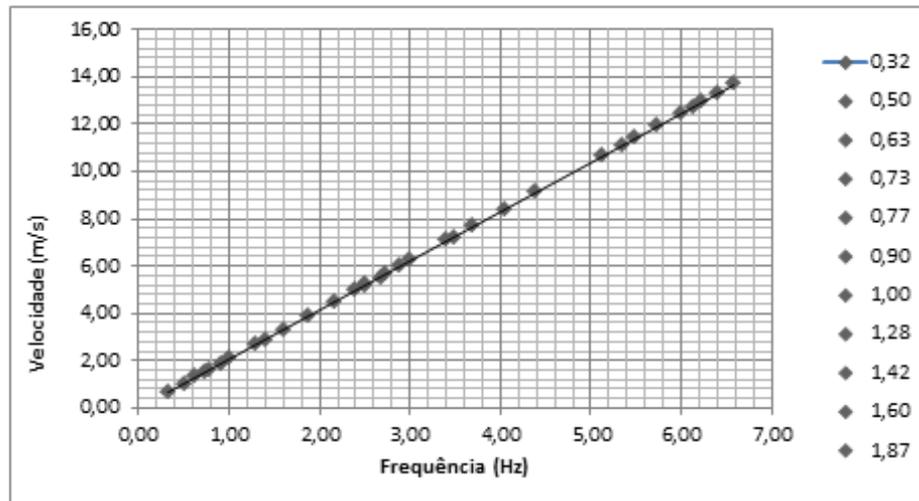


TRANSMISSÃO NO MOVIMENTO CIRCULAR

ALUNO: _____ N _____
 ESCOLA: _____

1. GRÁFICO DE VELOCIDADE VERSUS FREQUÊNCIA

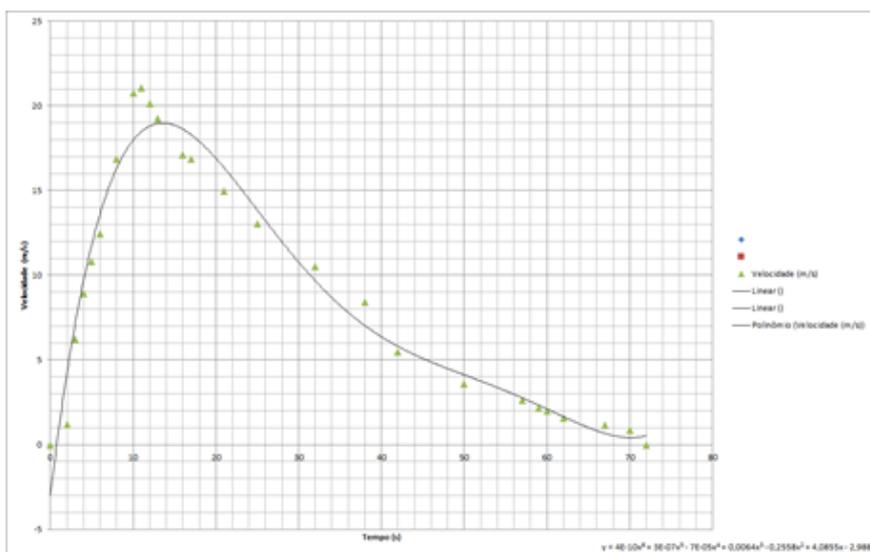
velocidade (km/h)	frequencia (rpm)	frequencia (Hz)	velocidade (m/s)
2,400E+00	1,900E+01	0,32	0,67
3,700E+00	3,000E+01	0,50	1,03
4,700E+00	3,800E+01	0,63	1,31
5,500E+00	4,400E+01	0,73	1,53
5,700E+00	4,600E+01	0,77	1,58
6,700E+00	5,400E+01	0,90	1,86
7,400E+00	6,000E+01	1,00	2,06
9,600E+00	7,700E+01	1,28	2,67
1,060E+01	8,500E+01	1,42	2,94
1,190E+01	9,600E+01	1,60	3,31
1,400E+01	1,120E+02	1,87	3,89
1,630E+01	1,300E+02	2,17	4,53
1,790E+01	1,440E+02	2,40	4,97
1,860E+01	1,490E+02	2,48	5,17
1,890E+01	1,510E+02	2,52	5,25
1,990E+01	1,600E+02	2,67	5,53
2,050E+01	1,640E+02	2,73	5,69
2,170E+01	1,740E+02	2,90	6,03
2,250E+01	1,800E+02	3,00	6,25
2,550E+01	2,040E+02	3,40	7,08
2,620E+01	2,100E+02	3,50	7,28
2,770E+01	2,220E+02	3,70	7,69
3,030E+01	2,430E+02	4,05	8,42
3,280E+01	2,630E+02	4,38	9,11
3,830E+01	3,070E+02	5,12	10,64
3,990E+01	3,200E+02	5,33	11,08
4,100E+01	3,290E+02	5,48	11,39
4,290E+01	3,430E+02	5,72	11,92
4,490E+01	3,600E+02	6,00	12,47
4,590E+01	3,680E+02	6,13	12,75
4,650E+01	3,730E+02	6,22	12,92
4,790E+01	3,840E+02	6,40	13,31
4,930E+01	3,950E+02	6,58	13,69



2. GRÁFICO DE VELOCIDADE VERSUS TEMPO

Velocidade km/h	Tempo (s)	Velocidade km/h	Tempo (s)
0,000E+00	0	0,000E+00	0
4,300E+00	2	4,300E+00	2
2,240E+01	3	2,240E+01	3
3,220E+01	4	3,220E+01	4
3,900E+01	5	3,900E+01	5
4,480E+01	6	4,480E+01	6
6,070E+01	8	6,070E+01	8
7,470E+01	10	7,470E+01	10
7,580E+01	11	7,580E+01	11
7,250E+01	12	7,250E+01	12
6,930E+01	13	6,930E+01	13
6,160E+01	16	6,160E+01	16
6,070E+01	17	6,070E+01	17
5,390E+01	21	5,390E+01	21
4,690E+01	25	4,690E+01	25
3,790E+01	32	3,790E+01	32
3,030E+01	38	3,030E+01	38
1,980E+01	42	1,980E+01	42
1,290E+01	50	1,290E+01	50
9,500E+00	57	9,500E+00	57
7,800E+00	59	7,800E+00	59
7,200E+00	60	7,200E+00	60
5,700E+00	62	5,700E+00	62
4,200E+00	67	4,200E+00	67
3,100E+00	70	3,100E+00	70
0,000E+00	72	0,000E+00	72

÷ 3,6



Apêndice B – Questionário Lentes e Visão

	ALUNO _____ Nº _____ 2º Ano: _____ Prof.: <i>Farley Costa</i> DISCIPLINA: <i>Física</i>
--	--

ATIVIDADE – INTRODUTÓRIA - LENTES

O que é uma lente?

Para que serve uma lente?

Onde encontramos lentes no cotidiano? Você possui na sua casa?

Como elas se diferenciam, ou são todas de um mesmo tipo?

ATIVIDADE 1 – LUPA (QUALITATIVA)

- Como seria formada a imagem através da lente de uma lupa? Que é uma lente _____

Tamanho? _____

Orientação? _____

Natureza? _____

- Para as imagens reais, o que acontece com a imagem quando aproximamos o objeto da lente? E quando afastamos?

ALUNO _____ Nº _____

2º Ano: _____ Prof.: Farley Costa DISCIPLINA: Física

ATIVIDADE 2 – LUPA (QUANTITATIVA)

- Como medir o foco de uma lupa? _____

- Distanciando a lupa do objeto, e/ou mudando a posição do anteparo, colete valores de p e p' . Utilizando essas medidas de p e p' e através de um gráfico descubra o valor do foco com auxílio da curva formada.

	p	p'

- Medir o foco da lupa utilizando outro método

- Comparar o valor encontrado nos dois métodos.

ATIVIDADE 3 – RETROPROJETOR (QUALITATIVA)

-Utilizar o retroprojektor para simular a visão do olho humano, e visualizar os defeitos de miopia e hipermetropia.

PARTE 1

- Como será que seu amigo(a) míope enxerga sem óculos?

- Qual a lente de correção da miopia?

Mostrar como o míope enxerga sem o óculos e com o óculos.

PARTE 2

- Como será que seu amigo(a) hipermetrope enxerga sem óculos?

- Qual a lente de correção da hipermetropia?

Mostrar como o hipermetrope enxerga sem o óculos e com o óculos.

COMENTÁRIOS

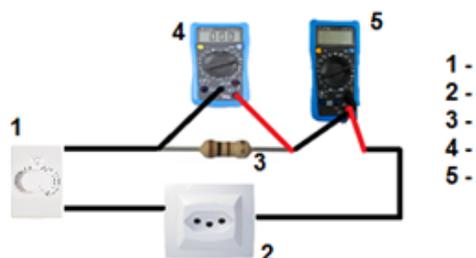
Apêndice C – Questionário Circuitos

ATIVIDADE 1 – CURVA DE RESISTORES

ALUNO: _____ N _____
 ESCOLA: _____

PARTE 1 – CURVA DE UM RESISTOR

MONTAGEM EXPERIMENTAL



- Olhando para o circuito elétrico acima, descreva cada componente na legenda ao lado.

- Com o Dimmer na posição mínima, meça a tensão e a corrente elétrica que passam pelo resistor.

I = _____

U = _____

- O que vai acontecer com a tensão e a corrente elétrica no resistor quando aumentarmos a resistência do Dimmer? Por quê?

- Meça 10 valores de corrente e tensão no resistor variando a resistência do Dimmer.

	Ddp (U) - V	Corrente elétrica _(i) -
Medida 1		
Medida 2		
Medida 3		
Medida 4		
Medida 5		
Medida 6		
Medida 7		
Medida 8		
Medida 9		
Medida 10		

- construa um gráfico de tensão por corrente elétrica e analise a curva apresentada

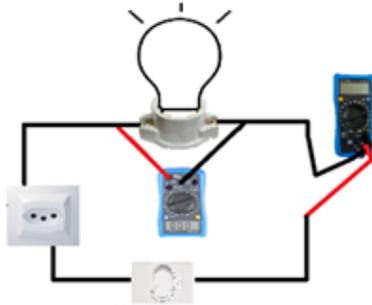
Essa curva é uma reta?

Como calcular essa resistência?

Esse resistor é ôhmico?

PARTE 2 – CURVA DE UMA LAMPADA

MONTAGEM EXPERIMENTAL



- Com o Dimmer na posição mínima, meça a tensão e a corrente elétrica que passam pela lâmpada e registrem o brilho com uma fotografia.

$I =$ _____

$U =$ _____

- O que vai acontecer com a tensão e a corrente elétrica na lâmpada quando aumentarmos a resistência do Dimmer? E_o brilho? Por quê?

Brilho – _____

- Meça 10 valores de corrente e tensão no resistor variando a resistência do Dimmer.

	Ddp (U) - V	Corrente elétrica,(i) -
Medida 1		
Medida 2		
Medida 3		
Medida 4		
Medida 5		
Medida 6		
Medida 7		
Medida 8		
Medida 9		
Medida 10		

- construa um gráfico de tensão por corrente elétrica e analise a curva apresentada

Essa curva é uma reta?

Como calcular essa resistência?

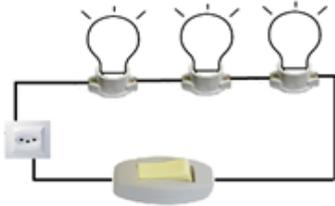
Esse resistor é ôhmico?

ATIVIDADE 2 – CIRCUITO EM SÉRIE

ALUNO: _____ N _____
ESCOLA: _____

PARTE 1 – LAMPADAS

MONTAGEM EXPERIMENTAL



- Ligar uma lâmpada em uma tensão 110 V e medir ddp, corrente e registrar o brilho.

I = _____

U = _____

- Se ligarmos três lâmpadas EM SÉRIE o que acontece com o brilho, ddp e corrente em relação ao caso anterior?
Por quê? É possível mensurar estes valores?

Realizar o experimento e comprovar

Quais suas observações?

- Se tirar a primeira lâmpada, acontece alguma alteração no circuito? Por quê?

Tirar a "primeira" lâmpada e comprovar

Quais suas observações/conclusões?

- Se tirar a segunda lâmpada? E a terceira? Por quê?

Tirar a segunda depois a terceira e comprovar

Quais são suas observações/conclusões?

PARTE 2 – RESISTORES DE CARVÃO



- Utilizar um multímetro e medir a resistência de um resistor.

- Se ligarmos 2 resistores iguais em série e medir a resistência do conjunto, qual seria o valor encontrado _____

- Medir com um multímetro e comprovar _____

- Se ligarmos 3 resistores iguais em série e medir a resistência elétrica do conjunto, qual seria o valor encontrado? _____

- Medir com um multímetro e comprovar

CONCLUSÃO/ COMENTÁRIOS

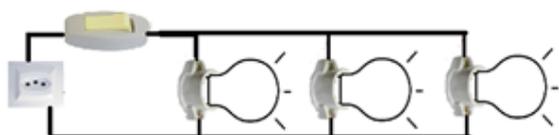
ATIVIDADE 3 – CIRCUITO EM PARALELO

ALUNO: _____ N _____

ESCOLA: _____

PARTE 1 – LÂMPADAS

MONTAGEM EXPERIMENTAL



- Ligar uma lâmpada em uma tensão 110 V e medir ddp, corrente e registrar o brilho.

U = _____

I = _____

- Se ligarmos três lâmpadas EM PARALELO o que acontece com o brilho, ddp e corrente? Por quê? É possível mensurar estes valores?

Realizar o experimento e comprovar

Quais suas observações/conclusões (brilho, ddp, corrente elétrica)?

- Se tirar a primeira lâmpada, acontece alguma alteração no circuito? Por quê?

Tirar a "primeira" lâmpada e comprovar

Quais suas observações/conclusões?

- Se tirar a segunda lâmpada? E a terceira? Por quê?

Tirar a segunda depois a terceira e comprovar

Quais são suas conclusões?

PARTE 2 – RESISTORES DE CARVÃO



- Utilizar um multímetro e medir a resistência de um resistor.

- Se ligarmos 2 resistores iguais em paralelo e medir a resistência do conjunto, qual seria o valor encontrado _____

- Medir com um multímetro e comprovar _____

- Se ligarmos 3 resistores iguais em paralelo e medir a resistência elétrica do conjunto, qual seria o valor encontrado? _____

- Medir com um multímetro e comprovar

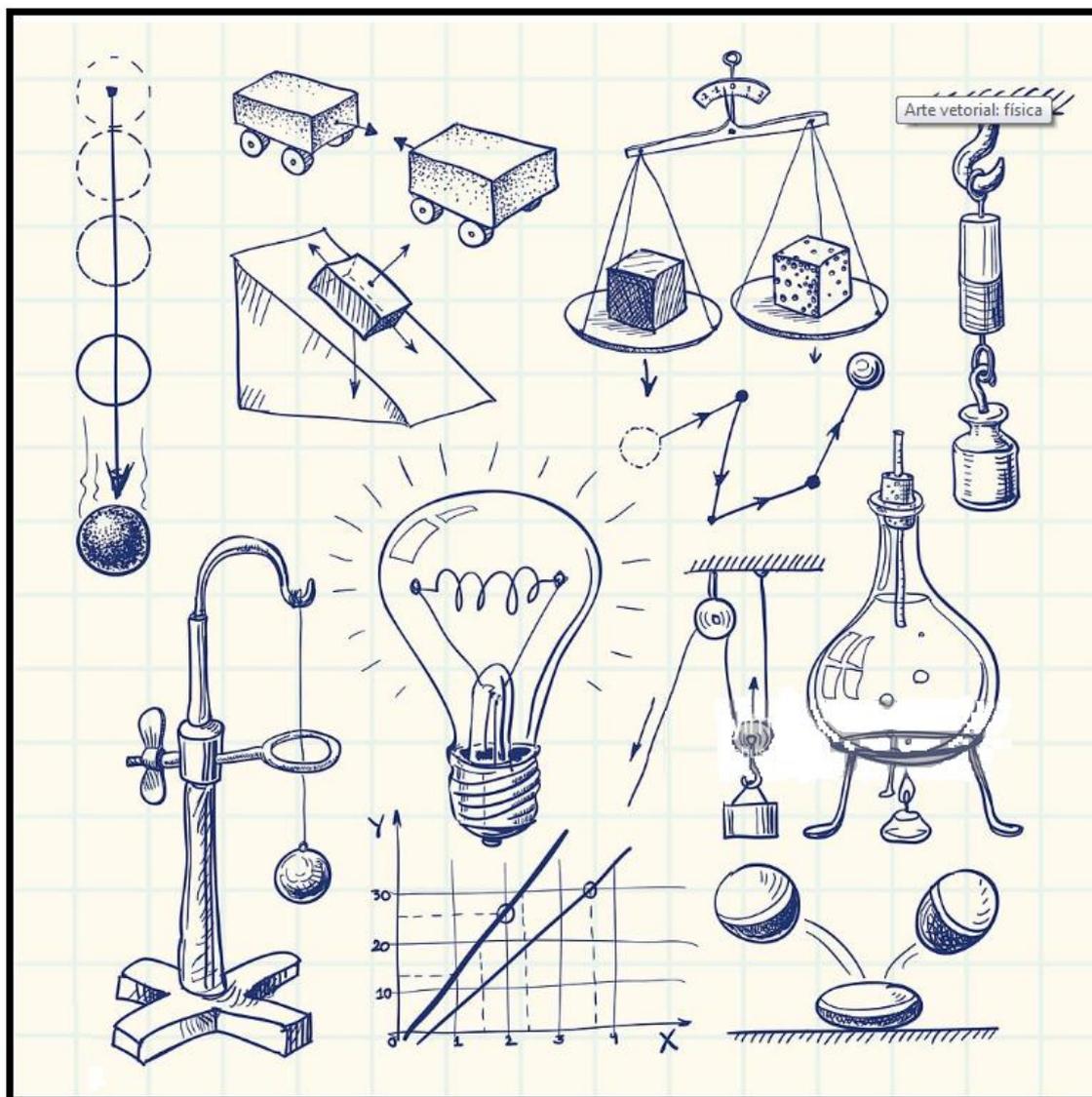
CONCLUSÃO/ COMENTÁRIOS

Apêndice D

Produto educacional

PRODUTO EDUCACIONAL

A EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA: PROPOSTA DE APLICAÇÃO PARA TEMAS DO ENSINO MÉDIO



http://www.gettyimages.com/detail/illustration/physics-royalty-free-illustration/165796847?esource=SEO_GIS_CDN_Redirect

Farley William da Costa

Orientador: Prof. Dr. Johnny Vilcarromero López

PRODUTO EDUCACIONAL

A EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA: PROPOSTA DE APLICAÇÃO PARA TEMAS DO ENSINO MÉDIO

Farley William da Costa

Orientação: Prof. Dr. Johnny Vilcarromero López

Produto de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação Universidade Federal de São Carlos no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

UFSCar – Sorocaba

Apoio: Capes

Sumário

Introdução	4
Capítulo 1 – MOVIMENTO CIRCULAR	5
1.1 – Sequência	6
1.2 – Contribuições	7
1.3 – Experimentos	12
Capítulo 2 – LENTES E VISÃO	28
2.1 – Sequência	29
2.2 – Contribuições	30
2.3 – Experimentos	35
Capítulo 3 – CIRCUITO SÉRIE E PARALELO	44
3.1 – Sequência	45
3.2 – Contribuições	46
3.3 – Experimentos	49
Referências.....	68

Introdução

Este produto educacional foi desenvolvido como mais uma alternativa para os professores do ensino médio que desejam utilizar a experimentação para enriquecer suas aulas teóricas, em vista de um melhor aproveitamento do conteúdo abordado em sala de aula.

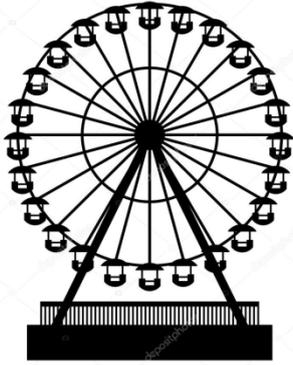
O produto consiste em três temas de estudo, um para cada ano do ensino médio. Os temas/conteúdos foram escolhidos, a partir de uma revisão bibliográfica feita na literatura como apresentam Moreira e Penido (2009), Araujo e Abib (2003) e com base em minha vivência docente de doze (12) anos de Magistério. Na sequência, estão objetivados os temas eleitos para essa dissertação:

- a) A cinemática do movimento circular, abordada no primeiro ano do Ensino Médio, cuja sequência didática foi aplicada na Escola Estadual;
- b) O estudo das lentes, abordado no segundo ano do Ensino Médio, aplicado em uma Escola Privada;
- c) A sequência de circuito série/paralelo, abordada no terceiro ano que, também, foi praticada em uma Escola Estadual.

A experimentação foi inserida estrategicamente em cada um dos temas citados acima, porque se acredita que a utilização da experimentação no ensino da Física pode incentivar e motivar os alunos, além de estimular a criatividade e despertar o interesse por buscar o conhecimento através da investigação e colaboração. A percepção de alguns conceitos e situações é uma tarefa árdua para alguns alunos e limitada pelo preconceito que muitos alunos trazem pela dificuldade da física. O trabalho com experimentos facilita essa construção do conhecimento e possibilita a visualização na prática do conceito no cotidiano.

Com o intuito de coadjuvar com o trabalho dos professores, nesse roteiro as aulas serão disponibilizadas para que sejam reproduzidas para os casos em que se opte por sua aplicação com este mesmo formato como se apresenta esse produto ou com adaptações e/ou aprimoramentos para os propósitos do docente.

CAPÍTULO 1



MOVIMENTO CIRCULAR



https://st.depositphotos.com/1069290/5173/v/950/depositphotos_51732889-stock-illustration-silhouette-park-atraksion-ferris-wheel.jpg,
<http://www.cec.com.br/img-prod/images/standard/ventilador-de-teto-sunny-branco-127v-ventisol-1167254-foto-1.png>,
<http://estilocasa.trinitybrasil.com/imagens/produto/relogio1281024.jpg>,
http://4.bp.blogspot.com/-8hAWFrAS0dw/VWY518g35MI/AAAAAAAAE1s/VF44ara_BM/s1600/test_gif1.gif
<http://1.bp.blogspot.com/-VJeLrGTpRnQ/U58sBWwdogI/AAAAAAAC2w/5F-roFfKyL8/s1600/engrenagem.png>

Roteiro de aula

1.1 – Sequência

I. Na primeira aula deve-se colocar o tema que será visto, pedindo para que os alunos citem situações do cotidiano que observam o movimento circular, e na sequência.

II. Antes de iniciar o conteúdo de MCU, sugere-se fazer uma breve introdução sobre ângulos na circunferência e o significado do número π , apresentado aos alunos, que usam o radiano, mas tem dificuldade de entender seu significado. (Contribuições 2.2.1).

III. A seguir a teoria de MCU será passada, na sequência dos tópicos:

- Posição angular – φ , (Contribuições 2.2.3);
- Deslocamento angular - $\Delta \varphi$, (Contribuições 2.2.4);
- Velocidade angular média – ω_m ;
- Movimento circular uniforme – MCU;
- Período – T;
- Frequência - f.

IV. Propõe-se a realização do experimento 1 (Experimentos em 2.3.1).

V. Teoria de velocidade linear (v) e velocidade angular (ω) no MCU e suas relações.

Raio - constante \Rightarrow V - AUMENTA
 ω - AUMENTA \Rightarrow DIRETAMENTE PROPORCIONAIS

Velocidade escalar - constante \Rightarrow R - DIMINUI
 ω - AUMENTA \Rightarrow INVERSAMENTE PROPORCIONAIS

Velocidade angular - constante \Rightarrow R - AUMENTA
V - AUMENTA \Rightarrow DIRETAMENTE PROPORCIONAIS

VI. Propõe-se a realização do experimento 2 (Experimentos em 2.3.2).

VII. Teoria de transmissão de movimentos.

1.2 - Contribuições

1.2.1 – O que é, o que representa o número π ?

- Desenhar uma circunferência na lousa com um barbante, compasso ou alguma coisa circular (a base do lixo).

- Desenhar um diâmetro

- Medir com um barbante (o fio do fone de ouvido de um aluno) o raio da circunferência desenhada, e com a ajuda de um ou dois alunos, verificar quantos raios cabem em meia circunferência (colocar o barbante exatamente em cima do arco de circunferência desenhado)

- Após a medida será verificado que em meia circunferência cabem 3 raios e um “pouquinho”, e esse “pouquinho” corresponde a uma fração de 0,14 do raio da circunferência.

- Portanto, $\pi = 3,14\dots$, corresponde ao número de raios que cabem em meia circunferência.

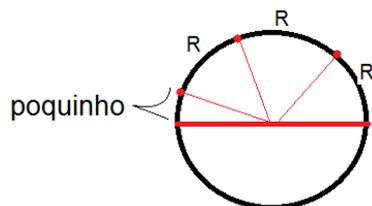


Figura 2.1. Representação do número de raios que cabem em meia circunferência.

1.2.2 - O Que é o radiano?

Segundo Gualter (2010) radiano é definido como o ângulo em um círculo por um arco de circunferência com o mesmo comprimento que o raio do referido círculo. Utilizando palavras mais simples radiano significa raio, abaixo procuro simplificar esta relação.

➤ Desenhar uma circunferência e uma medida qualquer de arco, perguntar ao aluno, qual a medida do arco em radiano, ou quantos raios cabem

dentro do arco.

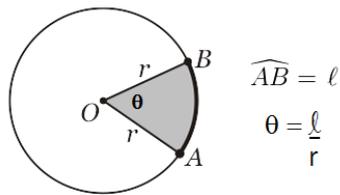


Figura 2.2. Representação da medida de um arco em uma circunferência

- O objetivo é fazer o aluno perceber que medir um ângulo em radiano, é medir raios na circunferência, e dar a ele a noção de grandeza.
- Voltar na figura 1, e perguntar a ele quanto mede este ângulo em radiano?

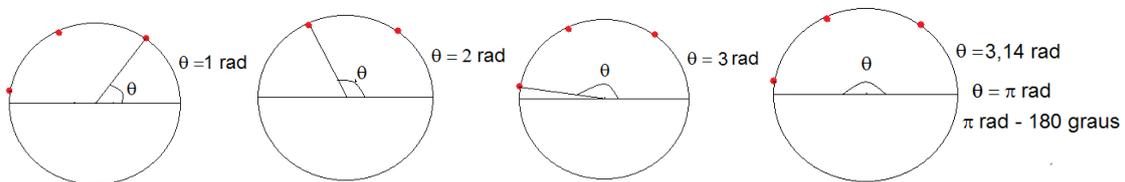


Figura 2.3. Medidas de arcos em radianos, associando π ao 180°

- Aqui o aluno associa 180 graus e π radianos.

1.2.3 - Posição angular – φ

Para posição angular e deslocamento angular foi utilizada uma analogia com o movimento linear como segue abaixo.

- Desenhar uma trajetória retilínea e mostrar a posição escalar
- Entortar essa linha de modo que ela vire uma circunferência, mostrando aos alunos que o corpo continua tendo uma posição escalar, mas adquire uma nova posição chamada angular.

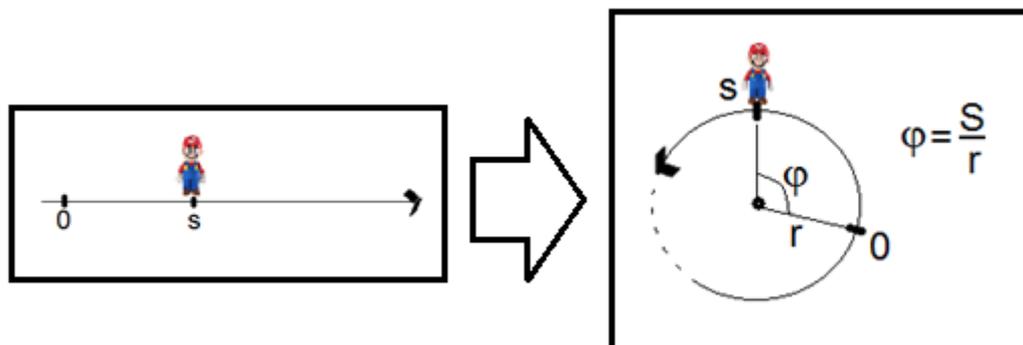


Figura 2.4. Representação da posição linear de um corpo e da posição angular

➤ Essa representação poderia ser feita com um barbante, prendedores e uma roda de bicicleta, com o barbante esticado, seria representado a posição escalar, com o barbante sobre a roda da bicicleta seria mostrada a posição angular.

1.2.4 – Deslocamento angular - $\Delta \varphi$

Para o deslocamento escalar, poderia utilizar a mesma analogia:

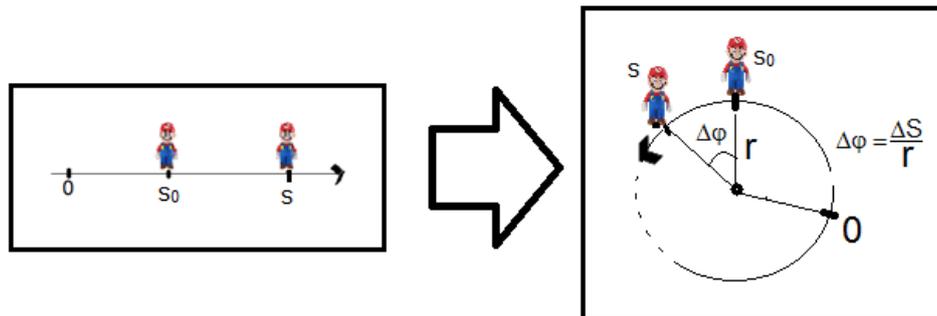


Figura 2.5. Representação do deslocamento escalar de um corpo e do deslocamento angular.

1.2.5 - Transmissão do movimento circular

É possível efetuar a transmissão do movimento circular entre discos ou polias por dois processos, por meio de um mesmo eixo ou por meio de eixos diferentes. O acoplamento por um mesmo eixo como apresentado na **figura 2.6a**, são rodas dentadas fixas em um eixo, não podendo girar livremente por ele, sendo encontrado na caixa de cambio dos automóveis. A transmissão por eixos diferentes pode ser apresentada por correia/corrente utilizada em bicicletas e máquinas de costura **figura 2.6c e d**, ou por contato também encontrado na caixa de cambio dos automóveis, ou até mesmo nos relógios **figura 2.6b**. Em ambos os casos a maioria das polias possuem dentes que se adaptam entre si quando em contato ou se encaixam nos elos da corrente de junção, para não haver deslizamento.

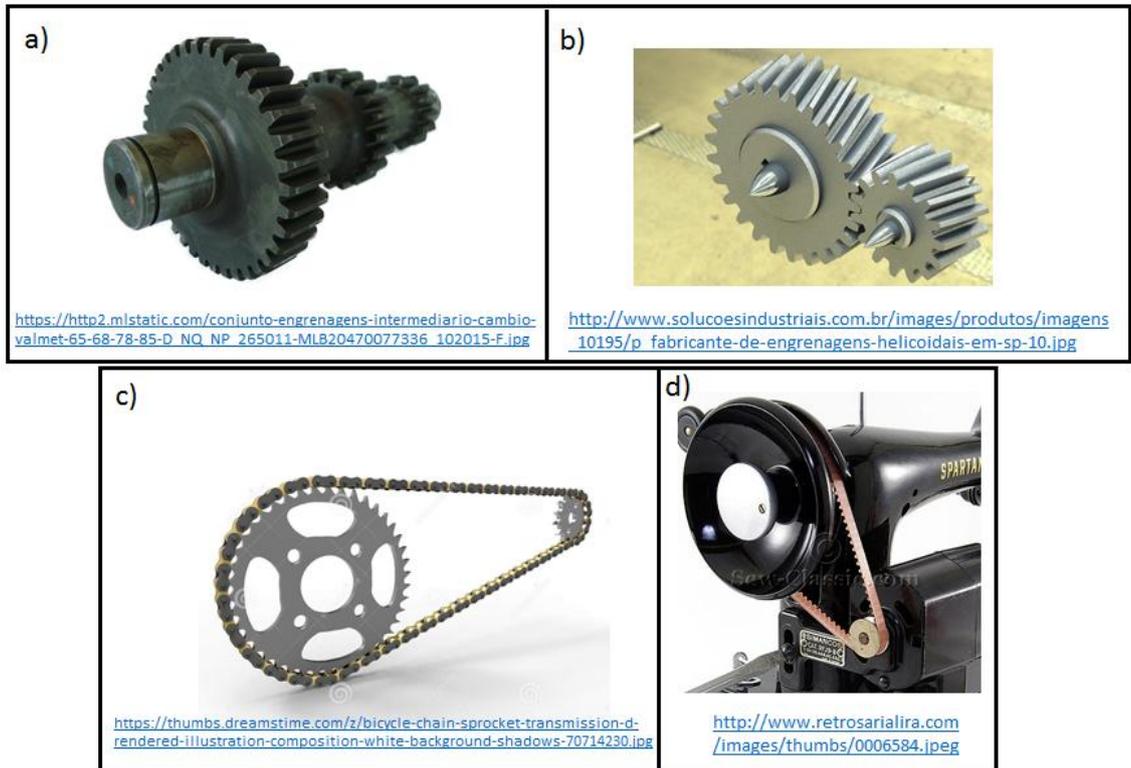
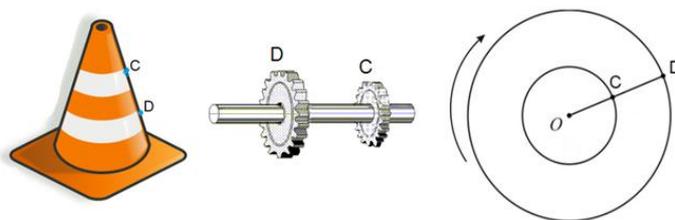


Figura 2.6 - (a) transmissão do movimento circular por um mesmo eixo (b) transmissão do movimento circular por meio de rodas dentadas em contato, (c) e (d) transmissão do movimento circular por meio de rodas dentadas através de correia/corrente.

- Transmissão por um mesmo eixo



Na transmissão por um mesmo eixo, os pontos da engrenagem giram juntos, conseqüentemente apresentam um mesmo período, mesma frequência de rotação e a mesma velocidade angular, pois são grandezas que dependem exclusivamente do tempo e rotação. A velocidade linear/tangencial se diferencia nas engrenagens C e D, por ser diretamente proporcional ao raio, quanto maior o raio maior a velocidade linear.

$$r_C < r_D$$

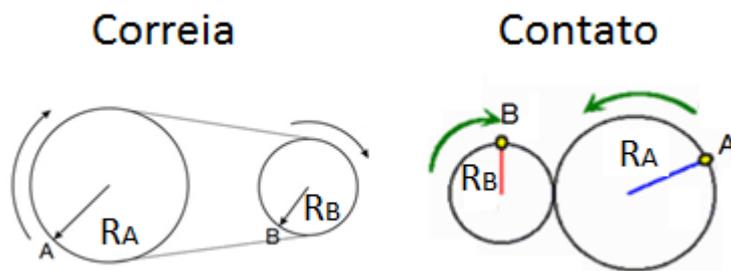
$$T_C = T_D$$

$$f_C = f_D$$

$$\omega_C = \omega_D$$

$$v_C < v_D$$

- Transmissão por eixos diferentes



Na transmissão por eixos diferentes a única diferenciação de o acoplamento ser por contato ou correia, é o sentido de rotação das engrenagens. Por correia as engrenagens giram no mesmo sentido, por contato elas giram em sentidos opostos.

Todos os pontos da periferia das engrenagens possuem a mesma velocidade linear, caso contrário elas descarrilhariam visto que possuem dentes.

$$v_A = v_B$$

Como possuem raios diferentes, denominado R_A e R_B também possuirão períodos e frequências diferentes, por terem a mesma velocidade linear, a de menor raio vai girar mais vezes para acompanhar a de raio maior, tendo uma relação de proporcionalidade inversa como mostra a equação.

$$2\pi r_A f_A = 2\pi r_B f_B$$

Assim temos as relações:

$$r_A > r_B$$

$$T_A > T_B$$

$$f_A < f_B$$

$$\omega_A < \omega_B$$

$$v_A = v_B$$

1.3 - Experimentos

1.3.1 – Experimento 1

➤ Material

- Uma bicicleta;
- Um ciclocomputador³ (computador de bordo) instalado na roda traseira da bicicleta;
- Um celular que tenha a função de filmar.

➤ Objetivos

- Visualizar através das medidas a relação de proporcionalidade entre velocidade e frequência.
- Descobrir quanto vale a constante de proporcionalidade (coeficiente angular).
- Relacionar a constante de proporcionalidade com o raio.
- Determinar o raio da roda e comprovar com o valor medido.

➤ Procedimento

- Colocar o ciclocomputador na função velocidade e frequência.
- Colocar a roda traseira em movimento, girando o pedal.
- Colocar o celular no modo câmera filmadora e registrar as medidas do ciclocomputador.

➤ Análise dos resultados

- Assistir o vídeo e através de pausas sucessivas marcar os dados de frequência e velocidade de forma organizada em uma tabela.

³ Ciclocomputador: consiste num aparelho totalmente eletrônico, capaz de captar dados via sensores magnéticos. Dentre sua principal função, cita-se o registro de horas, quilometragem, velocidade, cronógrafo, hodômetro parcial, cadência de pedalada, velocidade média, velocidade máxima, e, em alguns mais completos, é possível registrar até os batimentos cardíacos e a zona alvo de treinamento do atleta (SOARES, MACHADO 2012). Esse dispositivo é encontrado em lojas de artigos esportivos.

- Transformar os dados para o sistema internacional. Vide tabela:

velocidade (km/h)	frequencia (rpm)	frequencia (Hz)	velocidade (m/s)
2,400E+00	1,900E+01	0,32	0,67
3,700E+00	3,000E+01	0,50	1,03
4,700E+00	3,800E+01	0,63	1,31
5,500E+00	4,400E+01	0,73	1,53
5,700E+00	4,600E+01	0,77	1,58
6,700E+00	5,400E+01	0,90	1,86
7,400E+00	6,000E+01	1,00	2,06
9,600E+00	7,700E+01	1,28	2,67
1,060E+01	8,500E+01	1,42	2,94
1,190E+01	9,600E+01	1,60	3,31
1,400E+01	1,120E+02	1,87	3,89
1,630E+01	1,300E+02	2,17	4,53
1,790E+01	1,440E+02	2,40	4,97
1,860E+01	1,490E+02	2,48	5,17
1,890E+01	1,510E+02	2,52	5,25
1,990E+01	1,600E+02	2,67	5,53
2,050E+01	1,640E+02	2,73	5,69
2,170E+01	1,740E+02	2,90	6,03
2,250E+01	1,800E+02	3,00	6,25
2,550E+01	2,040E+02	3,40	7,08
2,620E+01	2,100E+02	3,50	7,28
2,770E+01	2,220E+02	3,70	7,69
3,030E+01	2,430E+02	4,05	8,42
3,280E+01	2,630E+02	4,38	9,11
3,830E+01	3,070E+02	5,12	10,64
3,990E+01	3,200E+02	5,33	11,08
4,100E+01	3,290E+02	5,48	11,39
4,290E+01	3,430E+02	5,72	11,92
4,490E+01	3,600E+02	6,00	12,47
4,590E+01	3,680E+02	6,13	12,75
4,650E+01	3,730E+02	6,22	12,92
4,790E+01	3,840E+02	6,40	13,31
4,930E+01	3,950E+02	6,58	13,69

Tabela 2.1. Velocidade e frequência retiradas da gravação feita por alunos.

- Plotar um gráfico de velocidade por frequência usando uma planilha eletrônica ou alguma similar.

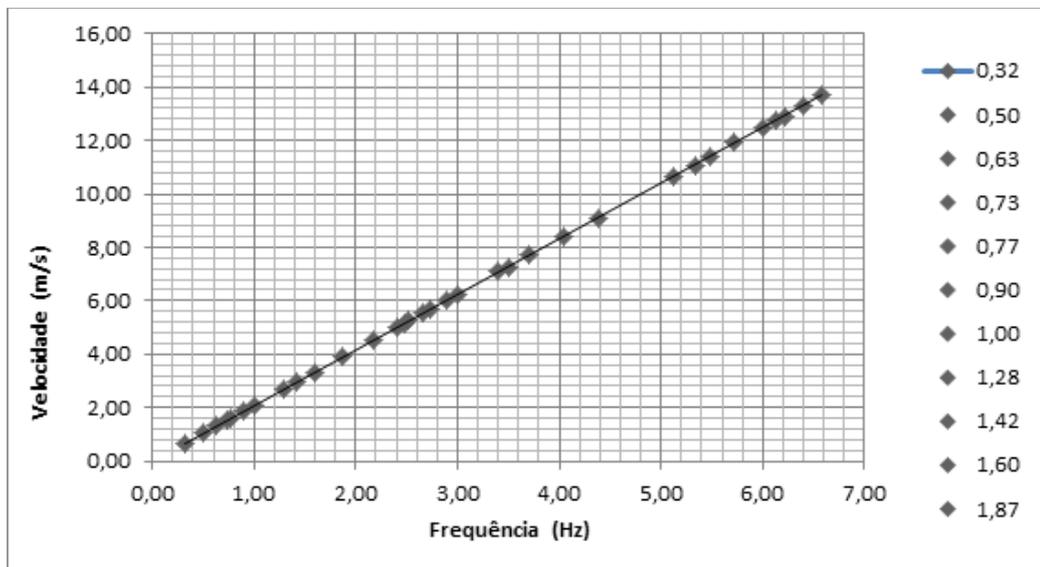


Gráfico 2.1. Gráfico plotado a partir dos dados da tabela 2.1.

- Analisar o gráfico.

O gráfico é uma reta, que sai da origem do plano cartesiano, representando uma

função do primeiro grau ($y = ax + b$), que possui o coeficiente linear (b) igual a zero.

- Calcular a constante de proporcionalidade (coeficiente angular da reta).

Sabendo que são diretamente proporcionais, posso escrever a equação sendo $V=K.f$,

onde V é a velocidade k uma constante e f a frequência, portanto: $K = tg\alpha = \frac{\Delta y}{\Delta x}$

- O que ela significa?

$$V = K \cdot f$$

$$f = 1/T$$

$$V = K/T$$

Sabendo que velocidade também pode ser escrita com espaço sobre tempo, K seria o espaço que o corpo percorreu, mas isso em uma volta, pois temos que T é o tempo de uma volta.

- Calcular o raio da roda.

Se k é o comprimento de uma volta, e comprimento de uma circunferência é representado por $2\pi R$, e utilizando os dados da tabela acima, temos:

$$K = 2 \cdot \pi \cdot R = 2,1$$

$$2 \cdot (3,14) \cdot R = 2,1$$

$$R = 2,1/6,28$$

$$R = 0,33 \text{ m}$$

Medindo com uma trena o raio da roda, será comprovado o valor encontrado com o valor medido.

Uma sugestão de atividade para aplicabilidade desta proposta é apresentada logo a seguir.

ATIVIDADE 1

- Colocar o ciclocomputador na função velocidade e frequência.
- Colocar a roda traseira em movimento, girando o pedal.
- Colocar o celular no modo câmera filmadora e registrar as medidas do ciclocomputador.
- Assistir a filmagem e registrar a frequência e a velocidade em forma de tabela.
- Colocar estes dados em outra tabela nas unidades do sistema internacional.
- Construir um gráfico de velocidade por tempo em folha de papel milimetrado ou em planilha eletrônica (mais indicado pela quantidade de pontos).
- Observando o gráfico construído responda as perguntas.

- Qual a relação entre velocidade e frequência?

- Qual é o grau da função da curva formada?

- O que representa a tangente da curva?

- Medir a tangente.

- Qual o raio da roda?

- Comprovar

1.3.2 – Experimento 2

➤ **Material**

- Uma bicicleta;
- Um ciclocomputador (instalado na roda traseira da bicicleta);
- Um celular que tenha a função de filmar.

➤ **Objetivos**

- Descobrir quanto a bicicleta percorre em um determinado tempo.
- Verificar na prática que a área sob a curva de um gráfico de velocidade por tempo é numericamente igual à área.

➤ **Procedimento**

- Colocar o ciclocomputador na função velocidade e cronômetro, com o odômetro zerado.
- Colocar a roda traseira em movimento, girando o pedal.
- Colocar o celular no modo câmera filmadora e registrar as medidas do ciclocomputador.
- Marcar o valor registrado no odômetro.

➤ **Análise dos resultados**

- Assistir o vídeo e através de pausas sucessivas, marcar os dados de frequência e tempo de forma organizada em uma tabela.
- Transformar os dados para o sistema internacional

Tabela 2.2. Velocidade e tempo retirados da gravação feita por alunos.

Velocidade km/h	Tempo (s)	Velocidade km/h	Tempo (s)
0,000E+00	0	0,000E+00	0
4,300E+00	2	4,300E+00	2
2,240E+01	3	2,240E+01	3
3,220E+01	4	3,220E+01	4
3,900E+01	5	3,900E+01	5
4,480E+01	6	4,480E+01	6
6,070E+01	8	6,070E+01	8
7,470E+01	10	7,470E+01	10
7,580E+01	11	7,580E+01	11
7,250E+01	12	7,250E+01	12
6,930E+01	13	6,930E+01	13
6,160E+01	16	6,160E+01	16
6,070E+01	17	6,070E+01	17
5,390E+01	21	5,390E+01	21
4,690E+01	25	4,690E+01	25
3,790E+01	32	3,790E+01	32
3,030E+01	38	3,030E+01	38
1,980E+01	42	1,980E+01	42
1,290E+01	50	1,290E+01	50
9,500E+00	57	9,500E+00	57
7,800E+00	59	7,800E+00	59
7,200E+00	60	7,200E+00	60
5,700E+00	62	5,700E+00	62
4,200E+00	67	4,200E+00	67
3,100E+00	70	3,100E+00	70
0,000E+00	72	0,000E+00	72



- Plotar um gráfico de velocidade por tempo usando uma planilha eletrônica ou alguma similar.

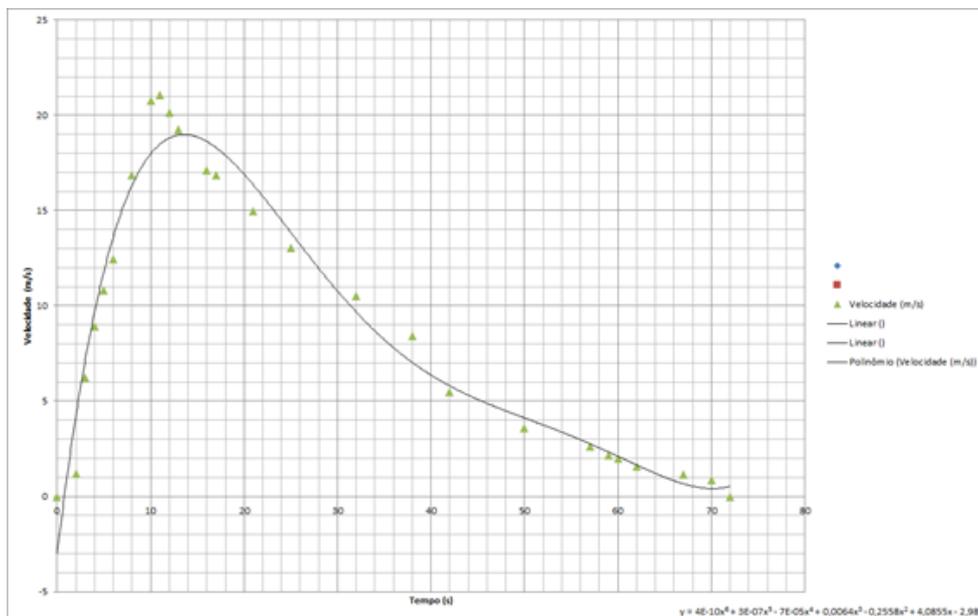


Gráfico 2.2. Gráfico plotado a partir dos dados da tabela 2.2.

- Se não conseguir ligar os pontos, faça uma aproximação com uma régua.
 - Determine a área abaixo da curva dividindo a figura em pequenas áreas (triângulos, trapézios e retângulos) ou contar os quadradinhos. Faça aproximações, e multiplique o número de quadradinhos encontrado pela a área de um quadradinho.

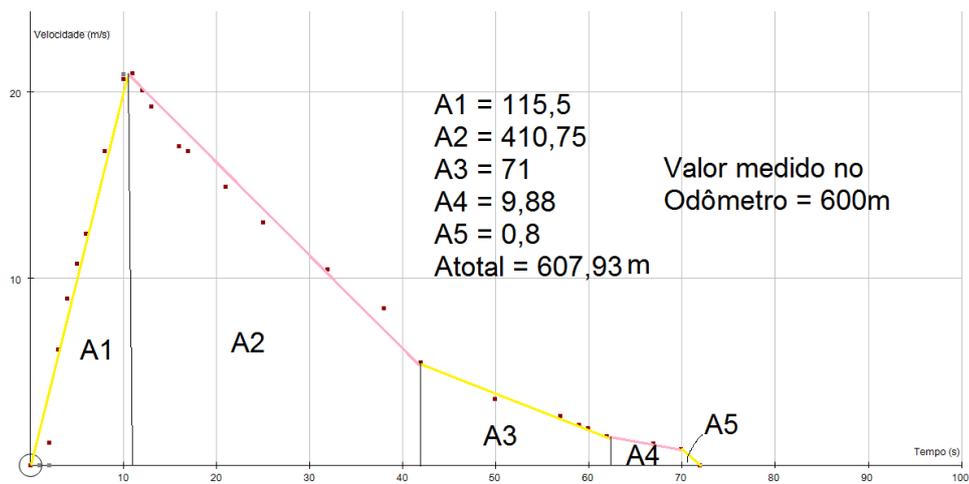


Gráfico 2.3. Exemplo de como extrair a área do gráfico através de retas.

- Compare com o valor encontrado no odômetro.

Uma sugestão de atividade para aplicabilidade desta proposta é apresentada a seguir.

ATIVIDADE 2

- Colocar o ciclocomputador na função velocidade e cronômetro, com o odômetro zerado.
- Colocar a roda traseira em movimento, girando o pedal.
- Colocar o celular no modo câmera filmadora e registrar as medidas do ciclocomputador.
- Marcar o valor registrado no odômetro.
- Assistir a filmagem e registrar o tempo e a velocidade em forma de tabela.
- Colocar estes dados em outra tabela nas unidades do sistema internacional.
- Construir um gráfico de velocidade por tempo em folha de papel milimetrado ou planilha eletrônica (mais indicado pela quantidade de pontos).
- Observando o gráfico construído responda as perguntas.

- Como faço para descobrir o quanto a bicicleta andou se tiver apenas o tempo e sua velocidade com o passar do tempo?

- Esse gráfico é do primeiro grau? Por quê?

- O que significa o valor numérico da área sob a curva desse gráfico?

- Determine o valor numérico da área deste gráfico sob a curva?

- Conferir com o odômetro. Quais suas conclusões?

1.3.3 – Experimento 3

➤ Material

- Uma bicicleta.

➤ Objetivos

- Mostrar a transmissão dos movimentos (engrenagens ligadas por um mesmo eixo, e engrenagens acopladas por correia).

➤ Procedimento

Para a análise da transmissão por um mesmo eixo na roda traseira da bicicleta fixar dois pontos, um no pneu (marcar com o giz branco) e outro no raio da roda (um prendedor pequeno, ou um nó com uma pequena fita colorida) como representado na figura 6 pelos pontos C e D. Girar a roda com rotações diferentes e pedir para que o aluno através da observação, deduza as relações de Período, Frequência, Velocidade angular e Velocidade linear com maior (>), menor (<) e igual (=) **figura 2.7**.

Para a análise da transmissão por correia, fixar um ponto na coroa e outro na catraca ou na engrenagem de baixo como mostra a **figura 2.7** pelos pontos A e B, e girar o pedal devagar e com outras rotações. Pedir para que o aluno através da observação, deduza as relações de Período, Frequência, Velocidade angular e Velocidade linear com maior (>), menor (<) e igual (=).



Figura 2.7. Esquema de uma bicicleta com pontos específicos para a demonstração da transmissão de movimentos.

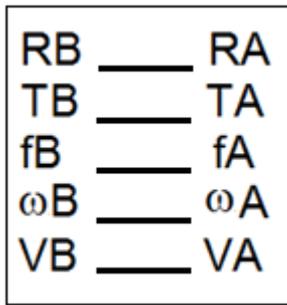


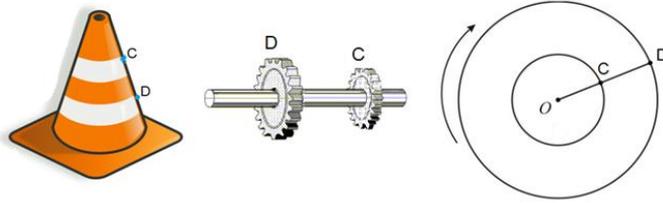
Figura 2.8. Esquema de relação entre as grandezas do movimento circular na análise da transmissão do movimento

Uma sugestão de atividade para aplicabilidade desta proposta é apresentada a seguir.

ATIVIDADE 3

Parte 1

PRIMEIRO CASO



São apresentadas três figuras, cada uma com duas circunferências, com um ponto em sua periferia chamados de C e D. A primeira é um cone, a segunda uma engrenagem e a terceira figura dois discos que estão colocados um sobre o outro. Observe que nas três figuras as circunferências que possuem os pontos C e D são concêntricas, ou seja, giram em torno de um mesmo eixo.

Você consegue perceber que as três figuras pertencem ao mesmo caso?

Sim () Não ()

O professor mostra para os alunos que são todos o mesmo caso.

Olhando para os pontos C e D de qualquer uma das figuras:

- Qual está girando mais vezes em um mesmo tempo? Por quê?

- Qual está mais rápido? Por quê?

- Qual tem maior velocidade? Por quê?

SEGUNDO CASO

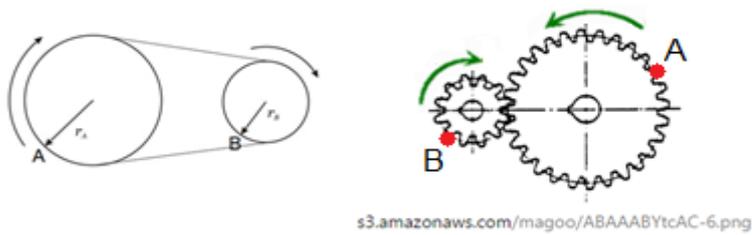


Figura da engrenagem - <http://www.ebah.com.br/content/ABAAABYtcAC/desmaq-prontoo>.

São apresentadas duas figuras, cada uma com duas circunferências, com um ponto em sua periferia chamados de A e B. A primeira são duas circunferências ligadas por uma correia, como acontece em uma bicicleta, a segunda são duas circunferências encostadas, como acontece em uma engrenagem de relógio. Observe que nas duas figuras as circunferências que possuem os pontos A e B **NÃO** são concêntricas, ou seja, **NÃO** giram em torno de um mesmo eixo.

Você consegue perceber que as duas figuras pertencem ao mesmo caso?

Sim () Não ()

O professor mostra para os alunos que são todos o mesmo caso.

Olhando para os pontos A e B

- Qual está girando mais vezes em um mesmo tempo? Por quê?

- Qual está mais rápido? Por quê?

- Qual tem maior velocidade? Por quê?

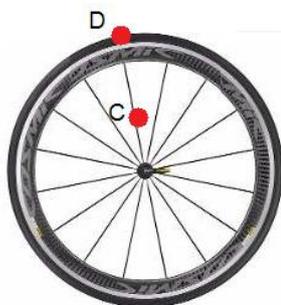
Parte 2



Olhando para os pontos marcados na bicicleta (mostrar a bicicleta/experimento) responda às mesmas perguntas anteriores.

Caso 1

Olhando para os pontos C e D



images.tcdn.com.br/img/img_prod/423647/3117_0.jpg

- Qual está girando mais vezes em um mesmo tempo?

- Qual está mais rápido?

- Qual tem maior velocidade?

Caso 2

Olhando para os pontos A e B



http://cache4.asset-cache.net/xc/164495121.jpg?v=2&c=IWSAsset&k=2&d=5EPF6XT8w_ZFX21eWZ14Jz3ID8KuaLFS0qIWUOiya7SV4fXTEE7baebowl39uS0a0

- Qual está girando mais vezes em um mesmo tempo?

- Qual está mais rápido?

- Qual tem maior velocidade?

Parte 3

Responder o questionário 2 novamente, observando os pontos em movimento (o professor vai girar o pedal e o aluno vai observar os pontos em movimento).

Caso 1

Olhando para os pontos C e D:

- Qual está girando mais vezes em um mesmo tempo?

- Qual está mais rápido?

- Qual tem maior velocidade?

Se a sua resposta mudou, justifique.

Caso 2

Olhando para os pontos A e B

- Qual está girando mais vezes em um mesmo tempo?

- Qual está mais rápido?

- Qual tem maior velocidade?

Se a sua resposta mudou, justifique.

Parte 4

O que é o raio de uma circunferência (R)?

O que é período (T)?

O que é frequência (f)?

O que é velocidade linear escalar (v)?

O que é velocidade angular (ω)?

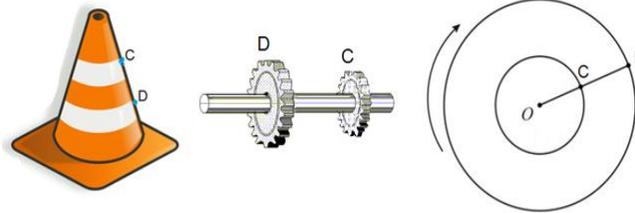
Parte 5

Responder com maior, menor ou igual.

Caso 1

RB	RA
TB	TA
fB	fA
ω B	ω A
VB	VA

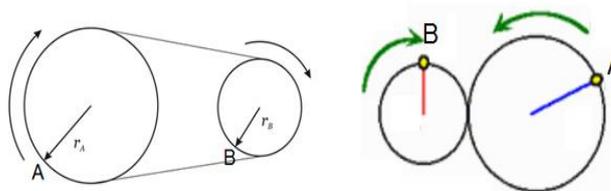
PRIMEIRO CASO



Caso 2

RB	RA
TB	TA
fB	fA
ω B	ω A
VB	VA

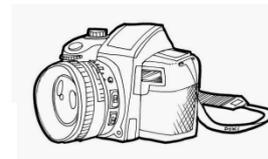
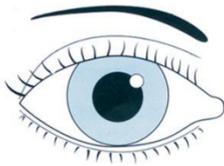
SEGUNDO CASO



CAPÍTULO 2



LENTES ESFERICAS E VISÃO



http://4.bp.blogspot.com/-2FYrs1OTcF4/VRYK7odbpKI/AAAAAAAAALSU/ZeQz5_UOm5E/s1600/doki-pintar-colorir-camera-maquina-fotografica-fotografia.jpg
<https://vignette3.wikia.nocookie.net/monica/images/f/f9/Lupa.png/revision/latest?cb=20150330002411&path-prefix=pt-br>
https://images.tcdn.com.br/img/img_prod/461859/luneta_lente_6mm_e_20mm_observacao_lunar_terrestre_f36050tx_1452_1_20170517094627.jpg
<http://stoa.usp.br/ivansouza/files/1823/9932/APRESENTA%C3%87%C3%83O.JPG>
http://www.oculosshop.com.br/media/catalog/product/cache/1/image/1800x/040ec09b1e35df139433887a97daa66f/v/o/vogue-vo-5121-l-oculos-de-grau-w656-marrom-mesclado-e-dourado-brilho-lente-5-1-cm_1.jpg

Roteiro de aula

2.1 – Sequência

Para ser dado este conteúdo, pressupõe que o aluno já tenha visto o conteúdo de óptica anterior, como introdução à óptica geométrica, reflexão da luz, espelhos planos, espelhos esféricos e refração da luz.

I. Na primeira aula será colocado tema que será visto, pedindo para que os alunos citem situações do cotidiano que observam o uso das lentes e onde podemos encontrá-las.

II. A seguir a teoria de Lentes será passada, na sequência dos tópicos:

- Tipos de Lentes, classificação e nomenclatura.
- Comportamento óptico.
- Elementos de uma lente delgada.

III. Experimento qualitativo de formação de imagens (Experimento 2.3.1).

IV. A teoria dos raios notáveis e de construção de imagens em lentes convergentes e divergentes.

V. Estudo analítico (Equações dos pontos conjugados e aumento linear transversal).

VI. Opcional – Experimento quantitativo de formação de imagens (Experimento 2.3.2).

VII. Teoria de convergência/Vergência de uma lente.

VIII. Introdução da Óptica da Visão (contribuição 2.2.1).

- Cristalino, Pupila
- Músculos ciliares;
- Retina;
- Olho emetropo;
- Ponto próximo, Ponto remoto

IX. A teoria dos defeitos de visão, miopia, hipermetropia e presbiopia. (Contribuição 2.2.2).

X. Experimento qualitativo de como uma pessoa com defeito

de visão enxerga. (Experimento 2.32).

2.2 – Contribuições

2.2.1 – Olho humano

➤ Olho reduzido

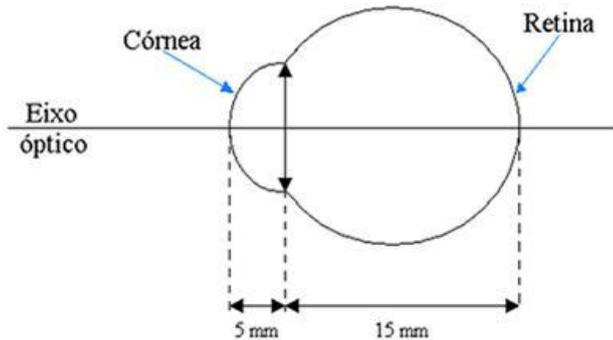


Figura 2.1 - Olho reduzido.

Ponto próximo – ponto de visão nítida mais próximo do olho, se dá com os músculos ciliares contraídos é o máximo esforço de acomodação visual.

Ponto remoto – ponto de visão nítida mais afastado do olho, se dá com os músculos ciliares relaxados.

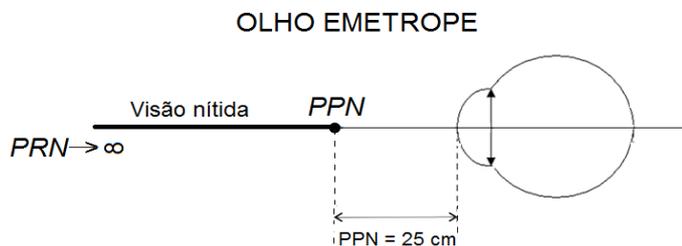


Figura 2.2 - Representação de um olho emetropo e seu intervalo de visão nítida.

No olho emetropo (visão normal), uma pessoa tem o ponto próximo (PPN), igual a 25 cm, e o ponto remoto (PRN), ocorre no infinito.

➤ Formação de imagem em um olho normal

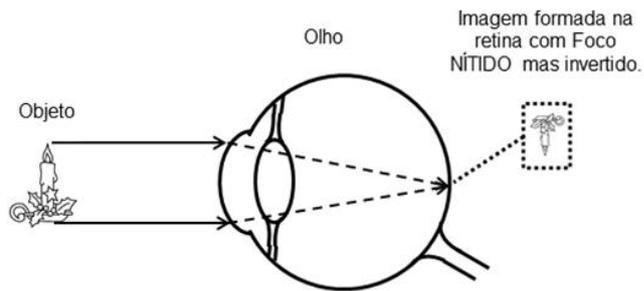


Figura 2.3 - Representação da formação de imagem em um olho normal.

2.2.2 – Defeitos de visão – cálculo da vergência da lente de correção.

➤ Miopia

Alongamento do globo ocular, a imagem se forma antes da retina.

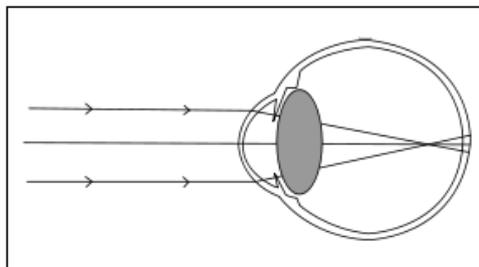


Figura 2.4 - Representação da imagem formada por um olho míope (<http://www.taringa.net/posts/info/13974176/La-Hipermetropia-y-la-Miopia.html>).

Um olho míope consegue ver objetos nitidamente de um ponto próximo menor que 25 cm, e um ponto remoto determinado que não passa de alguns metros. O Míope não enxerga de longe.

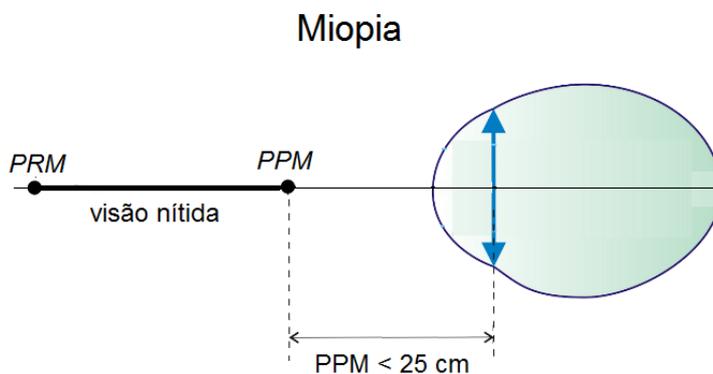
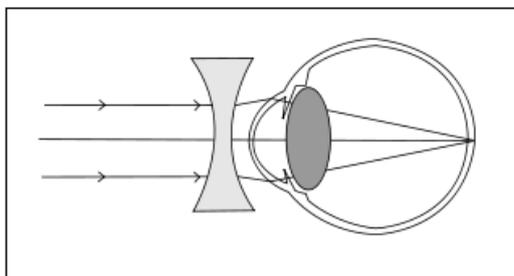


Figura 2.5 - Representação de um olho míope e seu intervalo de visão

(http://osfundamentosdafisica.blogspot.com.br/2013/11/cursos-do-blog-termologia-optica-e-ondas_12.html - modificada)

Para correção da ametropia, usaremos uma lente divergente, que irá divergir os raios incidentes fazendo com que o cristalino os convirjam na retina.



(<http://www.taringa.net/posts/info/13974176/La-Hipermetropia-y-la-Miopia.html>)

Correção Miopia - Lente divergente

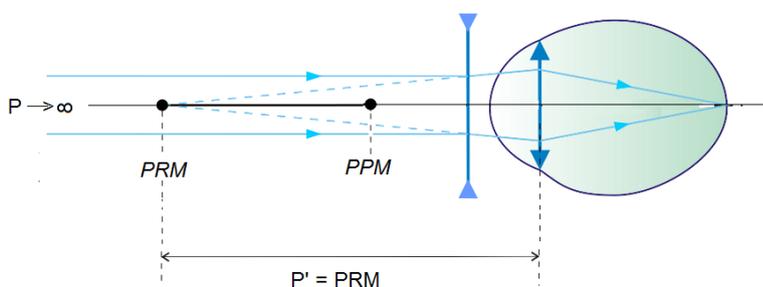


Figura 2.7 - Esquema do comportamento dos raios de luz com a lente corretiva.

A lente divergente, fará com que o um objeto muito longe seja “projetado” sobre o seu ponto remoto.

$$C = \frac{1}{f} = \frac{1}{P} + \frac{1}{P'}$$

$$P = \infty$$

$$P' = -PRM(\textit{Virtual})$$

$$C = \frac{1}{f} = \frac{1}{\infty} + \frac{1}{-PRM}$$

$$C = \frac{1}{f} = -\frac{1}{PRM}$$

$$f = -PRM$$

➤ Hipermetropia

Encurtamento do globo ocular, a imagem se forma depois da retina.

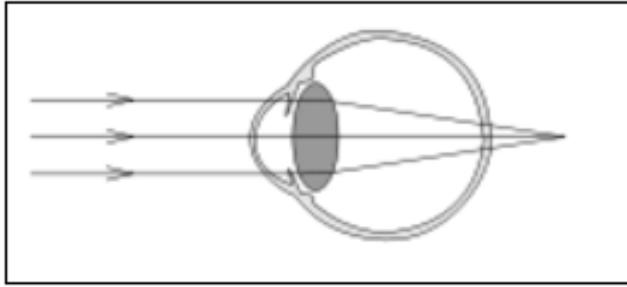


Figura 2.8 - Representação da imagem formada por um olho hipermetrope (<http://www.taringa.net/posts/info/13974176/La-Hipermetropia-y-la-Miopia.html>).

Um olho hipermetrope consegue ver objetos nitidamente de um ponto próximo maior que 25 cm, e um ponto remoto indeterminado, dizemos que o PPH > 25cm e PRH - ∞. O Hipermetrope não enxerga de perto.

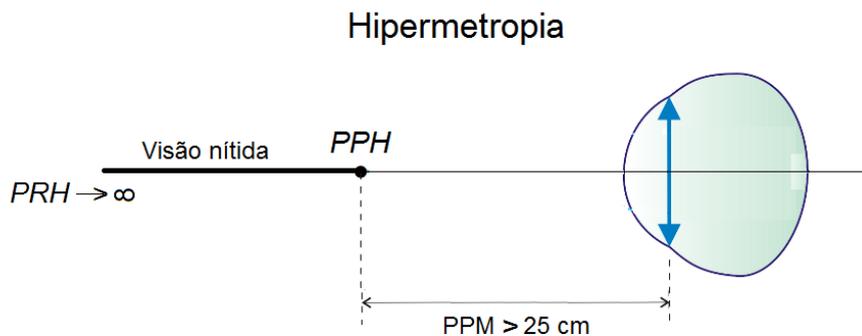


Figura 2.9 - Representação de um olho hipermetrope e seu intervalo de visão (http://osfundamentosdafisica.blogspot.com.br/2013/11/cursos-do-blog-termologia-optica-e-ondas_12.html - modificada).

Para correção da hipermetropia, usaremos uma lente convergente, que juntamente com o cristalino irá convergir os raios incidentes fazendo com que a imagem seja trazida da parte de fora do olho para retina.

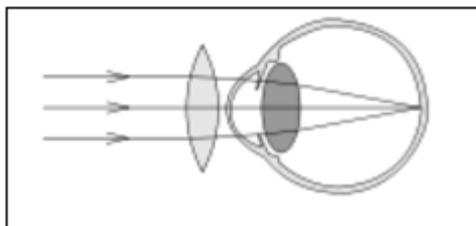


Figura 2.10 - representação da imagem formada por um olho hipermetrope com a lente corretiva. (<http://www.taringa.net/posts/info/13974176/La-Hipermetropia-y-la-Miopia.html>).

A lente convergente fará com que o um objeto próximo, nas proximidades do olho

(PPN = 25 cm) seja “projetado” sobre o seu ponto próximo.

Correção Hipermetropia - Lente Convergente

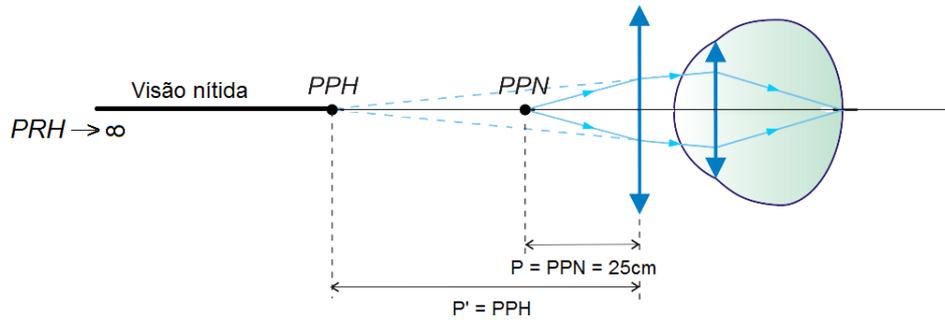


Figura 2.11 - Esquema do comportamento dos raios de luz com a lente corretiva.

$$C = \frac{1}{f} = \frac{1}{P} + \frac{1}{P'}$$

$$P = PPN = 25\text{cm} = 0,25\text{m}$$

$$P' = -PPH$$

$$C = \frac{1}{f} = \frac{1}{0,25} + \frac{1}{-PPH}$$

$$C = \frac{1}{f} = 4 - \frac{1}{PPH}$$

➤ Presbiopia

Conhecida como vista cansada, a presbiopia é causada pelo endurecimento do cristalino, a correção se dá por meio de lentes convergentes como a hipermetropia, podendo utilizar o mesmo raciocínio.

2.3 – Experimentos

2.3.1 – Experimento 1

➤ Material

-Lupa, um celular e uma vela.

➤ Objetivos

- Diferenciar imagem real de imagem virtual.
- Mostrar a relação da distância do objeto a lupa e o tamanho da imagem.
- Relacionar imagem real a imagem invertida.

➤ Procedimento

Com a sala de aula totalmente escura colocar a vela em frente a lupa e variando a distância vela lupa e lupa parede (utilizada como anteparo) focalizar a imagem da vela **figura 3.1**. Essa relação também foi feita substituindo a vela pelo celular (O celular deve emitir uma luz intensa na tela, algumas marcas são melhores).

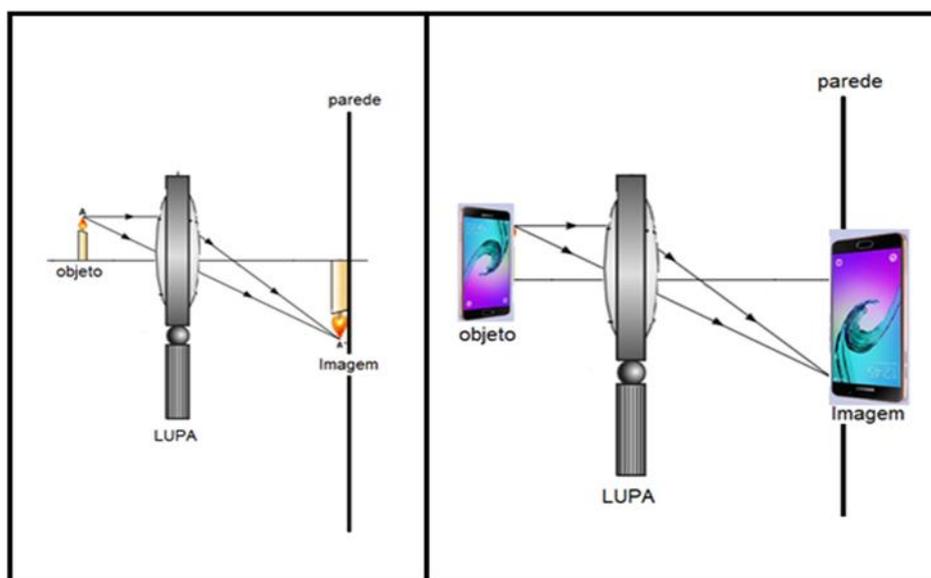


Figura 2.12 - Esquema representativo da projeção de uma vela e um celular através de uma lupa em uma sala escura.

Uma sugestão de atividade para aplicabilidade desta proposta é apresentada a seguir.

ATIVIDADE 1

Essa atividade é recomendada ser aplicada antes do professor fazer a experimentação 1, após feita a experimentação 1, seria discutido com os alunos suas respostas.

Apresentar aos alunos a atividade com algumas perguntas, para que sejam confrontadas as respostas, após a realização do experimento.

- Como seria formada a imagem através de uma lente como a de uma lupa? A lupa é uma lente convergente ou divergente?

- Qual o tamanho (maior, menor ou igual) da imagem formada pela lupa?

- Qual a orientação (direita ou invertida) da imagem formada pela lupa?

- Qual a natureza (real ou virtual) da imagem formada pela lupa?

- Para as imagens reais, o que acontece com a imagem quando aproximamos o objeto da lente? E quando afastamos?

2.3.2 – Experimento 2 – Qualitativo

➤ Material

-Lupa, um celular e uma vela.

➤ Objetivos

Calcular o foco da lente através da equação dos pontos conjugados

➤ Procedimento

Com a sala de parcialmente escura colocar a vela em frente à lupa e variando a distância vela lupa e lupa parede (utilizada como anteparo) focalizar a imagem da vela **figura 3.1.**

Medir a distância vela lupa e a medida imagem (parede) lupa com o auxílio de uma trena em várias posições diferentes, como a medida é experimental a focalização da imagem pode não ser exata. Colocar os valores em uma tabela.

➤ Análise dos resultados

A proposta é gerar um gráfico que terá como eixos o inverso da distância do objeto à lente, e no outro eixo o inverso da distância da imagem à lente, após ser construído tomado vários pontos, será obtido uma reta (função do primeiro grau), que terá como coeficiente angular o inverso do foco, como mostra as equações abaixo.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'}$$

$$se, x = \frac{1}{p}$$

$$e, y = \frac{1}{p'}$$

$$\frac{1}{f} = x + y \rightarrow y = -x + \frac{1}{f}$$

Portanto $1/f$ é o coeficiente linear do gráfico

Traçando a reta no próprio gráfico, o ponto que a curva formada tocar o eixo “y”, representado por $1/p'$, será a medida de um sobre f ($1/f$).

Esse valor pode ser comprovado, levando os alunos para fora da sala de aula e em um dia ensolarado colocar a lupa no sol e medir a distância da lupa ao chão, quando se forma a imagem apenas de um ponto (imagem do sol).

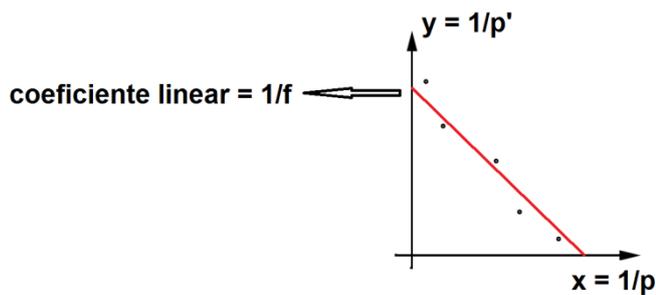


Figura 3.13: Gráfico do inverso das distâncias medidas da lente até o objeto e a imagem para cálculo do foco.

Uma sugestão de atividade para aplicabilidade desta proposta é apresentada a seguir.

ATIVIDADE 2

Iniciar a atividade com uma pergunta disparadora, para que o aluno tente fazer associações com o conteúdo de espelhos esféricos já lecionado.

- Como medir o foco de uma lupa?

--

- Com a sala parcialmente escura, distanciando a lupa do objeto, e/ou mudando a posição do anteparo, colete valores de p (distância do objeto a lente) e p' (distância da imagem até a lente). Utilizando essas medidas de p e p' e através *de um gráfico* descubra o valor do foco com auxílio da curva formada.

	P	P'

- Como medir o foco da lupa utilizando outro método?

--

- Comparar o valor encontrado nos dois métodos.

--

2.3.3 – Experimento 3

➤ Material

- Retroprojektor, lentes convergentes e divergentes (podem ser óculos de alunos, ou óculos velhos com lentes) e uma tela de projeção (pode ser a própria parede).

➤ Objetivos

- Demonstrar a percepção de visão do míope e um hipermetrope sem os óculos.

➤ Procedimento

Um retroprojektor será utilizado para simular um olho humano, a transparência será utilizada como objeto, a lente do retroprojektor será o cristalino, e a tela de projeção a retina.

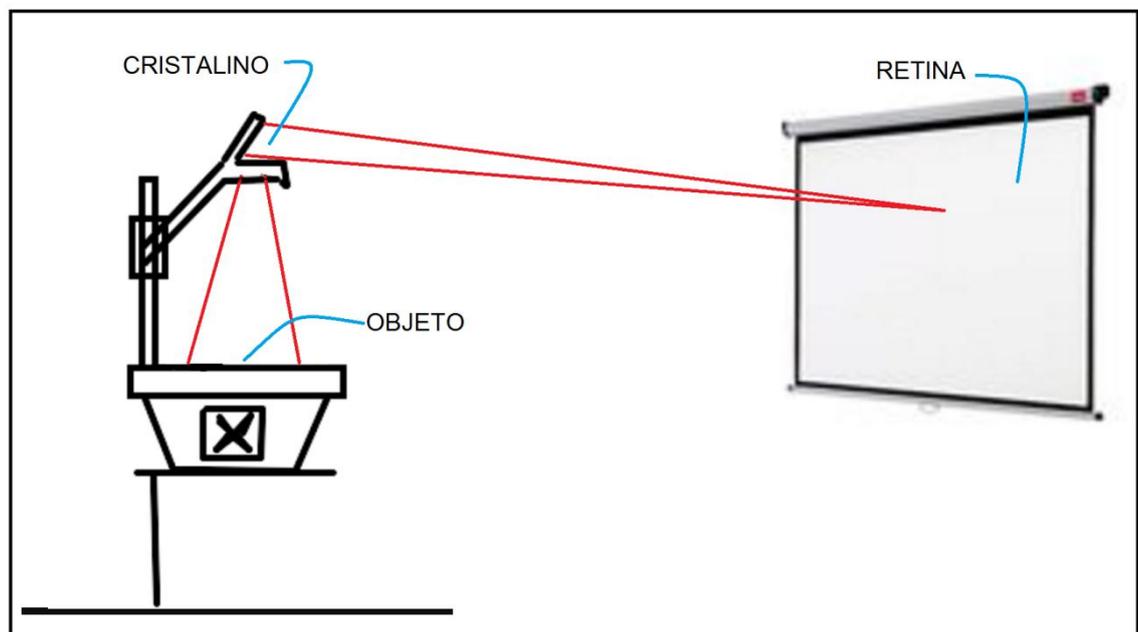


Figura 3.14 – Esquema de um olho humano representado por um retroprojektor

O aparato será colocado na sala de aula de modo que a imagem projetada seja nítida

e perfeita. A seguir a tela de projeção será afastada (caso a projeção seja na parede deve se afastar o retroprojetor), simulando o olho alongado do míope.

Quando isso for feito, na parede a imagem vai estar desfocada, simulando como o míope está vendo a inscrição da transparência, como mostra a figura 3.15 abaixo.

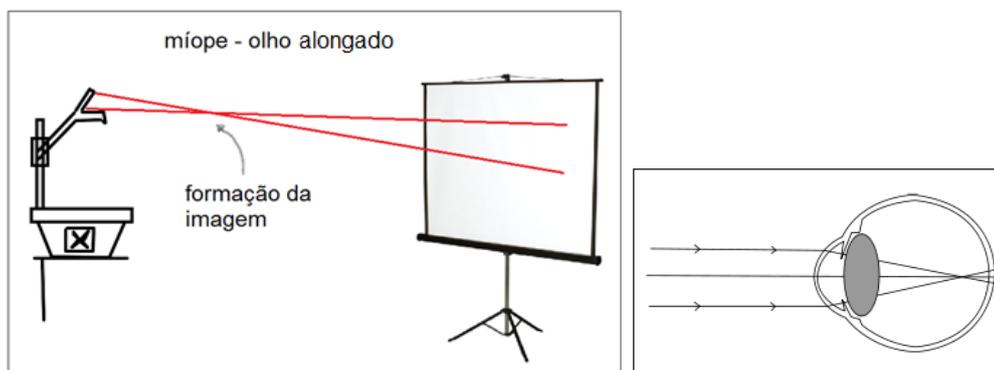


Figura 3.15. – Imagem formada pelo retroprojetor simulando a imagem formada na retina pelo cristalino de um míope. (<http://www.taringa.net/posts/info/13974176/La-Hipermetropia-v-la-Miopia.html>)

Para mostrar como funciona a lente corretiva do míope coloque as lentes corretivas entre a transparência e a lente de retroprojetor, onde ficariam os óculos, entre o cristalino e o objeto. (Aqui o professor pode fazer a brincadeira como faz o oftalmologista “este ou este está melhor” colocando uma lente convergente primeiro depois uma divergente).

Quando colocar a lente divergente, apenas com o ajuste de distância (entre transparência e lente do retroprojetor), os alunos perceberão que a imagem da inscrição na tela fica focada e nítida, como mostra a **figura 3.16**.

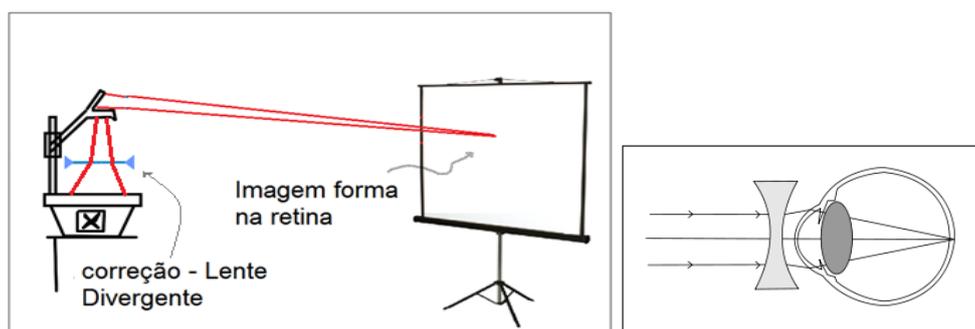


Figura 3.16. Esquema da imagem formada pelo retroprojetor quando uma lente corretiva é colocada acima da transparência.

Da mesma forma, como foi feito anteriormente, colocar o retroprojetor na sala de

aula de modo que a imagem projetada seja nítida e perfeita. A seguir, a tela de projeção será aproximada (caso a projeção seja na parede deve se aproximar o retroprojektor), simulando o olho encurtado do hipermetrope.

Quando isso for feito, na parede a imagem vai estar desfocada, simulando como o hipermetrope está vendo a inscrição da transparência, como mostra a **figura 3.17** abaixo.

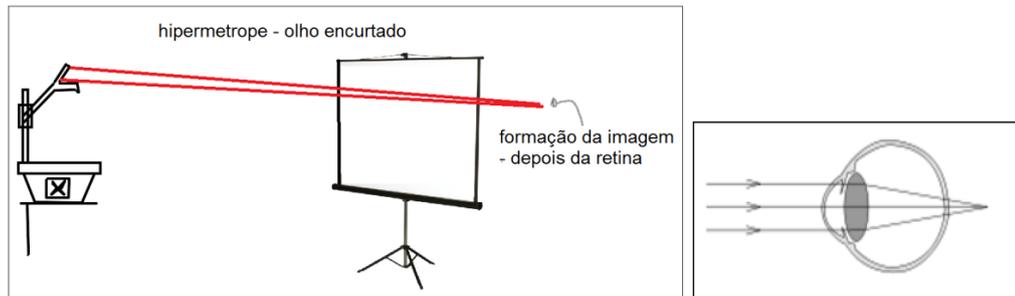


Figura 3.17. – Imagem formada pelo retroprojektor simulando a imagem formada na retina pelo cristalino de um míope.

Para mostrar como funciona a lente corretiva do hipermetrope coloque as lentes corretivas entre a transparência e a lente de retroprojektor, onde ficariam os óculos, entre o cristalino e o objeto. (Aqui o professor pode fazer a brincadeira como faz o oftalmologista “este ou este está melhor” colocando uma lente divergente primeiro depois uma convergente).

Quando colocar a lente convergente, apenas com o ajuste de distância (entre transparência e lente do retroprojektor), os alunos perceberão que a imagem da inscrição na tela fica focada e nítida, como mostra a **figura 3.18**.

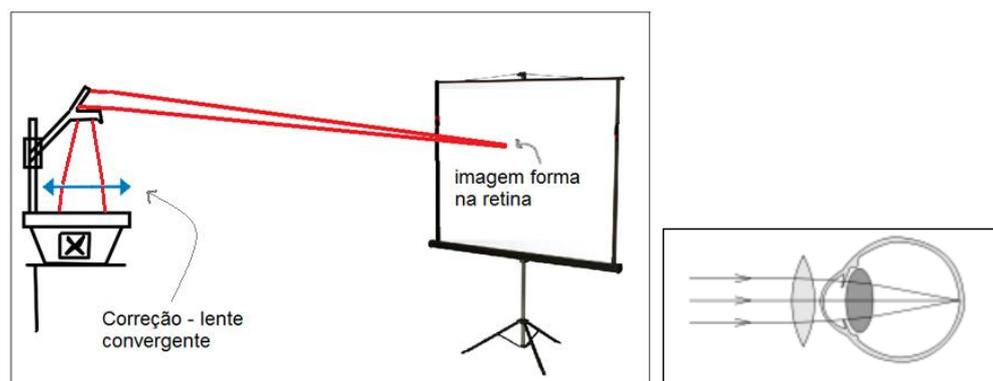


Figura 3.18. Esquema da imagem formada pelo retroprojektor quando uma lente corretiva é colocada acima da transparência.

Uma sugestão de atividade para aplicabilidade desta proposta é apresentada a seguir.

ATIVIDADE 3

Essa atividade é recomendada ser aplicada antes do professor fazer a experimentação 3, após feita a experimentação 3, seria discutido com os alunos suas respostas.

Apresentar aos alunos a atividade com algumas perguntas, para que sejam confrontadas as respostas após a realização do experimento.

Parte 1

- Como será que seu amigo (a) míope enxerga sem óculos?

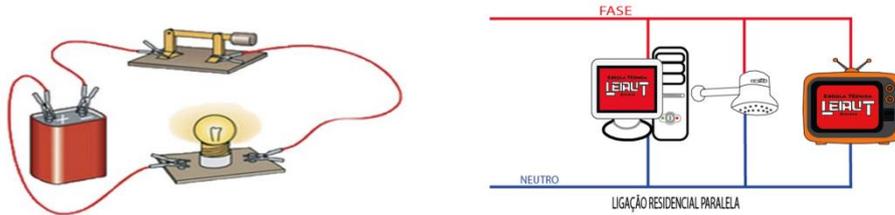
- Qual a lente de correção da miopia?

Parte 2

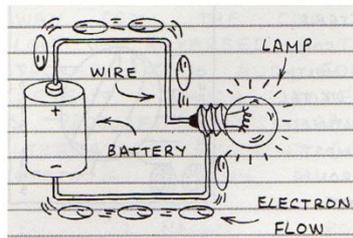
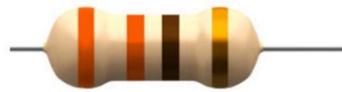
- Como será que seu amigo (a) hipermetrope enxerga sem óculos?

- Qual a lente de correção da hipermetropia?

CAPÍTULO 3



CIRCUITO SÉRIE E PARALELO



http://www.winbrasil.com/ASSISTENCIA_TECNICA/O1_B.jpg,
<https://leiautdicas.files.wordpress.com/2015/04/O33.png>,
http://bonelli.usuarios.rdc.puc-rio.br/dsg1411/images/circuito_basico.jpg,
<http://s4.static.brasescola.uol.com.br/img/2017/01/resistor.jpg>,
<https://blogdoenem.com.br/wp-content/uploads/2014/10/as-leis-de-ohm-destacada.jpg>

Roteiro de aula

3.1 – Sequência

Para ser dado este conteúdo, pressupõe que o aluno já tenha visto o conteúdo inicial de eletrodinâmica, como corrente elétrica, resistor, o conceito de resistência e diferença de potencial.

I. Na primeira aula iniciaremos diretamente com um experimento para comprovação da lei de Ohm. (Experimento 4.3.1) – 02 aulas - 100 minutos.

II. O circuito em série será iniciado com um experimento de uma prancha com um circuito já montado (experimento 4.3.2).

III. A teoria de circuito em série será lecionada, com o auxílio do experimento. Através de questionamentos e comprovações experimentais e esquemas no quadro negro será passado os seguintes tópicos.

- Corrente elétrica no circuito e em cada lâmpada
- Tensão em cada lâmpada e no circuito
- Resistência equivalente
- Aplicação da lei de Ohm em cada componente do circuito (visto em contribuição 4.2.1).

IV. O circuito em paralelo será iniciado com um experimento de uma prancha com um circuito já montado (experimento 4.3.3).

V. A teoria de circuito em paralelo será lecionada, com o auxílio do experimento. Através de questionamentos e comprovações experimentais e esquemas no quadro negro será passado os seguintes tópicos.

- Corrente elétrica no circuito e em cada lâmpada.
- Tensão em cada lâmpada e no circuito.
- Resistência equivalente.
- Aplicação da lei de Ohm em cada componente do circuito (visto em contribuição 4.2.2).

3.2 - Contribuições

3.2.1 - Circuito em série

Associar resistores em série significa ligá-los em sequência, um após o outro, como se tivessem de mãos dadas, ou seja:

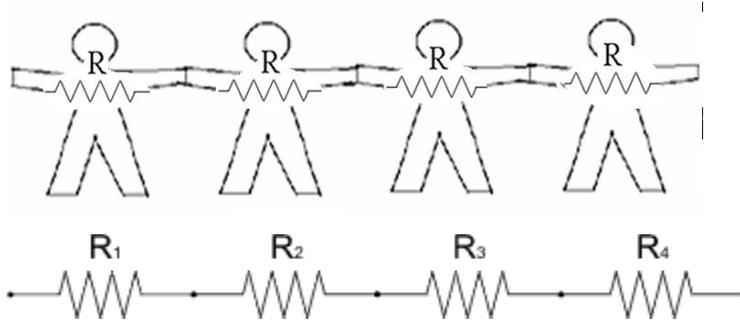


Figura 4.1 - Representação de resistores em série fazendo analogia com pessoas de mãos dadas.

A corrente elétrica, que é fluxo ordenado de elétrons, vai percorrer o resistor como vimos na 1ª lei de Ohm, mas como existe apenas um caminho para a passagem da corrente elétrica esta é mantida por toda a extensão do circuito.

Em cada resistor também será aplicada a 1ª lei de Ohm individualmente, observando que a DDP varia conforme a resistência muda.

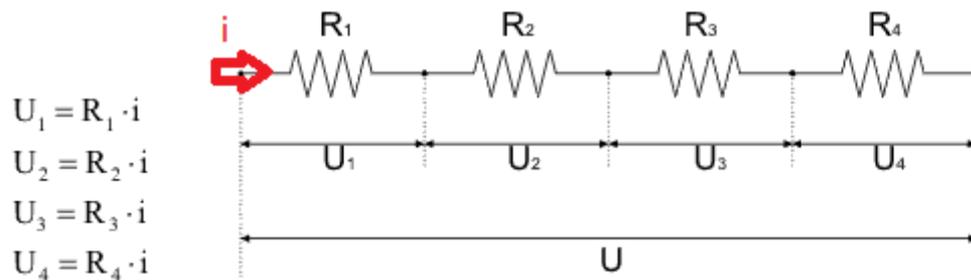


Figura 4.2 - Representação de um circuito em série e suas relações.

O circuito com os quatro resistores pode ser considerado como um circuito menor, com apenas um resistor, na prática seria um resistor fazendo o papel dos quatro ao mesmo tempo chamado equivalente.

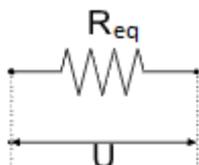


Figura 4.3 - Representação da resistência equivalente de um circuito em série.

O Cálculo de sua resistência seria:

$$U = U_1 + U_2 + U_3 + \dots + U_n$$

$$U = R_1 \cdot i + R_2 \cdot i + R_3 \cdot i + \dots + R_n \cdot i$$

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

3.2.2 - Circuito em paralelo

Associar resistores em paralelo significa ligar cada um de seus terminais em um mesmo ponto, é como se eu tivesse apenas 2 árvores para colocar várias redes, ou seja:

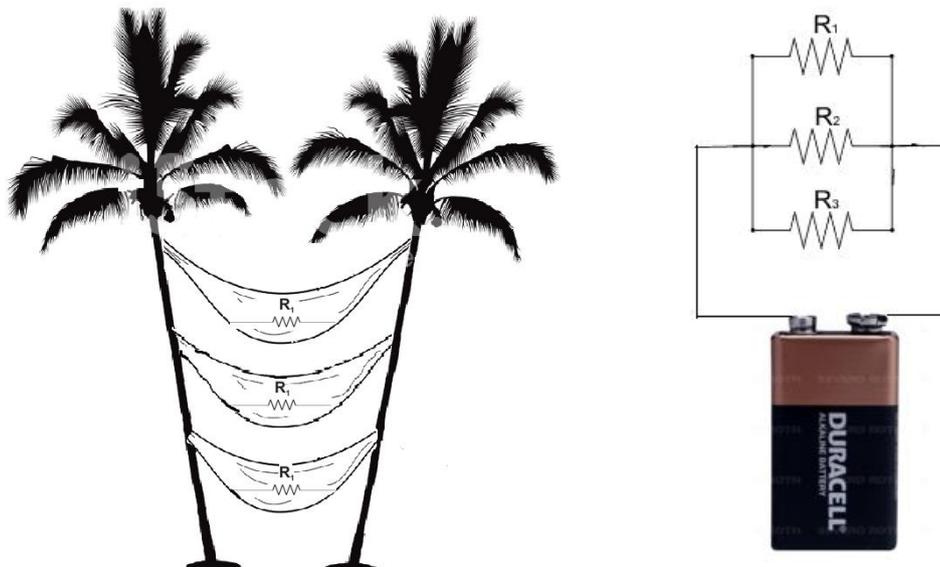


Figura 4.4 - Representação de resistores em paralelo fazendo analogia com redes penduradas em duas árvores.

Na associação em paralelo a ddp em cada resistor é a mesma, que corresponde a da bateria (fonte de tensão), a corrente como podemos ver na figura abaixo é dividida, a corrente total é a soma das correntes em cada resistor.

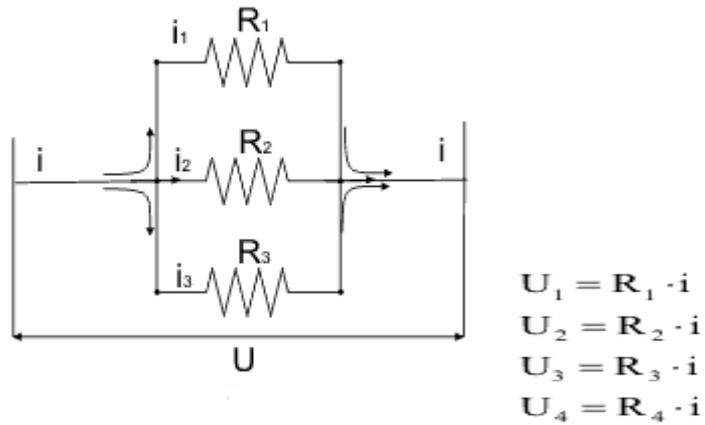


Figura 4.5 - Representação de um circuito em paralelo e suas relações.

O circuito com os três resistores pode ser considerado como um circuito menor, com apenas um resistor, na prática seria um resistor fazendo o papel dos três ao mesmo tempo chamado equivalente.

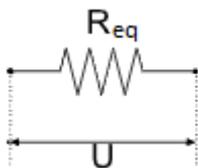


Figura 4.6 - Representação da resistência equivalente do circuito em paralelo.

O Cálculo de sua resistência seria:

$$i = i_1 + i_2 + i_3 + \dots + i_n$$

$$i = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \frac{U}{R_3} + \dots + \frac{U}{R_n}$$

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

3.3 - Experimentos

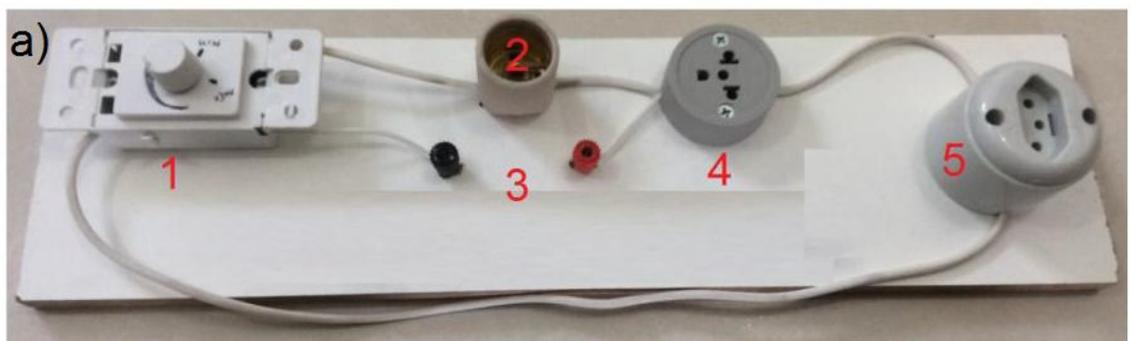
3.3.1 – Experimento 1

➤ **Material**

- Lâmpada;
- Soquete;
- Resistores;
- 02 Multímetros;
- Dimmer;
- Tomada – fonte de tensão;
- Fios.

O professor pode apresentar a prancha de circuitos pronta para os alunos, ou pode pedir para que cada grupo construa a sua, como na figura abaixo.

- 1- Dimmer
- 2- Soquete
- 3- Terminal para encaixe do resistor e medir DDP
- 4- Terminal para medir corrente elétrica
- 5 - Terminal para a conexão da fonte de tensão



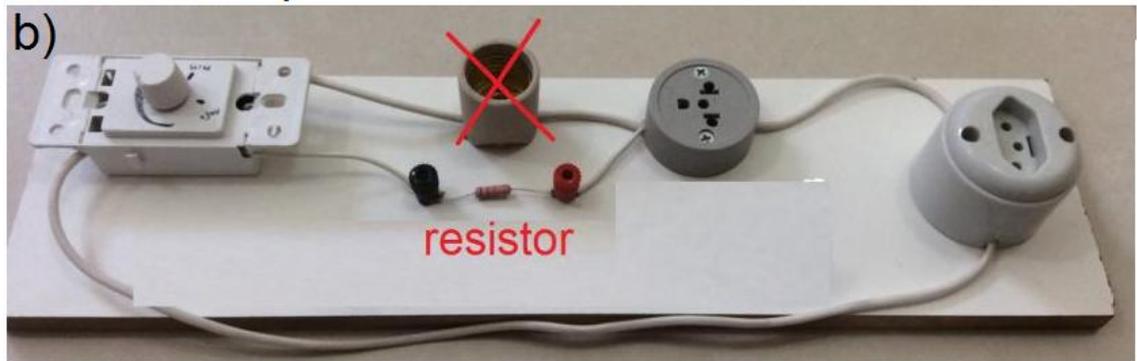


Figura 4.7 - a) prancha mostrando o circuito utilizado para comprovar a lei de Ohm; b) circuito Dimmer resistor; c) circuito Dimmer lâmpada.

Observação: foi criada uma mesma prancha e adaptada para os dois circuitos acima.

➤ **Objetivos**

- Comprovar a lei de Ohm.
- Observar a curva de um condutor ôhmico (resistor) e um condutor não ôhmico (lâmpada incandescente).

➤ **Procedimento**

Parte 1 - Resistor

Se houver apenas uma prancha, convidar alguns alunos para a medição da corrente e da tensão. Medir 10 valores de corrente e tensão elétrica, e marcar na lousa estes valores para que todos tenham acesso.

Se for uma prancha por grupo cada grupo faz a medição em separado (ATENÇÃO: oriente os alunos em questão aos riscos de choque elétrico)

Distribuir uma folha de papel milimetrado e pedir que façam um gráfico de tensão por corrente elétrica.

Parte 2 – Lâmpada

Se houver apenas uma prancha, convidar alguns alunos para a medição da corrente e da tensão. Medir mais de valores de corrente e tensão elétrica, e marcar na lousa estes valores para que todos tenham acesso (a curva passa a não ser ôhmica a grandes tensões, recomendado pegar intervalos pequenos acima de 100 v).

Se for uma prancha por grupo cada grupo faz a medição em separado (ATENÇÃO: oriente os alunos em questão aos riscos de choque elétrico).

Distribuir uma folha de papel milimetrado e pedir que façam um gráfico de tensão por corrente elétrica (como são muitos valores pode se fazer o gráfico em uma planilha eletrônica).

➤ **Análise dos resultados**

Parte 1 - Resistor

Ao construírem o gráfico constatarão que os pontos obtidos não formam perfeitamente uma reta, aqui podem ser discutidos os erros experimentais. Ao traçar a reta, deverão calcular o coeficiente angular da reta que representa a resistência do resistor como colocado abaixo.

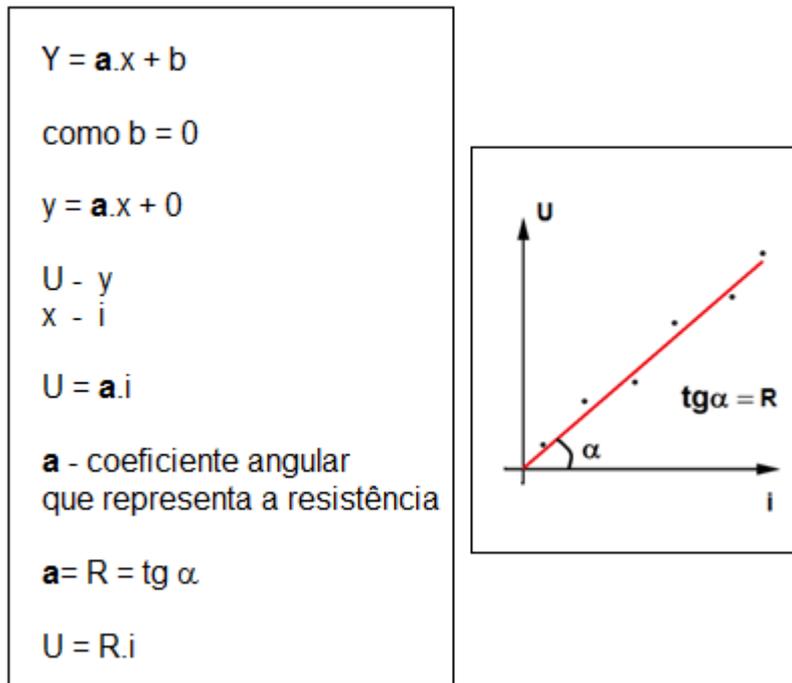


Figura 4.8 - Gráfico de um condutor ôhmico e a forma de extrair a resistência através do gráfico.

Parte 2 – Lâmpada

Ao construírem o gráfico constatarão que os pontos obtidos não formam uma reta porque na extremidade superior começa a inclinar-se, aqui deve ser discutido a diferença de um condutor Ôhmico e não Ôhmico, o que os caracteriza.

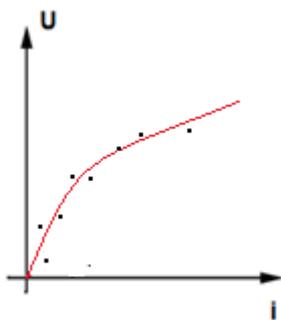
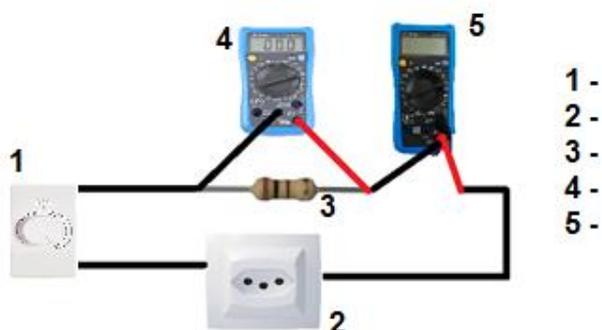


Figura 4.9 - Gráfico de um condutor não ôhmico

Uma sugestão de atividade para aplicabilidade desta proposta é apresentada a seguir.

ATIVIDADE 1

Parte 1 – curva de um resistor



- Olhando para o circuito elétrico acima, descreva cada componente na legenda ao lado.
- Com o Dimmer na posição “máxima” (associando com o ventilador, rotação máxima), meça a tensão e a corrente elétrica que passa pelo resistor.

$i =$

$U =$

- O que vai acontecer com a tensão e a corrente elétrica no resistor quando giramos o Dimmer gradativamente?

- Como você descreveria este acontecimento?

- Meça 10 valores de corrente e tensão no resistor variando a resistência do Dimmer.

	Ddp (U) - V	Corrente elétrica (i) -
Medida 1		
Medida 2		
Medida 3		
Medida 4		
Medida 5		
Medida 6		
Medida 7		
Medida 8		
Medida 9		
Medida 10		

Construa um gráfico de tensão por corrente elétrica (folha milimetrada) e analise a curva apresentada.

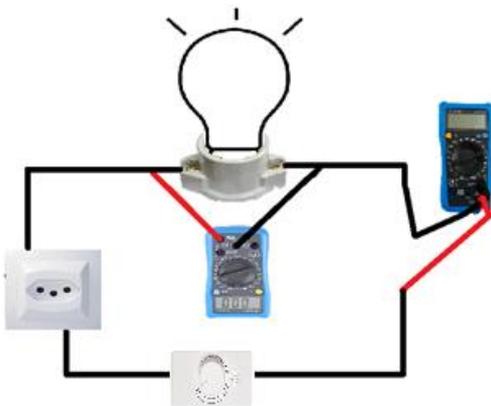
Após a construção do gráfico, responda:

- Essa curva é uma reta?

- Como calcular essa resistência?

- Esse resistor é ôhmico?

Parte 2 – Curva de uma lâmpada



- Com o Dimmer na posição “máxima” (associando com o ventilador, rotação máxima), meça a tensão e a corrente elétrica que passa pela lâmpada e registre o brilho com uma fotografia (câmera do celular).

i =

U =

- O que vai acontecer com a tensão e a corrente elétrica na lâmpada quando giramos o Dimmer gradativamente?

-E com o brilho?

-Como você descreveria este acontecimento?

--

- Meça 10 valores de corrente e tensão no resistor variando a resistência do Dimmer (Talvez 10 valores sejam insuficientes).

	Ddp (U) - V	Corrente elétrica (i) -
Medida 1		
Medida 2		
Medida 3		
Medida 4		
Medida 5		
Medida 6		
Medida 7		
Medida 8		
Medida 9		
Medida 10		

Construa um gráfico de tensão por corrente elétrica e analise a curva apresentada.
Após a construção do gráfico, responda:

- Essa curva é uma reta?

--

- Como calcular essa resistência?

--

- Esse resistor é ôhmico?

--

3.3.2 – Experimento 2

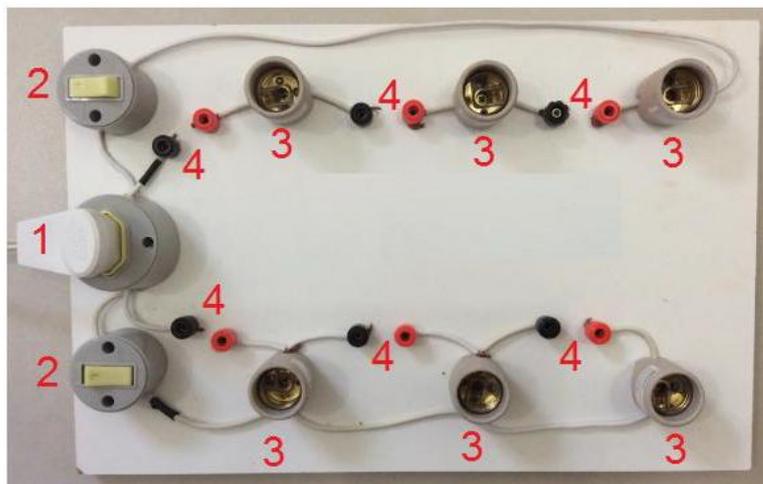
➤ Material

- Lâmpadas;
- Soquetes;
- Fios;
- Tomadas;
- Conectores;
- Multímetros;
- Resistores de carvão.

O professor pode apresentar a prancha de circuitos pronta para os alunos, ou pode pedir para que cada grupo construa a sua, como na figura abaixo:

- 1- Terminal para a conexão da fonte de tensão
- 2- Interruptores
- 3- Soquete
- 4- Terminais para medir corrente elétrica e ddp

a)



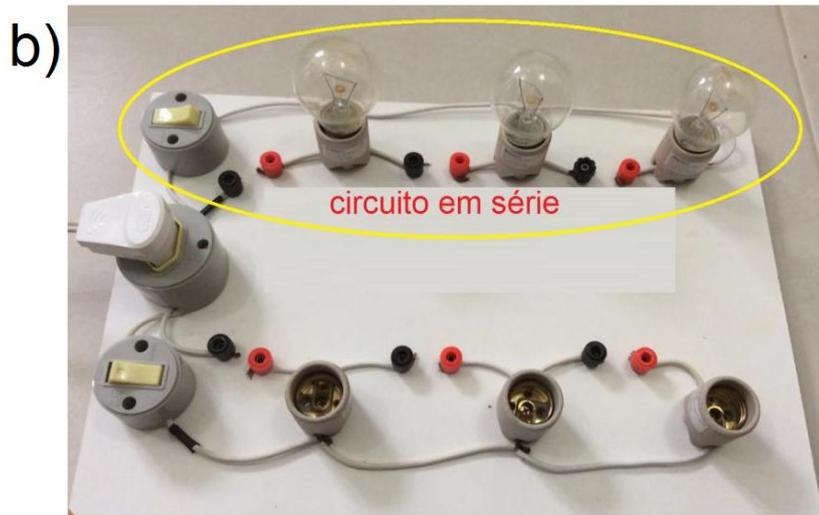


Figura 4.10 a) Prancha mostrando o circuito série e paralelo b) Circuito em série

➤ **Objetivos**

- Verificar o comportamento da corrente elétrica em um circuito em série.
- Verificar o comportamento da ddp em um circuito em série.
- Observar e constatar o que acontece com o circuito quando se tira uma das lâmpadas
- Verificar o comportamento da resistência equivalente em circuito em série.

➤ **Procedimento**

Parte 1

Acender uma lâmpada em um soquete separado, pode se usar um abajur, em 110v e observar o brilho, marcar a ddp e a corrente elétrica que passam pela lâmpada.

Ligar três lâmpadas de mesma potência da anterior na prancha de circuitos. Antes de ligar o circuito na fonte de tensão (acionar o interruptor caso houver) questionar os alunos sobre o que vai acontecer com o brilho, com a tensão e corrente em cada lâmpada.

Quando ligar o interruptor comprovar que as lâmpadas diminuíram o brilho e fazer novos questionamentos do porque isto ocorreu. Depois medir a tensão e a ddp em cada lâmpada tirando as conclusões sobre a tensão no circuito que foi dividida para cada lâmpada. A tensão é a mesma para cada lâmpada, mas um valor menor do que quando

estava ligada em apenas uma.

Todo este procedimento pode ser feito com um esquema de um circuito em série na lousa sendo preenchido concomitantemente com as relações da experimentação tornando a aula mais dinâmica.

Questionar os alunos sobre o que acontecerá com as outras lâmpadas caso a primeira seja retirada quando o circuito estiver fechado, depois de comprovada a situação fazer a mesma coisa com a segunda lâmpada e depois para a terceira.

Parte 2

- Medir a resistência de um resistor com o multímetro;
- Colocar dois resistores iguais em série e medir a resistência com o multímetro;
- Colocar três resistores iguais em série e medir a resistência com o multímetro.

Após a comprovação de que a resistência equivalente em série é a soma das resistências, pode-se deduzir na lousa a equação a partir do raciocínio e das fórmulas apresentadas na parte 1.

➤ **Análise dos resultados**

Os resultados serão analisados conjuntamente com o professor que será um mediador da teoria com a prática.

Uma sugestão de atividade para aplicabilidade desta proposta é apresentada a seguir:

ATIVIDADE 2

Parte 1 – Lâmpadas

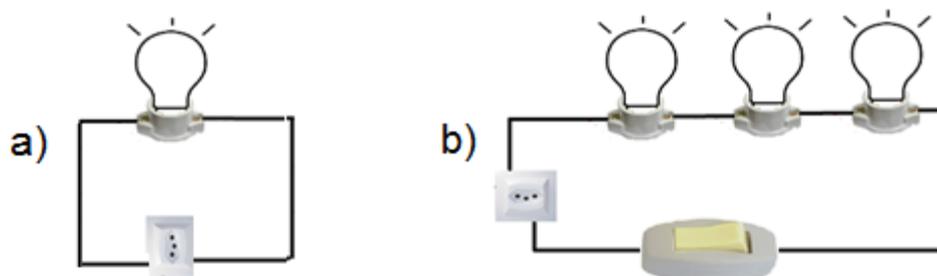


Figura 1 – a) lâmpada ligada em tensão 110 V. b) circuito em série com três lâmpadas.

- Ligar uma lâmpada em uma tensão 110 V e medir ddp, corrente e registrar o brilho conforme a figura 1 a.

$i =$
$U =$

- Se ligarmos três lâmpadas EM SÉRIE conforme a figura 1 b, o que você acha que acontece com o brilho, ddp e corrente *em cada lâmpada* em relação ao caso anterior?

Brilho -
ddp -
Corrente elétrica -

- Como você descreveria este acontecimento (usando seus conhecimentos), o que você acha que está acontecendo?

--

- É possível deduzir esses valores?

--

Realizar o experimento e comprovar

Os questionários a seguir não precisam ser feitos, uma sugestão é uma discussão com os alunos sobre as respostas registradas e o fenômeno observado.

Você acertou em suas deduções? Sim () ou Não ()

- Se a resposta foi não, porque a corrente aumentou/ diminuiu/ se manteve em cada lâmpada ?

- Se a resposta foi não, porque a ddp aumentou/ diminuiu/ se manteve em cada lâmpada?

- Se a resposta foi não, porque o brilho aumentou/ diminuiu/ se manteve em cada lâmpada?

Parte 1. 2 - Lâmpada

- Se tirar a primeira lâmpada, acontece alguma alteração no circuito? Quais? Por quê?

Tirar a “primeira” lâmpada e comprovar

- O Que você observou? Como você descreveria este acontecimento?

- Se tirar a segunda lâmpada, acontece alguma alteração no circuito? Quais? Por quê?

- Se tirar a terceira lâmpada, acontece alguma alteração no circuito? Quais? Por quê?

Tirar a segunda depois a terceira e comprovar

O Que você observou? Como você descreveria este acontecimento?

Parte 2 – Resistores de carvão



- Com um multímetro medir a resistência de um resistor e registrar seu valor

- Se ligarmos 02 resistores iguais em **série** e medir a resistência do conjunto, qual seria o valor encontrado?

- Medir com um multímetro e comprovar

- Se ligarmos 03 resistores iguais em **série** e medir a resistência elétrica do conjunto, qual seria o valor encontrado?

- Medir com um multímetro e comprovar

CONCLUSÃO/ COMENTÁRIOS

- Com os valores encontrados você consegue perceber algum padrão?

Com suas palavras escreva a relação entre:

- A corrente elétrica que entra no circuito com a corrente que passa em cada resistor

- A ddp em cada lâmpada, com a ddp da tomada que o circuito é ligado

- A resistência de cada lâmpada e a resistência equivalente do circuito

3.3.3 – Experimento 3

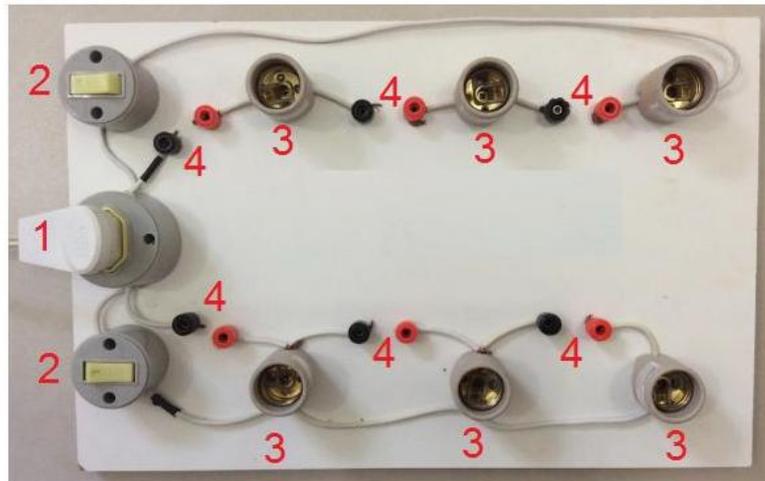
➤ Material

- Lâmpadas;
- Soquetes;
- Fios;
- Tomadas;
- Conectores
- Multímetros;
- Resistores de carvão.

O professor pode apresentar a prancha de circuitos pronta para os alunos ou pode pedir para que cada grupo construa a sua, como na figura abaixo:

- 1- Terminal para a conexão da fonte de tensão
- 2- Interruptores
- 3- Soquete
- 4- Terminais para medir corrente elétrica e ddp

a)



b)

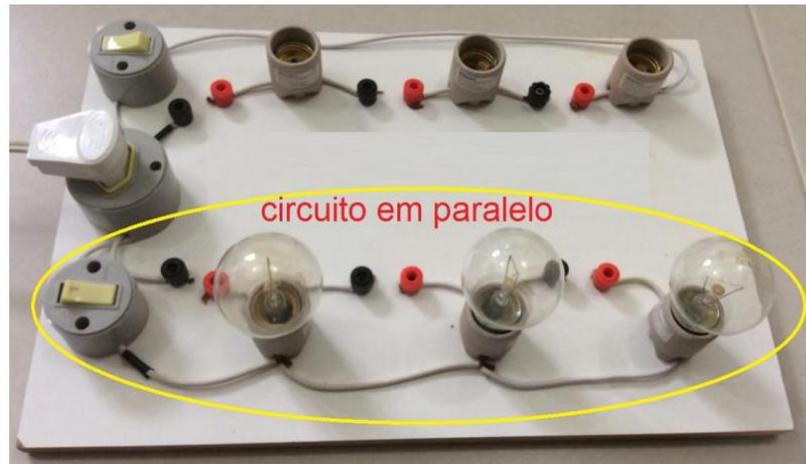


Figura 4.11 a) Prancha mostrando o circuito série e paralelo b) Circuito em paralelo.

➤ Objetivo

- Verificar o comportamento da corrente elétrica em um circuito em paralelo.
- Verificar o comportamento da ddp em um circuito em paralelo.
- Observar e constatar o que acontece com o circuito quando se tira uma das lâmpadas.
- Verificar o comportamento da resistência equivalente em circuito em paralelo.

➤ Procedimento

Parte 1

Acender uma lâmpada em um soquete separado, pode se usar um abajur, em 110 V e observar o brilho, marcar a ddp e a corrente elétrica que passam pela lâmpada.

Ligar três lâmpadas de mesma potência da anterior na prancha de circuitos em paralelo. Antes de ligar o circuito na fonte de tensão (acionar o interruptor caso houver) questionar os alunos sobre o que vai acontecer com o brilho, com a tensão e corrente em cada lâmpada.

Quando ligar o interruptor comprovar que as lâmpadas mantiveram o mesmo brilho de antes, e fazer novos questionamentos do porque isto ocorreu. Depois medir a tensão e a ddp em cada lâmpada tirando as conclusões sobre a tensão no circuito que foi mantida para cada lâmpada, que a corrente elétrica foi mantida para cada lâmpada, mas um valor maior foi registrado para a corrente total do circuito do que quando estava ligada em apenas uma.

Todo este procedimento pode ser feito com um esquema de um circuito em paralelo na lousa sendo preenchido concomitantemente com as relações da experimentação tornando a aula mais dinâmica.

Questionar os alunos sobre o que acontecerá com as outras lâmpadas caso a primeira seja retirada quando o circuito estiver fechado, depois de comprovada a situação fazer a mesma coisa com a segunda lâmpada e, depois, com a terceira.

Parte 2

- Medir a resistência de um resistor com o multímetro;
- Colocar dois resistores iguais em paralelo e medir a resistência com o multímetro;
- Colocar três resistores iguais em paralelo e medir a resistência com o multímetro.

Após a comprovação de que a resistência equivalente em paralelo é a resistência dividido pelo número de resistências colocado no circuito, pode-se deduzir na lousa a equação mais geral a partir do raciocínio e das fórmulas apresentadas na parte 1.

➤ **Análise dos resultados**

Os resultados serão analisados conjuntamente com o professor que será um mediador da teoria com a prática.

Uma sugestão de atividade para aplicabilidade desta proposta é apresentada a seguir.

ATIVIDADE 3

Parte 1 – Lâmpadas

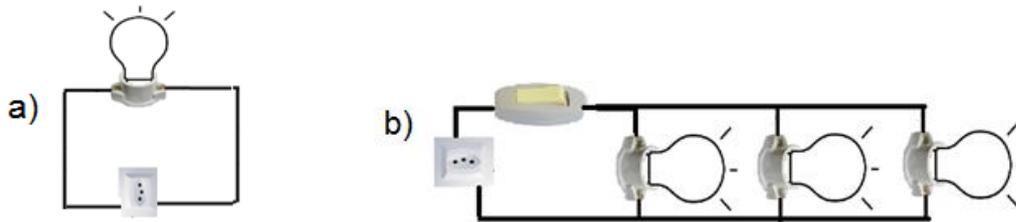


Figura 1 – a) lâmpada ligada em tensão 110 V. b) circuito em paralelo com três lâmpadas.

- Ligar uma lâmpada em uma tensão 110 V e medir ddp, corrente e registrar o brilho conforme a figura 1 a.

i =

U =

- Se ligarmos três lâmpadas EM PARALELO conforme a figura 1b, o que você acha que acontece com o brilho, ddp e corrente *em cada lâmpada* em relação ao caso anterior?

Brilho -

ddp -

Corrente elétrica -

- Como você descreveria este acontecimento (usando seus conhecimentos), o que você acha que está acontecendo?

- É possível deduzir esses valores?

Realizar o experimento e comprovar

Os questionários, a seguir, não precisam ser feitos, é sugerido uma discussão com os alunos sobre as respostas registradas e o fenômeno observado.

Você acertou em suas deduções? Sim () ou Não ()

- Se a resposta foi não, porque a corrente aumentou/ diminuiu/ se manteve em cada lâmpada?

- Se a resposta foi não, porque a ddp aumentou/ diminuiu/ se manteve em cada lâmpada?

- Se a resposta foi não, porque o brilho aumentou/ diminuiu/ se manteve em cada lâmpada?

Parte 1. 2 - Lâmpada

- Se tirar a primeira lâmpada, acontece alguma alteração no circuito? Quais? Por quê?

Tirar a "primeira" lâmpada e comprovar

O Que você observou? Como você descreveria este acontecimento?

- Se tirar a segunda lâmpada, acontece alguma alteração no circuito? Quais? Por quê?

- Se tirar a terceira lâmpada, acontece alguma alteração no circuito? Quais? Por quê?

Tirar a segunda depois a terceira e comprovar

O Que você observou? Como você descreveria este acontecimento?

Parte 2 – Resistores de carvão



- Com um multímetro medir a resistência de um resistor e registrar seu valor

- Se ligarmos 02 resistores iguais em **paralelo** e medir a resistência do conjunto, qual seria

o valor encontrado?

- Medir com um multímetro e comprovar

- Se ligarmos 03 resistores iguais em **paralelo** e medir a resistência elétrica do conjunto, qual seria o valor encontrado?

- Medir com um multímetro e comprovar

CONCLUSÃO/ COMENTÁRIOS

- Com os valores encontrados você consegue perceber algum padrão?

Com suas palavras escreva a relação entre:

- A corrente elétrica que entra no circuito com a corrente que passa em cada resistor

- A ddp em cada lâmpada, com a ddp da tomada que o circuito é ligado

- A resistência de cada lâmpada e a resistência equivalente do circuito

Referências

- ARAÚJO, Mauro Sérgio Teixeira de; ABIB, Maria Lúcia dos Santos. “Atividades experimentais no ensino de Física: Diferentes enfoques, diferentes finalidades”. In: **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, vol. 25, n. 02, pp.176-194, jun 2003.
- GUALTER, J. B., BÔAS, N. V., DOCA, R. H. **Física**. 1º edição. São Paulo: Editora Saraiva, vol. 01, 2010.
- _____. **Física**. 1º edição. São Paulo: Editora Saraiva, vol. 01, 2010.
- _____. **Física**. 1º edição. São Paulo: Editora Saraiva, vol. 02, 2010.
- _____. **Física**. 1º edição. São Paulo: Editora Saraiva, vol. 03, 2010.
- MOREIRA, Ana Cláudia S.; PENIDO, Maria Cristina Martins. Sobre as propostas de utilização das atividades experimentais no ensino de Física. In.: **Atas do VII Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências**. Florianópolis, 2009.
- NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica**. São Paulo: Edgard Blücher, vol. 03, 1997.
- _____. Idibem. São Paulo: Edgard Blücher, vol. 04, 1998.
- _____. Ididem. São Paulo: Edgard Blücher, 2002.
- SERVAY, Raymond A. **Princípios da Física: eletromagnetismo**. São Paulo: Cengage Learning, 2008.
- YOUNG, H. D. **Física I**. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2016.
- YOUNG H. D., FREEDMAN, R.A. **Física III – Eletromagnetismo**. 12º edição. São Paulo: Editora Pearson, 2009.
- _____. **Física IV – Óptica e física moderna**. 12º edição. São Paulo: Editora Pearson, 2009.