

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ - UFPI
CENTRO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA – CCN
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – MNPEF



Determinação experimental da Lei de Ampère: Proposta de sequência didática para o ensino médio

Antonio Carlos Garcez de Sousa

Prof. Dr. Célio Aécio Medeiros Borges

Orientador

Teresina-PI, 2 de agosto de 2017



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ - UFPI
CENTRO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA – CCN
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – MNPEF

Determinação experimental da Lei de Ampère: Proposta de sequência didática para o ensino médio

Antonio Carlos Garcez de Sousa

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física-MNPEF) em parceria com a Universidade Federal do Piauí, como pré-requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Prof. Dr. Célio Aécio Medeiros Borges

Orientador

Teresina-PI, 2 de agosto de 2017

FICHA CATALOGRÁFICA

Serviço de Processamento Técnico da Universidade Federal do Piauí
Biblioteca Setorial de Ciências da Natureza - CCN

S725d

Sousa, Antonio Garcez de.

Determinação experimental da lei de Ampère: proposta de sequência didática para o ensino / Antonio Garcez de Sousa. - Teresina: 2017.

42 f.: il.

Dissertação (Mestrado Profissional) – Universidade Federal do Piauí, Centro de Ciências da Natureza, Pós-graduação em Ensino de Física, 2017.

Orientador: Prof. Dr. Célio Aécio Medeiros Borges

1. Física – Estudo e Ensino. 2. Metodologia – Proposta Didática. 3. Lei de Ampère. I. Título.

CDD 530.7

Determinação experimental da Lei de Ampère: Proposta de sequência didática para o ensino médio

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - MNPEF) em parceria com a Universidade Federal do Piauí, como pré-requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Trabalho submetido para apreciação pelos membros da banca de comissão avaliadora, formada por:

Dr. Célio Aécio Medeiros Borges – *Presidente (UFPI).*

Doutor em Física Aplicada pela IFSC/USP.

Dr. Mike Melo do Vale (UESPI).

Doutor em Física pela IFSC/USP.

Dra. Janete Batista de Brito (UESPI)

Doutor em Física Aplicada pela UFC.

Todo esforço despendido na realização deste trabalho é dedicado à minha família: pais, esposa e filhos por acreditarem em meu esforço em concluí-lo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar ao Senhor nosso Deus por ter concluído mais uma etapa de minha vida, com esse trabalho dissertativo.

Ao Professor Dr. Célio Aécio Medeiros Borges, pelo trabalho incansável na realização desta obra.

Ao Professor Dr. Renato Germano Reis Nunes, pelo apoio e orientações na condução das disciplinas.

Professor Dr. Alexandre de Castro Maciel, pelas sugestões e ideias brilhantes na construção dos Kits experimentais.

Ao Professor Dr. Heurison de Sousa Silva, em auxiliar nas etapas dos testes do projeto.

Professor Dr. Valdomiro Da Paz Brito, pelas sugestões sobre os kits de Matemática.

Ao Professor Francisco das Chagas Oliveira, pelo suporte técnico em informação computacional.

Aos Professores Joniery Rubim de Souza e Eliane de Sousa Almeida, pelas revisões ortográficas e sugestões adicionais.

Ao Professor Iramar Batista, por contribuir com a etapa final de impressão e formatação.

Aos demais professores da equipe do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – Campus UFPI, pelos trabalhos desenvolvidos na condução das disciplinas e orientações pedagógicas.

RESUMO

Este trabalho apresenta uma proposta didática para a Física do Ensino Médio, fazendo uma abordagem experimental. O trabalho tem como objetivo favorecer uma aprendizagem potencialmente significativa, tendo como meio o uso de sequências didáticas e kits experimentais que, em conjunto, formam o “produto educacional” de modo a levar o aluno a deduzir a lei de Ampère. Baseada nos pressupostos da Teoria Cognitiva de David Paul Ausubel, que em suma, leva em conta os conhecimentos prévios (subsunçores) do aluno sobre o novo estudo a ser explorado, da aplicação de um material de suporte (organizadores prévios) na formação dos subsunçores, elementos que ancoram às novas informações garantindo estabilidade e qualidade de transferências dos conteúdos ensinados, itens necessários para assegurar uma aprendizagem significativa na estrutura cognitiva do sujeito. Os temas explorados nesta proposta referem-se às áreas: Matemática – quantidades diretamente proporcionais e quantidades inversamente proporcionais, Física – campo magnético e suas fontes, corrente elétrica e campo magnético gerado por um fio conduzindo uma corrente elétrica. Como meios de viabilizar os subsunçores, kits educacionais foram construídos acompanhados de sequências didáticas que serviram de guias para o estudante sob orientação do professor. Os resultados obtidos com os questionários aplicados com os alunos antes das sequências e kits, mostraram deficiências dos conhecimentos prévios por esses alunos. Após a aplicação com os kits experimentais e a execução das tarefas contidas nas sequências didáticas aos discentes, os resultados avaliados mostraram que os discentes obtiveram boas compreensões dos fenômenos estudados por esta proposta, o que serviu de fonte influenciadora de conhecimentos proporcionados pelos organizadores prévios, itens necessários para a dedução da lei de Ampère. A inserção dos discentes da UFPI serviu de parâmetro da avaliação da proposta quanto à aprendizagem segundo a perspectiva de Ausubel e de enriquecimento científico do trabalho. Antes da aplicação os alunos das duas instituições apresentaram déficit de aprendizagem e, após a aplicação da proposta didática, eles apresentaram um ganho substancial de aprendizagem. Do exposto, o produto educacional mostrou-se como um material em potencial para possibilitar uma aprendizagem significativa no ensino de Física.

Palavras-chave: Ensino de Física; Proposta didática; Lei de Ampère; Aprendizagem significativa.

ABSTRACT

This paper presents a didactic proposal for High School Physics. Using an experimental approach, the research aims having as means the use of didactic sequences and experimental kits that altogether form the "educational product", to take the student to deduce the law of Ampère by himself. Based on the assumptions of David Paul Ausubel's Theory of Cognition, in short, which takes into account the student's previous knowledge (subsumes) about the new study to be explored, from the application of a support material (previous organizers) in the formation of subsumes, elements that anchor to the new information guaranteeing transfers quality and stability of the contents taught, necessary items to assure a significant learning in the cognitive structure of the individuals. The subjects explored in this proposal refer to the areas: Mathematics - directly proportional quantities and inversely proportional quantities, Physics - magnetic field and its sources, electric current and magnetic field generated by a wire conducting an electric current. As a means of making subsumes feasible, educational kits were constructed with didactic sequences that served as guides for the student with the teacher's support to go through all the stages of application of the educational product and completion of the work. The results obtained with the questionnaires applied with the students before the sequences and kits, has shown deficiencies of previous knowledge by these students. After the application with the experimental kits and the execution of the tasks contained in the didactic sequences to the students, the evaluated results showed that the students obtained good understanding of the phenomena studied by this proposal, which served as an influential source of knowledge provided by previous organizers, necessary items for the deduction of Ampere's law. The data collection and analysis were useful to certify the feasibility of the didactic proposal for the teaching of Physics. Students (55) from IFMA Campus Caxias-MA and students (60) newcomers from the UFPI participated voluntarily in the first semester of 2017. The insertion of UFPI students served as a parameter of the evaluation of the proposal regarding learning from the perspective of Ausubel and scientific enrichment of research. Before the application the students of the two institutions presented learning deficit and after applying the didactic proposal, they presented a substantial learning gain. Based on the above, the educational product proved to be a potential material to enable meaningful learning in Physics teaching.

Keywords: Physics Teaching; Didactic proposal; Law of Ampère; Meaningful learning.

LISTA DE TABELAS

Índice de tabelas

Tab. 1. Detalhamento dos momentos contendo tarefas, objetivos e metas.....	7
Tab. 2. Sequências de aplicação dos questionários e das sequências didáticas (S.D.).....	9
Tab. 3. Intensidade do campo magnético B_i gerado pela corrente elétrica $i=1,0$ A em função da distância.....	34
Tab. 4. Resumo das respostas às questões do questionário I aplicado aos alunos da UFPI e do IFMA.....	35
Tab. 5. Resumo das respostas às questões do questionário II aplicado aos alunos da UFPI e do IFMA.....	36
Tab. 6. Resumo das respostas às questões do questionário III aplicado aos alunos da UFPI e do IFMA.....	37

LISTA DE FIGURAS

Índice de figuras

Fig. 1. Ilustração dos momentos de desenvolvimento da metodologia do trabalho.....	6
Fig. 2. Ilustração da regra para determinação do sentido do vetor campo magnético (a) e representação do vetor campo magnético em um ponto P distante fio condutor (b).....	15
Fig. 3. Curva amperiana contornando um fio com corrente elétrica saindo da página localizado no centro XOY.....	16
Fig. 4. Módulo do campo magnético no interior e o exterior de um condutor cilíndrico de raio r percorrido por uma corrente elétrica i.....	19
Fig. 5. Ilustração da deflexão da agulha de uma bússola devido a sobreposição de dois campos magnéticos B_h e B_t	21
Fig. 6. Kit matemático para determinação da relação de proporcionalidade entre quantidades.....	25
Fig. 7. Conjunto que constitui o kit magnético composto por bússolas e peças de ímãs.....	25
Fig. 8. Kit eletromagnético I para estudo qualitativo entre o campo magnético e sua fonte.....	26
Fig. 9. Diagrama esquemático do kit eletromagnético I para construção de elementos subunçores sobre campo magnético e suas fontes. Em (a, b) visão lateral da caixa, (c) visão superior e (d) circuito elétrico.....	26
Fig. 10. Kit eletromagnético II composto por uma fio de cobre (30cm, bitola 10) , um gabarito com bússola protoboard, 10 resistores em série (5,6 Ohms, 10 W), uma fonte (carregador de celular, 5 V, 1 A), uma entrada USB com cabo do tipo garra jacaré e um multímetro.....	27
Fig. 11. Gabarito para descolamento controlado em centímetro do fio de cobre condutor de corrente elétrica contendo a bússola em seu encaixe. Na frente, fio de cobre de 30 cm e bitola 10.....	28
Fig. 12. Dependência da corrente com o tempo de baterias comuns (pilha, 1,5 V, DC) e de carregador celular (5 V, 1 A, DC).....	30
Fig. 13. Dependência da corrente elétrica em função da variação da resistência elétrica.....	31
Fig. 14. Dependência da intensidade do campo magnético com a variação da corrente elétrica.....	32
Fig. 15. Deflexão da agulha da bússola em função da variação da distância ao fio condutor de corrente constante. Fonte: carregador de celular, $i=1,0$ A.....	33
Fig. 16. Dependência do campo magnético regado pela corrente elétrica (1,0 A) em função da distância do fio condutor à bússola tendo como fonte de tensão o carregador de celular, $i=1,0$ A.....	34
Fig. 17. Arranjo experimental para determinação da Lei de Ampère.....	57
Fig. 18. Conexões do arranjo experimental circuito Lei de Ampère.....	58

☑ Sumário

RESUMO.....	8
ABSTRACT.....	10
LISTA DE TABELAS.....	12
LISTA DE FIGURAS.....	14
CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO.....	2
CAPÍTULO 2 – METODOLOGIA.....	6
2.1 Metodologia de execução do trabalho.....	6
2.1.1 Primeiro momento.....	7
2.1.2 Segundo momento.....	8
2.1.3 Terceiro momento.....	8
2.1.4 Quarto momento.....	9
CAPÍTULO 3 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	10
3.1 Aprendizagem potencialmente significativa.....	10
3.2 Lei de Ampère.....	11
3.2.1 Carga elétrica.....	12
3.2.2 Corrente elétrica.....	13
3.2.3 Campo magnético.....	13
3.3.4 Dedução da Lei de Ampère.....	14
3.3.5 Determinação do Campo Magnético $B_i = B_i(i)$ o auxílio do campo magnético terrestre	19
4.1 Área de Matemática.....	22
4.2 Área de Física.....	23
CAPÍTULO 5 – ELEMENTOS DO PRODUTO EDUCACIONAL.....	24
5.1 Kit matemático.....	24
5. 2 Kit magnético.....	25
5.3 Kit eletromagnético I.....	26
5.4 Kit eletromagnético II.....	27
CAPÍTULO 6 – RESULTADOS E ANÁLISES.....	30
CAPÍTULO 7 – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	38
CAPÍTULO 8 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40
APÊNDICE I – Questionários.....	41
APÊNDICE II – Sequências Didáticas.....	46

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

Nesta seção abordaremos questões relacionadas à qualidade da educação, seus indicadores, bem como algumas propostas de profissionais da área da educação para contextualizarmos nosso trabalho.

Os baixos indicadores na educação nacional atualmente têm gerado nos últimos tempos preocupações aos governantes e a sociedade de um modo geral. Os motivos são diversos, podemos citar deficiências – estruturais, financeiras, políticas, de gestão escolar e, provavelmente, no investimento para a qualificação dos professores. De fato, há uma ausência de políticas educacionais que possam proporcionar um ensino de qualidade e uma aprendizagem eficaz. Políticas devem ser implementadas para assegurar um mínimo qualidade no ensino. Considerando que essas necessidades sejam dos mais variados enfoques – financeiro, das relações entre os múltiplos problemas sociais enfrentados pela escola, etc., procuramos encontrar soluções que possam viabilizar a qualidade do ensino em um contexto que possa surtir orgulho ao cidadão da formação étnica e intelectual. (DOURADO; OLIVEIRA, 2009).

A Precariedade de investimentos na educação brasileira é fato comprovado pelos resultados dos indicadores. O Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB), retrata que ainda não alcançamos bons resultados. Criado com a finalidade de avaliar e mensurar os indicadores, taxa de aprovação/reprovação e o ranking do desempenho para as disciplinas de português e matemática das escolas que compõem a educação básica. Para o ensino médio a perspectiva era que essa modalidade de ensino alcançasse um índice de 4,3 até 2015 mas segundo o IDEB, continua na casa de 3,7. Somente os Estados Pernambuco e Amazonas atingiram essa meta em 2015, para o ano de 2017 ainda não temos um estudo completo dos dados fornecidos pelo indicador. Do exposto percebemos a gravidade do problema e a necessidade urgente da implementação de políticas que possam melhorar a qualidade do ensino brasileiro.

Ao situar a educação escolar no seu espectro amplo da vida social, a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Brasileira (LDB) e os Parâmetros Curriculares Nacionais PCN's induzem a uma reflexão crítica de nossa prática educacional. A LDB fortalece em seus artigos e incisos, retratando nas entre linhas que são princípios e fins da educação e dever do Estado os de:

- promover uma educação escolar pública de qualidade com suporte técnico, educacional e apoio psicológico, indispensáveis ao desenvolvimento do processo de ensino-aprendizagem;

- garantir o acesso e a obrigatoriedade à educação básica, como um direito público subjetivo;
- capacitar seus cidadãos para o trabalho e a continuidade nos estudos posteriores, dando-lhes condições de exercer em suas vidas, a cidadania com consciência e reflexão crítica.
- [...].

A pauta sobre a educação é tema mundialmente debatido. Estudiosos de países diversos têm contribuído com premissas e teorias que buscam desenvolver ensino e aprendizagem eficazes. Morin (1999) refere-se à educação e ao ensino ressaltando que por meio de uma educação de qualidade o desenvolvimento de um ser humano é transformado, que o ensino é o meio, a arte ou ação pelo qual o conhecimento é transmitido ao aluno por compreensão e assimilação. Nesse sentido, segundo o autor, a missão do ensino não é só a transmissão do saber, mas uma cultura que permita compreender nossa condição e nos ajude a viver, que favoreça ao mesmo tempo, uma perspectiva de pensamento aberto e livre.

Na visão sistêmica proposta por Morin para o ensino, há necessidade de remodelar uma nova reorganização do pensamento para que haja transformação no espaço escolar.

Paulo Freire (1989), defensor de uma educação reflexiva e libertária, luta contra o modelo de ensino centrado unicamente no professor, modelo por ele intitulado de “educação bancária” em que o aluno é mero espectador, onde o professor é quem pergunta, dita o que deve ser proposto e aplicado, perguntas que os alunos não se fazem, pois objetiva adaptar o educando ao mundo, “quanto mais adaptados, tanto mais educados”. Modelo de ensino em que a quantidade de informações têm o propósito de indução alienada a um saber transformador. O tipo de educação perpetuada pelos poderosos que ditam e manobram regras aos seus benefícios. Um modelo de ensino em que a ascensão do povo é, segundo o autor, financeira e politicamente quase impossível.

O educador, na perspectiva de Freire, deve ter a capacidade de persuadir e da não neutralidade com a educação e a política, estas não podem ser separadas e devemos interpretá-las como instrumentos ideológicos capazes de libertar o cidadão. Um cidadão consciente do mundo em que estar inserido, torna-se em cidadão crítico, capaz de modificar o seu meio e planejar o seu futuro. O educador que não resgata esse espírito de liberdade, é um mero profissional alienado e psicologicamente castrado, o seu trabalho torna-se produto de convicções ideológicas de uma classe dominante.

Reiteramos que ensinar sem proporcionar a criticidade, a autenticidade, a ética entre outras qualidades do saber, é não assumir de fato o papel de educador.

Nem sempre, infelizmente, muitos de nós, educadoras e educadores que proclamamos uma opção democrática, temos uma prática em coerência com o nosso discurso avançado. Daí que o nosso discurso, incoerente com a nossa prática, vire puro palavreado. Daí que, muitas vezes, as nossas palavras “inflamadas”, porém contraditadas por nossa prática autoritária, entrem por um ouvido e saiam pelo outro - os ouvidos das massas populares, cansadas, neste país, do descaso e do desrespeito com que há quatrocentos e oitenta anos vêm sendo tratadas pelo arbítrio e pela arrogância dos poderosos (FREIRE, 1989, p. 16).

A finalidade de contextualizarmos a educação brasileira, é uma forma de perceber a necessidade de estarmos cientes do nosso compromisso para com o ensino. À luz do discurso da LDB, dos pressupostos de Edgar Morin e de Paulo Freire, a nossa educação com todos os atributos e objetivos atingidos seria de qualidade, paradoxalmente o que vivenciamos, é um descompasso entre essas teorias e as práticas na educação. A falta de gerenciamento e de recursos para com a educação, conduz para situações que resultam em alunos com baixo rendimento escolar, compreensão insatisfatória de leitura e grande desinteresse pelos conteúdos ministrados.

Neste sentido, acreditamos que uma mudança na postura do professor de sua prática docente, acompanhada de metodologias e o desenvolvimento de estratégias didáticas que despertem o interesse dos alunos fundamentadas em princípios de uma boa aprendizagem aliadas ao compromisso e recursos governamentais, sejam condições necessárias para garantir uma educação de qualidade.

Este trabalho teve como objetivos *a aplicabilidade e uso de uma proposta didática para uma aprendizagem potencialmente significativa no ensino de Física*, gerando como *produto educacional*, kits experimentais educativos e sequências didáticas, construídos para essa finalidade. Por meio da proposta proporcionamos aos discentes a determinação experimental da Lei de Ampère. Esperamos que a proposta didática possa contribuir para o ensino de Física da educação básica e ser viável para o ensino de um modo geral.

Com base nos pressupostos na Teoria Cognitivista da Aprendizagem Significativa de David Paul Ausubel e seus colaboradores, o produto educacional está contemplado por uma metodologia propícia à aplicação e avaliação da proposta didática e da participação voluntária de alunos que contribuíram no uso e viabilidade do produto educacional. O produto será disponibilizado para outros educadores em forma de *apêndices* com as instruções de como construí-lo e usá-lo, servindo como ferramenta metodológica para facilitar a construção de ensino-aprendizagem por essa perspectiva.

Toda dinâmica na aplicabilidade da proposta didática, levamos em conta o que o aluno conhecia previamente sobre o assunto a estudar, para os que não tinham conhecimentos, procuramos inseri-los norteando-nos pelos princípios da aprendizagem significativa. Por meio dela,

conduzimos os discentes a passar por etapas (momentos metodológicos), oportunizando-os a reterem o conhecimento tendo como suporte de ensino, o material educativo que, sob a nossa orientação, chegaram a deduzir experimentalmente à lei de Ampère.

Com a realização de todas as etapas da proposta didática, verificamos que os alunos adquiriram habilidades com a realização dos experimentos e análise dos dados e de suas convicções que deduziram experimentalmente a Lei de Ampère. Conforme pressupostos de Ausubel, houve ganho de aprendizagens após análise dos dados coletados, assegurando em suas estruturas cognitivas retenção de conhecimentos estáveis e rico em significados.

Participaram voluntariamente deste trabalho um público de 115 discentes: 55 alunos do ensino médio integrado do terceiro ano dos cursos (i) Técnico em Agropecuária e (ii) Técnico em Informática e Comunicação, do Instituto Federal do Maranhão - IFMA do Campus Caxias-MA, e 60 alunos ingressantes do curso de Graduação em Física nas modalidades Licenciatura e Bacharelado da Universidade Federal do Piauí – UFPI, Campus Ministro Petrônio Portela em Teresina-PI, no primeiro semestre de 2017. O que nos levou a incluir o público ingressante em Física da UFPI, é pelo fato dos mesmos ainda não terem cursado disciplinas nesse nível de ensino, esse parâmetro serviu de avaliação para os resultados do trabalho por se tratar de um ensino dentro da perspectiva da proposta de uma aprendizagem significativa, servindo de enriquecimento científico do trabalho. O Capítulo 2 apresenta a metodologia para o desenvolvimento e execução do trabalho. No Capítulo 3 a fundamentação teórica que deu suporte ao tema - Lei de Ampère; neste capítulo consta uma seção sobre o estudo e a dedução da Lei como suporte teórico que tem elo com a aplicação do produto educacional. No Capítulo 4 é discutido a relevância dos elementos subsunçores (organizadores prévios). No Capítulo 5 são apresentados os elementos do produto educacional. No Capítulo 6, os resultados e análise de dados são apresentados. No Capítulo 7, as considerações finais. Em seguida, são organizadas as referências bibliográficas consultadas e nos apêndices encontram-se as sequências didáticas em forma de tarefas que compõem parte do produto educacional. Este é formado pelas sequências didáticas e das ilustrações dos kits educacionais, onde figuras, tabelas e resultados são expostos e dos roteiros e sugestões de como confeccioná-los.

CAPÍTULO 2 – METODOLOGIA

Apresentamos nesta seção a metodologia utilizada para a execução deste trabalho. Ela está dividida em quatro momentos distintos, discutidos e detalhados.

2.1 Metodologia de execução do trabalho

A metodologia adotada para o desenvolvimento deste trabalho constituiu-se em quatro etapas distintas denominadas momentos metodológicos ilustrados na Figura 1.

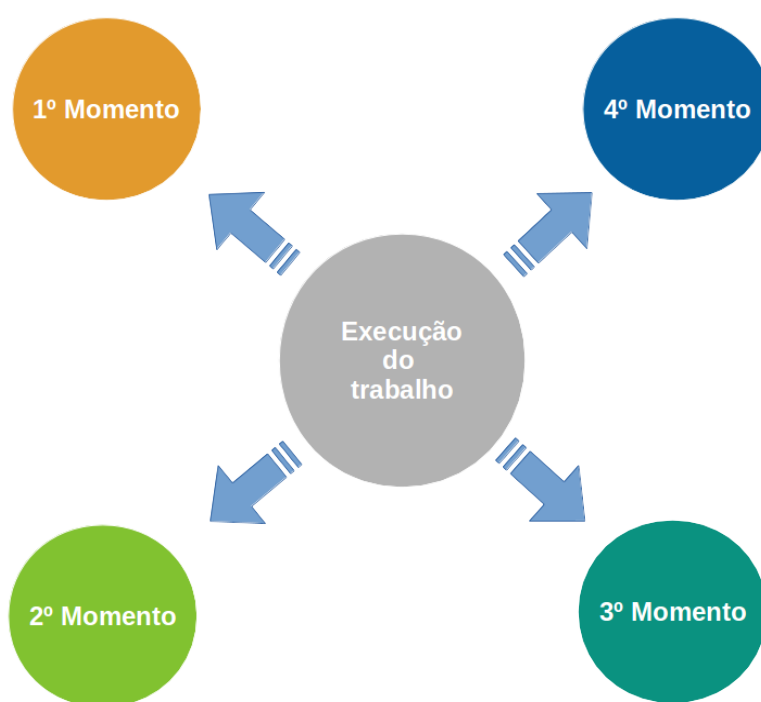


Fig. 1. Ilustração dos momentos de desenvolvimento da metodologia do trabalho

As etapas de desenvolvimento deste trabalho têm como elementos norteadores os princípios da Aprendizagem Significativa de Ausubel e seus colaboradores, onde conhecimentos prévios do aprendiz foram resgatados ou inseridos através desse material educativo, fatores que se tornaram decisivos para a uma aprendizagem potencialmente significativa em Física.

As etapas de aplicação deste trabalho foram pautadas dentro dos princípios da Aprendizagem Significativa de Ausubel. Um detalhamento destes momentos sobre o que fazer, os meios e os objetivos específicos de cada um deles são apresentados na Tabela 1.

Tab. 1. Detalhamento dos momentos contendo tarefas, objetivos e metas.

Momento	Tarefas	Objetivos específicos	Meios
1º	<ul style="list-style-type: none"> • Detectar a existência de elementos subsunçores. 	<ul style="list-style-type: none"> • Avaliar conhecimentos prévios. 	<ul style="list-style-type: none"> • Questionário I (Matemática) • Questionário II (Física).
2º	<ul style="list-style-type: none"> • Inserir (novos) elementos subsunçores, por meio dos organizadores prévios, através da execução da Tarefa I e da tarefa II 	<ul style="list-style-type: none"> • Favorecer uma aprendizagem potencialmente significativa através da construção de elementos subsunçores tendo como apelo a motivação dos alunos através do manuseio de equipamentos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Manuseio do kit Matemático. • Manuseio do kit Magnético. • Manuseio do kit Eletromagnético I. • Construção de gráficos. • Avaliação dos dados coletados.
3º	<ul style="list-style-type: none"> • Possibilitar aprendizagem potencialmente significativa através da execução da tarefa III 	<ul style="list-style-type: none"> • Favorecer a aprendizagem potencialmente significativa através da construção de novos elementos significativos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Manuseio do Kit eletromagnético II
4º	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar a aquisição de novos conhecimentos fundamentados na aprendizagem significativa. 	<ul style="list-style-type: none"> • Avaliar o método proposto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicação do questionário III (instrumento de avaliação do método proposto)

2.1.1 Primeiro momento

A necessidade de se averiguar a existência ou não de elementos subsunçores se fez presente neste trabalho. Estes foram úteis para a sustentação da proposta didática de uma aprendizagem potencialmente significativa objetivo desta obra. Ademais, justificamos este momento considerando que a aprendizagem significativa proposta por Ausubel que leva em conta, aquilo que o aluno já sabe sobre o assunto a ser explorado, ou seja, ter elementos subsunçores. Deste modo, um questionário foi aplicado previamente (pré-teste), tendo como objetivo a averiguação dos conhecimentos prévios dos alunos.

Os tópicos abordados foram assuntos relacionados à Matemática, especificamente sobre relação linear e relação inversa entre quantidades, e assuntos relacionados à Física, especificamente

sobre campos magnéticos e suas fontes. Verificamos um baixo nível de conhecimentos nestas áreas, ações foram implementadas para sanar o *déficit* de conhecimentos prévios. Para isto, tarefas disponíveis nos apêndices contempladas pelas sequências didáticas, tiveram como objetivos a construção dos subsunçores através dos kits educativos que serviram de “organizados prévios” abordados no segundo momento com finalidades de sanar eventuais falhas dos conhecimentos prévios constatados nos resultados dos pré-testes.

2.1.2 Segundo momento

A inserção de novos elementos subsunçores, segundo Ausubel e Moreira, que podem ser quaisquer tipos de conhecimentos, ideias, modelos e representações, etc., e não necessariamente só conceitos, devem servir de “ancoradouros” na construção da aprendizagem.

Neste segundo momento, tarefas que favoreçam uma percepção concreta de eventos observáveis foram executadas com o auxílio dos kit educacionais. Com isso, proporcionamos aos discentes a possibilidade de uma aprendizagem potencialmente significativa. Desse modo, essas atividades de cunho experimental favoreceram uma vivência em sala de aula de eventos experimentais. Tópicos das áreas de conhecimentos básicos de Matemática e de Física foram abordados nestas tarefas descritas no momento metodológico. Exploramos temas sobre a relação de proporcionalidade direta e inversa entre as quantidades e de conhecimentos sobre campo magnético e suas fontes. Estas atividades motivaram os alunos, favorecendo uma aprendizagem potencialmente significativa através do estímulo sensorial.

2.1.3 Terceiro momento

Nesta etapa os aprendizes já tinham obtidos conhecimentos prévios vistos no segundo momento metodológico; participaram ativamente do processo de ensino e aprendizagem do tema proposto no trabalho. Eles manusearam o produto educacional, fizeram medidas, coletaram dados e os gráficos gerados os levou à conclusões qualitativas e quantitativas da Lei de Ampère. Nesse momento o aprendiz foi o protagonista na construção de um conhecimento mais complexo, resultando nas informações que foram armazenadas em sua estrutura cognitiva de forma estabilizada (âncora de conhecimentos prévios). Quando os conhecimentos prévios não são suficientes para assegurar uma aprendizagem significativa, Ausubel recomenda que reforcemos essa aprendizagem com os organizadores prévios (recurso instrucional aplicado no 2º momento com os kits), o que serviu de suporte e reforço na construção dessas novas informações propostas em conformidade com o tema.

2.1.4 Quarto momento

Nesta última etapa a finalidade foi verificar a eficácia do método, se de fato houve ganho na aprendizagem do aprendiz. Ausubel preconiza que a avaliação nesse momento seja muito mais que testes comportamentais, em que perguntas e respostas predominem o modelo behaviorista, onde questões são direcionadas entre o que o aluno sabe ou não sabe, em outras palavras, testar de maneira mecânica, tradicional. Deve-se prezar por avaliações do tipo construtivista, explorando aprendizagens por captação de significados, capacidade de transferência do conhecimento a situações não conhecidas, não rotineiras. Neste caso, aplicamos um questionário de todo o assunto exposto incluindo implicitamente os temas de Matemática: relação direta e inversa, de uma forma mais argumentativa e abrangente, explorando os significados e correlações com o tema explorado seguindo uma lógica com perguntas direcionadas com os aspectos qualitativos de transferência de aprendizagens ocorridas ao longo do processo.

A Tabela 2 mostra a sequência de questionários e sequências didáticas aplicadas.

Tab. 2. Sequências de aplicação dos questionários e das sequências didáticas (S.D.)

Questionário	Sequência didática (S.D.)	Área	Tema
I	I	Matemática	Relação de proporcionalidade direta
	II		Relação de proporcionalidade inversa
II	III	Física	Deflexão da agulha da bússola devido a interação com o campo magnético de um ímã.
	VI		Deflexão da agulha da bússola devido a interação com o campo magnético gerado por uma corrente elétrica.
III	V	Física	Lei de Ampère

CAPÍTULO 3 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Apresentamos neste capítulo a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel seção (3.1). Na seção (3.2), o suporte teórico que nos levou a decidir em optar por esta teoria cognitiva usando a proposta didática e chegar experimentalmente à Lei de Ampère, que será detalhado nas subseções.

3.1 Aprendizagem potencialmente significativa

Este trabalho foi norteado segundo os princípios da Aprendizagem Significativa de David Paul Ausubel. A necessidade de estratégias de ensino para a construção de uma aprendizagem potencialmente significativa constitui-se em desafios para a educação. Nesse sentido, a aprendizagem significativa de Ausubel fundamenta-se em princípios de cunho cognitivos que, *a priori*, conduz o estudante a aprender os significados de maneira ordenada e sequencial, tornando-os estáveis em sua estrutura cognitiva. Conhecida como teoria cognitiva, nos pressupostos de Ausubel, a aprendizagem significativa ocorre como um produto de conhecimentos inter-relacionados com qualidade nos significados e ideias que seguem uma sequência cronológica, a saber, o passado, o presente e o futuro.

O passado, remete a existência de conhecimentos prévios relevantes ou subsunçores.

O presente diz respeito à formação desses conhecimentos prévios (organizadores prévios) que servirão de ponte para o futuro conhecimento com base nos significados.

O futuro diz respeito à formação de uma ponte cognitiva, “a âncora”, que permite a transferência e retenção com eficácia do material a ser explorado de forma sequencial e ordenada para que se transforme em aprendizagem significativa. Essa ponte cognitiva não deve ser confundida com o significado usual do conceito físico de ponte que automaticamente imaginamos um artefato estático que liga caminhos, estradas, etc., mas de um instrumento capaz de armazenar na mente do sujeito, informações relacionando-as com o que já conhece e o novo conhecimento a ser explorado proporcionando ao aprendiz qualidade e significado dessas informações adquiridas.

Segundo Ausubel, o fator que mais influência na aprendizagem significativa é o que o aprendiz já sabe – o conhecimento prévio (subsunçor) acerca do conteúdo a explorar. Não são quaisquer conhecimentos anteriores adquiridos, mas aqueles que se tornam relevantes no desenvolvimento e construção da aprendizagem significativa. A eficácia dessa aprendizagem tem

como ponto de partida os *subsunçores* ou *ideias âncora* do sujeito sobre o assunto a ser explorado e com os quais possam ligar ou ancoram as novas informações. Por meio dos subsunçores, segundo Moreira (2008), haverá uma conexão entre estes e os futuros conhecimentos com qualidade de transferência dos conteúdos que serão assimilados e apreendidos na razão direta das informações que se organizarão de forma lógica hierárquica na estrutura cognitiva do sujeito.

Quando essa aprendizagem se manifesta de maneira significativa, vários processos mentais se desencadeiam na mente do sujeito. A compreensão e aceitação dos significados, a modificação e o enriquecimento dos mesmos. A generalização desse conhecimento a uma gama de aplicações, dependerá essencialmente da forma como os mesmos irão ser inseridos e armazenados na estrutura cognitiva do aprendiz.

Moreira (2008) afirma que quando essas ideias e significados interagem simbolicamente na mente do sujeito, ocorreu uma aprendizagem desses significados em potencial e de forma substantiva, não arbitrária, não literal e não mecânica (memorística).

Na compreensão da aprendizagem significativa, Moreira aprofundou-se na Teoria Cognitiva desenvolvida por Ausubel e seus colaboradores, afirmando que nesse modelo de aprendizagem o conhecimento adquirido que tem como produto, a aprendizagem significativa, não ocorre de forma aleatória, mas segundo os princípios básicos fundamentados por Ausubel, quais sejam; os subsunçores presentes, na falta destes, o educador deve usar ou construir um material para tornar o ensino potencialmente significativo conhecido como (os organizadores prévios) útil para a formação dos subsunçores, elementos facilitadores na aprendizagem. O material produzido para essa finalidade, torna-se relevante para a etapa final, *a apropriação dos significados* de futuros conhecimentos na mente do sujeito com qualidade de transferência desses significados propícios à construção de uma aprendizagem significativa.

3.2 Lei de Ampère

Nesta seção abordaremos um estudo sobre a Lei de Ampère. O comportamento de um detector de campo magnético (bússola) na presença de campos magnéticos - o campo terrestre e outro perpendicular ao da terra simbolizados por \vec{B}_t e \vec{B}_h produzindo vetorialmente um campo resultante \vec{B}_r .

No estudo do eletromagnetismo é importante compreender a relação entre corrente elétrica e campo magnético. Apresentaremos essa relação no decorrer dessa seção, explanando inicialmente

ideias sobre os conceitos de carga e corrente elétrica (carga elétrica em movimento) e de campo magnético, que formam a base desse ramo do conhecimento.

Compreender a relação entre campo magnético produzido por uma corrente elétrica i que flui por um fio retilíneo e a distância relativa r de um detector (bússola) de campo, itens que levam à dedução da lei de Ampère.

3.2.1 Carga elétrica

Os conceitos de carga e corrente elétricas são de relevância para eletromagnetismo, pois servem de base para a compreensão dos conceitos de campos eletromagnéticos.

A descoberta da carga elétrica é antiga, conhecida pelos gregos. Consta na literatura que quando esfregavam âmbar (um tipo de resina vegetal seca por muito tempo) esse, atraía pequenos pedaços de palha, dessas observações surgiu termo elétron e o estudo da eletricidade. Experiências cotidianas dos tipos, passar um pente no cabelo, andar sobre coberto carpete, tocar numa maçaneta etc., revelam-nos a presença desse fenômeno, a eletrização (RESNICK; HALLYDAY, 2009).

Quando um corpo ganha ou perde elétrons afirmamos que o mesmo está carregado (eletrizado) e do ponto de vista macroscópico, surgem forças de natureza elétricas quando aproximamos corpos carregados. A existência de forças elétricas é devido à configuração gerada em torno de todo corpo carregado, a essa configuração denominamos de campo elétrico.

Por convenção, o excesso de prótons deixa um corpo carregado positivamente e ao excesso de elétrons o deixa carregado negativamente. Esses prótons ou elétrons a mais, é a carga líquida do corpo. Todo corpo carregado possui uma carga q composta por um número inteiro de cargas elementares, em módulo essa carga elétrica q do corpo eletrizado é dada por:

$$q = n \cdot e \quad (1)$$

onde e representa o módulo da carga elementar de um próton (e^+) ou de um elétron (e^-). O módulo da carga elementar dado por:

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}. \quad (2)$$

No SI, a unidade de carga é o coulomb (C).

3.2.2 Corrente elétrica

Ao movimento ordenado das cargas elétricas num material condutor, solução iônica, etc., denomina-se corrente elétrica. Quando ligamos um condutor elétrico a uma bateria (fonte de cargas elétricas) ela apresenta entre seus pólos uma diferença de potencial elétrico (d.d.p.) com unidades no SI de volt (V). Quando é ligada a um circuito elétrico, um fluxo de portadores de carga através desse circuito. A definição de intensidade de corrente elétrica (i) é expressa como a razão entre esse fluxo dessas cargas dq e o intervalo de tempo dt .

$$i = dq/dt \quad (3)$$

Num regime contínuo e estacionário a corrente elétrica mantém-se constante no tempo e a Eq. (3) é dada por:

$$i = q/t \quad (4)$$

No SI, a unidade de corrente elétrica é o ampère (A). Um ampère é igual à razão entre a carga de um coulomb (C) passando a cada segundo (s) através do condutor

$$1 A = 1 C/s. \quad (5)$$

Existem vários tipos de correntes elétricas; um tipo largamente usual é o da *Corrente Contínua* (CC), nela os portadores de cargas se movem em um único sentido. Ela é produzida por geradores (pilhas, baterias) ou por fontes de alimentação (ex: carregador de celular).

Para o propósito desse trabalho, os geradores e pilhas usados nos experimentos fornecem d.d.p. e corrente contínuas.

3.2.3 Campo magnético

A partir da construção do conceito de campo, a Ciência e na Tecnologia ganharam novos valores. Hoje os conceitos e aplicações de campos eletromagnéticos constituem em um estudo vasto da Física. O campo produzido por uma fonte, seja gravitacional, elétrica ou magnética viaja à velocidade da luz C . Baseado na compreensão do conceito de campo que *Einstein* chegou a

formular os princípios gerais da relatividade.

Resultados experimentais mostram que quando espalhamos pequenos pedaços (limalhas) de ferro próximos a um ímã, eles formam um padrão espacial com linhas de força, indicando que aquela região foi alterada (influenciada) pela presença dessas linhas de força conhecidas como linhas de campo magnético, evidenciando a presença de um campo magnético na região.

Na investigação sobre carga magnética em laboratórios, consta na literatura que, se cortarmos um ímã formando dois, e cada pedaço em dois, por sucessivas divisões, os pedaços microscópicos ainda mantêm as mesmas propriedades (atração e repulsão), ou seja ainda estudos experimentais evidenciam que não foi possível isolar um pólo magnético e obter uma carga magnética.

3.3.4 Dedução da Lei de Ampère

A relação entre a corrente elétrica e o campo magnético foi descoberta pelo físico dinamarquês Hans Christian Oersted, em 1819. Ao montar um circuito elétrico observou a deflexão de uma bússola próxima de um circuito percorrido por uma corrente elétrica. A partir dessa descoberta, que o fluxo (movimento) da carga elétrica denominada de corrente elétrica, criava em torno de um fio um campo magnético, surgiu então, o estudo dessa relação entre corrente elétrica e o campo magnético passando a fazer parte de um ramo geral da Física, o eletromagnetismo.

Quando uma bússola é posta em um ponto qualquer da terra, ela se orienta na direção norte/sul devido à interferência do campo magnético terrestre, se nessa região colocarmos um ímã, ela passará a ser influenciada também pelo campo magnético do ímã, tomando outra direção. A intensidade do campo resultante vai depender das intensidades dos campos presentes. Por se tratar de uma grandeza física vetorial, usamos os artifícios da álgebra de vetores para a compreensão desse fenômeno.

Considere um fio longo e retilíneo percorrido por uma intensidade de corrente elétrica i . Conforme ilustra a Figura 2, em um ponto P , à distância r do fio é gerado um campo magnético \vec{B} , cujo sentido determinado pela regra da mão direita, com o polegar apontando no sentido da corrente convencional.

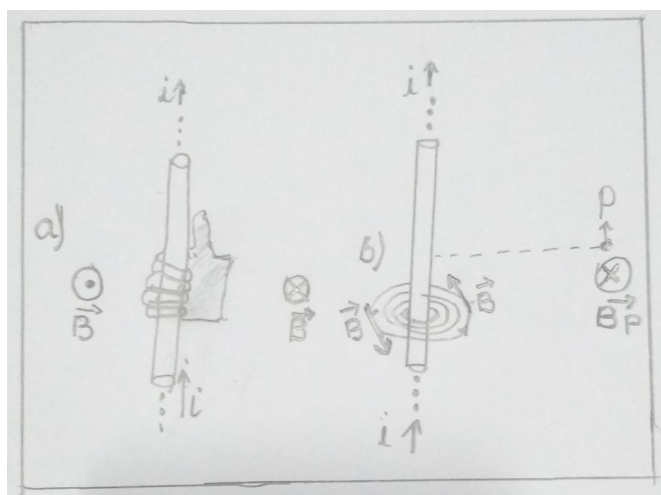


Fig. 2. Ilustração da regra para determinação do sentido do vetor campo magnético (a) e representação do vetor campo magnético em um ponto P distante fio condutor (b).

Verificamos experimentalmente que as linhas de indução do campo magnético produzido pela corrente elétrica em um fio condutor reto e comprido são círculos concêntricos isto é, à distância r do condutor esses círculos concentram-se em volta do fio indicando a orientação para o sentido do vetor campo magnético que pode ser determinado pela regra proposta por Ampère. (ALVARENGA; MÁXIMO, 2000).

Consideremos a corrente elétrica constante i no tempo, demonstraremos a relação de proporcionalidade entre a corrente elétrica que percorre o fio e o campo magnético gerado por ela com a distância relativa r entre em um ponto P e o fio.

Para uma corrente elétrica uniformemente distribuída por toda a seção de área de corte transversal $S = 2\pi r$ deste fio, cada elemento de corrente dl pertencente a uma circunferência limitada por um raio interno r_i a partir do centro, produz um campo magnético \vec{B} . Para pontos externos a partir da superfície, a corrente elétrica passa a gerar um campo externo $\vec{B}(r)$ que terá uma dependência com a distância r medida a partir do centro do fio até o ponto que localiza r .

Conduzimos a discussão inicialmente para o cálculo o módulo de \vec{B}_e para pontos externos à superfície do fio e, em seguida, para o módulo do campo \vec{B}_i produzido em pontos internos ao fio condutor.

O campo magnético total \vec{B} relativo à circunferência externa C (*amperiana*) que envolve o fio por onde passa a corrente elétrica, é determinado pela soma de todos os campos magnéticos

externos \vec{B}_e associados ao conjunto de vetores elementos de caminho $d\vec{l}$ tangentes em cada ponto de C , que está associada ao percurso de caminho. A soma do fluxo de campo magnético $\Phi_{\vec{B}}$ pertencente a curva fechada C é proporcional à área interna dessa curva que envolve o fio (NUSSENZVEIG, 2002).

O campo magnético é constante e perpendicular a C , à distância r e paralelo ao elemento infinitesimal de caminho dl do fio. Podemos calcular o fluxo desse campo gerado pela corrente em todos os pontos da curva por meio de uma integral de linha, expressando a soma do fluxo por

$$\sum \Phi_{\vec{B}} = \sum \vec{B}_e \cdot d\vec{l} \quad (6)$$

No cálculo de \vec{B} , a amperiana externa C (Fig.3) é dividida em vários comprimentos infinitesimais dl . O módulo do campo total será dado pela soma (integral) do produto escalar entre o campo gerado por i e o elemento dl localizado ao longo de C em cada ponto.

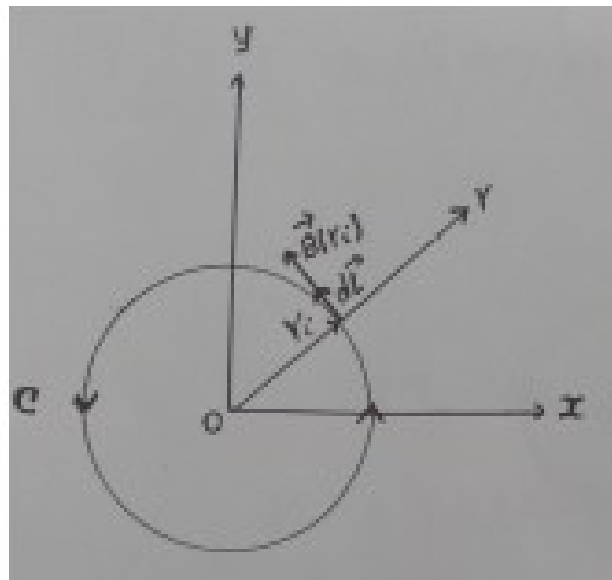


Fig. 3. Curva amperiana contornando um fio com corrente elétrica saindo da página localizado no centro XOY.

O campo magnético é constante e perpendicular a C , à distância r e paralelo ao elemento infinitesimal de caminho dl do fio. Podemos calcular o fluxo desse campo gerado pela corrente em todos os pontos da curva por meio de uma integral de linha, expressando a soma do fluxo por

$$\sum \Phi_{\vec{B}} = \sum \vec{B}_e \cdot d\vec{l} \quad (6)$$

No cálculo de \vec{B} , a amperiana externa C (Fig.3) é dividida em vários comprimentos

infinitesimais dl . O módulo do campo total será dado pela soma (integral) do produto escalar entre o campo gerado por i e o elemento dl localizado ao longo de C em cada ponto.

O campo \vec{B}_e gerado no ponto P onde está localizado o vetor elementar \vec{dl} é dado por

$$\int \vec{B}_e \cdot \vec{dl} = ki \quad (7)$$

Essa expressão nos diz que a integral do produto escalar entre os vetores \vec{B}_e e \vec{dl} que são paralelos na linha fechada C em cada ponto é proporcional à corrente elétrica. A constante k representa a constante de proporcionalidade.

Realizando o produto interno entre \vec{B}_e e \vec{dl} que são paralelos em cada ponto, sendo \vec{B}_e constante em cada ponto, fica fora da integral e a expressão é dada por

$$B_e dl \cos\alpha = B_e dl \quad (8)$$

Resolvendo a integral escalar $B_e \int_0^{2\pi} dl = ki$

$$B \int_0^{2\pi} l = ki = B(2\pi r) = \mu_o i \quad (9)$$

A intensidade do campo à distância r a partir da superfície do fio.

$$B = \frac{\mu_o i}{2\pi r} \quad (10)$$

que é a lei formulada por Ampère para o campo magnético em pontos externos de um fio longo e reto percorrido por uma corrente elétrica i a uma distância r do centro.

Para pontos internos ao fio, consideremos o campo magnético devido a cada vetor elemento infinitesimal de corrente \vec{dl} paralelo ao campo \vec{B}_i em cada ponto da circunferência interna C_i .

A corrente permanece constante no tempo, agora com a área de seção reta interna $A_i = \pi(r_i)^2$, onde r_i varia de 0 a r , o raio que localiza a amperiana interna por onde passa o fluxo de cargas. A intensidade de corrente elétrica interna I_{int} , está associada ao campo magnético dessa envoltória C_i . O fluxo magnético interno $\Phi_{\vec{B}_i}$ dessa superfície proporcional à corrente que atravessa a área de seção reta do condutor envolvida pela amperiana C_i .

Existe uma proporcionalidade entre o módulo do campo interno \vec{B}_i com o módulo do campo externo \vec{B}_e para ($r_e \geq r$) produzido pela corrente interna I_{int} da circunferência C_i de raio

interno r_i , dada por

$$\frac{\mu_0 i}{2 \pi r} = \frac{\mu_0 I_{int}}{2 \pi r_i} \quad (11)$$

Desta relação obtemos a expressão para a corrente elétrica interna I_{int}

$$I_{int} = i \frac{r_i}{r} \quad (12)$$

Para pontos internos P_i , o fluxo do campo magnético interno \vec{B}_i em C_i . É expresso na forma escalar por

$$B_i dl_i \cos \alpha = B_i dl_i \quad (13)$$

O campo \vec{B}_i interno tem módulo constante B_i para cada distância infinitesimal com $r_i \leq r$ a partir da circunferência C_i é gerado pela corrente interna I_{int} sendo expresso por

$$B_i \int_0^{2\pi} dl = \mu_0 I_{int} \quad (14)$$

Integrando-se por toda a curva C_i com l variando de $(0$ a $2\pi)$, tem-se

$$B_i (2 \pi r_i) = \mu_0 I_{int} \quad (15)$$

onde o módulo de \vec{B}_i é dado por $B_i = \frac{\mu_0 I_{int}}{2 \pi r_i}$.

Quando ($r_i = r$) que é o raio da superfície S que limita a borda circular do fio, o campo magnético interno total toma a expressão

$$B_i = \frac{\mu_0 \left(\frac{i r_i}{r} \right)}{2 \pi r} \quad (16)$$

$$B_i = \frac{\mu_0 i}{2 \pi} \frac{r}{r^2}. \quad (17)$$

Esta expressão mostra que o campo magnético para pontos internos ao fio percorrido por uma corrente elétrica i , varia proporcionalmente com o raio no interior da do fio ($B_i \propto r_i$); Quando o

raio interno passa a ser igual ou maior que o raio total da seção reta do fio, S ($r_i \geq r$), a expressão para lei de Ampère da equação (17), é a mesma da equação (10) i. e., qualquer ponto fora do fio está sujeito à intensidade do campo magnético externo \vec{B} .

A Figura 4 mostra o comportamento geral do campo magnético em pontos internos, $r_i < R$, e externo, $r \geq R$.

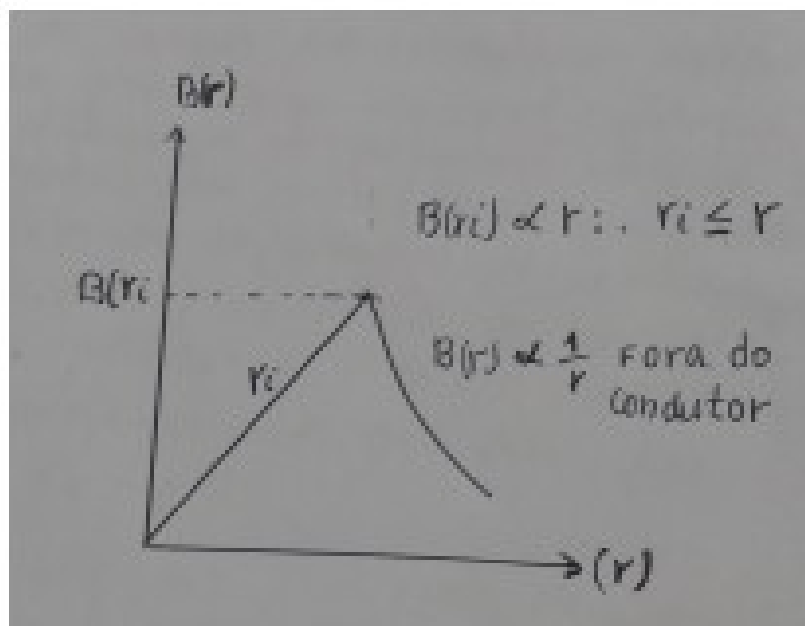


Fig. 4. Módulo do campo magnético no interior e o exterior de um condutor cilíndrico de raio r percorrido por uma corrente elétrica i .

No Sistema Internacional de Unidades “SI” o campo magnético é medido em tesla (T). Outra unidade de campo magnético é o gauss (G). $1G = 10^{-4}T$.

3.3.5 Determinação do Campo Magnético $B_i = B_i(i)$ o auxílio do campo magnético terrestre

Nessa seção, explanaremos uma parte da trigonometria (a relação de proporcionalidade) do triângulo retângulo para obter uma relação entre campo magnético da terra e o campo externo de um ímã, que pode ser substituído pelo campo produzido por um fio por onde flui uma corrente elétrica i . Para determinar o campo resultante ou componente, é possível tendo como parâmetro a deflexão de uma agulha magnética imersa na região de influência desses campos.

Quando uma bússola é colocada inicialmente em um ponto da terra próximo ao Equador – (localização da cidade Teresina-PI), ela se orienta segundo a direção norte e sul do campo magnético terrestre devido à interação com esse campo apontando aproximadamente para o norte geográfico da terra. Se colocarmos próximo da bússola um ímã, ela também passará a ser influenciada pelo campo magnético do ímã, tomando outra direção que é proporcional às intensidades desses campos magnéticos presentes.

Consideremos um ímã posicionado perpendicular à direção do norte magnético da terra com a bússola apontando inicialmente para o norte magnético. O movimento relativo de aproximação ou afastamento de um ímã à bússola, mantendo-o perpendicularmente à direção do campo magnético terrestre, produz na bússola um campo magnético resultante visualizado pela deflexão do seu ponteiro. Essas observações foram realizadas com os kits experimentais detalhadas posteriormente.

A intensidade do campo magnético da terra varia entre pontos distintos da superfície do planeta, depende da localização (latitude e longitude). De fato, não moramos em uma “esfera” totalmente sólida e homogênea. Amplitudes de campos magnéticos são da ordem dos microteslas (μT) = 10^{-6} T, mais especificamente em uma faixa entre $25 \mu T$ e $65 \mu T$. (CABRAL; LAGO 2004).

Para ajuste e funcionamento do kit experimental usado para deduzir a Lei de Ampère, usamos o valor médio encontrado por um detector de campo magnético terrestre $B_t = 0,000032 T = 32 \mu T$. Os resultados obtidos experimentalmente concordaram com os dados teóricos na determinação da *constante de permeabilidade magnética do vácuo* ($\mu_0 = 1,2566 \times 10^{-6} Tm/A$), e a *constante experimental* encontrada ($\mu_{exp.} = 1,28 \times 10^{-6} Tm/A$) com um erro relativo à previsão teórica de apenas 1,8%. Os ensaios experimentais foram realizados em na cidade de Teresina – Pi que é próxima ao equador terrestre.

A Figura 5, ilustra uma bússola imersa em um campo horizontal \vec{B}_h perpendicular ao campo magnético da terra \vec{B}_t que aponta para a cima da página (o norte magnético).

Conhecendo-se os módulos \vec{B}_h e \vec{B}_t determina-se o módulo do campo resultante B_R , pelo teorema de Pitágoras pela expressão.

$$B_r = \sqrt{B_t + B_h}. \quad (18)$$

Quando um dos campos é a *variável desconhecida*, por exemplo o campo externo \vec{B}_h , podemos determiná-lo conhecendo o ângulo que o campo magnético resultante \vec{B}_r faz entre a direção do campo magnético terrestre \vec{B}_t usando como ferramenta a trigonometria do triângulo retângulo, mede-se o ângulo de deflexão da agulha da bússola e o módulo do campo magnético B_h é

dados por.

$$B_h = B_i \tan(\theta) \quad (19)$$

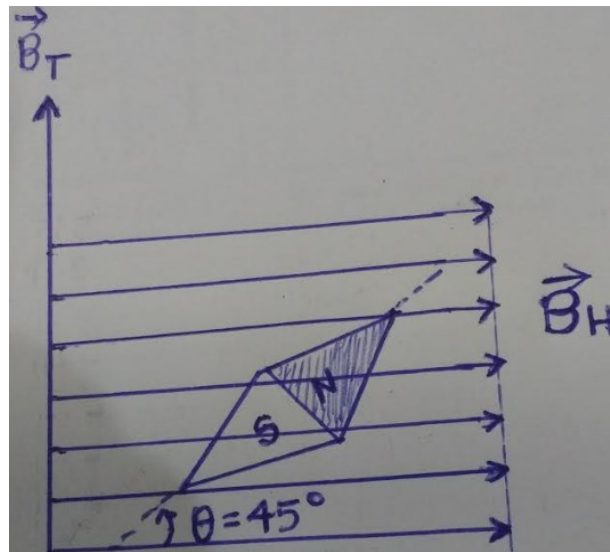


Fig. 5. Ilustração da deflexão da agulha de uma bússola devido a sobreposição de dois campos magnéticos B_h e B_i .

Para pequenos ângulos de deflexão da agulha da bússola, podemos aproximar a equação (14) por

$$B_h = B_i \tan(\theta) \approx B_i(\theta) \quad (20)$$

Essa equação é trabalhada com o nosso público na dedução experimental da Lei de Ampère usando B_i como campo magnético externo, que é o módulo do campo magnético produzido pela corrente elétrica de um fio retilíneo substituindo B_h . Para pequenas intensidades de corrente elétrica, a tangente de pequenos ângulos pode ser aproximada pelo deslocamento angular de deflexão da agulha. Essa aproximação foi visualizada e anotada pelos alunos no ensaio com o kit para a determinação da Lei de Ampère.

CAPÍTULO 4 – INSERÇÃO DE ELEMENTOS SUBSUNÇORES

Detalhamos nesta seção, os três tópicos que deverão ser explanados com as tarefas. Material que será disponibilizado no apêndice a fim de alcançar um aprendizado potencialmente significativo. Estas tarefas referem-se aos ensaios experimentais cujos assuntos abordados deverão ser úteis para consolidar conhecimentos prévios propostos pelos organizadores prévios relativos a: (I) Relação de proporcionalidade direta; (II) relação de proporcionalidade inversa; (III) campo magnético e suas fontes e os efeitos destes campos sobre a agulha de uma bússola.

4.1 Área de Matemática

Tópico 1: Relação de proporcionalidade direta entre quantidades.

Tema: altura h de uma pilha de blocos de madeira de espessura conhecida e o número n de blocos empilhados.

Objetivo: Obter e analisar dados experimentais que envolva a relação de proporcionalidade direta entre quantidades altura h de uma pilha de blocos e o número n de blocos.

Tarefas a serem realizadas

1. Construir uma pilha com blocos de madeira para determinar a relação entre a altura da pilha e o número de blocos.
2. Determinar o tipo de relação envolvida entre as quantidades após analisar do gráfico h versus n .

Resultados esperados

A relação linear de proporcionalidade entre a h e n , altura da pilha de blocos e o número de blocos, respectivamente, deverá ser explicitada no gráfico a ser produzido pelo aluno, possibilitando uma análise visual e uma discussão mais efetiva.

Tópico 2: Relação de proporcionalidade inversa entre quantidades.

Tema: altura h de uma coluna de água ($v=25 \text{ cm}^3$) e a área da seção transversal desta coluna.

Objetivo: Obter e analisar dados experimentais que apresentem relação de proporcionalidade inversa entre as quantidades alturas h das colunas de água e as áreas A das seções transversais dos

recipientes utilizados.

Tarefas a serem realizadas

1. Despejar em cada *becker* (de área de seção transversal conhecida) o volume de 25 ml de água;
2. Medir as alturas h das colunas dos volumes de água nestes *becker* e relacionar com a área A das seções transversais;
3. Determinar o tipo de relação matemática envolvida entre as quantidades após analisar do gráfico h versus A .

Resultados esperados

Pretende-se que o aprendiz reconheça o gráfico e a função que a representa após a construção do gráfico que explicita a relação inversa de proporcionalidade entre a altura h da coluna de água e a área A da seção transversal dos *beckers*.

4.2 Área de Física

Tópico 3: Campos magnéticos e suas fontes.

Tema: Campo magnético.

Objetivo: Observar o efeito da interação do campo magnético sobre o ponteiro de uma bússola.

Tarefas a serem realizadas

1. Observar a deflexão da agulha de uma bússola como o efeito da interação do campo magnético de um ímã sobre o ponteiro de uma bússola;
2. Observar a deflexão da agulha de uma bússola como o efeito da interação do campo magnético produzido por uma corrente elétrica variável.

Resultados esperados

Espera-se que o aluno perceba, mesmo que qualitativamente visualizando os experimentos, a existência de uma relação de proporcionalidade entre a variação da intensidade do campo magnético e o ângulo de deflexão da agulha da bússola. Outrossim, que a corrente elétrica é fonte de campo magnético e que o aumento da intensidade da corrente elétrica gera aumento da intensidade do campo magnético defletindo mais a agulha da bússola.

CAPÍTULO 5 – ELEMENTOS DO PRODUTO EDUCACIONAL

Apresenta-se, nesta seção, os elementos que compõem o produto educacional proposto e desenvolvido neste trabalho.

O Produto Educacional desenvolvido neste trabalho consiste de um conjunto de aparatos experimentais (kit educacional) potencialmente significativo acompanhado de procedimentos didáticos para execução das práticas. Estes kits têm como objetivos inserção e organização de elementos subsunçores (organizadores prévios) e abordam temas direcionados para a determinação da lei de Ampère.

O êxito da execução do trabalho consiste na motivação que o aluno pode adquirir devido o manuseio de equipamentos. Acreditamos, deste modo, que a execução dos experimentos possibilitam ao estudante a construção seu próprio conhecimento, favorecendo uma aprendizagem potencialmente significada, diferenciada da tradicional.

O conjunto composto por três kits, um da área Matemática e dois da área de Física, é apresentado a seguir.

5.1 Kit matemático

O kit matemático mostrado na Figura 6 é composto por cinco blocos de madeira de espessura $h=0,6\text{ mm}$ e de cinco *beckers* de volumes variados (25 mL, 50 mL, 100 mL, 150 mL e 250 mL). Tem como objetivo levantar conhecimentos prévios sobre grandezas diretamente proporcionais e grandezas inversamente proporcionais.

A realização do experimento é dividido em duas partes, a saber:

1ª PARTE: consiste em relacionar a altura h da pilha de blocos com o número de bloco à medida que são adicionados. A função linear relacionada à altura da pilha e o número de blocos é explorado durante a execução do experimento. Solicita-se ao estudante que após a construção de gráfico (h vs n) se avalie qual o tipo de relação matemática existe entre as quantidades envolvidas, *i.e.*, altura da pilha h e número de blocos adicionados n .

2ª PARTE: consiste em relacionar a altura h da coluna um volume (25mL) de água com a área conhecida de cada *becker* à medida que o volume de água é transferida de um *becker* para outro na ordem crescente de suas áreas. A função inversa relacionada à altura de uma coluna de água e a área da seção transversão é explorado durante a execução do experimento. Solicita-se ao estudante que

após a construção de gráfico (h vs n) se avalie qual o tipo de relação matemática existe entre as quantidades envolvidas, *i.e.*, altura da coluna de água h e a área A da seção transversão de cada *becker*.



Fig. 6. Kit matemático para determinação da relação de proporcionalidade entre quantidades.

5. 2 Kit magnético

O kit magnético mostrado na Figura 7 é composto por uma bússola e um conjunto de ímãs de comprimentos $L = (\sim 10 \text{ cm})$, tem como objetivo levantar conhecimentos prévios sobre o efeito do campo magnético do ímã sobre o ponteiro da bússola.



Fig. 7. Conjunto que constitui o kit magnético composto por bússolas e peças de ímãs.

A realização do experimento consiste em se verificar de maneira qualitativa a deflexão do

ponteiro da bússola à medida que o ímã gradativamente é aproximado. Deste modo, o ponteiro da bússola é reconhecido pelo aluno como um sensor de campo magnético, sendo que na ausência do campo, o ponteiro da bússola orienta-se segundo a direção do campo magnético da terra.

5.3 Kit eletromagnético I

O kit eletromagnético I mostrado na Figura 8 é um dispositivo constituído de um circuito simples composto por uma bateria (9 Volts), uma pequena lâmpada com filamento de tungstênio, um potenciômetro (10 k Ω), uma bobina (200 voltas, fio 30), uma chave liga-desliga e uma bússola como sensor de campo magnético, em uma caixa de acrílico com dimensões 15x10x3 cm³.

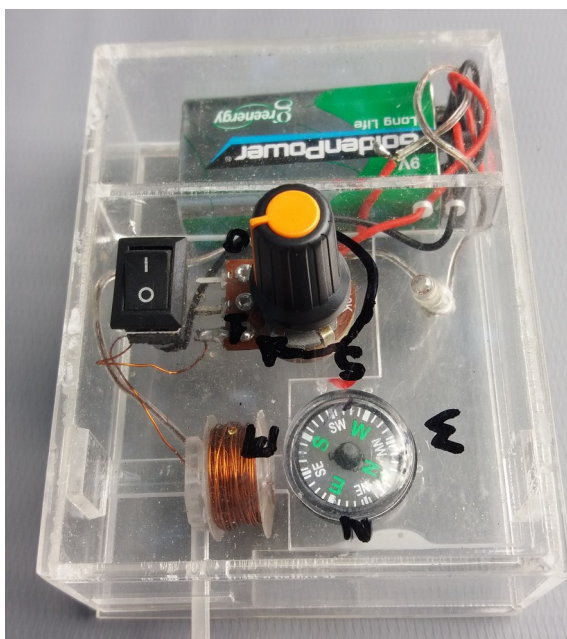


Fig. 8. Kit eletromagnético I para estudo qualitativo entre o campo magnético e sua fonte.

A Figura 9 mostra o diagrama esquemático do kit eletromagnético I. Em (a), (b), (c), mostra uma visão lateral de uma ilustração da caixa de acrílico que compõe o dispositivo e (d) mostra uma visão do circuito simples.

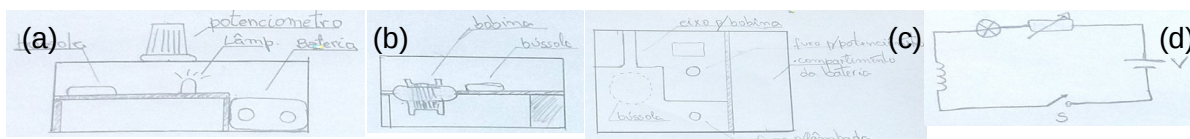


Fig. 9. Diagrama esquemático do kit eletromagnético I para construção de elementos subsunçores sobre campo magnético e suas fontes. Em (a, b) visão lateral da caixa, (c) visão superior e (d) circuito elétrico.

No experimento com este kit eletromagnético I o estudante é estimulado a estabelecer uma

relação qualitativa entre as intensidades do campo magnético B e da corrente elétrica i que percorre na bobina, através do aumento da deflexão da agulha da bússola. Para isto, o aluno é instruído a variar a intensidade da corrente elétrica por meio do potenciômetro, resultando (I) no aumento do brilho da lâmpada e (II), no aumento da deflexão da agulha da bússola (o sensor de campo) que estará a uma distância r do fio. Além disto, o aluno também deverá visualizar o efeito da variação da intensidade do campo magnético B com a variação da distância r da bússola à bobina afastando-a da bússola por meio do cursor fixo à bobina.

5.4 Kit eletromagnético II

O kit eletromagnético II mostrado na Figura 10, é um constituído por um circuito eletromagnético, formado por uma fio reto de cobre (30 cm, bitola 10), uma bússola, um *protoboard* com 10 resistores (5,6 Ohms, 10 W) ligados em série, um carregado para celular (5 V, 1 A), um cabo USB com garra jacaré, um multímetro e um gabarito de acrílico um forma de U com dimensões (25x12x10) cm^3 .

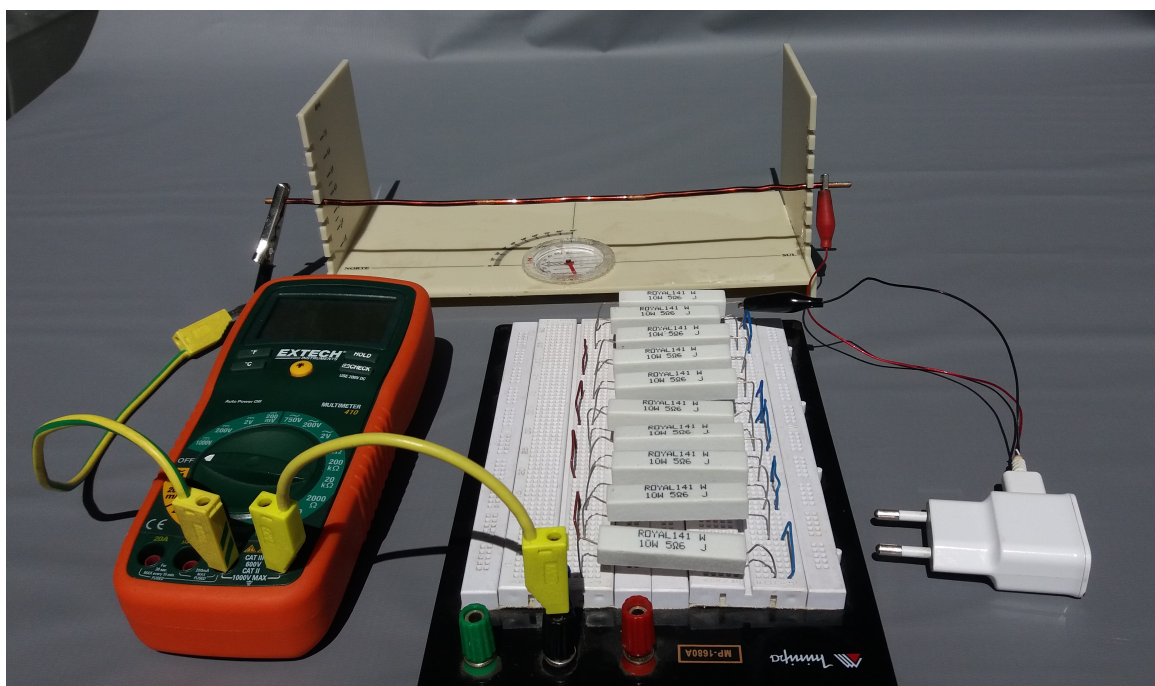


Fig. 10. Kit eletromagnético II composto por uma fio de cobre (30cm, bitola 10) , um gabarito com bússola protoboard, 10 resistores em série (5,6 Ohms, 10 W), uma fonte (carregador de celular, 5 V, 1 A), uma entrada USB com cabo do tipo garra jacaré e um multímetro.

A Fig.11 mostra em detalhe o gabarito com encaixe nas abas laterais que facilita o descolamento controlado e graduado em centímetro do fio, bem como vão para posição da bússola.

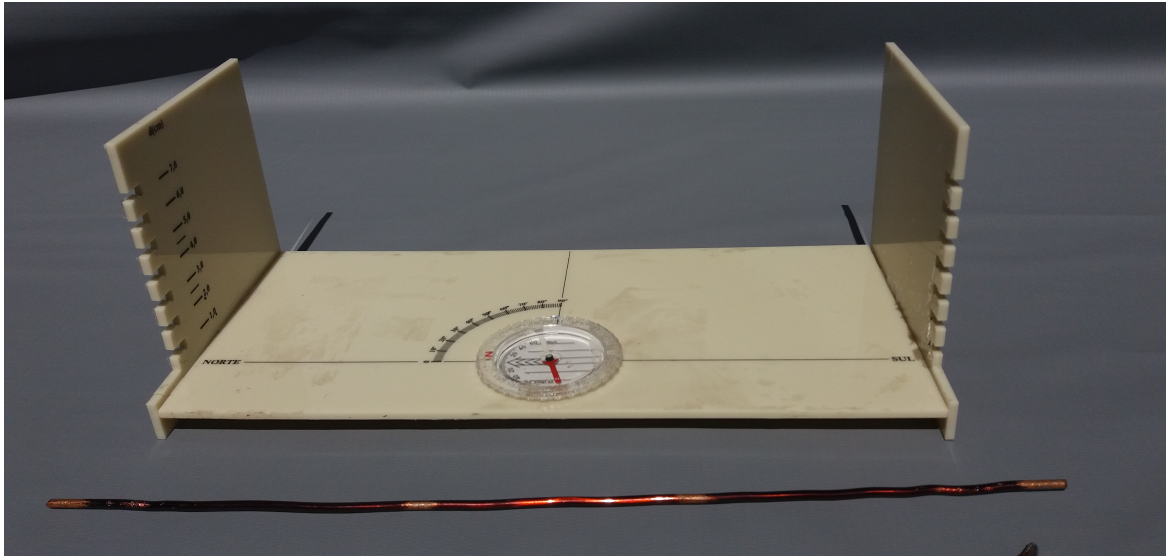


Fig. 11. Gabarito para descolamento controlado em centímetro do fio de cobre condutor de corrente elétrica contendo a bússola em seu encaixe. Na frente, fio de cobre de 30 cm e bitola 10.

A execução deste experimento é dividido em duas partes, a saber:

1ª PARTE: consiste em (I) relacionar a intensidade da corrente elétrica i através do fio e a intensidade campo magnético B_i gerado a uma distância fixa do fio onde se encontra a bússola. Favorecendo, deste modo, a dedução experimental da relação de proporcionalidade direta

$$B_i \propto i \quad (21)$$

A outra relação que se pretende obter trata-se da dependência da intensidade campo magnético B_i gerado por uma corrente elétrica i constante com a distância à bússola fixa em um ponto. Favorecendo, deste modo, a dedução experimental da relação de proporcionalidade inversa

$$B_i \propto \frac{1}{r} \quad (22)$$

CAPÍTULO 6 – RESULTADOS E ANÁLISES

Os resultados deste trabalho são apresentados em duas seções. Na seção I são tratados os resultados dos testes de verificação de funcionalidade dos kits eletromagnéticos. Foram também realizados testes de avaliação do desempenho de fontes de tensão (bateria, fonte de celulares) que compuseram os kits. Na seção II são tratados os resultados da aplicação das sequências didáticas.

SEÇÃO I

O desempenho de algumas fontes de alimentação, baterias usualmente disponíveis no mercado e candidatas a compor o kit eletromagnético II, foi avaliado levando-se em conta os modos contínuo ou intermitente de seus usos.

A Fig. 12. mostra a dependência da intensidade da corrente elétrica (mA) com o tempo (min) em circuitos simples composto de uma fonte de alimentação, um resistor de cerâmica ($0,5 \Omega$; $3 W$) e o amperímetro ligados em série.

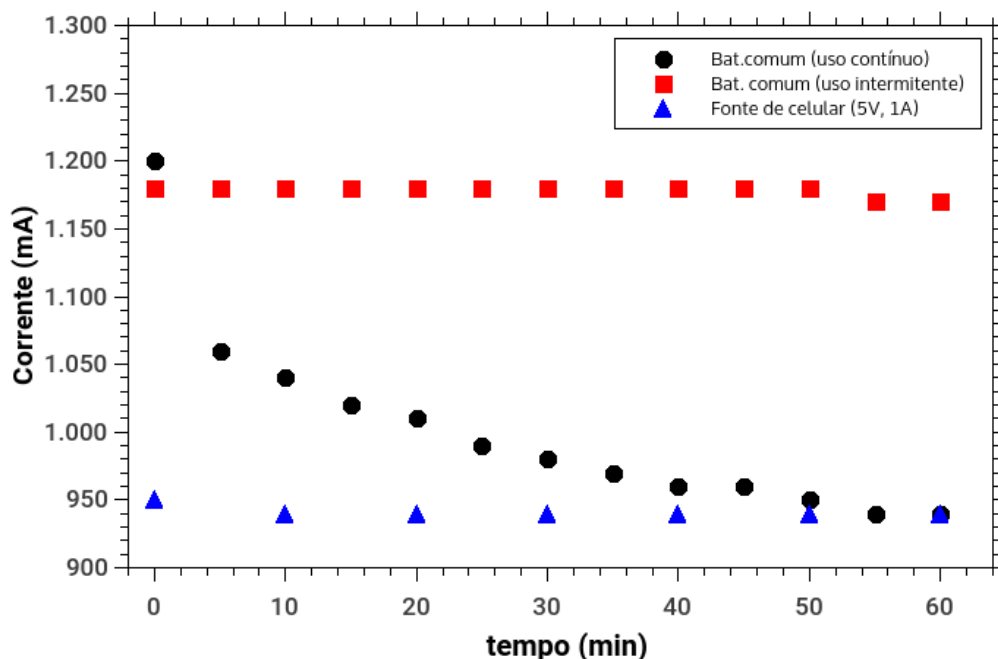


Fig. 12. Dependência da corrente com o tempo de baterias comuns (pilha, 1,5 V, DC) e de carregador celular (5 V, 1 A, DC)

As fontes de alimentação utilizadas foram (I) bateria comum em uso contínuo e,

posteriormente, em uso intermitente e (II) carregador de celular em uso contínuo.

A escolha por resistores cerâmicos foi por oferecerem maior potência térmica, item que garantiu a viabilidade dos nossos kits, testando-os nos modos contínuo e intermitentes com baixos aquecimentos e mostrando resultados confiáveis.

Verificamos que a bateria comum (Panasonic de 1,5 V), apresentou uma queda indesejável para o nosso propósito de 22% na intensidade da corrente no intervalo de tempo de 60 min de *uso contínuo*. Porém, quando uma bateria comum é usada de modo *intermitente*, constatamos que a corrente elétrica manteve-se estável ao longo de 60 minutos. Do mesmo modo, se comporta o carregador de celular (5 V, 1 A, DC; ligado em série com $R=5,0 \Omega$; 10 W). Portanto, a bateria comum em uso intermitente é o modo mais apropriado para o nosso propósito tanto quanto o carregador de celular. Com o intuito de melhor dimensionar a faixa de resistência dos resistores a serem utilizados no experimento do kit eletromagnético II, medidas de corrente em função da resistência foram realizadas.

A Fig. 13 mostra a dependência da intensidade da corrente elétrica em função da resistência elétrica para os resistores de cerâmica.

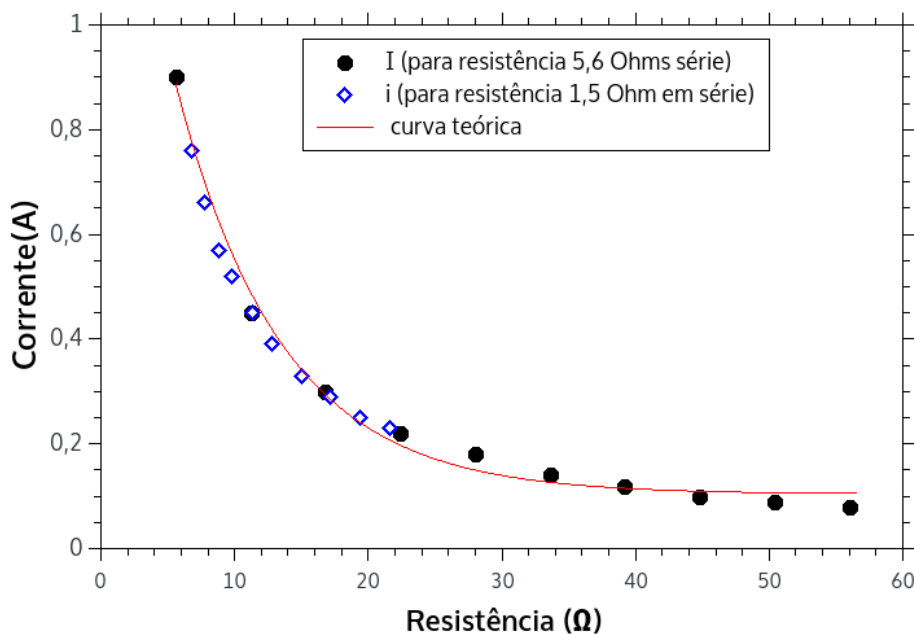


Fig. 13. Dependência da corrente elétrica em função da variação da resistência elétrica

Este resultado sugere que a escolha de faixa de resistência de $\Omega=5,6$ e 10 W cada um foi conveniente uma vez que a corrente teve variação em uma escala apropriada para leitura em um amperímetro convencional e para gerar campos magnéticos cujas intensidades seriam facilmente

percebidas por uma bússola.

Foram utilizados dois tipos de fontes, bateria (*marcador losango*) e carregador de celular (*círculo*). Considerando que os resistores com código de cores esquentavam bastante, estes foram considerados não apropriados uma vez que neste regime não se comportavam de maneira ôhmica.

Observa-se que a dependência do ângulo de deflexão da agulha com a variação da intensidade da corrente é linear, conforme esperado. Deste resultado foi possível obter a relação entre a intensidade do campo magnético induzido B_i e a intensidade da corrente

A Fig. 14 mostra a dependência da intensidade do campo magnético a uma distância de 1 cm gerada por uma corrente elétrica em um fio. A linearidade dos dados sugere que o dispositivo, além de apresentar uma boa dimensionalidade, os dados se ajustam muito bem com a previsão teórica.

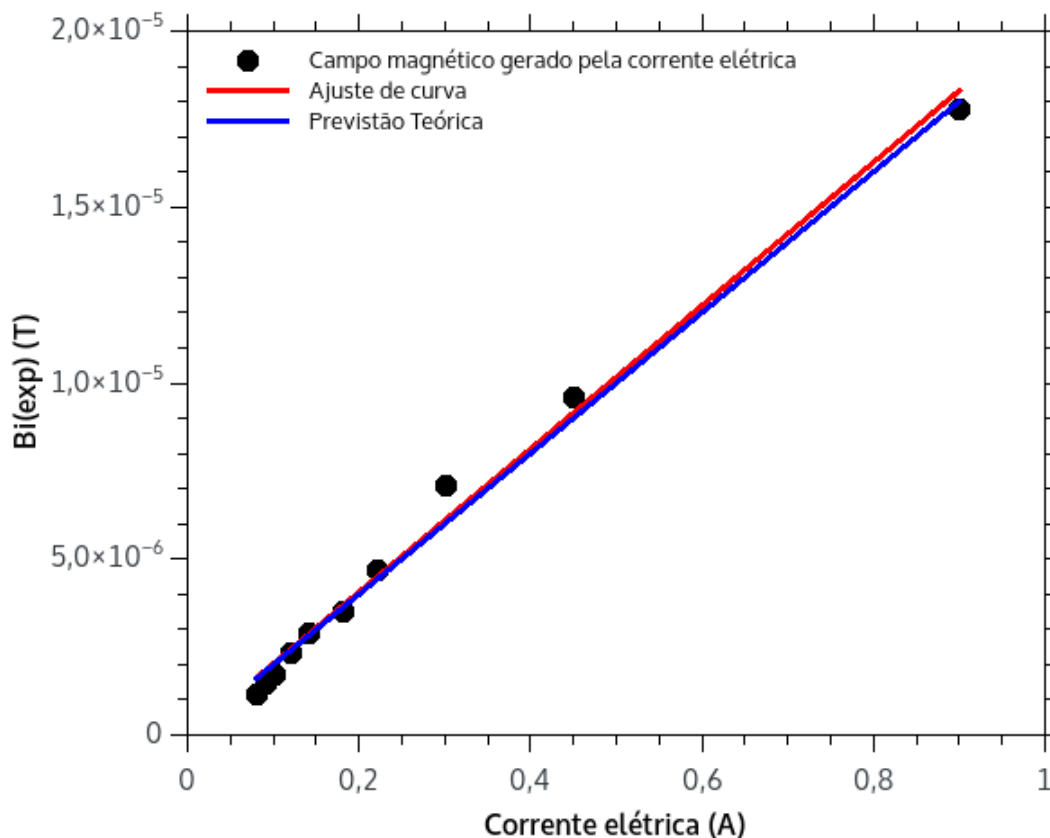


Fig. 14. Dependência da intensidade do campo magnético com a variação da corrente elétrica.

Encontramos para a permeabilidade magnética experimental o valor: $\mu_{0 \text{ exp}} = 1,28 \times 10^{-6} \text{ Tm/A}$, com um erro relativo à previsão teórica ($\mu_0 = 1,2566 \times 10^{-6} \text{ Tm/A}$) de 1,8% apenas, deste resultado explicita a boa qualidade do aparato experimental (kit).

Com o propósito de se avaliar a dependência da intensidade do campo magnético B_i gerado pela corrente elétrica constante que percorre o fio com a distância, medidas da deflexão da agulha

da bússola foram realizadas em função da distância do fio em um intervalo de 1,0 cm até 7,0 cm, afastando-se do sensor de campo magnético (bússola).

A Fig. 15 mostra a variação da deflexão da agulha da bússola em função da distância r . Observa-se que houve um decaimento típico da lei do inverso da distância como ocorre com a dependência da intensidade do campo magnético com a distância r , confirmando que o aparato gera os resultados teoricamente previstos.

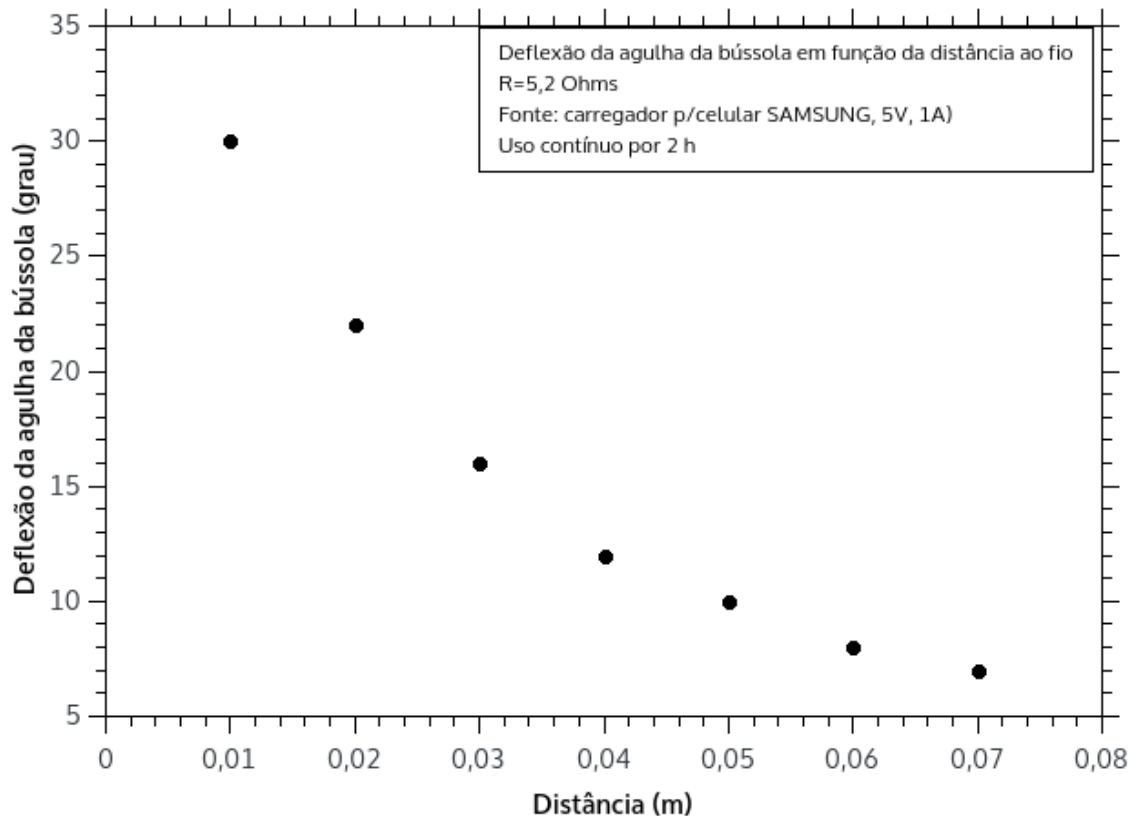


Fig. 15. Deflexão da agulha da bússola em função da variação da distância ao fio condutor de corrente constante. Fonte: carregador de celular, $i=1,0$ A.

A Tab. 3 mostra as medidas da deflexão da agulha em função da distância r , bem como os valores calculados do campo magnético B_i gerado pela corrente, levando-se em conta a magnitude do campo magnético constante da terra ($B_T = 0,00032 \text{ T}$) no ponto onde estas medidas foram realizadas.

Tab. 3. Intensidade do campo magnético B_i gerado pela corrente elétrica $i = 1,0 \text{ A}$ em função da distância.

Distância (m)	Deflexão da agulha (grau)	$B_i = B_{\text{terra}} \cdot \tan(\theta)$
0,01	30	$1,933 \times 10^{-5}$
0,02	22	$1,353 \times 10^{-5}$
0,03	16	$9,600 \times 10^{-6}$
0,04	12	$7,117 \times 10^{-6}$
0,05	10	$5,904 \times 10^{-6}$
0,06	8	$4,706 \times 10^{-6}$
0,07	7	$4,111 \times 10^{-6}$

A Fig. 16 mostra a variação da intensidade do campo magnético gerado pela corrente elétrica em função da distância do fio condutor no intervalo de 1,0 cm a 7,0 cm. Observa-se que houve um decaimento típico da lei do inverso da distância típico da lei de Ampère, confirmando que o aparato gera os resultados teoricamente previstos.

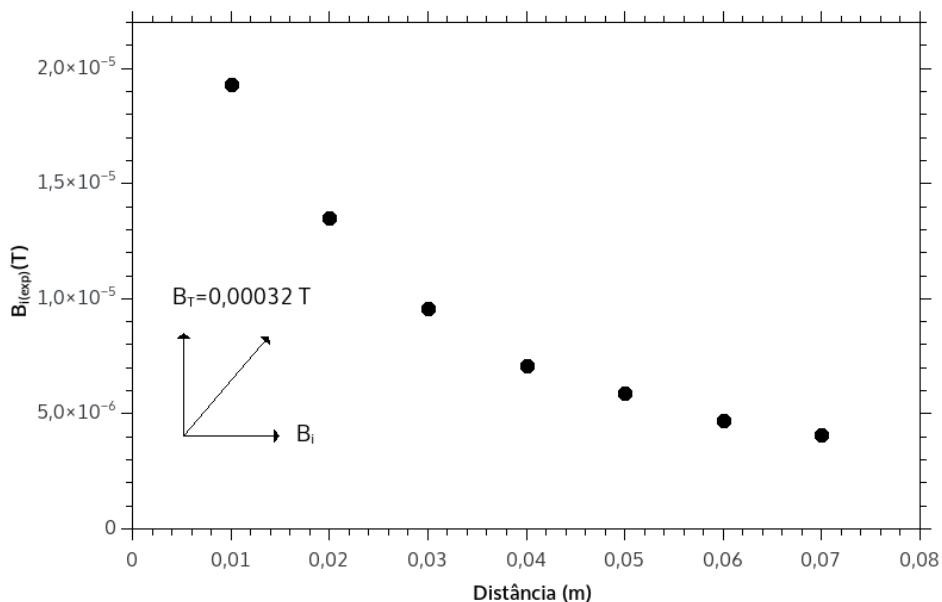


Fig. 16. Dependência do campo magnético gerado pela corrente elétrica (1,0 A) em função da distância do fio condutor à bússola tendo como fonte de tensão o carregador de celular, $i = 1,0 \text{ A}$

SEÇÃO II

A Tab.4 mostra resumo das respostas às questões do questionário I aplicado aos alunos da UFPI e do IFMA antes e após a aplicação da sequência didática I e da sequência didática II. Estas duas sequências didáticas trataram respectivamente, dos temas de Matemática *relação de proporcionalidade direta* e de *relação de proporcionalidade inversa entre quantidades* que tiveram como propósito inserir (novos) elementos subsunçores que são organizadores prévios na construção do conhecimento.

Tab. 4. Resumo das respostas às questões do questionário I aplicado aos alunos da UFPI e do IFMA.

Questões	Alunos – UFPI		Alunos – IFMA	
	Antes da aplicação das S.D.(I) e S.D. (II)	Depois da aplicação da S.D.(I) e S.D. (II)	Antes da aplicação da S.D.(I) e S.D. (II)	Depois da aplicação da S.D.(I) e S.D. (II)
	Acertos (%)	Acertos (%)	Acertos (%)	Acertos (%)
1	78,0	91,0	75	85,5
2	74,0	97,0	63	83,0
3	10,0	71,5	13	61,8
4	75,0	94,3	50	67,3

S.D: sequência didática

O pré-teste realizado antes da aplicação das sequências didáticas (S.D.) mostrou que houve uma porcentagem razoavelmente alta de conhecimento adequado sobre relação linear (acima de 70%), tanto no que diz respeito aos reconhecimentos gráfico (questão 1, do questionário) quanto algébrico (questão 2) para as duas turmas. No entanto, no que se refere ao conhecimento sobre relação inversa de proporcionalidade, os resultados com acerto no que se refere a reconhecimento gráfico (questão 3) foram considerados abaixo do esperado (máximo de acerto, 13%), apesar deste mesmos alunos saberem em sua grande maioria (75%) reconhecer uma relação algébrica de proporcionalidade inversa (questão 4). Portanto, as duas sequências didáticas aplicadas nas duas turmas demonstraram nestes resultados serem elementos eficazes na inserção de novos conhecimento.

A Tab.5 mostra resumo das respostas às questões do questionário II antes e após a aplicação da sequência didática III e da sequência didática IV.

Tab. 5. Resumo das respostas às questões do questionário II aplicado aos alunos da UFPI e do IFMA

Questões	Alunos – UFPI		Alunos – IFMA	
	Antes da aplicação da S.D.(III) e S.D. (IV)	Depois da aplicação da S.D.(II) e S.D. (IV)	Antes da aplicação da S.D.(II e S.D. (IV)	Depois da aplicação da S.D.(III) e S.D. (IV)
	Acertos (%)	Acertos (%)	Acertos (%)	Acertos (%)
1	100	100	75,5	100
2	94,7	100	71,7	94,4
3	73,7	95,5	67,0	85,0
4	29,3	68,2	36,6	75,5
5	19,3	72,7	60,8	94,4,
6	73,7	100	56,4	90,1
7	36,9	93,2	32,1	85,0
8	40,4	88,3	66,0	91,0
9	73,7	95,5	39,6	85,5
10	47,4	88,6	47,2	75,5
11	59,7	91,0	43,4	72,0
12	31,6	85,0	24,5	66,0

S.D: sequência didática

Estas duas sequências didáticas trataram dos temas da área de Física *deflexão da agulha de uma bússola devido à interação com o campo magnético de um ímã e do campo magnético gerado por uma corrente elétrica*, respectivamente, tiveram como propósito inserir (novos) elementos subsunçores que são organizadores prévios na construção do conhecimento.

De um modo geral, notamos que houve aumento de conhecimento com o aumento das taxas de acerto após a aplicação das sequências didáticas. Mais especificamente, estes resultados mostram que os alunos têm conhecimento sobre ímã, bússolas e suas propriedades, *i.e.*, apresentam conhecimentos prévios satisfatórios (a partir de 75% das respostas) mas, quanto a origem (Q4) e as propriedades do ímã (Q5), apresentaram conhecimentos insatisfatórios de 29,3% e 36.6%, havendo uma melhora ou aumento desta taxa após a aplicação da sequência didática, de modo que conhecimentos foram agregados neste aspecto. Quando à relação entre corrente elétrica e campo magnético (Q11 e Q12), um aumento significativo de acertos pois mais do dobro a quantidade de acerto destas questões. Ressaltamos que estas duas questões em especial fundamentaram a sequência V que trata da lei de Ampère.

A Tab. 6 mostra resumo das respostas às questões do questionário III antes e após a aplicação da sequência didática V. Esta sequência tratou do tema da área de Física *Lei de Ampère* e teve como propósito maior conduzir o aluno a expressão lei de Ampère através da análise dos gráficos mas, principalmente, com o auxílio dos organizadores prévios inseridos anteriormente.

De maneira geral, observamos que houve melhora nos resultados após a aplicação da sequência didática V, conforme se esperava. No entanto, há de se ressaltar que houve substancial melhora (acima de 3,5 vezes mais acertos) no desempenho das respostas à questão 7, mais especificamente, após a aplicação da sequência didática V que tratou de expressar a relação de proporcionalidade nas grandezas físicas envolvidas na lei de Ampère.

Tab. 6. Resumo das respostas às questões do questionário III aplicado aos alunos da UFPI e do IFMA.

Questões	Alunos – UFPI		Alunos – IFMA	
	<i>Antes da aplicação da S.D. (V)</i>	<i>Depois da aplicação da S.D. (V)</i>	<i>Antes da aplicação da S.D. (V)</i>	<i>Depois da aplicação da S.D. (V)</i>
	Acertos (%)	Acertos (%)	Acertos (%)	Acertos (%)
1	40,3	77,4	43,3	75,5
2	11,3	58,1 (5x)	18,9	66,0 (3,5x)
3	25,8	83,9 (3,2x)	39,6	69,8 (x1,7)
4	48,4	85,5	34,0	75,5
5	56,5	83,4	47,2	79,3
6	51,6	83,4	60,8	79,2
7	17,8	64,5 (3,6x)	13,2	62,3 (4,8x)

S.D: sequência didática

CAPÍTULO 7 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Todos os kits educacionais construídos para essa finalidade, foram dimensionados apropriadamente e testados, de modo que funcionaram adequadamente, conforme resultados dos testes experimentais. Os resultados da aplicação das sequências didáticas suportados pelos kits educacionais mostraram que houve um aumento na quantidade de acertos das questões e, em todos os questionários aplicados para verificação do conhecimento exposto, revelaram uma melhora substancial no aprendizado dos alunos. Isto sugere que a elaboração das sequências didáticas e de um material potencialmente significativo (kits) como *meio de construção de elementos subsunçores* geraram melhores resultados na compreensão dos eventos apresentados sobre o estudo da interação do campo magnético com a agulha de uma bússola, sobre fontes de campo magnético e sobre a própria lei de Ampère.

Deste modo, acreditamos que as aplicações das sequências didáticas em conjunto com os kits, contribuíram para uma efetiva aprendizagem potencialmente significativa. Atribuímos esta aprendizagem efetiva, à vivência dos alunos de um experimentar cotidiano, que explicitava relações entre quantidades. Acrescenta-se a esta vivência o envolvimento dos alunos durante a execução da prática. Neste sentido, a execução deste trabalho contempla integralmente a ideia de organizadores prévios teorizados por Ausubel bem como os objetivos propostos por nós.

Notamos também que nas atividades experimentais introduzidas através das sequências didáticas, houve uma participação ativa dos alunos no processo de ensino e aprendizagem motivados pela construção de suas próprias aprendizagens. Portanto, as sequências didáticas, acompanhadas dos kits educacionais, revelaram-se instrumentos capazes de proporcionar uma aprendizagem potencialmente significativa.

CAPÍTULO 8 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva.** Tradutora: Lígia Teopisto. Rio de Janeiro: Plátanos Edições Técnicas, 2000.

BRASIL. **Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional.** 11. ed. Brasília: Mec, 2015.

____. **Parâmetros Curriculares Nacionais.** Brasília: Mec, 1999.

DOURADO, L. F.; OLIVEIRA, J. F. de. **A qualidade da educação: perspectivas e desafios.** Caderno Cedes, Campinas vol. 29, n. 78, p. 201-215, maio/ago. 2009.

FREIRE, P. **A importância do ato de ler: em três artigos que se completam.** 26. ed. São Paulo: Cortez, 1991.

____. **Palestra de Paulo Freire no IX CBBB (2016).** Disponível em: <<http://www.paulofreire.org/noticias/430-ix-encontro-internacional>>. Acesso: 20 de fevereiro de 2017.

GOLDEMBERG, J. **O repensar da educação no Brasil.** Revista Estudos Avançados. Vol. 7, no. 18, São Paulo, maio/ago. 1993, p. 65-137.

HALLIDAY, D; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física.** Vol. 3. 8. ed. Rio de Janeiro:2009.

MÁXIMO, A.; ALVARENGA, B. **Curso de física 3.** 4. ed. São Paulo: Scipione, 1997.

MORIN, E. **A cabeça bem-feita: repensar a reformas, reformar o pensamento.** Tradutora: Eloá Jacobina. 8. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. A. **Aprendizagem significativa: a teoria da aprendizagem de David Ausubel.** São Paulo: Moraes, 1982.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa: da visão clássica à visão crítica.** Conferência de encerramento do V Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa, Madrid, Espanha, setembro de 2006 e do I Encuentro Nacional sobre Enseñanza de la Matemática, Tandil, Argentina, abril de 2007.

MOREIRA, M.A. **Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares.** São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

____. **Aprendizagem significativa crítica.** Atas do III Encontro Internacional Sobre Aprendizagem Significativa, Lisboa (Peniche).

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física básica.** Vol. 3. São Paulo: Edgard Blücher, 1997.

APÊNDICE I – Questionários

APÊNDICE 1.A – QUESTIONÁRIO COM TEMAS DE MATEMÁTICA

Questionário 1

Área: Matemática

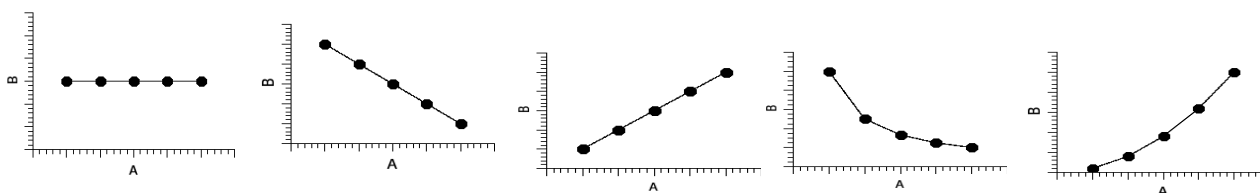
Objetivo: Levantamento de elementos subsunçores

Tópico: Funções linear e funções inversas

Caro estudante, este questionário tem como objetivo averiguar o seu conhecimento sobre o tópico funções matemáticas.

Questão 1

Dos gráficos abaixo, marque com x aquele que ilustra que as quantidades A e B são **diretamente proporcionais**?



não sei opinar.

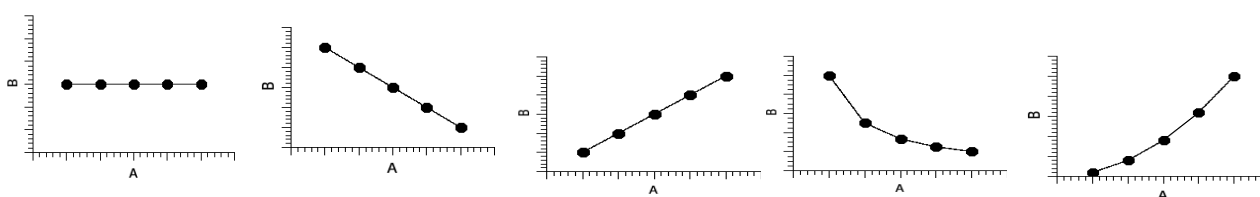
Questão 2. Quando duas quantidades y e x apresentam uma relação de proporcionalidade linear, a função matemática é expressa por:

$y(x) = A \cdot \sin(x)$ $y(x) = A \cdot \exp(x)$ $y(x) = A \cdot \sqrt{(x)}$

$y(x) = A \cdot \frac{1}{x}$ $y(x) = A \cdot x^2$ não sei opinar.

Questão 3

Dos gráficos abaixo, marque com x aquele que ilustra que as quantidades A e B são **inversamente proporcionais**?



Questão 4. Quando duas quantidades y e x apresentam uma relação de **proporcionalidade inversa**, a função matemática é expressa por:

$y(x) = A \cdot \sin(x)$ $y(x) = A \cdot \exp(x)$ $y(x) = A \cdot \sqrt{(x)}$

$y(x) = A \cdot \frac{1}{x}$ $y(x) = A \cdot x^2$ não sei opinar.

APÊNDICE 1.B – QUESTIONÁRIO COM TEMAS DE FÍSICA

Objetivo: Levantamento de elementos subsunçores

Tópico: Campo magnético e suas fontes

Caro estudante, este questionário tem como objetivo averiguar o seu conhecimento sobre o campo magnético e suas fontes.

Questão 1. Você sabe o que é um ímã? sim não

Questão 2. Você teve a oportunidade de manusear um ímã? sim não

Questão 3. Cite algumas propriedades do ímã. _____.

Questão 4. Você tem conhecimento sobre o que origina as propriedades do ímã?

sim não

Questão 5. Cite uma propriedade que dá origem ao ímã.

Questão 6. Você sabe o que é uma bússola? sim não

Questão 7. Você já manuseou uma bússola? sim não

Questão 8. Citar o que você observou ao manusear a bússola:

_____.

Questão 9. Você sabe o que é corrente elétrica? sim não

Questão 10. O que é corrente elétrica _____

Questão 11. Existe alguma relação entre campo magnético e corrente elétrica?

sim não.

Questão 12. Caso conheça cite-a:

APÊNDICE 1.C – QUESTIONÁRIO COM TEMAS DE FÍSICA

Tópico: Lei de Ampères

Objetivo: Levantamento de elementos subsunçores

1. Você tem conhecimento da lei de Ampère? Sim () não ().

2. Caso afirmativo, expresse a lei de Ampère e faça comentários:

Na Fig. 1, ilustra um circuito elétrico composto por uma bateria (pilha comum), um fio de cobre ($l = 30 \text{ cm}$), um amperímetro A ligados em série e um detector de campo magnético (bússola). Neste circuito circula uma corrente elétrica. Responda o que se pede a seguir.

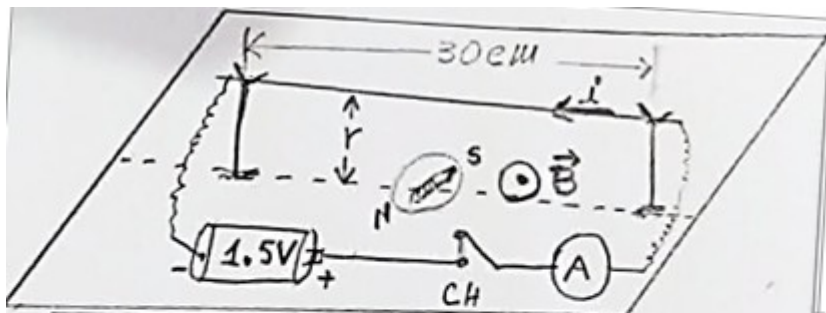


Figura 1. Circuito por onde circula uma corrente elétrica geradora de um campo magnético.

3. O que acontece com a deflexão (desvio angular) agulha da bússola quando **aumentamos a intensidade** da corrente no fio mantendo-se **fixa** a distância r deste fio em relação à bússola?

4. O que acontece com a deflexão da bússola quando **aumentamos a distância** r deste fio em relação à bússola, mantendo-se **constante valor** da corrente elétrica i ?

5. Explique que tipo de relação de proporcionalidade é mantida entre o campo magnético \mathbf{B} e a intensidade

de corrente na alternativa da questão“3”.

6. Explique que tipo de relação de proporcionalidade é mantida entre o campo magnético **B** e a intensidade de corrente na alternativa da questão“4”.

7. Escreva a função (equação) matemática que relaciona o campo magnético **B** com a intensidade de corrente elétrica **i**, a distância **r** do fio. Observação **B** é a variável dependente, ou seja: o módulo de **B** é do tipo $B = B(\mathbf{i}, \mathbf{r})$.

APÊNDICE II – Sequências Didáticas

APÊNDICE 2.A – SEQUÊNCIA DIDÁTICA I – Relação de proporcionalidade direta

Área: Matemática

Tema: Determinação da relação de proporcionalidade direta entre quantidades

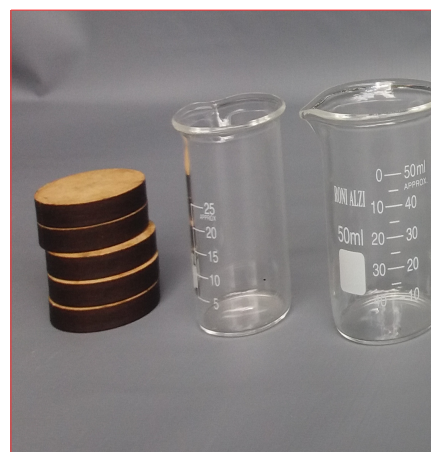
1. Objetivo: Determinar e classificar a relação matemática de proporcionalidade entre quantidades de modo que, ao término da tarefa, o aluno deverá ser capaz de identificar relação proporcionalidade linear entre quantidades.

2. Tarefa

- Medir a altura h de cada bloco;
- Montar uma pilha com os blocos, medindo altura da pilha após a adição de cada bloco;
- Construir um gráfico da relação entre altura h e número n de blocos;
- Escrever em linguagem matemática a relação de proporcionalidade entre estas quantidades.

3. Material

- 5 blocos (madeira ou borrachas) de mesma espessura.
- 1 régua;



4. Procedimentos

- Monte uma pilha com os blocos, anotando na tabela a altura h da pilha após a adição de cada bloco.
- Construa o gráfico da altura h da pilha em função da quantidade q de blocos.

5. Resultados

Número de blocos: n	0	1	2	3	4	5
Altura: h (cm)	0					

6. Construção dos gráficos

Utilize a estrutura disponibilizada a seguir para construir o gráfico solicitado.

7. Análise e discussão dos resultados

a) Que tipo de relação matemática existe entre as quantidades altura h da pilha e o número n de blocos? O professor pode auxiliá-lo nesta questão, se necessário.

b) Expresse a relação matemática de proporcionalidade (α) entre as quantidades h (altura) e n (número de blocos). O professor pode auxiliá-lo nesta questão, se necessário.



APÊNDICE 2.B – SEQUÊNCIA DIDÁTICA II – Relação de proporcionalidade inversa

Área: Matemática

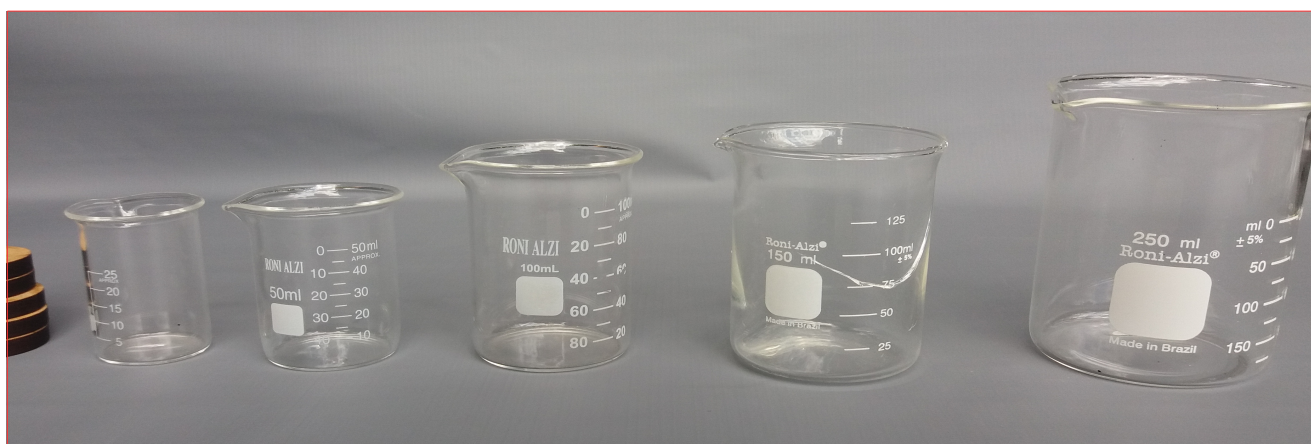
Tema: Determinação da relação de proporcionalidade inversa entre quantidades

1. Objetivo: Determinar e classificar a relação matemática de proporcionalidade entre quantidades de modo que, ao término da tarefa, o aluno deverá ser capaz de identificar relação de proporcionalidade inversa entre quantidades.

2. Tarefa (o que deverá ser feito)

- Medir a altura h do volume de um líquido (água) em vários recipientes;
- Construir um gráfico que relaciona a altura h dos volumes de água nos recipientes e as áreas A das seções transversais os recipientes;
- Escrever em linguagem matemática a relação de proporcionalidade entre estas quantidades.

3. Material



- a) 5 *beckers* de volumes: **25 mL**, **50 mL**, **100mL**, **150 mL** e **250 mL**;
- b) Régua milimetrada;
- c) 25 ml de água.

4. Procedimentos

- Organizar os recipientes em ordem crescente de suas áreas **A** da seção transversal.
- Despejar 25 mL de água no recipiente de menor volume;
- Medir a altura **h** do volume de água deste recipiente de 25 mL e anote na tabela;
- Transferir o volume de água (25 mL) para o recipiente de 50 mL e anote a altura **h** deste volume.
- Repita o procedimento anterior para os demais recipientes, anotando os resultados na tabela.

5. Resultados

Volume do recipiente	25 mL	50 mL	100 mL	150 mL	250 mL
Área da seção transversal: A (cm ²)	7	10	16	20	30
Altura do volume de água: h (cm)					

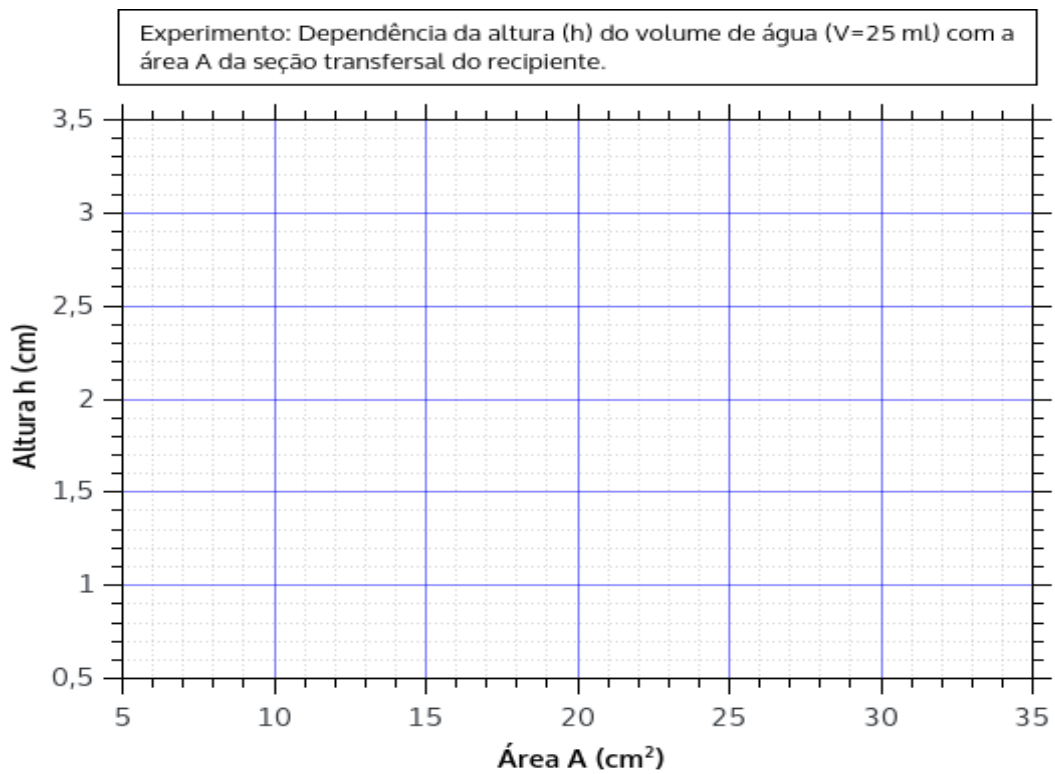
6. Construção do gráfico

Utilize a estrutura gráfica para construir o gráfico disponibilizado a seguir.

7. Análise e discussão dos resultados

a) Classifique o tipo de relação matemática existente entre as quantidades altura h do volume e área A da seção transversal. O professor pode auxiliá-lo nesta questão, se necessário.

b) Expresse a função matemática de proporcionalidade entre estas quantidades. O professor pode auxiliá-lo nesta questão, se necessário.



APÊNDICE 2.C – SEQUÊNCIA DIDÁTICA III – Deflexão da agulha da bússola

Área: Física

Tema: Deflexão da agulha de uma bússola devido a interação do campo magnético de um ímã.

1. Objetivo

- Verificar o comportamento de uma bússola sob a influência de um ímã;
- Inserir conhecimentos prévios (elementos subsunçores) sobre o efeito do campo magnético do ímã sobre o ponteiro da bússola.

2. Material utilizado: kit Magnético

- Ímãs e Bússolas.



3. Tarefa

Verificar de maneira qualitativa a deflexão o ponteiro da bússola à medida que o ímã gradativamente aproximado. Deste modo, o ponteiro da bússola é reconhecido como um sensor de

campo magnético, sendo que na ausência do campo magnético do ímã, o ponteiro da bússola orienta-se segundo a direção de outro campo, o campo magnético da terra.

4. Procedimentos e respostas aos fenômenos observados

Comportamento de uma bússola sob a influência de um ímã

1. Lentamente aproxime o ímã do ponteiro de uma bússola. Descreva o que acontece.
2. Faça movimentos com o ímã em torno do eixo. Descreva o que acontece:

APÊNDICE 2.D - SEQUÊNCIA DIDÁTICA IV – Campo magnético e suas fontes

Área: Física

Tema: Deflexão da agulha de uma bússola devido a interação do campo magnético gerado por uma corrente elétrica.

1. Objetivo: Reconhecer as fontes de campo magnético, de modo que, ao término da tarefa, o aluno deverá ser capaz de identificar o que vem a ser campo magnético e as fontes de campo magnético.

2. Tarefa

- Observar o comportamento do ponteiro da bússola com o giro o potenciômetro;
- Avaliar a relação entre corrente elétrica e campo magnético produzido em uma bobina;

3. Material: kit eletromagnético I

- 1 bateria 9 V;
- 1 lâmpada pequena;
- 1 Potenciômetro 10 K,
- 1 bobina (200 voltas, fio bitola 30);
- 1 Bússola;
- 1 chave liga-desliga;



4. Procedimentos

- Posicionar a caixa do dispositivo na orientação Norte -Sul indicado na caixa;
- Ligar a chave (posição I);
- Gire suavemente o potenciômetro no sentido horário.

- Repita quantas vezes for necessário estes procedimentos para responder às questões a seguir.

5. Resultados

A resposta a cada questões a seguir dependerá das suas observações durante este ensaio experimental.

PARTE I

a) O que acontece com o brilho da lâmpada à medida que o potenciômetro está sendo girado?

R. _____ .

b) Por que ocorre esta alteração no brilho da lâmpada?

R. _____ .

c) O que acontece com o comportamento da agulha da bússola com o giro do potenciômetro?

R. _____

d) O que faz a bússola girar neste experimento? R. _____ .

e) Quem é responsável pela criação dos fenômenos que fez a bússola girar? R.

_____ .

PARTE II

a) Gire o potenciômetro até obter brilho máximo na lâmpada.

Desligue a chave.

Afaste a bobina da bússola.

Com a bobina nesta posição, ligue a chave novamente e observe o que acontece com a bússola. Ligue e desligue quantas vezes achar necessário para observar o efeito.

R. _____.

b) Com a chave desligada, aproxime a bobina da bússola.

Com a bobina nesta nova posição, ligue a chave e observe o que acontece com a bússola. Ligue e desligue quantas vezes achar necessário para observar o efeito.

R. _____.

1. Objetivo: Determinar a relação matemática da lei de Ampère.

2. Tarefa

- Medir a deflexão da agulha da bússola variando da intensidade da corrente elétrica.
- Medir a deflexão da agulha da bússola variando da distância do fio à bússola.
- Determinar as relações de proporcionalidade entre:
 - O campo magnético B e a corrente elétrica, $B=B(i)$;
 - O campo magnético B e a distância do fio à bússola, $B=B(r)$

APÊNDICE 2.E – SEQUÊNCIA DIDÁTICA V – Lei de Ampère

Área: Física

Tema: Deflexão da agulha de uma bússola e função do campo magnético gerado por uma corrente elétrica em um fio de cobre.

A Fig.17 mostra a imagem do arranjo experimental composto pelo gabarito, fio de cobre (30 cm, bitola 10), ponte de 10 resistores (5,6 Ohms, 10 W de cerâmica) em um *protoboard*, amperímetro, fonte de tensão (carretador de celular, 5V, 1 A), entrada USB com garras jacaré e dois cabos com pino banana e uma garra jacaré.

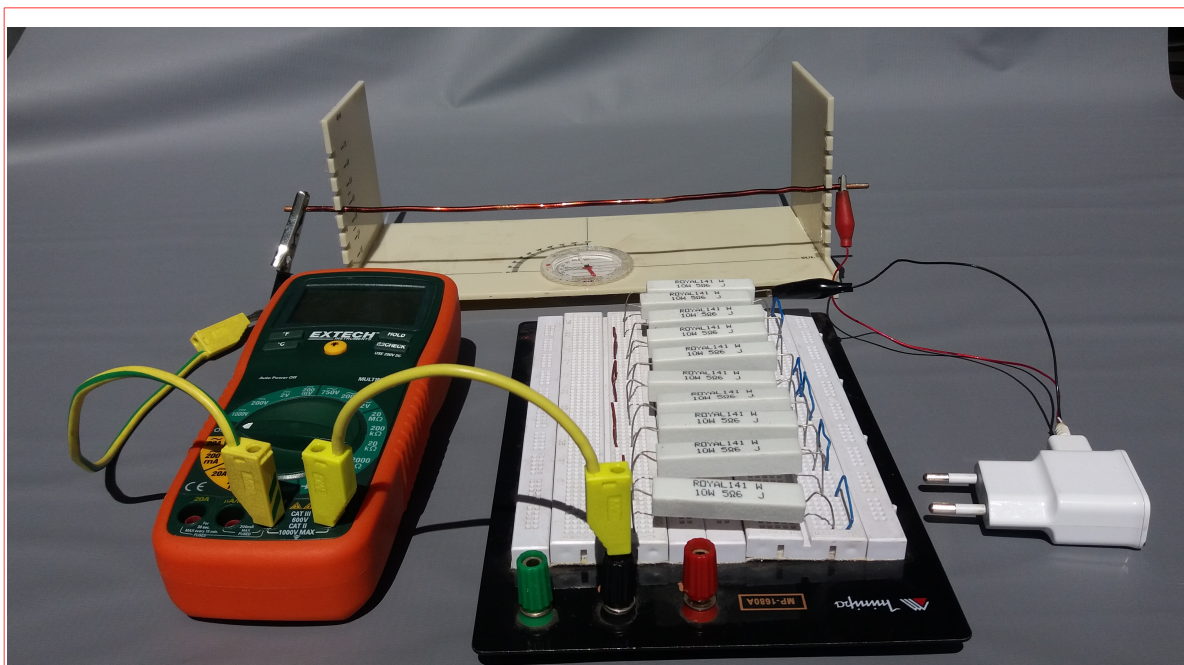


Fig. 17. Arranjo experimental para determinação da Lei de Ampère.

Observação: a escolha por resistores cerâmicos foi; por oferecerem maior potência térmica item que viabilizou com segurança os testes com os kits, mostrando resultados confiáveis.

As conexões para execução do experimento são mostradas na Fig. 18

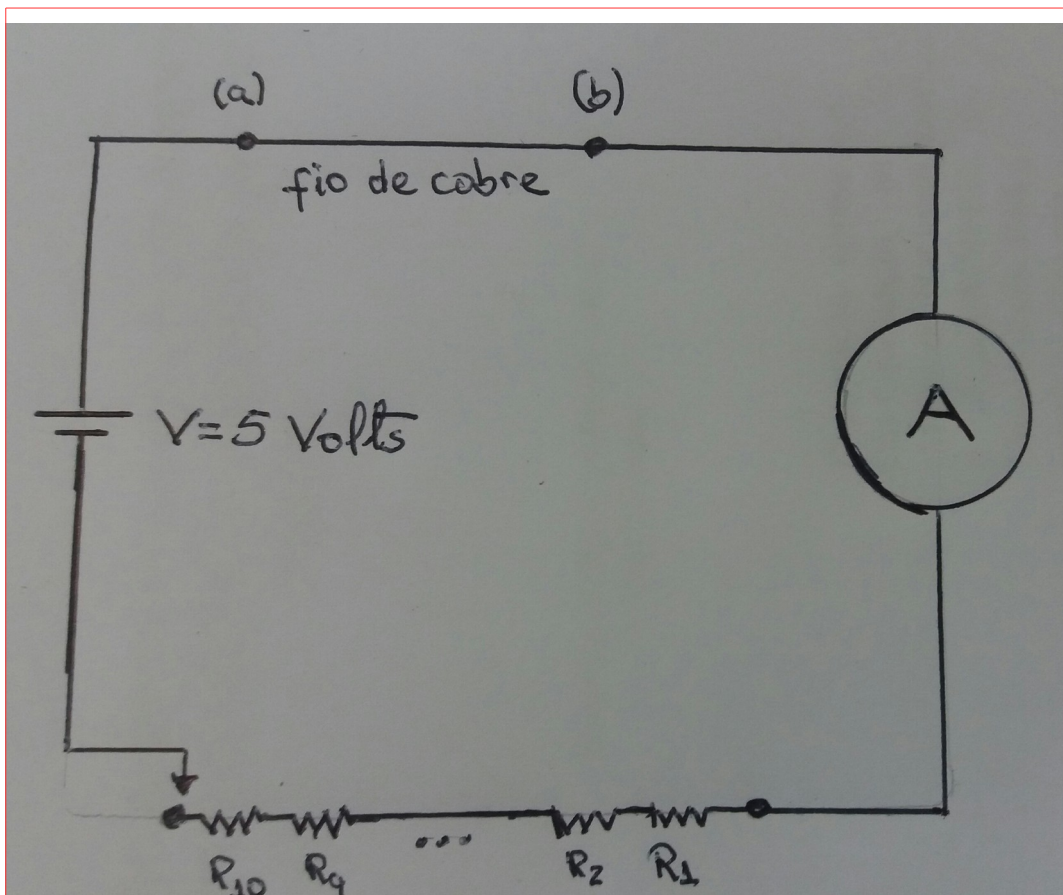


Fig. 18. Conexões do arranjo experimental circuito Lei de Ampère.

4. Procedimentos¹

Posicione o gabarito de tal modo que a agulha da bússola (fixa ao gabarito) esteja na direção norte-sul (linha do gabarito);

Primeira Parte.

1. Definir o fundo de escala do amperímetro em 10 ou 20 A (dependendo do multímetro);
2. Ligar a fonte em uma tomada disponível;
3. Conectar um dos terminais do cabo da fonte no fio de cobre (de 30 cm);

1. Este protocolo orienta o aluno a executar o experimento. No entanto, a supervisão e orientação do professor é fundamental para o andamento e efetiva coleta de dados.

4. Conectar o outro terminal do cabo da fonte na ponte de resistores (10° resistor);
5. Medir a deflexão da agulha da bússola e a corrente elétrica correspondente. Anote na tabela disponibilizada a seguir;
6. Repetir os passos 4 e 5 até o último resistor, anotando os valores de deflexão da agulha e corrente elétrica correspondente.

5. Resultados e análise

Primeira Parte:

1. Anotar os resultados da primeira parte na Tab.1;
2. Traçar o gráfico correspondente na estrutura 1;
3. Determinar o tipo de relação matemática.

Tabela 1. Relação entre a deflexão da agulha da bússola $\Delta\theta$ e a corrente elétrica i (distância fixa de 1,0 cm do fio).

$\Delta\theta$ (grau)	i (A)

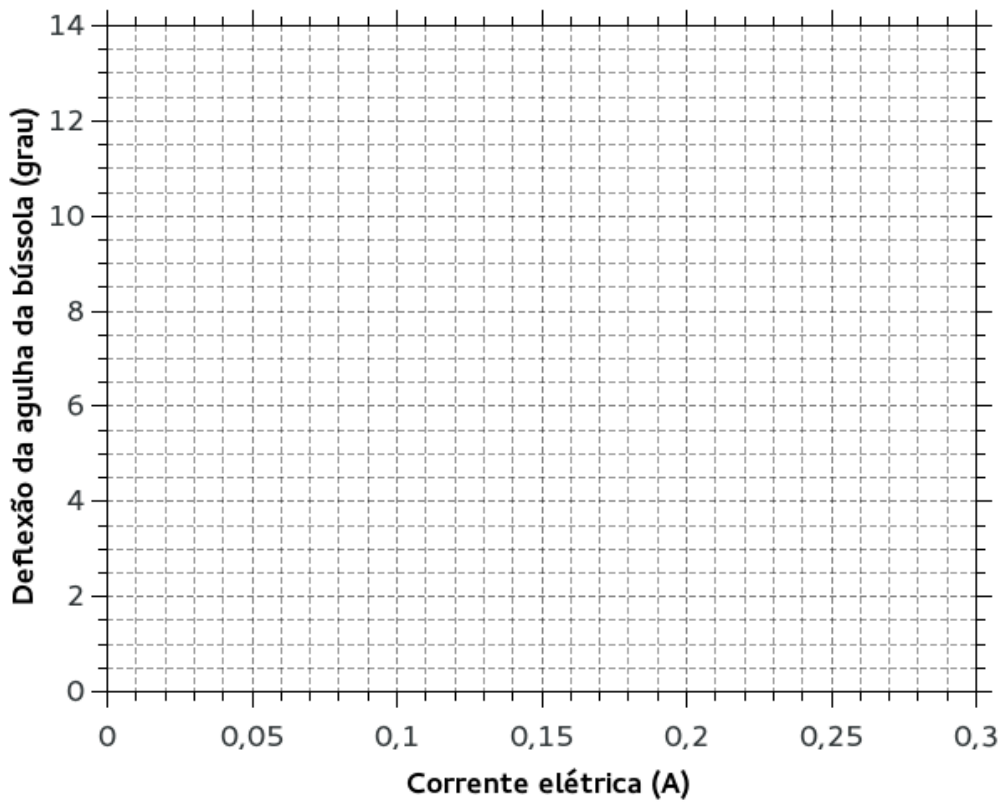
Segunda Parte:

1. Anotar os resultados da primeira parte na Tab.2;
2. Traçar o gráfico correspondente na estrutura 2;
3. Determinar o tipo de relação matemática.

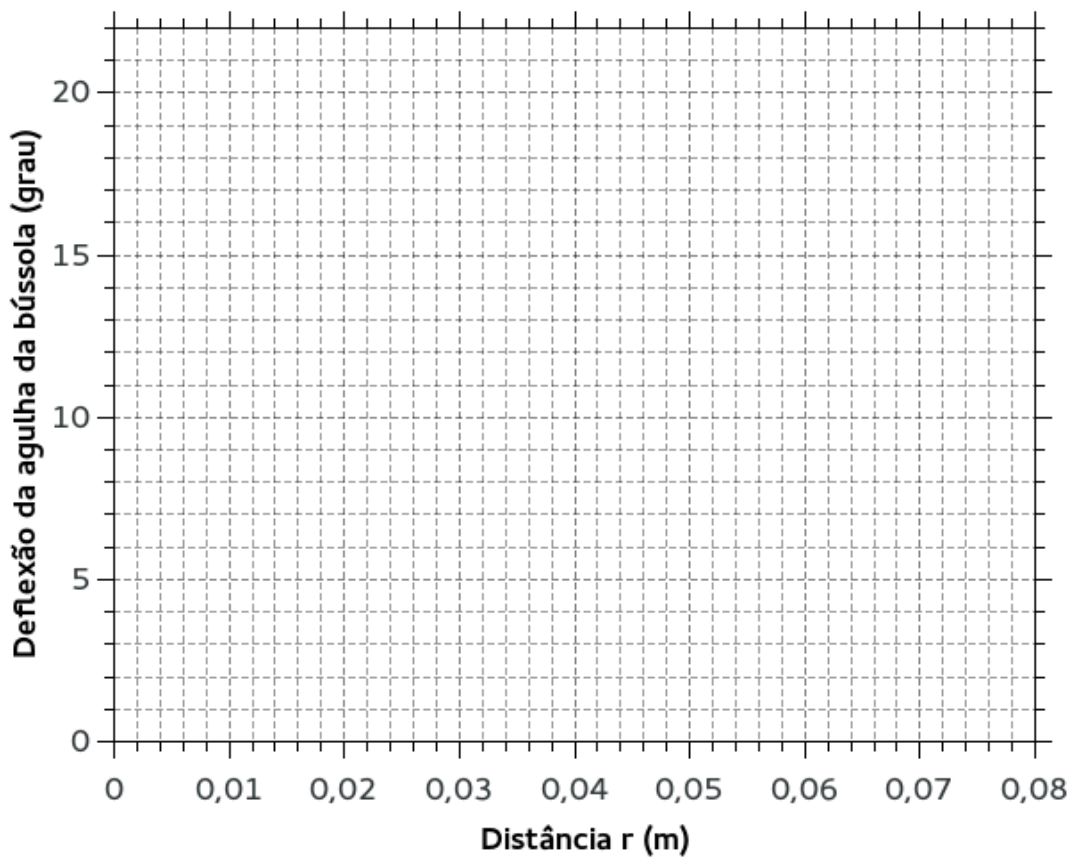
Tabela 2. Medidas da deflexão da agulha da bússola $\Delta\theta$ e da distância r do fio (mantida constante a corrente elétrica em 0,8 A e resistência total 5,6 Ω).

$\Delta\theta$ (grau)	r (m)

Estrutura para os dados da Tabela 1



Estrutura para os dados da Tabela 2



GABARITO

MATERIAL: Acrílico 3 mm

