

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO
GRANDE DO NORTE
CAMPUS NATAL CENTRAL
DIRETORIA ACADÊMICA DE CIÊNCIAS
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
POLO 10**

NATANAEL INÁCIO DOS SANTOS NETO

**UMA EXPERIÊNCIA EDUCACIONAL PARA INCLUSÃO DE DISCENTES CEGOS
NO ENSINO DE ELETROMAGNETISMO**

NATAL/RN

2026

NATANAEL INÁCIO DOS SANTOS NETO

**UMA EXPERIÊNCIA EDUCACIONAL PARA INCLUSÃO DE DISCENTES CEGOS NO
ENSINO DE ELETROMAGNETISMO**

Dissertação apresentada ao Polo 10 do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Área de concentração: Inclusão no ensino de Física.

Orientador: Melquisedec Lourenço da Silva, D. Sc.

Natal/RN
2026

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado do Rio Grande do Norte – IFRN
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBi

Santos Neto, Natanael Inácio dos.
S237e Uma experiência educacional para a inclusão de discentes cegos
no ensino de eletromagnetismo / Natanael Inácio dos Santos Neto. -
2026.
108 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) - Instituto Federal de Educação, Ciência
e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Natal, 2026.
Orientador: Dr. Melquisedec Lourenço da Silva

- Física (Ensino médio). 2. Eletromagnetismo – Estudo e ensino.
3. Cegos - Educação. 4. Inclusão escolar. I. Título.

SIBi/IFRN

CDU 53

Elaborada pela Bibliotecária
Leticia P. A. de Sousa – CRB-15/1018

NATANAEL INÁCIO DOS SANTOS NETO

**UMA EXPERIÊNCIA EDUCACIONAL PARA INCLUSÃO DOS DISCENTES
CEGOS NO ENSINO DO ELETROMAGNETISMO**

Dissertação apresentada ao Polo 10 do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Área de concentração: Inclusão no ensino de Física.

Aprovada em 05 de março de 2026.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **MELQUISEDEC LOURENÇO DA SILVA**
Data: 16/04/2026 15:01:56-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

D.Sc. Melquisedec Lourenço da Silva - Orientador
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte - IFRN

Documento assinado digitalmente
 **ANTONIO MARQUES DOS SANTOS**
Data: 16/04/2026 11:32:36-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

D. Sc. Antonio Marques dos Santos – Examinador interno
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte - IFRN

Documento assinado digitalmente
 **ALEXSANDRO PEREIRA LIMA**
Data: 13/04/2026 20:36:55-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Alexsandro Pereira Lima – Examinado externo
Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus familiares por todo o incentivo ao longo da minha caminhada acadêmica, que sempre buscaram me ajudar através dos estudos.

Quero agradecer a minha noiva que sempre me apoiou desde o começo deste mestrado, buscando ser a motivação e parceria diante de todos os momentos da minha vida pessoal e acadêmica.

Aos meus companheiros de mestrado, que sempre compartilharam das lutas docentes e caminhada em grupo durante esta trajetória acadêmica.

Ao meu eterno orientador e amigo Paulo Cavalcante da Silva Filho, que foi um grande parceiro ao longo da minha carreira acadêmica desde a graduação, e que sempre me motivou num dos períodos mais difíceis da minha vida.

Ao meu atual orientador, Melquisedec Lourenço da Silva, que manteve todo este sonho e trabalho de pé, com muita parceria e incentivo, buscando agregar da melhor maneira possível.

E principalmente, com o presente trabalho sendo realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de financiamento 001.

RESUMO

A educação, como direito fundamental de todos, citado no artigo 205, da Constituição Federal de 1988, da República Federativa do Brasil, é essencial para as pessoas buscarem o pleno desenvolvimento e compreensão de como a educação agrega na vida social, profissional e acadêmica. Assim, a inclusão no ensino de física é necessária para que os discentes com Necessidades Educativas Específicas – NEE, com ênfase nos alunos cegos, possam compreender os conceitos físicos lecionados pelo docente, pois, o entendimento de tais conceitos é importante para a busca da percepção dos fenômenos naturais no cotidiano da sociedade. Este trabalho, descrito na respectiva dissertação, tem o propósito de apresentar uma sequência didática inclusiva com enfoque no ensino de eletromagnetismo, voltado para os discentes cegos. Deste modo, o seguinte trabalho é composto por um conjunto de materiais táteis, voltados para o ensino de física para alunos com cegueira, no âmbito dos conceitos citados. Estas temáticas são lecionadas nas séries finais do ensino médio, principalmente na 2ª e 3ª séries, podendo ser adequadas para turmas de 1ª série, a depender do componente curricular aplicado pela instituição de ensino. A abordagem metodológica, aplicada através da pesquisa qualitativa, é baseada na prática que o discente terá no estudo de cada material tátil, de modo que facilite a sua compreensão. A análise de dados será abordada de acordo com o rendimento do discente na compreensão dos conceitos trabalhados em cada material tátil, aplicado à avaliação somativa com base num questionário. Por fim, os resultados esperados do projeto serão atingidos com base no êxito do discente com relação à compreensão destes itens trabalhados.

Palavras-chave: Ensino de física; Inclusão; Ensino de cegos; Eletromagnetismo; Materiais táteis.

ABSTRACT

Education as a fundamental right for all, as stated in Article 205 of the 1988 Federal Constitution of the Federative Republic of Brazil, is essential for people to seek full development and understanding of how education contributes to social, professional, and academic life. Thus, inclusion in physics education is necessary so that students with Special Educational Needs, with an emphasis on blind students, can understand the physical concepts taught by the teacher, since understanding these concepts is important for the pursuit of perception of natural phenomena in everyday society. This work, described in the respective dissertation, aims to present an inclusive teaching sequence focused on the teaching of electromagnetism, aimed at blind students. Thus, the following work consists of a set of tactile materials aimed at teaching physics to blind students within the scope of the aforementioned concepts. These topics are taught in the final years of high school, mainly in the 10th and 11th grades, and may be suitable for 9th grade classes, depending on the curriculum applied by the educational institution. The methodological approach, applied through qualitative research, is based on the practice that students will have within the study of each tactile material, to facilitate their understanding. Data analysis will be approached according to the students' performance in understanding the concepts worked on in each tactile material, applying summative assessment based on a questionnaire. Finally, the expected results of the project will be achieved based on the student's success in understanding these items.

Keywords: Physics teaching; Inclusion; Education of the blind; Electromagnetism; Tactile materials.

LISTAS DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01: Representação das linhas de força numa carga positiva

Figura 02: Representação das linhas de força numa carga negativa

Figura 03: Interação entre cargas elétricas de sinais opostos

Figura 04: Interação entre cargas elétricas de mesmo sinal

Figura 05: Interação entre a carga Q e a carga de prova no ponto P

Figura 06: Comportamento da bússola numa região próxima ao circuito elétrico com a chave aberta

Figura 07: Comportamento da bússola quando a chave do circuito elétrico é fechada, comprovando a relação entre eletricidade e magnetismo

Figura 08: Representação dos domínios magnéticos de um monocristal de Níquel

Figura 09: Princípio da inseparabilidade dos polos magnéticos

Figura 10: Princípio da atração e repulsão

Figura 11: Agulha da Bússola e a linha de indução de um campo magnético

Figura 12: Campo magnético gerado por um ímã com formato de barra

Figura 13: Campo magnético gerado por um ímã com formato de ferradura

Figura 14: Campo magnético terrestre

Figura 15: Representação de um fio condutor retilíneo e as suas linhas de indução

Figura 16: Regra da mão direita para um fio retilíneo

Figura 17: Configuração do campo magnético gerado por um fio retilíneo utilizando limalha de ferro

Figura 18: Representação do campo magnético gerado por uma espira circular, sendo este simbolizado pela soma de cada componente x de $d\vec{B}$ no eixo da espira

Figura 19: Regra da mão direita para uma espira circular

Figura 20: Configuração do campo magnético gerado por uma espira circular utilizando limalha de ferro

Figura 21: Representação do campo magnético gerado por um solenoide, no plano xy

Figura 22: Regra da mão direita para solenoide

Figura 23: Configuração do campo magnético gerado por um solenoide utilizando limalha de ferro

Figura 24: Materiais utilizados para a confecção dos aparatos táteis

Figura 25: Desenvolvimento do material tátil relacionado à carga positiva

Figura 26: Construção do material tátil relacionado à carga elétrica negativa

Figura 27: Material tátil da carga elétrica positiva finalizado

Figura 28: Material tátil da carga elétrica negativa finalizado

Figura 29: Materiais utilizados para a construção do ímã em barra

Figura 30: Material tátil relacionado ao ímã em formato de barra

Figura 31: Materiais utilizados para construção do ímã em ferradura

Figura 32: Ímã em ferradura desenvolvido por meio de material tátil

Figura 33: Itens para construção do aparato tátil relacionado ao fio retilíneo condutor

Figura 34: Fio condutor retilíneo sendo alocado no papelão para teste de encaixe

Figura 35: Fio condutor retilíneo sobreposto ao suporte pronto

Figura 36: Material tátil para o estudo do magnetismo no fio condutor retilíneo

Figura 37: Aparato adaptado sobre o fio condutor retilíneo, visto de cima

Figura 38: Aparato tátil relacionado à equação do fio retilíneo condutor

Figura 39: Desenvolvimento do material tátil da espira circular vista de cima

Figura 40: Construção do aparato relacionado à espira circular

Figura 41: Arame acoplado ao cano PVC e as linhas de campo magnético alocadas no entorno dos furos para o encaixe deste cano na placa de papelão

Figura 42: Linhas de campo magnético de uma espira circular vista de cima

Figura 43: Representação de uma espira circular e suas linhas de campo magnético

Figura 44: Imagem frontal do material tátil sobre o campo magnético numa espira circular

Figura 45: Imagem frontal do material tátil sobre o campo magnético numa espira circular

Figura 46: Equação do campo magnético numa espira circular desenvolvida num material tátil

Figura 47: Materiais utilizados para a construção do aparato tátil para o estudo do campo magnético num solenoide

Figura 48: Estrutura central do solenoide

Figura 49: Construção das linhas de campo magnético num solenoide

Figura 50: Representação das linhas de campo magnético num solenoide

Figura 51: Equação relacionada aos estudos do campo magnético num solenoide

Figura 52: Exploração do material tátil sobre a carga elétrica positiva

Figura 53: Exploração do material tátil sobre a carga elétrica positiva

Figura 54: Exploração do material tátil sobre a carga elétrica negativa

Figura 55: Análise do aparato experimental adaptado sobre o campo magnético num ímã em formato de barra

Figura 56: Continuação da exploração do aparato experimental adaptado sobre o campo magnético num ímã em formato de barra

Figura 57: Analisando os elementos norte e sul do ímã em formato de barra

Figura 58: Análise do material tátil sobre o campo magnético gerado por um fio condutor retilíneo

Figura 59: Exploração do material tátil pelo discente, relacionado ao campo magnético gerado por um fio condutor retilíneo

Figura 60: Exploração por parte do discente relacionada ao aparato sobre o campo magnético gerado por uma espira circular

Figura 61: Análise e compreensão sobre os fenômenos acerca do campo magnético gerado por uma espira circular

Figura 62: Compreensão do aparato experimental sobre o campo magnético gerado por um solenoide

Figura 63: Análise do aparato experimental adaptado sobre o campo magnético gerado por um solenoide

Figura 64: Compreensão do material tátil sobre o campo magnético gerado por um solenoide

Figura 65: Exploração do material tátil sobre o campo magnético gerado por um solenoide.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. CONCEITOS PEDAGÓGICOS E METODOLÓGICOS	15
2.1 A teoria de Vygotsky	15
2.2 Ensino de física para cegos	16
3. CONCEITOS INTRODUTÓRIOS AO ELETROMAGNETISMO	18
3.1 Introdução à Eletrostática	18
3.2 Introdução ao magnetismo	22
3.3 Campo magnético num fio retilíneo	28
3.4 Campo magnético numa espira circular	30
3.5 Campo magnético num solenoide	32
4. METODOLOGIA	34
5. SEQUÊNCIA DIDÁTICA INCLUSIVA	36
5.1 Material adaptado relacionado à eletrostática	36
5.2 Material inclusivo sobre os conceitos introdutórios do magnetismo	40
5.3 Aparato adaptado associado ao conceito de magnetismo em diferentes estruturas	43
6. RESULTADOS	55
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	62
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64
APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO PARA ANÁLISE DOS CONCEITOS PREVIAMENTE CONHECIDOS PELO DISCENTE	66
APÊNDICE B - PRODUTO EDUCACIONAL	68

1. INTRODUÇÃO

Esta dissertação foi desenvolvida como um conjunto de materiais táteis, voltados para o ensino de física para cegos, com ênfase nos conceitos de eletromagnetismo. Estes conceitos são lecionados nas séries finais do ensino médio, principalmente na 2ª e 3ª séries, podendo ser adequados à 1ª série com base no componente curricular utilizado pela instituição de ensino.

A motivação de desenvolver um trabalho voltado para a área da inclusão no ensino de física foi o fato de ter desenvolvido práticas inclusivas e uma monografia voltada para esta aplicação, o que me permitiu criar materiais táteis e inclusivos no âmbito do eletromagnetismo.

A aplicação deste presente trabalho ocorreu no IFRN Campus Natal Central, como um estudo de caso com um aluno com deficiência visual, da própria instituição. Este discente é um atleta paraolímpico de natação, fato esse que possibilitou uma participação significativa na aplicação deste trabalho, demonstrando compromisso e interesse na temática abordada.

O objetivo geral deste trabalho é apresentar uma proposta de sequência didática utilizando materiais táteis adaptados para o ensino de física para cegos, abordando os conceitos introdutórios de eletromagnetismo. Para atingir esta meta seguimos os objetivos específicos de: construir o material didático utilizando itens de fácil acesso; planejar as aulas voltadas para os alunos cegos; incentivar docentes de física na construção de materiais táteis para o ensino de eletromagnetismo; incluir alunos cegos por meio da utilização de materiais táteis sobre os conceitos do eletromagnetismo.

Conceitos de física, tais como carga elétrica, força elétrica e campo elétrico, são explicados através da utilização dos aparatos experimentais adaptados, além de mostrar como utilizar os materiais adaptados para relacioná-los com os conceitos de eletromagnetismo. Por exemplo, a relação do ímã com o campo magnético e como se dá a atração dos materiais magnéticos. Além disso, compreender os conceitos de campo magnético num fio condutor retilíneo, bobinas e solenoides através da utilização de materiais adaptados.

De acordo com Dickman e Pertence:

“Em função da falta de visão, surgem outros meios de comunicação e cognição que permitem que o indivíduo conheça o mundo de uma maneira peculiar. Neste sentido, torna-se imperativo investigar todos os ângulos destas formas de aquisição de conhecimento para buscar novas formas de ensino que possam colaborar para a inclusão desses alunos em sala de aula.” (DICKMAN e PERTENCE, 2024, p. 3; APUD Ferreira, Dickman, 2015).

O eletromagnetismo é uma área da física que aborda dois tópicos com os quais os discentes possuem dificuldades: grandezas vetoriais e matemática básica. Partindo desse pressuposto, os materiais adaptados foram desenvolvidos através dos conceitos mais introdutórios relacionados ao magnetismo nos ímãs em barra e ferradura, magnetismo em diferentes estruturas, além de um tópico introdutório sobre conceitos da eletrostática.

A maneira como os materiais foram criados busca facilitar a compreensão dos discentes que possuem Necessidades Educativas Específicas — NEE, de maneira específica. Para os cegos, de modo que auxilia o trabalho do professor na forma de adaptar tais conceitos para o aprendizado e desenvolvimento destes discentes no âmbito da física.

Assim, de acordo com Santos:

“Os recursos táteis são essenciais para permitir que alunos com deficiência visual explorem e compreendam conceitos físicos. Isso pode incluir o uso de modelos táteis, maquetes, objetos em relevo ou materiais manipulativos que representem as estruturas e os fenômenos estudados. [...], é importante que o professor faça descrições detalhadas dos elementos envolvidos, como forma, textura, tamanho e propriedades físicas, utilizando uma linguagem extremamente descritiva [...]” (SANTOS, 2023, p. 21).

É possível observar que os materiais utilizados para o desenvolvimento de tais aparatos são básicos no quesito de acesso e construção dos instrumentos citados. Assim, o docente poderá utilizar esta facilidade para agregar na sua prática educativa e, conseqüentemente, contribuir no aprendizado dos discentes de modo geral.

A facilidade com a qual o docente terá acesso aos materiais para o desenvolvimento dos aparatos táteis é essencial no que diz respeito à otimização do tempo e planejamento das atividades, pois, a vida profissional docente necessita de um período adequado para o desenvolvimento de tais atividades.

Conforme NASCIMENTO (2023, p. 15):

“[...], fórmulas simplificadas e desenhos ilustrativos serão utilizados como ferramentas pedagógicas eficientes para auxiliar na compreensão dos conceitos abordados, tornando o aprendizado mais acessível e dinâmico. O compromisso em fornecer um material didático inclusivo, de qualidade e adaptado às necessidades. Específicas dos alunos com NEE é um passo importante para promover a igualdade de oportunidade e garantir uma educação mais justa e acessível para todos.”.

Dessa forma, na sequência desta dissertação, serão mostrados, com alguns capítulos sobre as revisões bibliográficas que embasam as teorias pedagógicas de Vygotsky relacionadas

ao âmbito da inclusão, os conceitos físicos introdutórios ao eletromagnetismo, a metodologia deste trabalho, da sequência didática inclusiva e dos seus respectivos resultados.

2. CONCEITOS PEDAGÓGICOS E METODOLÓGICOS

2.1 A teoria de Vygotsky

Lev Semenovitch Vygotsky desenvolveu trabalhos na área da psicologia, entre eles sobre a importância da linguagem e comunicação e do desenvolvimento cognitivo por meio da educação.

É perceptível a importância da interação social do sujeito e como este indivíduo irá se comportar diante de tais situações que implicam no seu desenvolvimento acadêmico e cognitivo.

Assim, LEFRANÇOIS (2016, p. 257 - 258):

“Vygotsky chegou a conclusão de que o discurso e o pensamento são inicialmente independentes, mas que a interação cultural e, especialmente, o nível de sofisticação da linguagem é instrumental na determinação do nível de sofisticação conceitual [...]. A teoria de Vygotsky diz muito sobre as forças que moldam a aprendizagem [...]. Ela enfatiza o papel da cultura e da linguagem no desenvolvimento cognitivo, e diz muito sobre a relação especial que existe entre professores e alunos”.

Através disso, é importante compreender que a educação precisa auxiliar no desenvolvimento discente e que, baseado na sua prática cotidiana, sendo esta fundamental para agregar no conhecimento que será adquirido no âmbito escolar.

Conforme VYGOTSKY (2001, p. 7):

“[...] o mundo da experiência precisa ser extremamente simplificado e generalizado antes que possam ser traduzido em símbolos. Somente assim a comunicação torna-se, de fato, possível, pois a experiência do indivíduo encontra-se apenas em sua própria consciência, e é, estritamente falando, não comunicável. [...]. Assim, a verdadeira comunicação humana pressupõe uma atitude generalizante, que constitui um estágio avançado do desenvolvimento do significado da palavra. As formas mais elevadas da comunicação humana somente são possíveis porque o pensamento do homem reflete uma realidade conceitualizada.

Os discentes cegos que estão cursando o ensino médio no período da adolescência, passam por processos que afetam diretamente o aprendizado destes alunos, e o fator sociocultural afeta a maneira como o aprendizado deste aluno irá ocorrer.

De acordo com VYGOTSKY (2001, p. 73-74):

“No entanto, a tarefa cultural, por si só, não explica o mecanismo de desenvolvimento em si, que resulta na formação de conceitos. O pesquisador deve ter como objetivo a compreensão das relações intrínsecas entre as tarefas externas e a dinâmica do desenvolvimento, e deve considerar a formação de conceitos como uma função do crescimento social e cultural global do adolescente, que afeta não apenas o conteúdo, mas também o método de seu raciocínio. O novo e significativo uso da palavra, a sua utilização como um meio para a formação de conceitos, é a causa psicológica imediata da transformação radical por que passa o processo intelectual no limiar da

adolescência. [...]. A capacidade para regular as próprias ações fazendo uso de meios auxiliares atinge o seu pleno desenvolvimento na adolescência.”

Dessa forma, é necessário compreender que a educação é ampla no sentido inclusivo, pois, o discente cego precisa de meios que possa incluí-lo no ambiente educacional, de modo que, o seu aprendizado ocorra do modo mais adequado possível.

2.2 Ensino de física para cegos

A inclusão no ensino de física é fundamental para que o aluno com deficiência, pois, além de auxiliar no desenvolvimento cognitivo do discente, facilita na compreensão dos fenômenos naturais e como estes fenômenos impactam na sociedade.

Assim, VAZ e MOURA (2024, p. 3):

“[...], o contexto de sala de aula nos apresenta as dificuldades que os estudantes apresentam, em aprender conteúdos de Física, em especial no Ensino Médio. Esta dificuldade permeia todos os estudantes, e não seria diferente para pessoas com deficiência, seja mental, intelectual e Física. O cenário da educação inclusiva no Brasil já é preocupante de formas gerais, mas quando vislumbramos a área das ciências exatas, em especial a Física, notamos que as dificuldades são mais frequentes e complexas.”.

O discente com deficiência visual possui a dificuldade na questão da percepção relacionada à visão e isto inclui o fato de não conseguir distinguir cores e lugares utilizando o sentido citado. Considerando o contexto apresentado, é necessário ser apresentada uma forma de ensinar física utilizando materiais táteis.

Esta dificuldade se apresenta de forma distinta em cada estudante, a depender do período que o discente possui tal deficiência, pois, é possível que a cegueira possa ter sido afetada ao longo do seu crescimento ou ter nascido com tal fato.

Segundo SANTOS NETO (2021, p. 11):

“[...], o ensino de Física para alunos com Deficiência Visual (DV) necessita de um planejamento mais elaborado, pois, todos os conteúdos que o docente irá estudar precisam ser transcritos ou desenvolvidos através dos materiais adaptados. Assim, o professor precisa produzir materiais pedagógicos diversos que permitam que o discente possa abstrair o conhecimento por meio de suas sensações e das relações com a teoria, com as definições científicas.”.

Além disso, é importante compreender que a formação dos discentes na área da física necessita de ajustes no sentido de trazer abordagens inclusivas para os futuros docentes poderão

desenvolver práticas voltadas para a inclusão no ensino de física durante a sua formação acadêmica, contribuindo para ampliar a gama de práticas educativas e inclusivas neste período.

Assim, o eletromagnetismo é uma área da física que aborda conceitos robustos de cálculo e análise de fenômenos naturais visuais, como o relâmpago ou a atração de ímãs. Através disso, é necessário desenvolver métodos que busquem adequar esta área tão importante na física e os conceitos relacionados a ela. Por isso, os materiais táteis e os elementos contidos neste material são essenciais para que o conteúdo do eletromagnetismo seja acessível e compreensível para os alunos com deficiência visual.

Conforme destaca LOPES (2023, p. 26):

“[...] Para os estudantes com deficiência visual, o tato e a audição são fatores indispensáveis à interação com o mundo, proporcionando uma nova oportunidade à interpretação dos fenômenos. Todos os alunos, iniciam a suas interpretações com base no senso comum, que por sua vez, exerce uma grande influência no processo de ensino e aprendizagem do mesmo. [...]. Em outras palavras, sabendo-se que os alunos têm dificuldade em transitar do senso comum para o conhecimento científico, modelos multissensoriais é uma proposta alternativa, pois permite a fase do concreto, necessária ao estudo dos estudantes com deficiência visual.”

Por fim, é necessário desenvolver materiais táteis com o propósito de incluir o aluno cego, e o compromisso docente é fundamental para tal situação ocorrer.

Este compromisso precisa ser alinhado com a capacitação e planejamento do profissional que irá desenvolver tal prática pedagógica, considerando o contexto educacional que está inserido e os elementos necessários para tais aplicações.

3. CONCEITOS INTRODUTÓRIOS AO ELETROMAGNETISMO

3.1 Introdução à Eletrostática

Os gregos descobriram, no ano de 600 a.C., que o âmbar possuía propriedade de atrair objetos distintos, sendo percebida quando este material era atritado com a lã. Atualmente, é afirmado que âmbar adquiriu uma carga elétrica ou se tornou carregado. Sendo assim, o termo “elétrico” deriva-se da palavra elektron, que significa âmbar.

Os modelos atômicos da matéria, buscam descrever a estrutura de um átomo, principalmente o núcleo e a eletrosfera. Ao longo da história, foram desenvolvidos inúmeros modelos atômicos, entre eles: Dalton, Thomson, Rutherford, Bohr e o modelo quântico atual. Com isso, a característica que pode existir ou não nos átomos são as cargas elétricas, sendo estas relacionadas à interação entre partículas, de modo que se relacionam por meio de propriedades elétricas e magnéticas.

Sabe-se, hoje, que o átomo é composto por um núcleo que contém prótons e nêutrons, além de uma eletrosfera composta por elétrons. As partículas que apresentam cargas elétricas, de modo resumido, são: Prótons (carga elétrica positiva), Elétrons (carga elétrica negativa) e Nêutrons (carga elétrica nula).

A área da física que estuda o comportamento e as interações das cargas elétricas em repouso é denominada de eletrostática. Inicialmente, iremos discutir as cargas elétricas positivas e negativas, presentes no próton e elétron, respectivamente. É percebido que, ao aproximar duas cargas de mesmo sinal, ambas são repelidas entre si. Porém, quando as cargas possuem sinais distintos, ocorre a atração entre elas. As figuras 01 e 02 mostram o comportamento das linhas de força no próton e no elétron, respectivamente. Estas linhas representam a orientação do campo elétrico em cada carga.

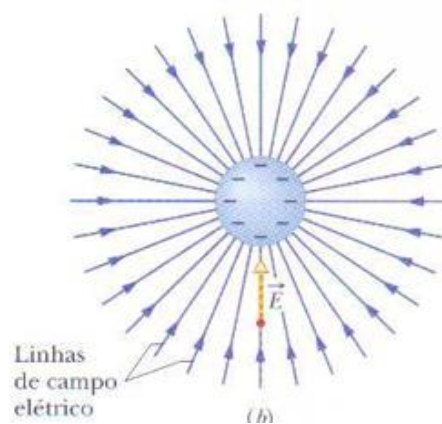
Na figura 01, a carga elétrica positiva possui as suas linhas de força orientadas de dentro para fora, enquanto na figura 02, a carga elétrica negativa possui estas linhas orientadas de fora para dentro.

Figura 01: Representação das linhas de força numa carga positiva.



Fonte: SEARS E ZEMANSKY (2008, p. 24).

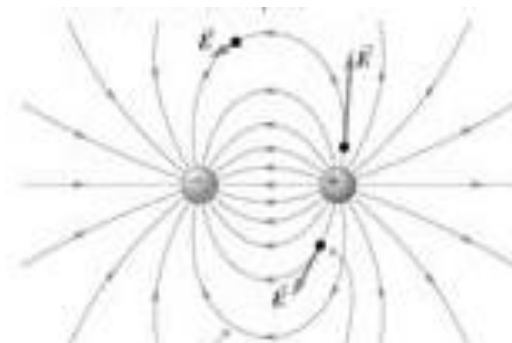
Figura 02: Representação das linhas de força numa carga negativa



Fonte: HALLIDAY E HESNICK (2012, p.26).

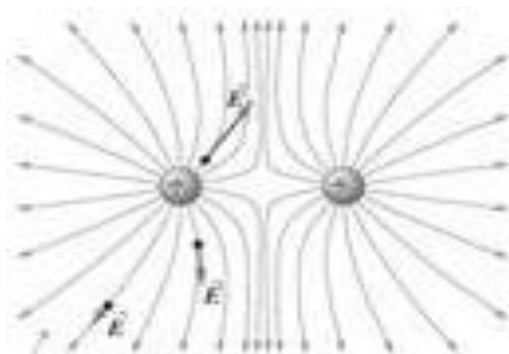
A seguir, as figuras 03 e 04 mostram como o campo elétrico das cargas positivas e negativas se comporta quando ocorrem as interações entre as cargas elétricas de mesmo sinal e de sinais distintos. Além disso, é percebido que algumas regiões das cargas possuem as linhas de força mais próximas do que em outras, isto significa que o campo elétrico é mais intenso nessas regiões.

Figura 03: Interação entre cargas elétricas de sinais opostos.



Fonte: SEARS E ZEMANSKY (2008, p. 24).

Figura 04: Interação entre cargas elétricas de mesmo sinal.



Fonte: SEARS E ZEMANSKY (2008, p. 24).

Charles Augustin de Coulomb (1736-1806), estudou a força de interação entre partículas carregadas em 1784. Ele utilizou um instrumento chamado balança de torção, semelhante à usada 13 anos mais tarde por Cavendish para estudar a força de interação gravitacional. Para cargas puntiformes, ou seja, para corpos carregados e separados por uma distância r muito maior do que os respectivos tamanhos, Coulomb verificou que a força elétrica entre eles é proporcional a $1/r^2$. Ou seja, quando a distância r dobra, a força se reduz a $1/4$ do seu valor inicial; quando a distância se reduz à metade, a força se torna quatro vezes maior do que seu valor inicial.

Assim, foi verificado experimentalmente que a força de interação entre duas partículas carregadas é proporcional ao produto de suas cargas e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre elas. Esta força aponta ao longo da direção da linha que liga ambas as cargas.

A equação que descreve a força elétrica é denominada lei de Coulomb, sendo esta, analisada vetorialmente e descrita da seguinte maneira:

$$\vec{F} = k \frac{Q \cdot q}{r^2} \hat{r} \quad (1),$$

Sendo $\hat{r}$ um vetor unitário, que aponta na direção da reta que liga ambas as partículas, Q e q . Com o valor da constante eletrostática (k) no vácuo, sendo:

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 8,99 \times 10^9 \text{ N} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{C}^2},$$

e a permissividade do vácuo (ϵ_0):

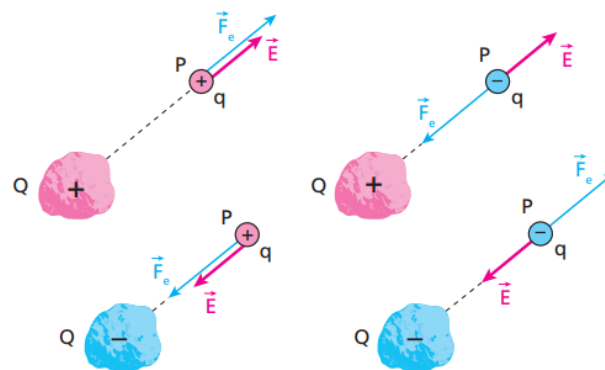
$$\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{N} \cdot \text{m}^2}.$$

No desenvolvimento dos materiais adaptados, as características de cada partícula irão aparecer através dos materiais que representam cada carga elétrica citada, ou seja, a representação do próton e do elétron. A figura 05 descreve a interação entre as cargas Q e q .

Esta interação ocorre através da relação entre as cargas elétricas positivas, especificadas pela cor vermelha, além da carga elétrica negativa, representada na cor azul.

Além disso, a representação do vetor campo elétrico acontece com base na influência da carga fonte, de tamanho maior, e a carga de prova, com o tamanho menor. Assim, este vetor é simbolizado pela seta vermelha na figura 05.

Figura 05: Interação entre a carga Q e a carga de prova no ponto P.



Fonte: GUALTER, HELOU E NEWTON (2012).

O conceito de campo elétrico é relacionado à região de influência a qual uma carga elétrica Q submete uma região específica do espaço, ou seja, a região no seu entorno. Quando uma carga de prova q é aproximada da região do campo elétrico da carga Q, a carga de prova encontra-se submetida a uma força elétrica gerada pelo campo elétrico.

As linhas de campo elétrico, também conhecidas como linhas de força, ocorrem através da influência de uma carga elétrica no entorno da região a qual está ocupando no espaço. Esta influência é representada por linhas, que são denominadas linhas de força, afetando qualquer outra carga elétrica que esteja colocada nesta região.

O campo elétrico para uma carga pontual, é definido através da interação entre a carga fonte Q e a carga de prova q, sendo que a carga de prova está localizada num ponto P. Com isso, utilizando a Lei de Coulomb, definimos o campo elétrico como relação entre campo elétrico e força elétrica.

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} \quad (2),$$

Assim, o campo elétrico gerado por uma carga puntiforme, analisado vetorialmente, é representado por:

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2} \hat{r} \quad (3),$$

Sendo $\hat{r}$ um vetor unitário, localizado na direção da reta que liga ambas as partículas, Q e q. Com o valor da constante eletrostática (k) sendo:

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 8,99 \times 10^9 \text{ N} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{C}^2},$$

e a permissividade do vácuo (ϵ_0):

$$\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{N} \cdot \text{m}^2}.$$

Além disso, o campo elétrico é alterado conforme a maneira como as cargas estão distribuídas no espaço, de modo que, a distribuição afeta na forma como as cargas elétricas vão interagir entre si, afetando diretamente na intensidade das grandezas físicas, força elétrica e o campo elétrico.

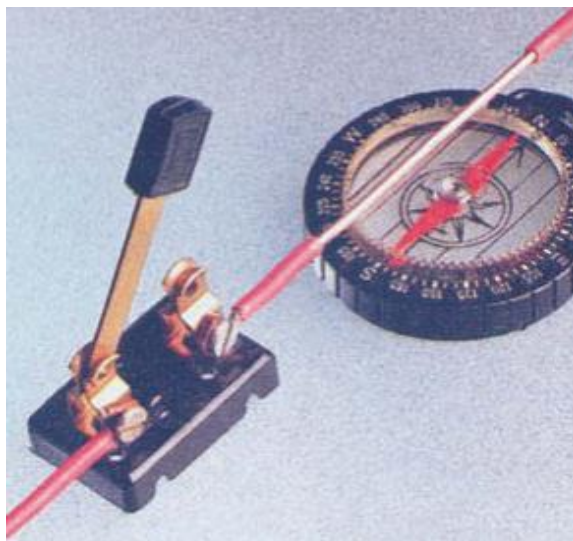
Dessa forma, a compreensão de que relacionando as grandezas campo elétrico e força elétricas em cargas de sinais distintos ou de mesmo sinal, facilita na maneira como as linhas de força irão se comportar em cada carga elétrica e nas interações entre estas cargas.

3.2 Introdução ao magnetismo

Inicialmente, o experimento que se tornou um ponto fundamental para a relação entre eletricidade e magnetismo foi desenvolvido no ano de 1820, por Hans Cristian Oersted. Este experimento trata sobre o comportamento de uma bússola que está próxima a um circuito elétrico quando este se encontra com a chave aberta ou fechada.

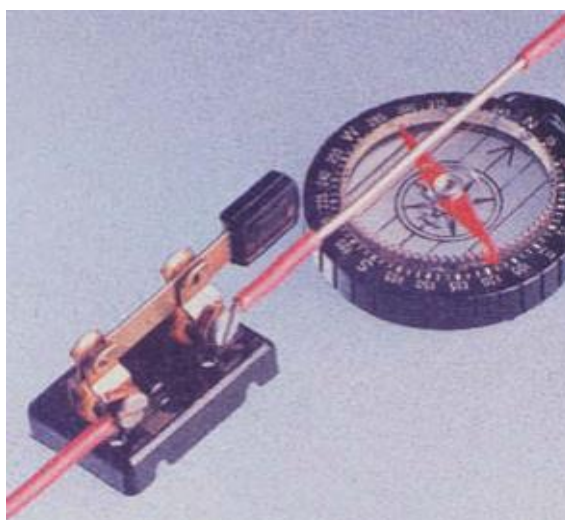
Quando o circuito elétrico estava com a chave aberta, foi percebido que a bússola não realizava nenhuma alteração de comportamento (Figura 06). Porém, quando a chave deste circuito era fechada, a bússola alterava a sua orientação (Figura 07). Através disso, foi concluído que a bússola só alterava a sua orientação na presença de um campo magnético e esta alteração ocorria nas proximidades do circuito elétrico quando havia passagem de corrente elétrica nos fios deste circuito. Dessa forma, foi constatado que a corrente elétrica consegue gerar campo magnético, mostrando que eletricidade e magnetismo estavam relacionados.

Figura 06: Comportamento da bússola numa região próxima ao circuito elétrico com a chave aberta.



Fonte: GASPAR (2013, p. 167)

Figura 07: Comportamento da bússola quando a chave do circuito elétrico é fechada, comprovando a relação entre eletricidade e magnetismo.



Fonte: GASPAR (2013, p. 167).

Na sequência, será tratado sobre: a descoberta do ímã, características do ímã, os conceitos básicos do magnetismo, com ênfase nos ímãs com os formatos de barra e ferradura.

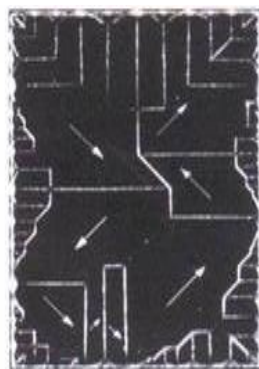
A palavra magnetismo surgiu de uma região grega chamada Magnésia. Nesta região, existiam pedras que possuíam propriedades de atrair metais, conhecidas como ímãs naturais. Estas pedras são chamadas de magnetitas e passaram a ser empregadas em bússolas com uso no âmbito da navegação pelos chineses.

Ao longo da história, o uso dos metais com propriedades magnéticas foi sendo aprimorado e estudados de modo cada vez mais detalhado. Estes materiais possuem características específicas que facilitam a compreensão do seu comportamento.

Alguns materiais possuem propriedades magnéticas específicas, entre elas: O diamagnetismo, paramagnetismo e o ferromagnetismo. Neste trabalho, será comentado apenas sobre o ferromagnetismo.

Os materiais ferromagnéticos possuem uma propriedade denominada de domínio magnético. A propriedade representada na figura 08, faz com que os domínios não fiquem alinhados no material, de modo que, o alinhamento ocorre na medida em que o metal característico desta classe ferromagnética esteja submetido a influência de um campo magnético.

Figura 08: Representação dos domínios magnéticos de um monocristal de Níquel.



Fonte: HALLIDAY E RESNICK (2012, P. 361).

Com relação aos ímãs, a primeira característica é associada à questão de que este elemento não pode possuir apenas um polo magnético. Estes materiais possuem duas regiões conhecidas como polos magnéticos, denominados de polos sul e norte. Estes polos são identificados para facilitar a compreensão sobre o comportamento de um ímã no sentido de atrair ou repelir. Os polos norte e sul possuem comportamentos distintos, no sentido das linhas de indução divergem na região do polo norte - fonte e convergem na região do polo sul - dreno, sendo um exemplo de dipolo magnético.

Assim, esta característica é conhecida como princípio da inseparabilidade dos polos magnéticos. Na figura 09, é mostrado que o ímã, mesmo que ele possa ser dividido em infinitas partes, continua possuindo ambos os polos magnéticos, ou seja, se comportando de modo inseparável como o próprio princípio específico.

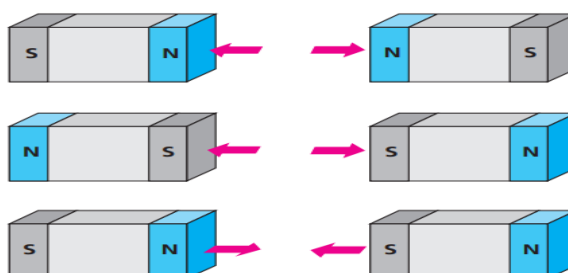
Figura 09: Princípio da inseparabilidade dos polos magnéticos.



Fonte: HALLIDAY E RESNICK (2012, p. 350).

A segunda característica referente ao comportamento destes materiais magnéticos é que eles podem atrair ou repelir outros ímãs, dependendo da proximidade entre os polos de cada ímã. Polos iguais se repelem e polos distintos se atraem. Esta característica é chamada de princípio da atração e repulsão. Na figura 10, são mostradas as forças de interação entre os polos dos ímãs.

Figura 10: Princípio da atração e repulsão.

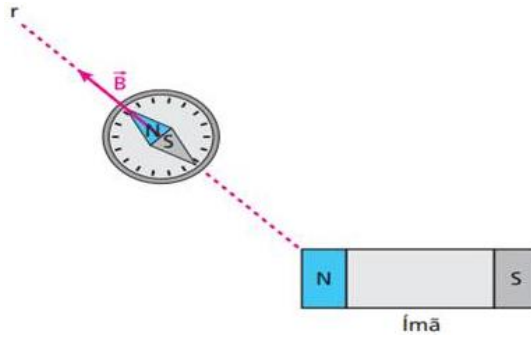


Fonte: GUALTER, HELOU E NEWTON (2012, p. 227).

Assim como ocorrem com as cargas elétricas positivas e negativas, na qual os sinais iguais se repelem e os sinais diferentes se atraem, polos magnéticos são atraídos por polos que possuem a mesma polaridade. Ou seja, os polos iguais são repelidos enquanto os polos diferentes são atraídos.

Um dos instrumentos utilizados para identificar a influência de um campo magnético, é a bússola. Assim, o comportamento deste instrumento é descrito na figura 11.

Figura 11: Agulha da Bússola e a linha de indução de um campo magnético.

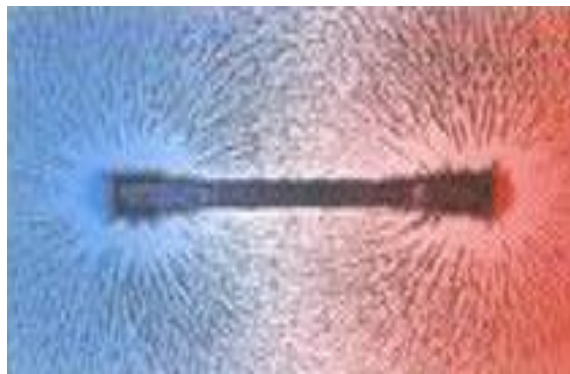


Fonte: GUALTER, HELOU E NEWTON (2012, p. 229).

Assim, a bússola sempre vai apontar para o polo sul magnético. Quando os navegadores eram guiados por este instrumento, ele não estava apontando para um destino específico e sim, para uma região que possui um campo magnético. Por isso, consideramos a Terra como um grande ímã e o polo sul magnético deste planeta está localizado na região do polo norte geográfico e vice-versa. A figura 14 irá mostrar este comportamento na Terra.

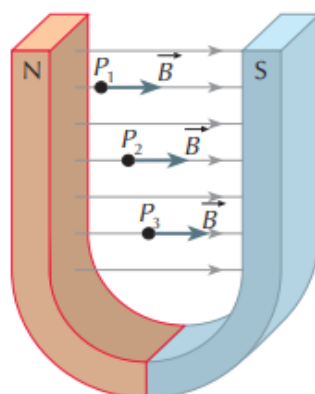
Nas figuras 12 e 13 são mostradas as representações das linhas de campo magnético em ímãs em formato de barra e ferradura, respectivamente.

Figura 12: Campo magnético gerado por um ímã com formato de barra



Fonte: HALLIDAY E RESNICK (2012, p. 350).

Figura 13: Campo magnético gerado por um ímã com formato de ferradura.

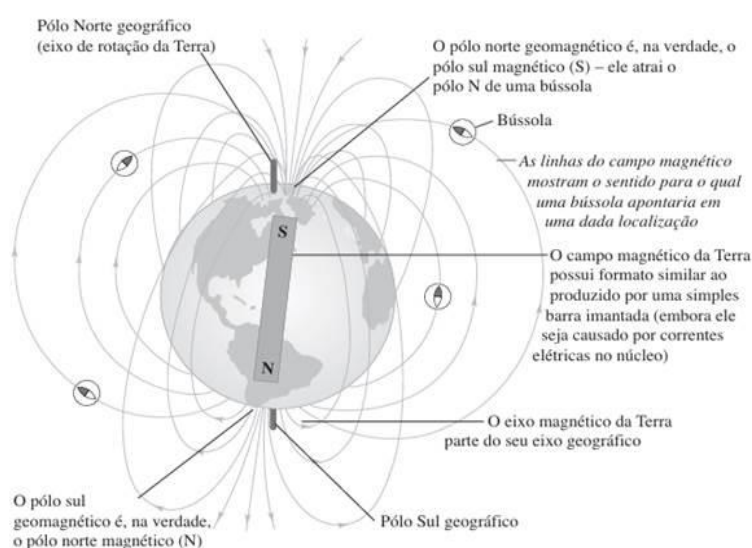


Fonte: NICOLAU, TOLEDO E RAMALHO. (2009, p. 303).

Na prática, não é fácil conceber a origem do campo magnético terrestre. Porém, estudos demonstram que possuímos na Terra um campo magnético gerado no núcleo deste planeta e possui comportamento semelhante ao ímã em barra, sendo este núcleo líquido e o campo magnético desta região variando com o tempo.

O campo magnético terrestre é orientado e especificado com base em dois ângulos. A declinação do campo - ângulo à esquerda ou à direita - entre o norte geográfico e a componente horizontal do campo, e a inclinação do campo, sendo este o ângulo - para cima ou para baixo - entre um plano horizontal e a direção do campo. Assim, a representação das linhas do campo magnético terrestre está sendo mostrada na figura 14.

Figura 14: Campo magnético terrestre.



Fonte: SEARS E ZEMANSKY (2008, p. 205).

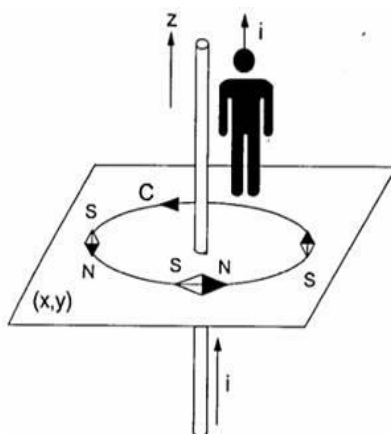
Este campo magnético é responsável por vários fenômenos que mantêm o equilíbrio da vida em nosso planeta. Por isso, os materiais adaptados que abordam os conceitos iniciais desta temática foram enfatizados neste trabalho para o discente buscar compreender o ambiente em que vive de maneira mais acessível e dinâmica.

3.3 Campo magnético num fio retilíneo

Uma vez que o campo magnético pode ser gerado por uma corrente elétrica, será inicialmente estudado o comportamento deste campo em um fio retilíneo por onde passa uma corrente elétrica.

Este fio é considerado retilíneo por estar representado como uma linha reta, sendo feito de materiais metálicos, como o cobre ou o ferro. Através da passagem de corrente elétrica por este fio, é gerado um campo magnético em seu entorno. As linhas de campo geradas por esta corrente são circulares, como descrito na figura 15.

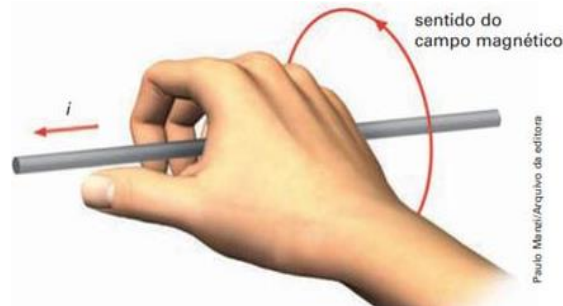
Figura 15: Representação de um fio condutor retilíneo e as suas linhas de indução.



Fonte: NUSSENZVEIG (1997, p. 139).

Para identificar a orientação do campo magnético gerado por um fio retilíneo, utiliza-se uma regra chamada de regra da mão direita. Para usar esta regra, deve-se segurar o fio com a mão direita, com o polegar apontando no sentido da corrente que passa pelo fio reto. Na figura 16, os quatro dedos restantes irão apontar o sentido do fluxo de campo magnético circular em torno do fio. Uma reta tangente a uma linha de campo em um ponto P do espaço em torno do fio, identificará a direção do vetor campo magnético naquele ponto.

Figura 16: Regra da mão direita para um fio retilíneo.



Fonte: GASPAR (2013, p. 168).

Com isso, o campo magnético gerado por um fio condutor retilíneo, na sua forma integral, é descrito da seguinte forma:

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I \quad (4),$$

onde μ_0 é uma constante chamada de permissividade magnética no vácuo e seu valor corresponde a $4\pi \cdot 10^{-7} T \cdot m/A$.

Na prática, o campo magnético gerado por um fio retilíneo pode ser observado através da utilização de limalha de ferro espalhada sobre esta região. A maneira como as limalhas de ferro se distribui no espaço, exibe a orientação das linhas de indução localizadas no entorno deste fio. Na figura 17 é descrita a situação citada.

Figura 17: Configuração do campo magnético gerado por um fio retilíneo utilizando limalha de ferro.



Fonte: HEWITT (2015, p. 459).

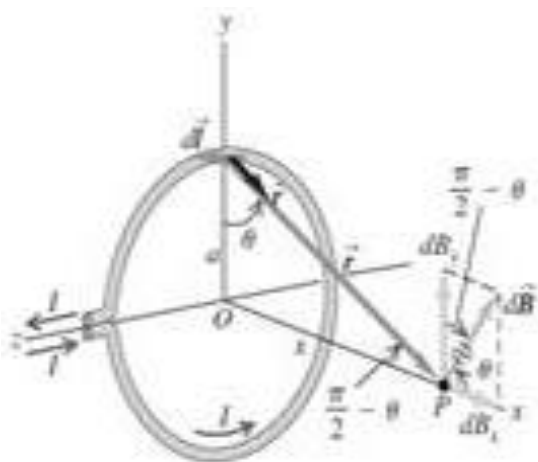
Por fim, o fio condutor retilíneo é apenas uma das formas de mostrar que através da passagem de corrente elétrica por este material, é possível gerar um campo magnético nesta região, e este formato define a maneira como as linhas de indução estão orientadas em torno do

fio condutor retilíneo. Por isso, os materiais adaptados relacionados a este tópico foram desenvolvidos semelhantemente à imagem descrita na figura 17.

3.4 Campo magnético numa espira circular

Neste item, serão abordadas a representação do campo magnético numa espira circular e a sua respectiva equação. Esta fonte de campo magnético foi desenvolvida através do encurvamento de um fio retilíneo, tornando-o num formato circular. A figura 18 representa o campo magnético resultante na componente x do plano xy.

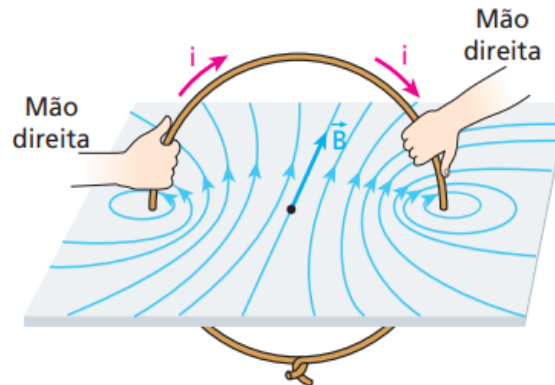
Figura 18: Representação do campo magnético gerado por uma espira circular, sendo este simbolizado pela soma de cada componente x de $d\vec{B}$ no eixo da espira.



Fonte: SEARS E ZEMANSKY (2008, P. 253).

Para identificar a orientação do campo magnético gerado por uma espira circular, é necessário utilizar uma regra chamada de regra da mão direita. Para utilizá-la, seguramos a espira com a mão direita, colocando o polegar no sentido da corrente elétrica. Os demais dedos indicam o sentido das linhas de campo magnético. Esta regra orienta para onde o campo magnético e a corrente elétrica apontam na região da fonte citada. Tal situação se encontra descrita na figura 19.

Figura 19: Regra da mão direita para uma espira circular.



Fonte: GUALTER, HELOU E NEWTON (2012, p. 257).

Sabendo que os conceitos físicos buscam descrever os fenômenos naturais de modo que facilite os estudos e compreensões acerca do que foi abordado, com base nestas descrições, crie uma equação que busque descrever matematicamente a análise desenvolvida.

Desta maneira, a equação que relaciona a análise em torno do campo magnético gerado numa espira circular inclui as seguintes grandezas físicas: Campo magnético (B), corrente elétrica (i) e a permissividade magnética no vácuo (μ_0).

Assim, o campo magnético gerado por uma espira circular, na sua forma integral, é descrito da seguinte maneira:

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int \frac{d\vec{l} \times \hat{r}}{r^2} \quad (5),$$

onde μ_0 é uma constante chamada de permissividade magnética no vácuo e seu valor corresponde a $4\pi \cdot 10^{-7} T \cdot m/A$.

No cotidiano, as linhas de indução numa região de campo magnético gerado por uma espira circular podem ser vistas ao colocar limalha de ferro sob esta região. A figura 20 mostra como esta distribuição ocorre na prática.

Figura 20: Configuração do campo magnético gerado por uma espira circular utilizando limalha de ferro.

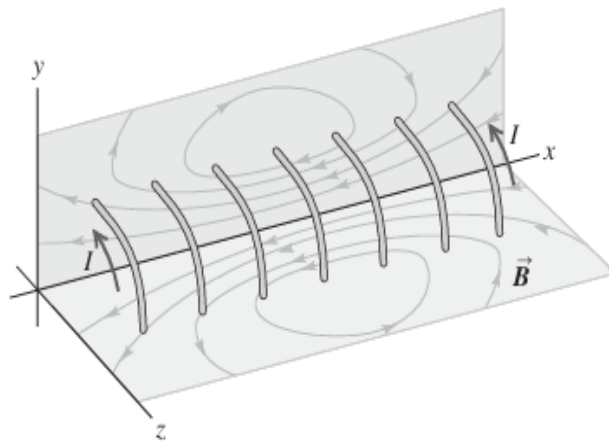


Fonte: HEWITT (2015, p. 459).

3.5 Campo magnético num solenoide

Nesta seção será estudado o conceito relacionado ao campo magnético gerado por um solenoide. Este material é representado por um conjunto de espiras circulares, sendo que esta junção influencia diretamente na intensidade do campo magnético deste instrumento. Tal situação está descrita na figura 21.

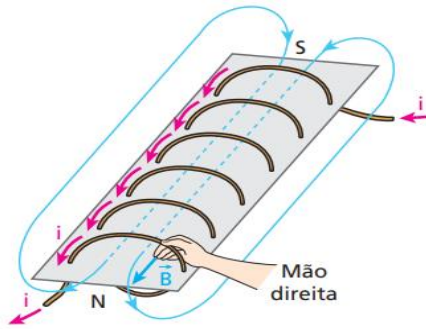
Figura 21: Representação do campo magnético gerado por um solenoide, no plano xy.



Fonte: SEARS E ZEMANSKY (2008, p. 260).

A regra da mão direita, assim como aplicada em uma única espira, pode ser também utilizada aqui para um solenoide, como pode ser visto na figura 22.

Figura 22: Regra da mão direita para solenoide.



Fonte: GUALTER, HELOU E NEWTON (2012, p. 261).

Através da análise conceitual do campo magnético gerado por um solenoide, foi possível desenvolver uma equação matemática para calcular o módulo do campo magnético no centro de um solenoide. Este campo magnético depende da corrente elétrica (i), comprimento do solenoide (L), permissividade magnética no vácuo (μ_0) e o número de espiras (n).

Assim, o campo magnético gerado por um solenoide, na sua forma integral, é descrito da seguinte forma:

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 n I L \quad (6),$$

onde μ_0 é uma constante chamada de permissividade magnética no vácuo e seu valor corresponde a $4\pi \cdot 10^{-7} T \cdot m/A$.

Na prática, quando é colocada limalha de ferro na região de campo magnético gerado por um solenoide, assim como ocorrerá na figura 23, este material se ajusta conforme a distribuição das linhas de indução desta fonte.

Figura 23: Configuração do campo magnético gerado por um solenoide utilizando limalha de ferro.



Fonte: HEWITT (2015, p. 459).

4. METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho consiste na utilização de quadros táteis em uma sequência didática, que irão auxiliar o docente no desenvolvimento e na sistematização dos conteúdos e objetivos a serem alcançados.

O principal recurso didático desta proposta são os quadros táteis, que servirão como ferramenta didática ao docente, por desempenhar um papel fundamental como facilitador e estimulador no processo de ensino e aprendizagem. Através deles, os alunos cegos terão meios para poderem mostrar suas habilidades e assim participarem da turma, sendo incluídos em sala de aula.

A pesquisa a ser abordada será qualitativa, baseada num estudo de caso, e a avaliação será de modo somativo. A pesquisa é qualitativa pelo fato de analisar apenas a maneira como o trabalho foi desenvolvido e como o aluno compreendeu cada conceito físico conforme o material tátil utilizado.

Neste estudo de caso direcionou a atenção para a maneira como o discente cego iria compreender os conceitos introdutórios do eletromagnetismo por meio da utilização dos aparatos táteis desenvolvidos pelo docente.

A utilização da teoria da aprendizagem de Vygotsky foi escolhida pelo fato de focar na importância da interação social e como o docente se torna um mediador no aprendizado do aluno, tornando o ensino mais interessante e atrativo para este discente.

Este produto foi aplicado com um discente cego do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Campus Natal Central.

O discente é um aluno cego da instituição citada, sendo este um atleta paraolímpico de natação e que participou deste estudo de caso com muito compromisso e empenho, tornando a atividade mais leve e significativa para este aluno.

Além disso, o aluno acompanhou por meio das aulas regulares e teve um contato com os conteúdos que estão sendo abordados neste trabalho. Devido à questão do curto prazo relacionado à aprovação do projeto pelo conselho de ética, a aplicação ocorreu separadamente da turma regular, com o discente sendo acompanhado pela profissional do Núcleo de Atendimento às Pessoas com Necessidades Educacionais Específicas – NAPNE, mas o trabalho pode ser utilizado de maneira concomitante nas aulas regulares, sendo implementado de modo específico excepcionalmente.

Inicialmente, o material tátil desenvolvido está sendo utilizado de modo inédito, pois, na área acadêmica, existiam trabalhos relacionados à área da eletricidade e pouca produção relacionada aos conceitos do magnetismo. Através deste material, foi realizada uma breve

revisão sobre os conceitos abordados em cada item, além de uma abordagem inicial sobre os conhecimentos prévios do discente.

O aluno respondeu conforme o questionário do apêndice A, agregando aos momentos de aplicação e desenvolvendo novos conhecimentos baseados nos conceitos utilizados nos materiais táteis.

Assim, a avaliação ocorre de modo somativo, por meio da aplicação de um questionário para o docente poder compreender como o aluno acompanhou o conteúdo e como tal compreensão decorreu por meio da análise dos materiais táteis.

Esta avaliação foi fundamental para compreender como o discente estava se desenvolvendo, baseado nas aplicações dos materiais táteis. Dessa forma, é necessário ocorrer este alinhamento de ideias para que o material proposto e o questionário utilizado possam se complementar através do conhecimento prévio e adquirido pelo discente antes e depois da aplicação dos materiais táteis.

A utilização dos aparatos experimentais táteis nesta área foi justamente pelo fato da escassez de produção nesta vertente, sendo que os conceitos do eletromagnetismo são importantes para a compreensão de como ocorreu a conexão entre eletricidade e magnetismo, aprendendo conteúdos básicos que vão desde as cargas elétricas até as diferentes fontes de campo magnético, como: fio condutor retilíneo, espira circular e solenoide.

Por fim, este trabalho é uma fonte importante no sentido de auxiliar o docente em turmas regulares que possuem alunos cegos, pois, trazer uma nova maneira de lecionar física e abordar a questão da inclusão é crucial para o desenvolvimento cognitivo e acadêmico deste discente e dos alunos de modo geral.

5. SEQUÊNCIA DIDÁTICA INCLUSIVA

A sequência didática inclusiva foi elaborada visando abordar os conceitos de eletromagnetismo, principalmente nos estudos sobre os ímãs em barra e ferradura, além das fontes de campo magnético, que serão abordadas como diferentes estruturas. Estas estruturas são: fio condutor retilíneo, espira circular e solenoide. Além disso, foram revisados os conceitos básicos associados à eletrostática, como força elétrica, carga elétrica e campo elétrico.

Tabela 01: Quantitativo de aulas a serem realizadas e os conteúdos que serão ministrados pelo docente.

Aulas	Tempo de aula (minutos)	Conteúdos abordados
01	50	Carga elétrica e Lei de Coulomb
02	50	Campo elétrico e Força elétrica
03	50	Campo magnético dos ímãs em barra e ferradura
04	50	Fontes de campo magnético (fio condutor retilíneo)
05	50	Fontes de campo magnético (espira circular e solenoide)

Fonte: Própria.

A teoria de aprendizagem a ser abordada nesta sequência didática inclusiva será a de Vygotsky, pois ele enfatiza a importância da interação social e do papel do professor como mediador do aprendizado para o discente cego poder se desenvolver em inúmeros aspectos, entre eles o cognitivo e acadêmico.

Nas seções do capítulo 05, as atividades descritas na tabela 01 serão descritas de forma mais detalhada. Além disso, os materiais adaptados serão aplicados apenas com o aluno cego e alinhados com os conteúdos lecionados sobre introdução à eletricidade e magnetismo.

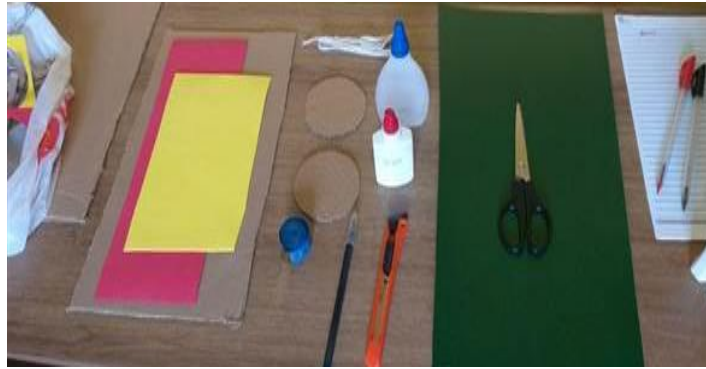
5.1 Material adaptado relacionado à eletrostática

Nesta seção serão tratados os materiais adaptados relacionados à eletrostática e o modo como tais materiais serão aplicados em sala de aula.

Os conceitos básicos a serem abordados serão: conceitos básicos de carga elétrica, força elétrica e campo elétrico. Nesta etapa, serão organizadas duas aulas (Aula 01 e Aula 02). As aulas serão realizadas em 50 minutos, cada. Na sequência, serão especificados como cada material foi construído e o modo que estes serão utilizados nas aulas citadas.

Os materiais foram desenvolvidos utilizando itens de fácil acesso, como: barbante, tesoura, cola branca, E.V.A. (Etileno Acetato de Vinila), cola de isopor, papel cartão e papelão. Os itens citados se encontram na figura 24.

Figura 24: Materiais utilizados para a confecção dos aparatos táteis.



Fonte: Própria.

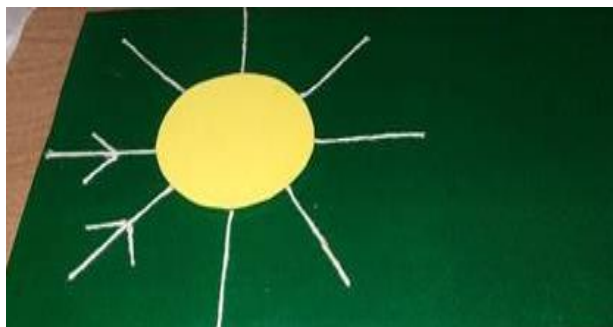
Os materiais foram separados conforme a construção solicitada, ou seja, para os utensílios táteis das cargas positivas e negativas. O E.V.A. na cor vermelha foi utilizado para a carga positiva e o E.V.A. amarelo especificado para a carga negativa. A distinção foi descrita nas figuras 25 e 26, respectivamente.

Figura 25: Desenvolvimento do material tátil relacionado à carga positiva.



Fonte: Própria.

Figura 26: Construção do material tátil relacionado à carga elétrica negativa.



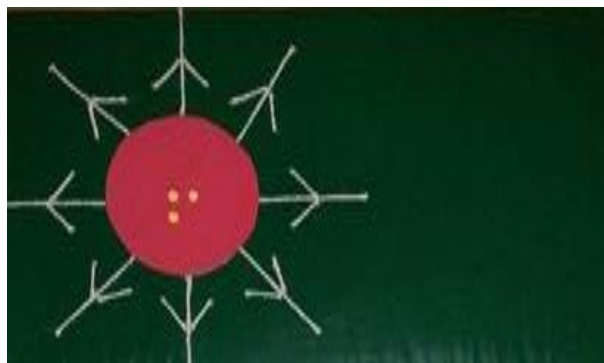
Fonte: Própria.

Antes de iniciar o processo de colagem dos materiais, foi necessário realizar as medições do barbante, papelão, do E.V.A. e do papel cartão. A placa de papelão e o papel cartão possuem as mesmas medidas porque este ficará colado por cima do papelão, revestindo a sua superfície, com as seguintes medidas: 35,5 cm de comprimento por 19 cm de largura (35,5 cm x 19 cm). Os utensílios utilizados para realizar tal procedimento foram a cola branca e a tesoura.

Assim que este processo foi realizado, o passo seguinte foi a colagem do E.V.A. vermelho no círculo de papelão. Tanto o círculo quanto o E.V.A. vermelho possuem as mesmas medidas, em torno de 8 cm de diâmetro. O material aplicado no processo de junção destes foi a cola de isopor e E.V.A. Quando o círculo de papelão e E.V.A. foram colados, placa de papelão e o papel cartão seguiram o mesmo processo, ocorreu o alinhamento do círculo na placa de papelão, de modo que, facilitasse a colagem do barbante no processo seguinte relacionado à representação das linhas de força. Nas figuras 26 e 27, mostraram-se como os círculos se alinharam com a placa de papelão e o modo como o barbante foi acrescentado no material tátil.

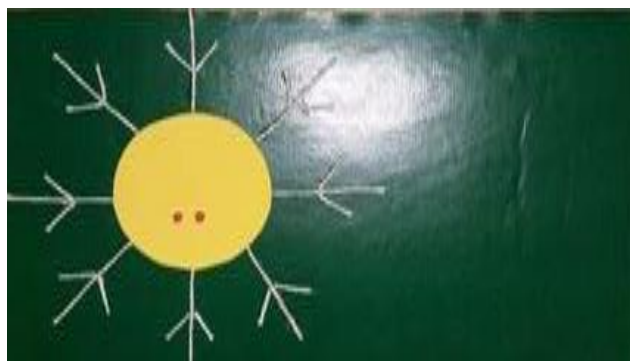
Na sequência, será mostrado como cada material tátil ficou após a realização do procedimento de confecção destes utensílios. A figura 27 representa uma carga elétrica positiva, com o sinal de adição, em braile, acrescido à região central da carga e na figura 28, a carga elétrica negativa possui um sinal de subtração no seu centro, também representado em braile.

Figura 27: Material tátil da carga elétrica positiva finalizado.



Fonte: Própria.

Figura 28: Material tátil da carga elétrica negativa finalizado.



Fonte: Própria.

Após a construção dos materiais táteis, foi elaborado o planejamento para a utilização dos aparatos nas Aulas 01 e 02. Na aula 01, os conceitos de carga elétrica e lei de Coulomb serão trabalhados conceitualmente, de modo que o discente compreenda as relações básicas entre estes itens. Nesta aula, o aluno com NEE terá contato com o material tátil para ambientar-se com o aparato proposto. Assim que ocorrer essa exploração, o professor irá orientar e explicar sobre os conceitos físicos propostos nesta aula. A explicação ocorrerá descritivamente para o aluno conseguir associar os itens do aparato tátil com os conceitos físicos abordados pelo docente. Assim que a explicação do material for concluída, o docente realizará discussões dirigidas para solidificar o entendimento conceitual por parte do discente.

Na aula 02, o processo será semelhante à aula 01, distinguindo apenas nos conceitos abordados, que serão relacionados à força elétrica e ao campo elétrico.

Dessa forma, o propósito de dividir a parte introdutória da eletrostática em duas aulas de 50 minutos foi justamente para facilitar a compreensão do discente e realizar a discussão com o docente da maneira mais detalhada acerca dos conceitos físicos envolvidos no capítulo 5.1 deste produto educacional.

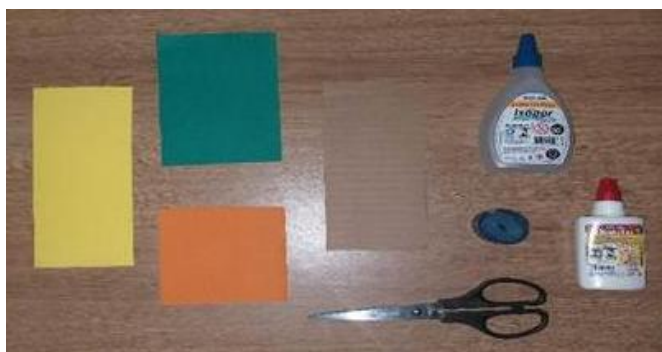
5.2 Material inclusivo sobre os conceitos introdutórios do magnetismo

Nesta seção, serão tratados os conceitos introdutórios do magnetismo, de maneira específica, os ímãs em barra e ferradura. Os conceitos abordados serão relacionados às linhas de campo magnético nestes ímãs. A aula relacionada a este tópico será a aula 03.

a) *Ímã em formato de barra*

Os materiais utilizados para a criação dos materiais táteis voltados para a confecção destes ímãs foram semelhantes aos manuseados na seção 5.1, distinguindo apenas nos itens voltados para a distinção dos polos dos ímãs. A figura a seguir especifica um pouco sobre alguns materiais utilizados. Na figura 29, os materiais fotografados foram: E.V.A. amarelo, cartolina verde, papelão, papel camurça laranja, fita métrica, tesoura, cola branca e cola de isopor e de E.V.A.

Figura 29: Materiais utilizados para a construção do ímã em barra.



Fonte: Própria.

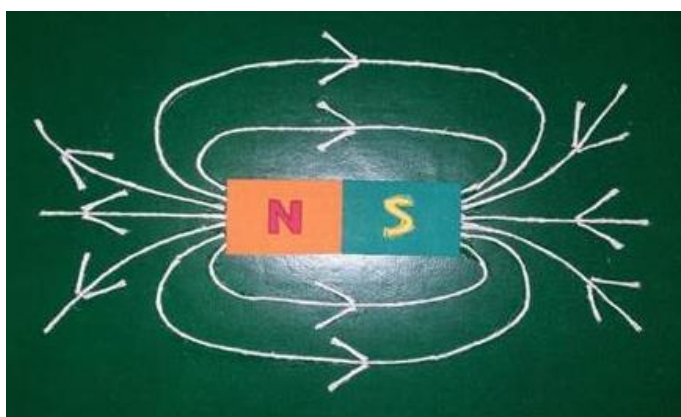
No processo voltado para a construção do ímã em barra, foram realizadas, de maneira inicial, as medições do papelão e do papel cartão verde. As medidas para estes dois itens foram as mesmas pelo fato de o papel cartão verde ser colocado e colado na superfície do papelão, com base nas seguintes dimensões: 50 cm de comprimento por 34 cm de largura. Na sequência, para as medições do ímã em barra e dos materiais colocados na sua superfície, utilizou-se um pedaço de cartolina verde e do papel camurça laranja. Ambos os materiais foram colocados de modo que o ímã ficasse dividido com estes itens, pois, o ímã em barra possui as dimensões de 17 cm de comprimento e 7 cm de largura. Já a cartolina verde (polo sul) e o papel camurça amarelo (polo sul) possuem 8,5 cm de comprimento por 7 cm de largura, cada.

Com relação aos barbantes e às letras N e S, foram utilizados para a representação das linhas de campo magnético e dos polos norte e sul, respectivamente. Para a confecção das letras,

os E.V.A.s nas cores vermelho e amarelo foram os escolhidos, com o vermelho simbolizando o polo norte (N) e o amarelo representando o polo sul (S). As medidas dos barbantes foram distintas pelo fato de que algumas regiões do ímã em barra necessitam de pedaços maiores e outras regiões de pedaços menores. Na região na qual o barbante saía do polo norte e entrava no polo sul, foram aplicados dois pedaços de barbante em cada lado, com medidas de 32 cm e 20 cm. Já nos polos do ímã, os barbantes foram menores, em torno de 10 cm cada. No geral, os barbantes que representavam a direção e o sentido das linhas de campo magnético possuíam 2 cm cada.

Na sequência, será mostrada a figura 30, relacionada ao ímã citado, sendo distinguido através das letras N, colocadas sobre o papel camurça laranja, sendo este um material mais áspero. Já a letra S, colada sobre a cartolina verde, é um material menos áspero do que o papel camurça. Ambas as letras foram desenvolvidas utilizando o E.V.A.

Figura 30: Material tátil relacionado ao ímã em formato de barra.



Fonte: Própria.

b) Ímã em formato de ferradura.

Com relação ao ímã em ferradura, os materiais utilizados na sua construção estão descritos na figura abaixo. A figura 31 mostra os seguintes materiais: tesoura, barbante, cola branca, cola de isopor e E.V.A., papel cartão verde, papel camurça laranja, E.V.A. amarelo, E.V.A. vermelho, papel maior para suporte e papelão menor em formato de U.

Figura 31: Materiais utilizados para construção do ímã em ferradura.



Fonte: Própria.

Inicialmente, para a construção do ímã em ferradura, foram realizadas as medições dos materiais que ficarão como suporte para a placa principal e para o ímã específico. A placa principal, em sua base, composta pelo papelão e papel cartão verde, possui a mesma medida, 35 cm x 25,5 cm. Já o ímã em formato de ferradura, possui 8 cm de comprimento e 8 cm de largura.

Com relação aos materiais que irão distinguir os polos deste ímã, foram utilizados os E.V.A.s vermelho e amarelo para representação das letras N (Norte) e S (Sul). Já para a distinção das regiões de cada polo, foram selecionados os seguintes materiais: cartolina verde (polo sul) e camurça laranja (polo norte), com as respectivas medidas 8 cm x 4 cm, cada.

Após a realização das medições e colagem destes materiais, o ímã foi colado na placa principal e os barbantes foram organizados conforme as linhas de campo magnético deste material tátil. Os barbantes curvos na região externa do ímã possuem 15 cm (mais externo) e 10 cm (menos externo) e na região entre os polos norte e sul, foram colocados barbantes com 3 cm de comprimento, cada um deles. Além disso, os barbantes que representam os sentidos destas linhas possuem 1,5 cm de comprimento cada. O material tátil completo está descrito na figura 32.

Figura 32: Ímã em ferradura desenvolvido por meio de material tátil.



Fonte: Própria.

Na aula 03, relacionada à introdução dos conceitos de magnetismo, ambos os ímãs construídos e descritos na seção 5.2 serão abordados com o intuito de auxiliar os discentes com NEE nas aulas de física voltadas para este conteúdo.

Inicialmente, o docente apresentará o material para o aluno explorar e conhecer os itens sobrepostos neste aparato tátil, facilitando a ambientação deste para e explicações subsequentes. Após esta apresentação, o professor abordará os conceitos básicos do magnetismo utilizando os ímãs em barra e ferradura. Com ambos os materiais, o discente conhecerá como as linhas de campo magnético interagem entre os polos desses ímãs e como se comporta a orientação destas linhas em cada um. A duração da aula 03 será de 50 minutos.

5.3 Aparato adaptado associado ao conceito de magnetismo em diferentes estruturas

Nesta seção, serão tratados os conceitos relacionados ao magnetismo, aplicados a diferentes estruturas, como o fio condutor retilíneo, a espira circular e o solenoide. Através disso, foram desenvolvidos três aparatos adaptados voltados para cada estrutura especificada. Assim, a aula voltada para a utilização de tais materiais será a aula 04.

a) *Fio condutor retilíneo*

Inicialmente, será tratado sobre a construção do aparato relacionado ao fio condutor retilíneo. Os itens utilizados para a sua construção estão descritos na figura 33, sendo estes: papel cartão verde, fita métrica, papelão, barbante, cola branca, cola de isopor e E.V.A., caneta, arame verde e tesoura.

Figura 33: Itens para construção do aparato tátil relacionado ao fio retilíneo condutor.



Fonte: Própria.

Para a construção deste material, é necessário realizar as medições dos itens a serem aplicados. Inicialmente, foram realizadas as medidas da placa principal, que ficará como suporte para o barbante e o fio condutor retilíneo. Tais medidas foram as seguintes: 45 cm x 17,5 cm, para o papelão e o papel cartão verde. Na sequência, ocorreu a medição do arame que servirá de sustentação para o recipiente vazio de caneta, com ambos possuindo 18 cm e 13 cm de comprimento, respectivamente. Já os barbantes que simbolizam as linhas de indução, possuem em torno de 41 cm, 30 cm e 16 cm, considerando da região circular mais externa e mais interna ao redor do fio condutor retilíneo, além dos barbantes menores, 2 cm cada, que representam a orientação destas linhas.

Após a finalização do suporte, a placa pequena de papelão, com medidas 17 cm x 9 cm, foi colada abaixo da placa principal para reforçar o encaixe do tubo da caneta e do arame, além de auxiliar na minimização do desgaste da entrada circular na placa principal.

As figuras 34, 35 e 36, descrevem algumas etapas de construção do aparato adaptado e a versão final deste material.

Figura 34: Fio condutor retilíneo sendo alocado no papelão para teste de encaixe.



Fonte: Própria.

Figura 35: Fio condutor retilíneo sobreposto ao suporte pronto.



Fonte: Própria.

Figura 36: Material tátil para o estudo do magnetismo no fio condutor retilíneo.

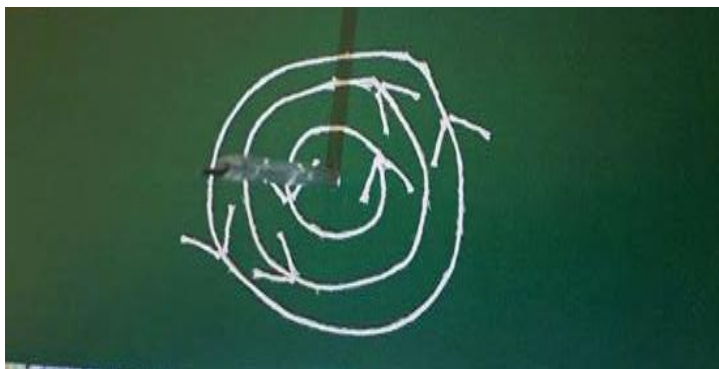


Fonte: Própria.

Após a conclusão do suporte do material e das linhas de indução, o tubo da caneta foi encaixado na placa principal com o arame para dar sustentação e estabilidade a este tubo na

superfície da placa principal. A extremidade inferior do arame foi enrolada seguramente na parte inferior da placa principal, gerando a estabilidade mostrada nas figuras 34 a 36. Assim, a forma final do material citado é descrita na figura 37.

Figura 37: Aparato adaptado sobre o fio condutor retilíneo, visto de cima.



Fonte: Própria.

De modo a complementar o aparato principal relacionado ao fio condutor retilíneo, foi desenvolvido um material que descreve a equação matemática deste item citado. Neste processo, foram utilizados materiais semelhantes aos suportes das figuras 33 ao 37, como papelão e papel cartão verde, além do uso de barbantes. As medidas para este utensílio foi: 28 cm x 17 cm e em torno de 1 m a 1,5 m para o barbante. A situação descrita está exposta na figura 38.

Figura 38: Aparato tátil relacionado à equação do fio retilíneo condutor.

$$B = \frac{\mu_0 \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot r}$$

Fonte: Própria.

Na sequência, será tratado sobre o material adaptado relacionado à espira circular e à construção deste aparato.

b) Espira circular

Inicialmente, foram realizadas as medições dos materiais a serem utilizados para a construção deste material tátil. Para a placa principal, que servirá de suporte para a espira circular e as linhas de campo magnético, foram aplicadas as medidas de 36 cm (Comprimento) x 25,5 cm (Largura). Estas mesmas dimensões serviram para mensurar o recorte do papel cartão verde, que ficará colado por cima do papelão, como descrito na figura 39. Para representação da espira circular, foi utilizado um cano PVC 100 mm, com 2,5 cm de comprimento, além de um barbante que ficará sobreposto a este cano, com a medida de 34 cm.

Figura 39: Desenvolvimento do material tátil da espira circular vista de cima.



Fonte: Própria.

Figura 40: Construção do aparato relacionado à espira circular.



Fonte: Própria.

O material escolhido para representar as linhas de campo magnético numa espira circular foi o barbante, com as seguintes medições: 40 cm (linhas de campo mais externas à espira), 20 cm (linhas de campo mais internas à espira) e 2 cm (para as setas que especificam a orientação destas linhas). Com relação aos arames, estes foram utilizados para auxiliar na sustentação do cano de PVC na placa de papelão, sendo que ambos os fios de arame possuem a medida de 23 cm cada. Na figura a seguir, será mostrado como o arame foi acoplado ao cano

de PVC e o posicionamento das linhas de campo magnético em torno dos furos que serão utilizados para encaixar o cano de PVC na placa de papelão.

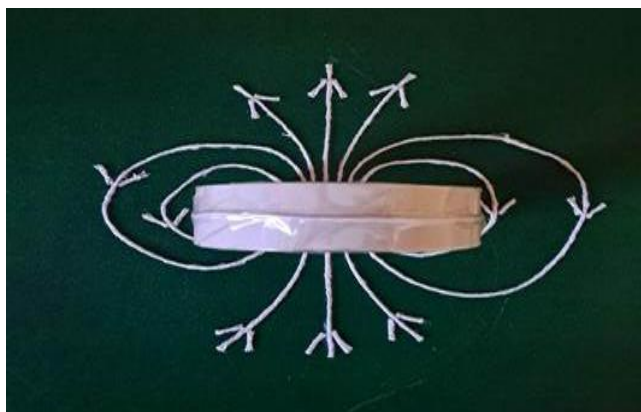
Figura 41: Arame acoplado ao cano PVC e as linhas de campo magnético alocadas no entorno dos furos para o encaixe deste cano na placa de papelão.



Fonte: Própria.

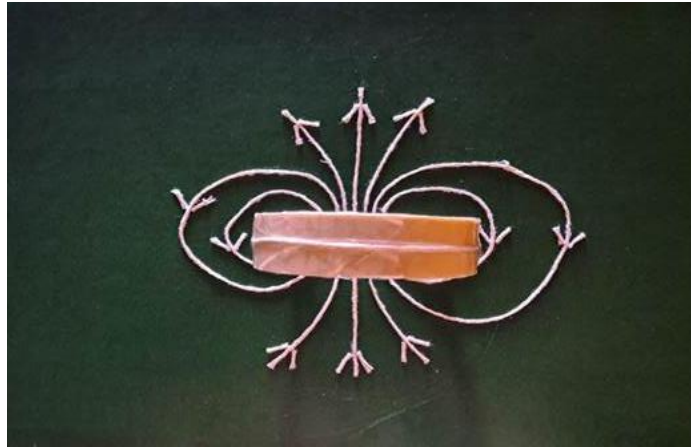
Após a conclusão das medições e colagem dos materiais, a espira circular foi revestida com fita transparente para sustentar o barbante na região central do cano PVC e sendo este alocado na placa de papelão, finalizando o material. Tal situação está sendo descrita nas figuras 42 a 45.

Figura 42: Linhas de campo magnético de uma espira circular vista de cima.



Fonte: Própria.

Figura 43: Representação de uma espira circular e suas linhas de campo magnético.



Fonte: Própria.

Figura 44: Imagem frontal do material tátil sobre o campo magnético numa espira circular.



Fonte: Própria.

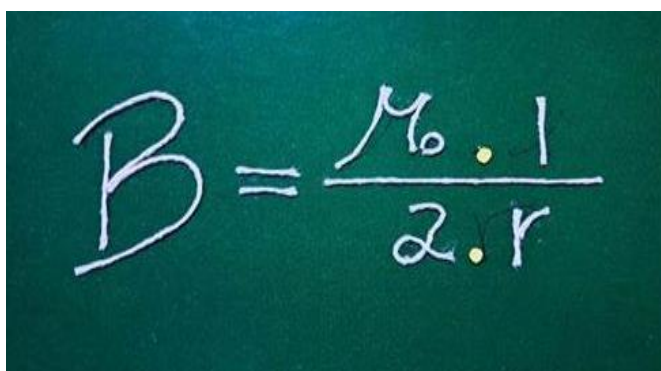
Figura 45: Imagem frontal do material tátil sobre o campo magnético numa espira circular.



Fonte: Própria.

Para complementar os estudos conceituais do material tátil sobre a fonte de campo magnético numa espira circular, foi desenvolvido um material com objetivos semelhantes, diferenciando apenas na abordagem, que será sobre a equação do campo magnético numa espira circular. Assim, seguindo o padrão dos materiais desenvolvidos até agora, este possui os seguintes materiais utilizados e as respectivas medidas: papelão e papel cartão verde (28 cm x 17 cm) e barbante (2 m). Com isso, este aparato tátil está descrito na figura 46.

Figura 46: Equação do campo magnético numa espira circular desenvolvida num material tátil.



The image shows a green rectangular card with the equation for the magnetic field B in a circular loop. The equation is written in white chalk-like font:
$$B = \frac{\mu_0 \cdot I}{2 \cdot r}$$
 where μ_0 is the permeability of free space, I is the current, and r is the radius of the loop.

Fonte: Própria.

Na sequência, será tratado sobre a construção do material tátil relacionado ao conteúdo de campo magnético em diferentes estruturas, de modo específico, para um solenoide. Além disso, a descrição das aulas nas quais as fontes de campo magnético serão abordadas nas aulas 04 e 05, ou seja, nos parágrafos finais deste capítulo.

c) Solenoide

Com o processo semelhante aos materiais criados para o fio retilíneo e a espira circular, o solenoide foi desenvolvido inicialmente com a realização das medições dos itens a serem utilizados no seu desenvolvimento. Na figura a seguir encontram-se os materiais utilizados na produção deste material tátil, sendo estes: barbante, cano PVC 50 mm enrolado por um barbante branco e fita adesiva, dois arames verdes, fita adesiva, alicate pequeno, tesoura, papelão, papel cartão verde e fita métrica.

Figura 47: Materiais utilizados para a construção do aparato tátil para o estudo do campo magnético num solenoide.



Fonte: Própria

Após a separação dos materiais, foram realizadas as medições destes itens. Inicialmente, foi medida a placa de papelão e o papel cartão verde. Pelo fato do papel cartão verde ser colado por cima do papelão, ambos irão possuir as mesmas dimensões, ou seja, 36 cm x 25,5 cm. Concluída esta etapa, foram cortados os arames e barbantes que ficarão com o cano PVC de 50 mm. Este cano PVC de 50 mm possui 11 cm de comprimento e representa o solenoide. O barbante que ficará enrolado no solenoide possui 1,90 m de comprimento, sendo fixado ao longo do seu tamanho por uma fita transparente. Após a finalização desta parte, foram colocados dois arames na parte interna do cano como forma de sustentação deste material na placa de papelão, possuindo 27 cm cada arame. Estes itens citados encontram-se descritos na figura 48.

Figura 48: Estrutura central do solenoide



Fonte: Própria.

Na sequência, foi iniciada a colagem do barbante específico para a representação das linhas de campo magnético. Inicialmente, os barbantes, que estão localizados nas extremidades do solenoide, possuem 11 cm de comprimento cada e as setas que representam a orientação das

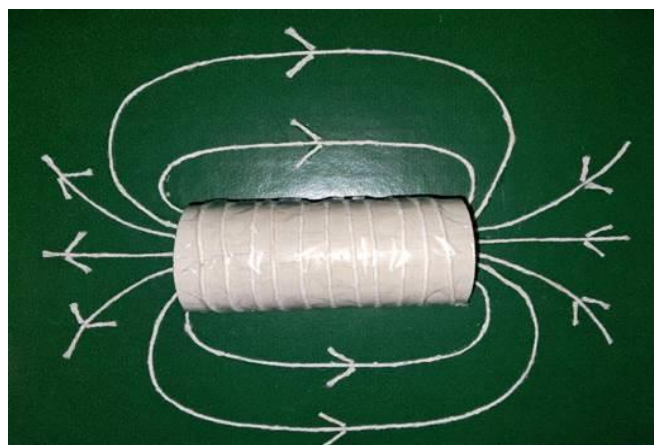
linhas de campo magnético possuem 4 cm cada. Para a finalização deste material, foram colocados os barbantes que conectam as extremidades do solenoide, formando duas curvas em ambos os lados. Este barbante possui dois trechos em cada lado, com as regiões externa e interna medindo 45 cm e 25 cm, respectivamente, além das setas que representam a orientação destas linhas, com 4 cm cada. As figuras 49 e 50 representam a construção e a finalização deste material tátil, respectivamente.

Figura 49: Construção das linhas de campo magnético num solenoide.



Fonte: Própria.

Figura 50: Representação das linhas de campo magnético num solenoide.

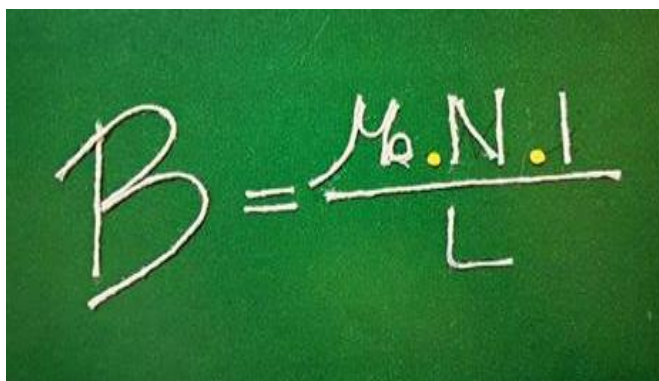


Fonte: Própria.

Concluído o aparato tátil que será utilizado para estudar a parte conceitual da estrutura de um solenoide, acrescentou-se a equação do campo magnético de um solenoide, desenvolvida numa perspectiva inclusiva, sendo esta produzida com materiais de baixo custo e táteis. Seguindo processo semelhante aos outros materiais produzidos neste capítulo, foram realizadas as medições e colagens dos itens.

Pelo fato de a placa de papelão ficar abaixo do papel cartão verde, ambos possuem as mesmas medidas, sendo 28 cm x 17 cm. Após a colagem destes materiais, foi especificado um barbante com 2 m de comprimento para desenvolver todos os termos da equação. Assim, o instrumento finalizado está descrito na figura 51.

Figura 51: Equação relacionada aos estudos do campo magnético em um solenoide.

A photograph of a green rectangular board with the equation $B = \frac{\mu_0 \cdot N \cdot I}{L}$ written on it in white chalk. The letters are large and handwritten. The equation is centered on the board. The background is a solid green color.

Fonte: Própria.

Conforme a sequência dos materiais descritos na seção 5.3, as aulas em que estes itens serão abordados com os discentes serão as aulas 04 e 05, com 50 minutos cada.

Na aula 04, o docente abordará os conceitos relacionados ao campo magnético em fios retilíneos. O discente realiza uma exploração tátil antes da explicação docente dos conceitos a serem estudados. Assim que essa exploração ocorre, o discente conhecerá a estrutura física do material, facilitando a abordagem da explicação do conteúdo. Através disso, o professor irá explicar como se comportam as linhas de campo magnético e como a equação será estudada e relacionada com base no material tátil do fio retilíneo e na equação abordada neste conteúdo.

Na aula 05, serão estudados os conceitos associados às fontes de campo magnético em espiras circulares e solenoides. O método de abordagem e aplicação será semelhante à estrutura utilizada na aula 04, utilizando os materiais táteis voltados para a estrutura de uma espira circular e solenoide, além das suas respectivas equações.

Por fim, a avaliação a ser desenvolvida com o discente será de modo somativo, ou seja, com ênfase no aprendizado e questionamentos levantados ao longo das aulas 01 a 05.

6. RESULTADOS

A sequência didática inclusiva desenvolvida nesta dissertação foi aplicada no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte – IFRN, Campus Natal Central. O discente que participou deste estudo de caso é um atleta paraolímpico de natação da instituição e que possui interesse considerável sobre os estudos abordados na física e áreas afins.

Os experimentos adaptados foram aplicados de modo sequenciado, de acordo com as aulas descritas no capítulo 05 desta dissertação, onde o discente pode compreender o conteúdo e explorar o material através do tato, assim, o aluno conseguiu expandir os seus conhecimentos sobre as temáticas abordadas.

As figuras 52 e 53 tratam da exploração do discente com relação ao material tátil adaptado sobre o conceito da carga elétrica positiva. Já a figura 54 aborda a análise da carga elétrica negativa.

Figura 52: Exploração do material tátil sobre a carga elétrica positiva.



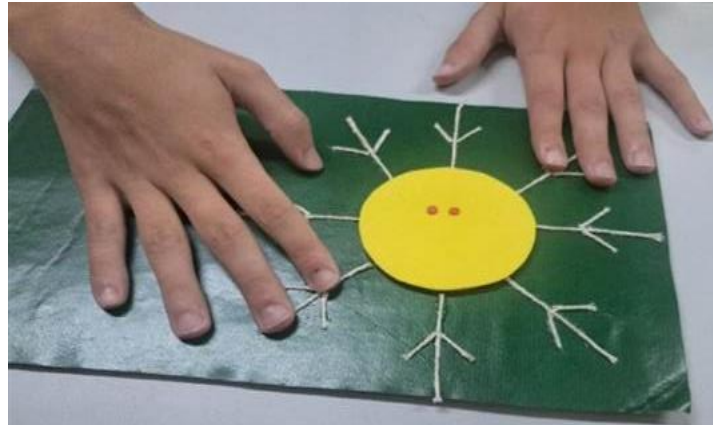
Fonte: Própria.

Figura 53: Exploração do material tátil sobre a carga elétrica positiva.



Fonte: Própria.

Figura 54: Exploração do material tátil sobre a carga elétrica negativa.



Fonte: Própria.

Na aplicação deste trabalho, o aluno possuía conhecimentos prévios relacionados à estrutura atômica, principalmente a abordada por Rutherford no seu modelo planetário. O discente citou as estruturas como o núcleo e a eletrosfera, mas não conhecia de modo específico os termos próton e elétron.

Nestes momentos, ocorreram as conexões entre as ideias prévias do aluno e os comportamentos de cada carga elétrica com relação à direção das suas linhas de força.

Na sequência, as figuras 55 a 57 descrevem a compreensão e análise tátil que o discente realizou para exploração do material, além da associação com os conceitos explicados pelo docente.

Figura 55: Análise do aparato experimental adaptado sobre o campo magnético num ímã em formato de barra.



Fonte: Própria.

Figura 56: Continuação da exploração do aparato experimental adaptado sobre o campo magnético num ímã em formato de barra.



Fonte: Própria.

Figura 57: Analisando os elementos norte e sul do ímã em formato de barra.



Fonte: Própria.

O discente não conhecia o conceito do ímã, mas durante a aula pôde compreender e distinguir os formatos entre os ímãs em barra e ferradura. Além disso, conseguiu perceber que, mesmo os elementos possuindo formatos distintos, ambos tinham estruturas semelhantes, como os polos norte e sul, além das linhas de campo magnético.

Nesta situação, foi utilizado o material tátil sobre o campo magnético gerado por um fio condutor retilíneo, o aluno explorou o aparato adaptado e pôde compreender como as linhas de indução se comportam nesta estrutura. Ao tatear o elemento central do material, o discente percebeu e compreendeu que se tratava da posição de um fio retilíneo, especificando assim o conceito abordado e explicado pelo docente nesta aula.

Outro fator que influenciou no curso desta aplicação, foi o fato de o discente ter visto o conteúdo antes da implementação de tal atividade, agregado também pela questão dos prazos, fazendo com que o docente utilizasse de maneira sintetizada, as 5 aulas em apenas 1 momento.

Figura 58: Análise do material tátil sobre o campo magnético gerado por um fio condutor retilíneo.



Fonte: Própria.

Figura 59: Exploração do material tátil pelo discente, relacionado ao campo magnético gerado por um fio condutor retilíneo.



Fonte: Própria.

Assim, foi possível perceber que o discente compreendeu consideravelmente sobre tal conceito, principalmente pela conexão das linhas de indução no entorno da representação do fio condutor retilíneo e conectando com o que a passagem de corrente elétrica consegue gerar campo magnético.

No momento seguinte, o aluno passa a descobrir e explorar novas fontes de campo magnético, principalmente as geradas pela espira circular e pelo solenoide.

Nas figuras 60 e 61, o discente explora o aparato tátil e associa com o seu conhecimento prévio. Na medida em que o docente explica sobre o conceito do campo magnético gerado por uma espira circular, o discente compreende que a espira também é um fio condutor, só que colocado num formato circular e que esta formatação influencia na maneira como as linhas de campo magnético serão distribuídas no entorno desta espira.

Figura 60: Exploração por parte do discente relacionada ao aparato sobre o campo magnético gerado por uma espira circular.



Fonte: Própria.

Figura 61: Análise e compreensão sobre os fenômenos acerca do campo magnético gerado por uma espira circular.



Fonte: Própria.

Nas figuras 62 a 65, foi percebido que o discente conectou com elementos do momento anterior, além de perceber que existia um quantitativo maior relacionado ao número de espiras, distinguindo assim a espira circular de um solenoide.

Através desta análise, o discente compreendeu que o conjunto de espiras que formam um solenoide possui a propriedade de conduzir corrente elétrica e, conseqüentemente, gerar campo magnético segundo a configuração das linhas de indução.

Figura 62: Compreensão do aparato experimental sobre o campo magnético gerado por um solenoide.



Fonte: Própria.

Figura 63: Análise do aparato experimental adaptado sobre o campo magnético gerado por um solenoide.



Fonte: Própria.

Figura 64: Compreensão do material tátil sobre o campo magnético gerado por um solenoide.



Fonte: Própria.

Figura 65: Exploração do material tátil sobre o campo magnético gerado por um solenoide.



Fonte: Própria.

Por fim, o discente, que estava acompanhado por uma profissão direcionada pelo Núcleo de Atendimento às Pessoas com Necessidades Educativas Específicas – NAPNE conseguiu acompanhar e participar de maneira efetiva de todas as aulas implementadas para a aplicação do produto educacional desta dissertação, de modo que, compartilhou o seu conhecimento prévio e compreendeu conceitos até então desconhecidos par ao mesmo, contribuindo para o seu desenvolvimento acadêmico e entendimento sobre os fenômenos naturais associados ao eletromagnetismo.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ensino de física para discentes cegos, principalmente no ensino do eletromagnetismo, se torna um desafio pelo fato de que estes conceitos são lecionados com ênfase na abordagem

matemática e na descrição gráfica, sendo que é necessário compreender o fenômeno inicialmente e descrevê-lo até alcançar as abordagens citadas anteriormente.

Os objetivos foram alcançados, pois, o aluno cego possuía conhecimento prévio de inúmeras áreas e pôde compreender e conectar os elementos dos materiais táteis às explicações do docente, além da sua análise abstrata de mundo. Assim, mesmo sem perceber o mundo de maneira visual, a abordagem e ampliação dos outros sentidos foram fundamentais para o discente poder se desenvolver e progredir academicamente.

O fato de o aluno ter visto as aulas teóricas antes da aplicação do trabalho facilitou o desenvolvimento dele, além da aplicação dos materiais táteis. Além disso, a questão do prazo fez com que todo o produto fosse aplicado em apenas um encontro.

Ao longo da aplicação do produto podemos observar que o discente teve dificuldade de compreender os elementos que distinguiam as linhas de indução com o barbante, pois ele não identificou inicialmente a orientação destas linhas, sendo necessário o auxílio do docente aplicador e da profissional que acompanha o aluno na instituição de ensino onde o mesmo estuda. Como sugestão, a responsável indicou a substituição em trabalhos futuros do barbante por linhas feitas com cola quente.

A análise do docente é fundamental para buscar a melhor forma de ensinar um aluno cego, pelo fato de que todos os materiais criados precisam obter uma série de critérios e itens que facilitem o manuseio e, conseqüentemente, a distinção dos elementos descritos em tais aparatos adaptados. A questão do braile se torna um ponto crucial, pois, alguns discentes cegos possuem domínio e compreensão desta linguagem, sendo necessário a utilização de pontos em alto-relevo ou furados no material de modo que facilite a compreensão dos conteúdos lecionados e descritos nos itens desenvolvidos pelo docente.

Como continuação e aprimoramento deste trabalho sugere-se a criação de elementos que explorem de maneira gráfica os conceitos físicos abordados aqui. Além disso, é possível realizar a transcrição das equações para a linguagem em braile. Além disso, a utilização de impressoras 3D pode ser um complemento a ser considerado, pois os materiais utilizados para a confecção destes aparatos táteis serão mais rígidos e estáveis para aplicação e utilização futuras.

Por fim, é preciso que os estudos na área do ensino de física para cegos sejam expandidos, de modo que, os conceitos físicos sejam propagados e lecionados nas mais diferentes esferas do ensino, tornando a educação um ambiente mais inclusivo e acolhedor.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Senado Federal, 1988. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 10 ago. 2025.

CAMARGO, Eder Pires de; **O ensino de Física no contexto da deficiência visual: elaboração e condução de atividades de ensino de Física para alunos cegos e com baixa visão**. 2005. TESE (DOUTORADO EM EDUCAÇÃO), Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação. Disponível em: < <https://core.ac.uk/download/pdf/296838359.pdf>. >. Acesso em: 06 nov 2020.

CAMARGO, Eder Pires de; **Saberes docentes para a inclusão do aluno com deficiência visual em aulas de Física**. São Paulo: Editora Unesp, 2012. ISBN 9788539303533. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/113714>>.

DA PENHA, JOÃO ALFREDO P.; **Audacity no ensino de Física**. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF). IFRN, 2022.

DA SILVA, Manaceis M.; **Aplicação da hidrodinâmica em um espaço não-formal de ensino, com os equipamentos do Corpo de bombeiros**. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF). IFRN, 2022.

DICKMAN, A G; PERTENCE, M. L. B.; **Símbolos táteis para o ensino de óptica geométrica a estudantes com deficiência visual**. Benjamin Constant, v. 30, n. 68, e306808, Rio de Janeiro, 2024. Disponível em: <https://periodicos.ufes.br/snee/article/view/40674> . Acesso em: abril 2025.

FERREIRA, Marcello. ROCHA, João Vítor da Silva. SILVA FILHO, Olavo Leopoldino da; **Sequência didática para o ensino de acústica**. Physicae Organum, Instituto de Física - Universidade de Brasília v. 5, n. 1, p. 27-38, Brasília, 2019. Disponível em: SEQUENCIA DIDATICA PARA O ENSINO DE ACUSTICA/TEACHING UNIT ON ACOUSTICS. - Document - Gale OneFile: Informe Académico

FORTES, V. G. G.F.; **Formação continuada de professores do ensino médio integrado do Instituto Federal em Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), na perspectiva da inclusão escolar de aluno com deficiência visual**. 2017. 326 f. TESE (Doutorado em Educação) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Educação, Programa de Pós-Graduação em Educação. Natal, 2017. Disponível em: < https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/24143/1/Forma%20a7%20a3oConti%20nuadaProfessores_Fortes_2017.pdf >. Acesso em: 17 de julho de 2025.

GASPAR, A.; **Compreendendo a física**. Vol. 3; 2. ed. São Paulo; Editora Ática, 2013.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos da Física**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012. v. 3.

HELOU, D.; GUALTER, J. B.; NEWTON, V. B.; **Tópicos de Física**. vol. 3, 19ª ed. São Paulo; Editora Saraiva, 2012.

HEWITT, P.G.; **Física Conceitual**. 12ª ed. Porto Alegre; Editora Bookman, 2015.

LEFRANÇOIS, Guy R. **Teorias da aprendizagem**. 2ª ed -Tradução da 6. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2016.

LOPES, D. CUNHA. **Aprendizagem de eletricidade no ensino médio usando metodologias inclusivas voltadas para alunos com ou sem deficiência visual**. Dissertação de mestrado. 92 f. Universidade regional do cariri. Juazeiro do norte – ce. 2023.

MANTOAN, M. E.; **Inclusão escolar o que é? Por quê? Como fazer?**. 1ª ed. São Paulo; Editora moderna, 2003.

NASCIMENTO, Wesllayne Cosme do. **Criação de material adaptado de eletrostática para alunos cegos alfabetizados em braile**. Trabalho de conclusão de curso, IFRN. Natal, 2023.

NICOLAU G. F.; RAMALHO, F. J. ; TOLEDO P. A. S. ; **Os Fundamentos da Física**. Vol. 3; 10. ed. São Paulo; Editora Moderna, 2009.

NUSSENZVEIG, H. M. **Física Básica: Eletromagnetismo**. Vol. 3. São Paulo: Edgard Blücher, 1997.

SANTOS, M. L. S.; **Ensino de física mecânica para alunos com deficiência visual**. Trabalho de conclusão de curso. Maceió. 2023. Disponível em: <https://www.repositorio.ufal.br/jspui/bitstream/123456789/12697/1/Ensino%20de%20f%C3%ADsica%20mec%C3%A2nica%20para%20alunos%20com%20defici%C3%AAncia%20visual.pdf> . Acesso em: abril 2025.

SANTOS NETO, Natanael Inacio. **Ensino de Óptica física para alunos com deficiência visual**. 2021. 57 f. Monografia (Licenciatura Plena em Física) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte. Natal, 2021.

SEARS, F. W.; ZEMANSKY, M. W.; YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. **Física: Volume 1 – Mecânica**. 12. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2008.

VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e linguagem**. Tradução de Jefferson Luiz Camargo. 4. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO PARA ANÁLISE DOS CONCEITOS PREVIAMENTE CONHECIDOS PELO DISCENTE

1. Questionário para análise dos conceitos previamente conhecidos pelo discente.

a. Conhece ou já ouviu falar sobre as cargas elétricas?

R: As cargas elétricas são parte do átomo.

b. Já ouviu falar sobre prótons e elétrons?

R: Sim. Os elétrons são aqueles que ficam na eletrosfera? E o próton também.

c. Conhece algo a respeito de ímãs?

R: Não conheço.

d. Já ouviu falar sobre campo magnético e suas aplicações cotidianas, como a aurora boreal?

R: Não conheço sobre campo magnético, mas já ouvi falar sobre este fenômeno da aurora boreal, muitas pessoas viajam para conhecer.

R: Resposta

Após a aplicação deste questionário e das explicações conceituais e utilização dos materiais táteis, foi percebido que o discente compreendeu e conectou com o conhecimento prévio que havia citado neste apêndice.

Questionário para análise dos conceitos previamente conhecidos pelo discente

Conhece ou já ouviu falar sobre as cargas elétricas?

R:

Já ouviu falar sobre prótons e elétrons?

R:

Conhece algo a respeito de ímãs?

R:

Já ouviu falar sobre campo magnético e suas aplicações cotidianas, como a aurora boreal?

R:

APÊNDICE B - PRODUTO EDUCACIONAL

INSTITUIÇÃO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO
GRANDE DO NORTE
DIRETORIA ACADÊMICA DE CIÊNCIAS
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
POLO 10

DESCOBRINDO O UNIVERSO ELETROMAGNÉTICO: UMA
EXPERIÊNCIA EDUCACIONAL PARA INCLUSÃO NO ENSINO DE
ELETROMAGNETISMO

Natanael Inacio Dos Santos Neto

Produto Educacional apresentado em
Dissertação de Mestrado do Instituto
Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Rio Grande do Norte
(IFRN) no curso de Mestrado
Nacional Profissional de Ensino de
Física (MNPEF) como Parte dos
requisitos necessários à obtenção do
Título de mestre em Ensino de
Física.

Orientador: Melquisedec Lourenço
da Silva

Natal-RN
ABRIL 2025

SUMÁRIO

1.	5	
2.	7	
3.	11	
4.	14	
4.1	Fio condutor retilíneo	15
4.2	Espira circular	17
4.3	Solenoide	19
5.	SEQUÊNCIA DIDÁTICA	21
5.1	Material adaptado relacionado à eletrostática	21
5.2	Material inclusivo sobre os conceitos introdutórios do magnetismo	24
5.3	Aparato adaptado associado ao conceito do magnetismo em diferentes estruturas	27
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37

LISTA DE FIGURAS

- Figura 01: Representação das linhas de força numa carga positiva
- Figura 02: Representação das linhas de força numa carga negativa
- Figura 03: Interação entre cargas elétricas de sinais opostos
- Figura 04: Interação entre cargas elétricas de mesmo sinal
- Figura 05: Interação entre a carga Q e a carga de prova no ponto P
- Figura 06: Princípio da inseparabilidade dos polos magnéticos
- Figura 07: Princípio da atração e repulsão
- Figura 08: Agulha da Bússola e a linha de indução de um campo magnético
- Figura 09: Campo magnético gerado por um ímã com formato de barra
- Figura 10: Campo magnético gerado por um ímã com formato de ferradura
- Figura 11: Campo magnético terrestre
- Figura 12: Comportamento da bússola numa região próxima ao circuito elétrico com a chave aberta
- Figura 13: Comportamento da bússola quando a chave do circuito elétrico é fechada, comprovando a relação entre eletricidade e magnetismo
- Figura 14: Representação de um fio condutor retilíneo e as suas linhas de indução
- Figura 15: Regra da mão direita para um fio retilíneo
- Figura 16: Configuração do campo magnético gerado por um fio retilíneo utilizando limalha de ferro.
- Figura 17: Representação das linhas de indução e da orientação da corrente elétrica numa espira circular
- Figura 18: Regra da mão direita para uma espira circular.
- Figura 19: Configuração do campo magnético gerado por uma espira circular utilizando limalha de ferro.
- Figura 20: Representação das linhas de indução num solenoide.
- Figura 21: Regra da mão direita para solenoide.
- Figura 22: Configuração do campo magnético gerado por um solenoide utilizando limalha de ferro.
- Figura 23: Materiais utilizados para a confecção dos aparatos táteis.
- Figura 24: Desenvolvimento do material tátil relacionado à carga positiva
- Figura 25: Construção do material tátil relacionado à carga elétrica negativa
- Figura 26: Material tátil da carga elétrica positiva finalizado

Figura 27: Material tátil da carga elétrica negativa finalizado.

Figura 28: Materiais utilizados para a construção do ímã em barra

Figura 29: Material tátil relacionado ao ímã em barra.

Figura 30: Materiais utilizados para construção do ímã em ferradura.

Figura 31: Ímã em ferradura desenvolvido por meio de material tátil

Figura 32: Itens para construção do aparato tátil relacionado ao fio retilíneo condutor

Figura 33: Fio condutor retilíneo visto de cima.

Figura 34: Fio condutor retilíneo sendo alocado no papelão para teste de encaixe.

Figura 35: Fio condutor retilíneo sobreposto ao suporte pronto.

Figura 36: Material tátil para o estudo do magnetismo no fio condutor retilíneo.

Figura 37: Aparato adaptado sobre o fio condutor retilíneo, visto de cima.

Figura 38: Aparato tátil relacionado à equação do fio retilíneo condutor.

Figura 39: Desenvolvimento do material tátil da espira circular vista de cima.

Figura 40: Construção do aparato relacionado à espira circular.

Figura 41: Arame acoplado ao cano PVC e as linhas de campo magnético alocadas no entorno dos furos para o encaixe deste cano na placa de papelão.

Figura 42: Linhas de campo magnético de uma espira circular vista de cima.

Figura 43: Representação de uma espira circular e suas linhas de campo magnético.

Figura 44: Imagem frontal do material tátil sobre o campo magnético numa espira circular

Figura 45: Imagem frontal do material tátil sobre o campo magnético numa espira circular.

Figura 46: Equação do campo magnético numa espira circular desenvolvida num material tátil.

Figura 47: Materiais utilizados para a construção do aparato tátil para o estudo do campo magnético num solenoide

Figura 48: Estrutura central do solenoide

Figura 49: Construção das linhas de campo magnético num solenoide.

Figura 50: Representação das linhas de campo magnético num solenoide.

Figura 51: Equação relacionada aos estudos do campo magnético num solenoide.

1. APRESENTAÇÃO

Este produto educacional foi desenvolvido como um conjunto de materiais táteis, voltados para o ensino de física para cegos, com ênfase nos conceitos de eletromagnetismo. Estes conceitos são lecionados nas séries finais do ensino médio, principalmente na 2ª e 3ª séries.

A motivação de desenvolver um trabalho voltado para a área da inclusão no ensino de física foi sobre o fato de ter desenvolvido práticas inclusivas e uma monografia voltada para esta aplicação, o que me permitiu criar materiais táteis e inclusivos no âmbito do magnetismo.

Neste trabalho apresentamos uma proposta de materiais didáticos adaptados no ensino de física para cegos baseados nos conceitos de magnetismo.

Para isso, foram utilizados materiais de fácil acesso para permitir que os professores possam reproduzi-los e utilizá-los em suas aulas. Conceitos de física, tais como carga elétrica, força elétrica e campo elétrico são explicados através da utilização dos aparatos experimentais adaptados, mostra-se como utilizar os materiais adaptados para relacioná-los com os conceitos de magnetismo. Por exemplo, a relação do ímã com o campo magnético e como se dá a atração dos materiais magnéticos. Além disso, compreender os conceitos de campo magnético num fio condutor retilíneo, bobinas e solenoides através da utilização de materiais adaptados.

De acordo com Dickman e Pertence:

Em função da falta de visão, surgem outros meios de comunicação e cognição que permitem que o indivíduo conheça o mundo de uma maneira peculiar. Neste sentido, torna-se imperativo investigar todos os ângulos destas formas de aquisição de conhecimento para buscar novas formas de ensino que possam colaborar para a inclusão desses alunos em sala de aula (DICKMAN e PERTENCE, 2024, p. 3; APUD Ferreira, Dickman, 2015).

O magnetismo é uma área da física que aborda dois tópicos que os discentes possuem dificuldades: grandezas vetoriais e matemática básica. Partindo desse pressuposto, os materiais adaptados foram desenvolvidos através dos conceitos mais introdutórios relacionados ao magnetismo nos ímãs em barra e ferradura, magnetismo em diferentes estruturas, além de um tópico introdutório sobre conceitos da eletrostática.

A maneira como os materiais foram criados, buscando facilitar a compreensão dos discentes que possuem Necessidades Educativas Específicas — NEE, de maneira específica para os cegos, de modo que, auxilia o trabalho do professor na forma de adaptar tais conceitos para o aprendizado e desenvolvimento destes discentes no âmbito da física.

Assim, de acordo com Santos:

Os recursos táteis são essenciais para permitir que alunos com deficiência visual explorem e compreendam conceitos físicos. Isso pode incluir o uso de modelos táteis, maquetes, objetos em relevo ou materiais manipulativos que representem as estruturas e os fenômenos estudados. Ao explicar os conceitos e as experiências físicas, é importante que o professor faça descrições detalhadas dos elementos envolvidos, como forma, textura, tamanho e propriedades físicas, utilizando uma linguagem extremamente descritiva para que o aluno possa montar sua versão do modelo trabalhado. (SANTOS, 2023, p. 21).

Segundo Oliveira:

No ensino de Física, no Ensino Médio, o professor tem como desafio o fato de o conteúdo exigir dos alunos: observação, representações em forma de desenhos e esquemas, interpretação de gráficos, resolução de exercícios numéricos e, dependendo do conteúdo, capacidade de abstração. Essas características representam dificuldades para o trabalho com alunos sem deficiência e, ainda mais, para o trabalho com alunos com deficiência visual. Principalmente, se o mesmo não tiver vivenciado discussões a esse respeito, durante seu processo de formação docente. (OLIVEIRA, 2022, p. 762).

É possível observar que, os materiais utilizados para o desenvolvimento de tais aparatos são básicos no quesito de acesso e construção dos instrumentos citados. Dessa forma, o docente poderá abordar tal método para agregar na sua prática educativa e consequentemente, contribuir no aprendizado dos discentes de modo geral.

2. CONCEITOS BÁSICOS DA ELETROSTÁTICA

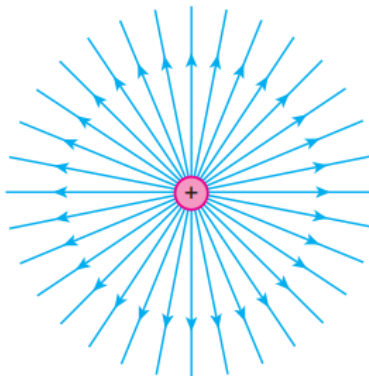
Os modelos atômicos da matéria, buscam descrever a estrutura de um átomo, principalmente o núcleo e a eletrosfera. Ao longo da história, foram desenvolvidos inúmeros modelos atômicos, entre eles: Dalton, Thomson, Rutherford, Bohr e o Modelo quântico atual. Com isso, a característica que pode existir ou não nos átomos são as cargas elétricas, sendo estes relacionados à interação entre partículas, de modo que se relacionam por meio de propriedades elétricas e magnéticas.

Sabe-se, hoje, que o átomo é composto por um núcleo que contém prótons e nêutrons, além de uma eletrosfera composta por elétrons. As partículas que apresentam cargas elétricas, de modo resumido, são: Prótons (carga elétrica positiva), Elétrons (Carga elétrica negativa) e Nêutrons (carga elétrica nula).

A área da física que estuda o comportamento e as interações das cargas elétricas em repouso é denominada de eletrostática. Inicialmente, iremos discutir as cargas elétricas positivas e negativas, presentes no próton e elétron, respectivamente. É percebido que ao aproximar duas cargas de mesmo sinal, ambas são repelidas entre si. Porém, quando as cargas possuem sinais distintos, ocorre a atração entre elas. As figuras 01 e 02 mostram o comportamento das linhas de força no próton e no elétron, respectivamente. Estas linhas representam a orientação do campo elétrico em cada carga.

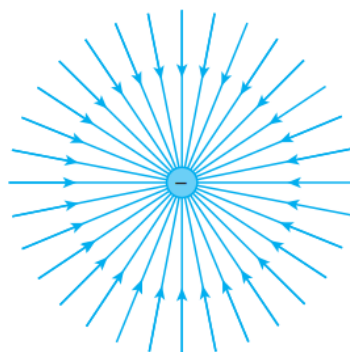
Na figura 01, a carga elétrica positiva possui as suas linhas de força orientadas de dentro para fora, enquanto na figura 02, a carga elétrica negativa possui estas linhas orientadas de fora para dentro.

Figura 01: Representação das linhas de força numa carga positiva



Fonte: GUALTER, HELOU E NEWTON (2012).

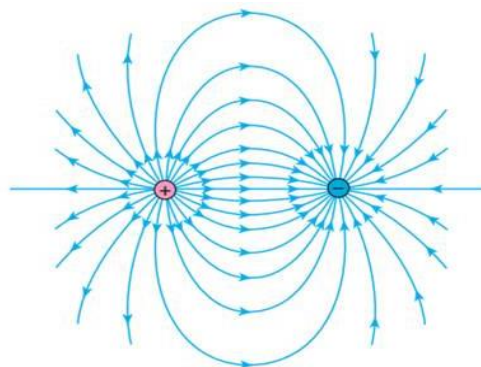
Figura 02: Representação das linhas de força numa carga negativa



Fonte: GUALTER, HELOU E NEWTON (2012).

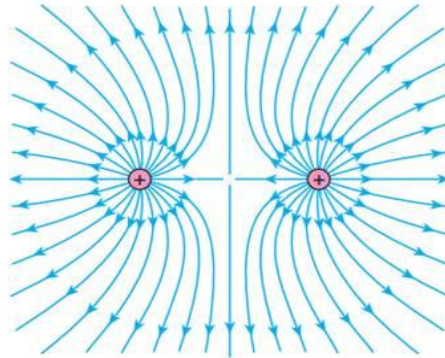
A seguir, as figuras 03 e 04 mostram como o campo elétrico das cargas positivas e negativas se comportam quando ocorrem as interações entre as cargas elétricas de mesmo sinal e de sinais distintos. Além disso, é percebido que algumas regiões das cargas possuem as linhas de força mais próximas do que em outras, isto significa que o campo elétrico é mais intenso nessas regiões.

Figura 03: Interação entre cargas elétricas de sinais opostos.



Fonte: GUALTER, HELOU E NEWTON (2012).

Figura 04: Interação entre cargas elétricas de mesmo sinal.



Fonte: GUALTER, HELOU E NEWTON (2012).

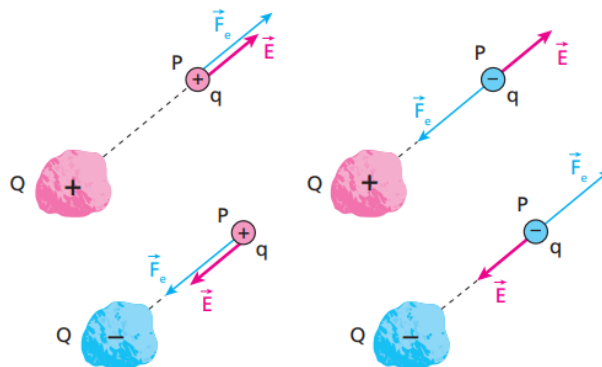
Foi verificado experimentalmente que a força de interação entre duas partículas carregadas é proporcional ao produto de suas cargas e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre elas.

Esta força aponta ao longo da direção da linha que liga as duas cargas. A equação que descreve a força elétrica é denominada lei de Coulomb. Assim,

$$F_e = \frac{k_0 \cdot |Q_1| \cdot |Q_2|}{d^2} \quad (1)$$

No desenvolvimento dos materiais adaptados, estes conceitos irão aparecer através dos materiais que representam cada carga elétrica citada, ou seja, a representação do próton e do elétron. A figura 05 descreve a interação entre as cargas Q e q.

Figura 05: Interação entre a carga Q e a carga de prova no ponto P.



Fonte: GUALTER, HELOU E NEWTON (2012).

O conceito de campo elétrico é relacionado à região de influência a qual uma carga elétrica Q submete uma região específica do espaço, ou seja, a região no seu entorno. Quando uma carga de prova q é aproximada na região desta carga elétrica Q , esta encontra-se submetida a uma força elétrica gerada pela interação entre estas cargas.

As linhas de campo elétrico, também conhecidas como linhas de força, ocorrem através da influência de uma carga elétrica no entorno da região a qual está ocupando no espaço, esta influência é determinada por linhas que são denominadas linhas de força, afetando qualquer carga elétrica que esteja localizada nesta região.

O campo elétrico para uma carga pontual, é definido através da interação entre a carga fonte Q e a carga de prova q , sendo que a carga de prova está localizada num ponto P . Com isso, utilizando a Lei de Coulomb, definimos o campo elétrico como $F_e = E/q$. Assim, o campo elétrico gerado por uma carga pontual, em módulo, é representado por:

$$E = \frac{K \cdot |Q|}{d^2}. \quad (2),$$

Além disso, o campo elétrico é alterado conforme a maneira como as cargas estão distribuídas no espaço, de modo que, a distribuição afeta na forma como as cargas elétricas vão interagir entre si, afetando diretamente na intensidade das grandezas físicas, força elétrica e o campo elétrico.

Dessa forma, a compreensão de que relacionando as grandezas campo elétrico e força elétricas em cargas de sinais distintos ou de mesmo sinal, facilita na maneira como as linhas de força irão se comportar em cada carga elétrica e nas interações entre estas cargas.

3. INTRODUÇÃO AO MAGNETISMO

Neste tópico, será tratado sobre: a descoberta do ímã, características do ímã, os conceitos básicos do magnetismo, com ênfase nos ímãs com os formatos de barra e ferradura.

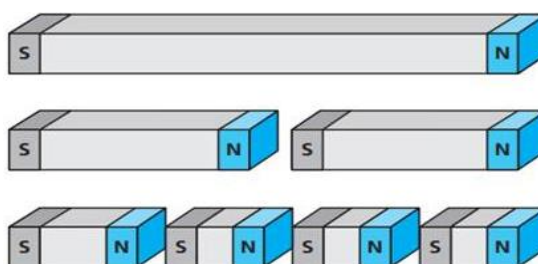
A palavra magnetismo surgiu de uma região grega chamada Magnésia. Nesta região, existiam pedras que possuíam propriedades de atrair metais, conhecidas como ímãs naturais. Estas pedras são chamadas de magnetitas e passaram a ser empregadas em bússolas com uso no âmbito da navegação pelos chineses.

Ao longo da história, o uso dos metais com propriedades magnéticas foi sendo aprimorado e estudados de modo cada vez mais detalhado. Estes materiais possuem características específicas que facilitam a compreensão do seu comportamento.

A primeira característica é associada à questão de que um ímã não pode possuir apenas um polo magnético. Estes materiais possuem duas regiões conhecidas como polos magnéticos, denominados de polos sul e norte. Estes polos são identificados para facilitar a compreensão sobre o comportamento de um ímã no sentido de atrair ou repelir.

Assim, esta característica é conhecida como princípio da inseparabilidade dos polos magnéticos. Na figura a seguir, é mostrado que o ímã, mesmo que ele possa ser dividido em infinitas partes, continua possuindo ambos os polos magnéticos, ou seja, se comportando de modo inseparável como o próprio princípio específico.

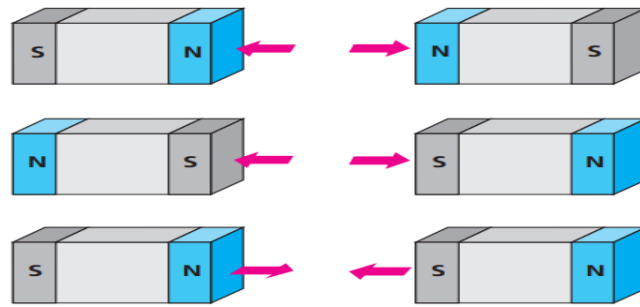
Figura 06: Princípio da inseparabilidade dos polos magnéticos.



Fonte: GUALTER, HELOU E NEWTON (2012, p. 228).

A segunda característica referente ao comportamento destes materiais magnéticos é que eles podem atrair ou repelir outros ímãs, dependendo da proximidade entre os polos de cada ímã. Polos iguais se repelem e polos distintos se atraem. Esta característica é chamada de princípio da atração e repulsão. São mostradas as forças de interação entre os polos dos ímãs.

Figura 07: Princípio da atração e repulsão.

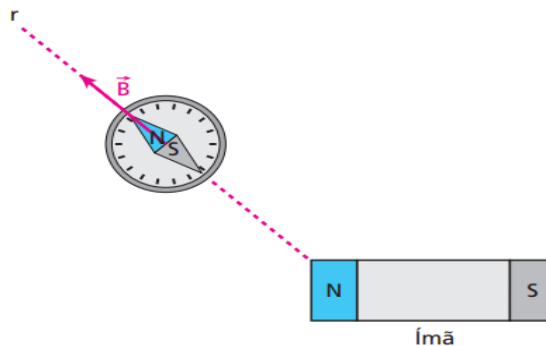


Fonte: GUALTER, HELOU E NEWTON (2012, p. 227).

Assim como ocorrem com as cargas elétricas positivas e negativas, na qual os sinais iguais se repelem e os sinais diferentes se atraem, polos magnéticos são atraídos por polos que possuem a mesma polaridade. Ou seja, os polos iguais são repelidos enquanto os polos diferentes são atraídos.

Um dos instrumentos utilizados para identificar a influência de um campo magnético, é a bússola. Assim, o comportamento deste instrumento é descrito na figura a seguir.

Figura 08: Agulha da Bússola e a linha de indução de um campo magnético.

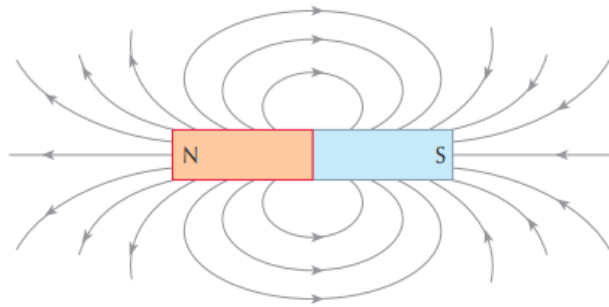


Fonte: GUALTER, HELOU E NEWTON (2012, p. 229).

Assim, a bússola sempre vai apontar para o polo sul magnético. Quando os navegadores eram guiados por este instrumento, ele não estava apontando para um destino específico e sim, para uma região que possui um campo magnético. Por isso, consideramos a Terra como um grande ímã e o polo sul magnético deste planeta está localizado na região do polo norte geográfico e vice-versa. A figura 11 irá mostrar este comportamento na Terra.

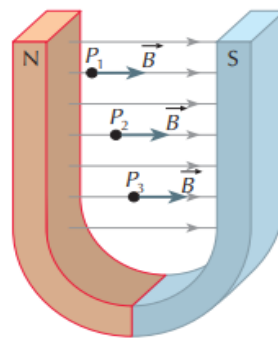
Nas figuras 09 e 10 são mostradas as representações das linhas de campo magnético em ímãs em formato de barra e ferradura, respectivamente.

Figura 09: Campo magnético gerado por um ímã com formato de barra



Fonte: NICOLAU, TOLEDO E RAMALHO. (2009, p. 303).

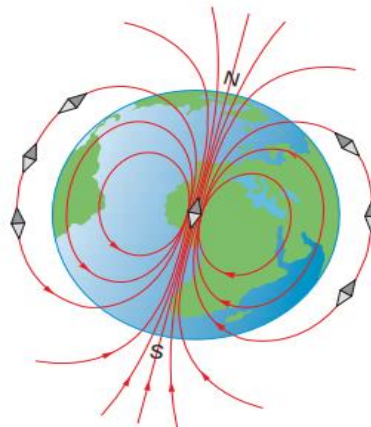
Figura 10: Campo magnético gerado por um ímã com formato de ferradura.



Fonte: NICOLAU, TOLEDO E RAMALHO. (2009, p. 303).

Na prática, não é fácil conceber a origem do campo magnético terrestre. Porém, estudos demonstram que possuímos na Terra um campo magnético gerado no núcleo deste planeta e possui comportamento semelhante ao ímã em barra. As linhas do campo terrestre estão sendo mostradas na figura 11.

Figura 11: Campo magnético terrestre.



Fonte: GASPAR (2013, p. 153).

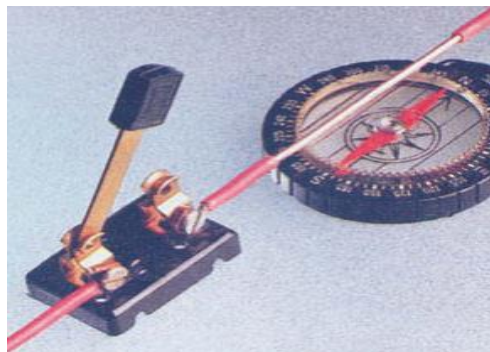
Este campo magnético é responsável por vários fenômenos que mantêm o equilíbrio da vida em nosso planeta. Por isso, os materiais adaptados que abordam os conceitos iniciais desta temática foram enfatizados neste trabalho para o discente buscar compreender o ambiente em que vive de maneira mais acessível e dinâmica.

4. MAGNETISMO EM DIFERENTES ESTRUTURAS

Inicialmente, o experimento que se tornou um ponto fundamental para a relação entre eletricidade e magnetismo foi desenvolvido no ano de 1820, por Hans Cristian Oersted. Este experimento trata sobre o comportamento de uma bússola que está próxima a um circuito elétrico quando este se encontra com a chave aberta ou fechada.

Quando o circuito elétrico estava com a chave aberta, foi percebido que a bússola não realizava nenhuma alteração de comportamento (Figura 12). Porém, quando a chave deste circuito era fechada, a bússola alterava a sua orientação (Figura 13). Através disso, foi concluído que a bússola só alterava a sua orientação na presença de um campo magnético e esta alteração ocorria nas proximidades do circuito elétrico quando havia passagem de corrente elétrica nos fios deste circuito. Dessa forma, foi constatado que a corrente elétrica consegue gerar campo magnético, mostrando que eletricidade e magnetismo estavam relacionados.

Figura 12: Comportamento da bússola numa região próxima ao circuito elétrico com a chave aberta.



Fonte: GASPAR (2013, p. 167)

Figura 13: Comportamento da bússola quando a chave do circuito elétrico é fechada, comprovando a relação entre eletricidade e magnetismo.



Fonte: GASPAR (2013, p. 167).

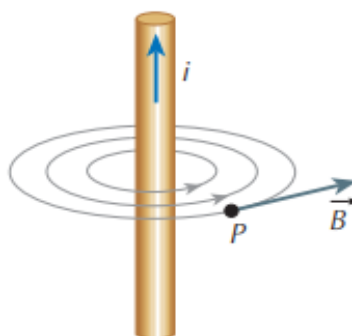
Os campos magnéticos podem ser gerados por diversas distribuições de corrente e em materiais ferromagnéticos. Nas seções 4.1, 4.2 e 4.3 a seguir, versarão sobre o comportamento das linhas de campo magnético em diferentes estruturas.

4.1 Fio condutor retilíneo

Uma vez que o campo magnético pode ser gerado por uma corrente elétrica, será inicialmente estudado o comportamento deste campo em um fio retilíneo por onde passa uma corrente elétrica.

Este fio é considerado retilíneo por estar representado como uma linha reta, sendo feito de materiais metálicos, como o cobre ou o ferro. Através da passagem de corrente elétrica por este fio é gerado um campo magnético em seu entorno. As linhas de campo geradas por esta corrente são circulares como descrita na figura 14.

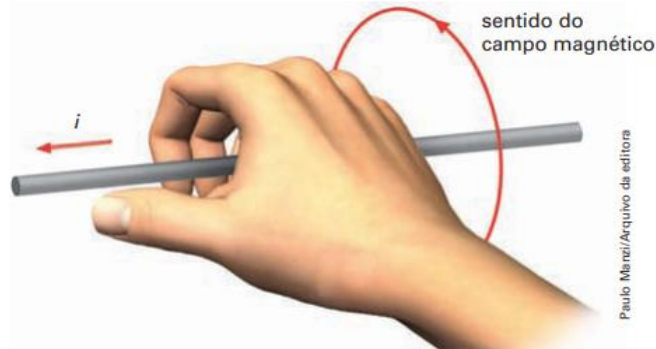
Figura 14: Representação de um fio condutor retilíneo e as suas linhas de indução.



Fonte: RAMALHO, NICOLAU E TOLEDO (2009, p. 311).

Para identificar a orientação do campo magnético gerado por um fio retilíneo, utiliza-se uma regra chamada de regra da mão direita. Para usar esta regra, deve-se segurar o fio com a mão direita, com o polegar apontando no sentido da corrente que passa pelo fio reto. Com isso, os quatro dedos restantes irão apontar o sentido do fluxo de campo magnético circular em torno do fio. Uma reta tangente a uma linha de campo em um ponto P do espaço em torno do fio, identificará a direção do vetor campo magnético naquele ponto.

Figura 15: Regra da mão direita para um fio retilíneo.



Fonte: GASPAR (2013, p. 168).

Com isso, a equação 3 nos traz o valor do campo magnético de um fio condutor retilíneo, a uma distância r desse fio,

$$B = \frac{\mu_0 \cdot i}{2\pi r} \quad (3)$$

onde μ_0 é uma constante chamada de permissividade magnética no vácuo e seu valor correspondente a $4\pi \cdot 10^{-7} T \cdot m/A$.

Na prática, o campo magnético gerado por um fio retilíneo pode ser observado através da utilização de limalha de ferro espalhadas sobre esta região. A maneira como as limalhas de ferro se distribuem no espaço, exhibe a orientação das linhas de indução localizadas no entorno deste fio. Na figura 16, é descrita a situação citada.

Figura 16: Configuração do campo magnético gerado por um fio retilíneo utilizando limalha de ferro.



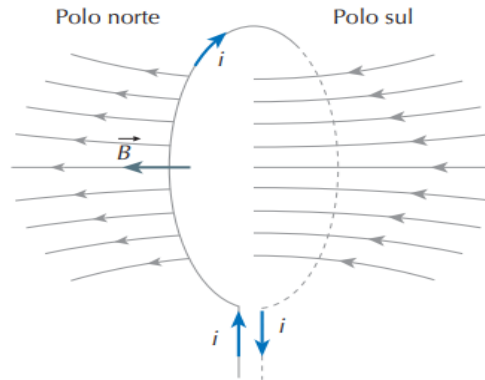
Fonte: HEWITT (2015, p. 459).

Por fim, o fio condutor retilíneo é apenas uma das formas de mostrar que através da passagem de corrente elétrica por este material, é possível gerar um campo magnético nesta região, e este formato define a maneira como as linhas de indução estão orientadas em torno do fio condutor retilíneo. Por isso, os materiais adaptados relacionados a este tópico foram desenvolvidos semelhantemente à imagem descrita na figura 16.

4.2 Espira circular

Neste item, serão abordados a representação do campo magnético numa espira circular e da sua respectiva equação. Esta fonte de campo magnético foi desenvolvida através do encurvamento de um fio retilíneo, tornando-o num formato circular. A análise se torna um pouco diferente do tópico 4.1 pelo fato de utilizar o raio como uma nova grandeza a ser utilizada. A figura a seguir representa as linhas de campo magnético mediante uma espira circular por onde circula uma corrente elétrica.

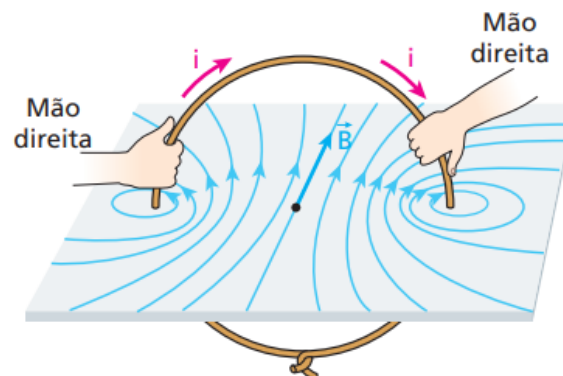
Figura 17: Representação das linhas de indução e da orientação da corrente elétrica numa espira circular.



Fonte: NICOLAU, RAMALHO E TOLEDO (2009, p. 308).

Para identificar a orientação do campo magnético gerado por uma espira circular, é necessário utilizar uma regra chamada de regra da mão direita. Para utilizá-la, seguramos a espira com a mão direita, colocando o polegar no sentido da corrente elétrica. Os demais dedos indicam o sentido das linhas de campo magnético. Esta regra orienta para onde o campo magnético e a corrente elétrica apontam na região da fonte citada.

Figura 18: Regra da mão direita para uma espira circular.



Fonte: GUALTER, HELOU E NEWTON (2012, p. 257).

Sabendo que os conceitos físicos buscam descrever os fenômenos naturais de modo que facilite os estudos e compreensões acerca do que foi abordado, com base nestas descrições, criar uma equação que busque descrever matematicamente a análise desenvolvida.

Desta maneira, a equação que relaciona a análise em torno do campo magnético gerado numa espira circular inclui as seguintes grandezas físicas: Campo magnético (B), corrente elétrica (i), raio da espira circular (R) e a permissividade magnética no vácuo (μ_0).

Com isso, a equação 4 apresenta o valor do campo magnético no centro de uma espira circular,

$$B = \frac{\mu_0 \cdot i}{2R} \quad (4),$$

onde μ_0 é uma constante chamada de permissividade magnética no vácuo e seu valor correspondente a $4\pi \cdot 10^{-7} T \cdot m/A$.

No cotidiano, as linhas de indução numa região de campo magnético gerado por uma espira circular podem ser vistas ao colocar limalha de ferro sob esta região. A figura 19 mostra como esta distribuição ocorre na prática.

Figura 19: Configuração do campo magnético gerado por uma espira circular utilizando limalha de ferro.

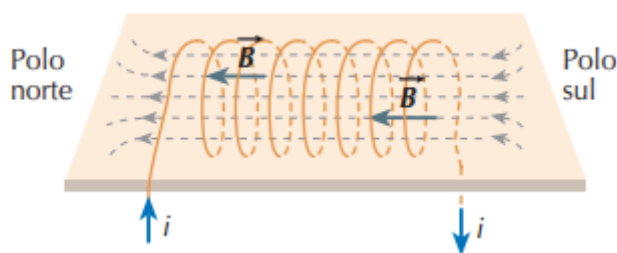


Fonte: HEWITT (2015, p. 459).

4.3 Solenoide

Nesta seção será estudado o conceito relacionado ao campo magnético gerado por um solenoide. Este material é representado por um conjunto de espiras circulares, sendo que esta junção influencia diretamente na intensidade do campo magnético deste instrumento. Tal situação está descrita na figura 20.

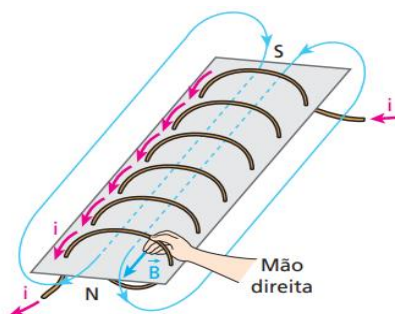
Figura 20: Representação das linhas de indução num solenoide.



Fonte: NICOLAU, RAMALHO E TOLEDO (2009, p. 315).

A regra da mão direita, assim como aplicada em uma única espira, pode ser também utilizada aqui para um solenoide, como pode ser visto na figura 21.

Figura 21: Regra da mão direita para solenoide.



Fonte: GUALTER, HELOU E NEWTON (2012, p. 261).

Através da análise conceitual do campo magnético gerado por um solenoide, foi possível desenvolver uma equação matemática para calcular o módulo do campo magnético no centro de um solenoide. Este campo magnético depende da: corrente elétrica (i), comprimento do solenoide (L), permissividade magnética no vácuo (μ_0) e o número de espiras (N).

O módulo do campo magnético uniforme no interior de um solenoide é dado pela equação 5 abaixo:

$$B = \frac{\mu_0 \cdot N \cdot i}{L} \quad (5),$$

onde μ_0 é uma constante chamada de permissividade magnética no vácuo e seu valor correspondente a $4\pi \cdot 10^{-7} T \cdot m/A$.

Na prática, quando é colocado limalha de ferro na região de campo magnético gerado por um solenoide, este material se ajusta conforme a distribuição das linhas de indução desta fonte. Assim, na figura 22 é mostrado como esta distribuição acontece na prática.

Figura 22: Configuração do campo magnético gerado por um solenoide utilizando limalha de ferro.



Fonte: HEWITT (2015, p. 459).

5. SEQUÊNCIA DIDÁTICA INCLUSIVA

A sequência didática foi elaborada visando abordar os conceitos de eletromagnetismo, principalmente nos estudos sobre os ímãs em barra e ferradura, além das fontes de campo magnético, que será abordado como diferentes estruturas. Estas estruturas são: fio condutor retilíneo, espira circular e solenoide. Além disso, foram revisados os conceitos básicos associados à eletrostática, como força elétrica, carga elétrica e campo elétrico.

Tabela 01: Quantitativo de aulas a serem realizadas e os conteúdos que serão ministrados pelo docente.

Nº de aulas	Tempo de aula (minutos)	Conteúdos abordados
01	50	Carga elétrica e Lei de Coulomb
02	50	Campo elétrico e Força elétrica
03	50	Campo magnético dos ímãs em barra e ferradura
04	50	Fontes de campo magnético (fio condutor retilíneo)
05	50	Fontes de campo magnético (espira circular e solenoide)

Fonte: Própria.

Nas seções do capítulo 05, as atividades descritas na tabela 01 serão desenvolvidas de modo mais detalhado. Além disso, os materiais adaptados serão aplicados apenas com o aluno cego e alinhado com os conteúdos lecionados sobre introdução à eletricidade e magnetismo.

5.1 Material adaptado relacionado à eletrostática

Nesta seção serão tratados os materiais adaptados relacionados à eletrostática e o modo como tais materiais serão aplicados em sala de aula.

Os conceitos básicos a serem abordados serão: conceitos básicos de carga elétrica, força elétrica e campo elétrico. Nesta etapa, serão organizadas duas aulas (Aula 01 e Aula 02), com 50 minutos cada. Na sequência, serão especificados como cada material foi construído e o modo que estes irão ser utilizados nas aulas citadas.

Os materiais foram desenvolvidos utilizando itens de fácil acesso, como: barbante, tesoura, cola branca, E.V.A. (Etileno Acetato de Vinila), cola de isopor, papel cartão e papelão. Os itens citados se encontram nas figuras a seguir.

Figura 23: Materiais utilizados para a confecção dos aparatos táteis.



Fonte: Própria.

Os materiais foram separados conforme a construção solicitada, ou seja, para os utensílios táteis das cargas positivas e negativas. O E.V.A. na cor vermelha foi utilizado para a carga positiva e o E.V.A. amarelo especificado para a carga negativa. A distinção foi descrita nas figuras a seguir, respectivamente.

Figura 24: Desenvolvimento do material tátil relacionado à carga positiva.



Fonte: Própria.

Figura 25: Construção do material tátil relacionado à carga elétrica negativa.



Fonte: Própria.

Antes de iniciar o processo de colagem dos materiais, foi necessário realizar as medições do barbante, papelão, do E.V.A. e do papel cartão. A placa de papelão e o papel cartão possuem as mesmas medidas porque este ficará colado por cima do papelão, revestido a sua superfície, com as seguintes medidas: 35, 5 cm de comprimento por 19 cm de largura (35,5 cm x 19 cm). O utensílio utilizado para realizar tal procedimento foram a cola branca e a tesoura.

Assim que este processo foi realizado, o passo seguinte foi a colagem do E.V.A. vermelho no círculo de papelão. Tanto o círculo quanto o E.V.A. vermelho possuem as mesmas medidas, em torno de 8 cm de diâmetro. O material aplicado no processo de junção destes foi a cola de isopor e E.V.A. . Quando o círculo de papelão e E.V.A. foram colados, placa de papelão e o papel cartão seguiram o mesmo processo, ocorreu o alinhamento do círculo na placa de papelão, de modo que, facilitasse a colagem do barbante no processo seguinte relacionado à representação das linhas de força. Nas figuras 26 e 27 mostraram-se como os círculos alinharam-se com a placa de papelão e o modo como o barbante foi acrescentado no material tátil.

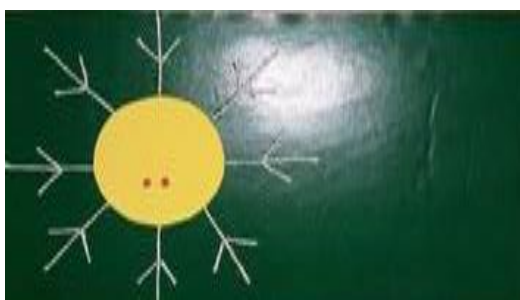
Na sequência, será mostrado como cada material tátil ficou após a realização do procedimento de confecção destes utensílios. A figura 26 representa uma carga elétrica positiva, com o sinal de adição, em braile, acrescido a região central da carga e na figura 27, a carga elétrica negativa possui um sinal de subtração no seu centro, também representado em braile.

Figura 26: Material tátil da carga elétrica positiva finalizado.



Fonte: Própria.

Figura 27: Material tátil da carga elétrica negativa finalizado.



Fonte: Própria.

Após a construção dos materiais táteis, foi elaborado o planejamento para a utilização dos aparatos nas Aulas 01 e 02. Na aula 01, os conceitos de carga elétrica e lei de Coulomb serão trabalhados conceitualmente, de modo que o discente compreenda as relações básicas entre estes itens. Nesta aula, o aluno com NEE terá contato com o material tátil para ambientar-se com o aparato proposto. Assim que ocorrer essa exploração, o professor irá orientar e explicar sobre os conceitos físicos propostos nesta aula. A explicação ocorrerá descritivamente para o aluno conseguir associar os itens do aparato tátil com os conceitos físicos abordados pelo docente. Assim que a explicação do material for concluída, o docente realizará discussões dirigidas para solidificar o entendimento conceitual por parte do discente.

Na aula 02, o processo será semelhante à aula 01, distinguindo apenas nos conceitos abordados, que serão relacionados à força elétrica e ao campo elétrico.

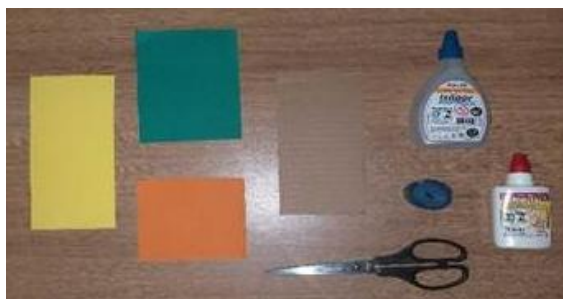
Dessa forma, o propósito de dividir a parte introdutória da eletrostática em duas aulas de 50 minutos foi justamente para facilitar a compreensão do discente e realizar a discussão com o docente da maneira mais detalhada acerca dos conceitos físicos envolvidos no capítulo 5.1 deste produto educacional.

5.2 Material inclusivo sobre os conceitos introdutórios do magnetismo

Nesta seção, será tratado sobre os conceitos introdutórios do magnetismo, de maneira específica, os ímãs em barra e ferradura. Os conceitos abordados serão relacionados as linhas de campo magnético nestes ímãs. A aula relacionada a este tópico será a aula 03.

Os materiais utilizados para a criação dos materiais táteis voltados para a confecção destes ímãs foram semelhantes aos manuseados na seção 5.1, distinguindo apenas nos itens voltados para a distinção dos polos dos ímãs. A figura a seguir especifica um pouco sobre alguns materiais utilizados. Na figura 28, os materiais fotografados foram: E.V.A. amarelo, cartolina verde, papelão, papel camurça laranja, fita métrica, tesoura, cola branca e cola de isopor e de E.V.A. .

Figura 28: Materiais utilizados para a construção do ímã em barra.



Fonte: Própria.

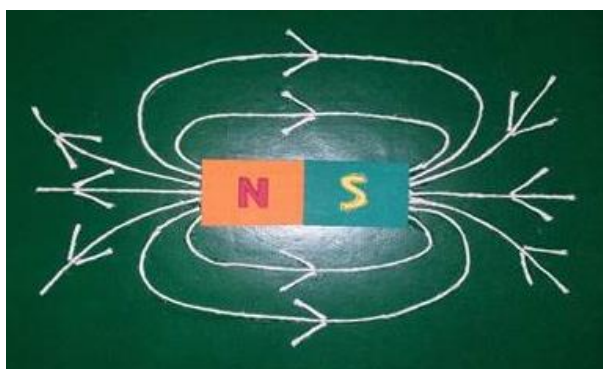
No processo voltado para a construção do ímã em barra, foram realizadas, de maneira inicial, as medições do papelão e do papel cartão verde. As medidas para estes dois itens foram as mesmas pelo fato de o papel cartão verde ser colocado e colado na superfície do papelão, com base nas seguintes dimensões: 50 cm de comprimento por 34 cm de largura. Na sequência, as medições do ímã em barra e dos materiais colocados na sua superfície, utilizou-se um pedaço de cartolina verde e do papel camurça laranja. Ambos os materiais foram colocados de modo que o ímã ficasse dividido com estes itens, pois, o ímã em barra possui as dimensões de 17 cm de comprimento e 7 cm de largura. Já a cartolina verde (polo sul) e o papel camurça amarelo (polo sul) possuem 8,5 cm de comprimento por 7 cm de largura, cada.

Com relação aos barbantes e as letras N e S, foram utilizados para a representação das linhas de campo magnético e dos polos norte e sul, respectivamente. Para a confecção das letras, os E.V.A.s nas cores vermelho e amarelo foram os escolhidos, com o vermelho simbolizando o polo norte (N) e o amarelo representando o polo sul (S). As medidas dos barbantes foram distintas pelo fato de que algumas regiões do ímã em barra necessitam de pedaços maiores e

outras regiões de pedaços menores. Na região a qual o barbante saía do polo norte e entrava no polo sul, foram aplicados dois pedaços de barbante em cada lado, com medidas de 32 cm e 20 cm. Já nos polos do ímã, os barbantes foram menores, em torno de 10 cm cada. No geral, os barbantes que representavam a direção e o sentido das linhas de campo magnético possuíam 2 cm cada.

Na sequência, será mostrada a figura relacionada ao ímã citado, sendo distinguido através das letras N, colocada sobre o papel camurça laranja, sendo este um material mais áspero. Já a letra S, colada sobre a cartolina verde, sendo um material menos áspero do que o papel camurça. Ambas as letras foram desenvolvidas utilizando o E.V.A.

Figura 29: Material tátil relacionado ao ímã em formato de barra.



Fonte: Própria.

Com relação ao ímã em ferradura, os materiais utilizados na sua construção estão descritos na figura abaixo. A figura 30 mostra os seguintes materiais: tesoura, barbante, cola branca, cola de isopor e E.V.A., papel cartão verde, papel camurça laranja, e.v.a. amarelo, e.v.a. vermelho, papel maior para suporte e papelão menor em formato de U.

Figura 30: Materiais utilizados para construção do ímã em ferradura.



Fonte: Própria.

Inicialmente, para a construção do ímã em ferradura, foram realizadas as medições dos materiais que ficarão como suporte para a placa principal e para o ímã específico. A placa principal, em sua base, composta pelo papelão e papel cartão verde, possuem a mesma medida, 35 cm x 25,5 cm. Já o ímã em formato de ferradura, possui 8 cm de comprimento e 8 cm de largura.

Com relação aos materiais que irão distinguir os polos deste ímã, foram utilizados os E.V.A.s vermelho e amarelo para representação das letras N (Norte) e S (Sul). Já para a distinção das regiões de cada polo, foram selecionados os seguintes materiais: cartolina verde (polo sul) e camurça laranja (polo norte), com as respectivas medidas 8 cm x 4 cm, cada.

Após a realização das medições e colagem destes materiais, o ímã foi colado na placa principal e os barbantes foram organizados conforme as linhas de campo magnético deste material tátil. Os barbantes curvos na região externa do ímã possuem 15 cm (mais externo) e 10 cm (menos externo) e na região entre os polos norte e sul, foram colocados barbantes com 3 cm de comprimento, cada um deles. Além disso, os barbantes que representam os sentidos destas linhas possuem 1,5 cm de comprimento cada. O material tátil completo está descrito na figura a seguir.

Figura 31: Ímã em ferradura desenvolvido por meio de material tátil.



Fonte: Própria.

Na aula 03, relacionada à introdução dos conceitos de magnetismo, ambos os ímãs construídos e descritos na seção 5.2 serão abordados com o intuito de auxiliar os discentes com NEE nas aulas de física voltadas para este conteúdo.

Inicialmente, o docente apresentará o material para o aluno explorar e conhecer os itens sobrepostos neste aparato tátil, facilitando a ambientação deste para e explicações subsequentes. Após esta apresentação, o professor abordará os conceitos básicos do magnetismo utilizando os ímãs em barra e ferradura. Com ambos os materiais, o discente conhecerá como as linhas de campo magnético interagem entre os polos desses ímãs e como se comporta a orientação destas linhas em cada um. A duração da aula 03 será de 50 minutos.

5.3 Aparato adaptado associado ao conceito do magnetismo em diferentes estruturas

Nesta seção, serão tratados os conceitos relacionados ao magnetismo, aplicados a diferentes estruturas, como o fio condutor retilíneo, a espira circular e o solenoide. Através disso, foram desenvolvidos três aparatos adaptados voltados para cada estrutura especificada. Assim, a aula voltada para a utilização de tais materiais será a aula 04.

Inicialmente, será tratado sobre a construção do aparato relacionado ao fio condutor retilíneo. Os itens utilizados para a sua construção estão descritos na figura a seguir, sendo estes: Papel cartão verde, fita métrica, papelão, barbante, cola branca, cola de isopor e E.V.A., caneta, arame verde e tesoura.

Figura 32: Itens para construção do aparato tátil relacionado ao fio retilíneo condutor.



Fonte: Própria.

Para a construção deste material, é necessário realizar as medições dos itens a serem aplicados. Inicialmente, foram realizadas as medidas da placa principal, que ficará como suporte para o barbante e o fio condutor retilíneo. Tais medidas foram as seguintes: 45 cm x 17, 5 cm, para o papelão e o papal cartão verde. Na sequência, ocorreu a medição do arame que servirá de sustentação para o recipiente vazio de caneta, com ambos possuindo 18 cm e 13 cm de comprimento, respectivamente. Já os barbantes que simbolizam as linhas de indução, possuem em torno 41 cm, 30 cm e 16 cm, considerando da região circular mais externa e mais interna ao redor do fio condutor retilíneo, além dos barbantes menores, 2 cm cada, que representam a orientação destas linhas.

Após a finalização do suporte, a placa pequena de papelão, com medidas 17 cm x 9 cm, foi colada abaixo da placa principal para reforçar o encaixe do tubo da caneta e do arame, além de auxiliar na minimização do desgaste da entrada circular na placa principal.

As figuras 33 a 36 descrevem algumas etapas de construção do aparato adaptado e a versão final deste material.

Figura 33: Fio condutor retilíneo visto de cima.



Fonte: Própria.

Figura 34: Fio condutor retilíneo sendo alocado no papelão para teste de encaixe.



Fonte: Própria.

Figura 35: Fio condutor retilíneo sobreposto ao suporte pronto.



Fonte: Própria.

Figura 36: Material tátil para o estudo do magnetismo no fio condutor retilíneo.



Fonte: Própria.

Após a conclusão do suporte do material e das linhas de indução, o tubo da caneta foi encaixado na placa principal com o arame para dar sustentação e estabilidade a este tubo na superfície da placa principal. A extremidade inferior do arame foi enrolada seguramente na parte inferior da placa principal, gerando a estabilidade mostrada nas figuras 33 a 36.

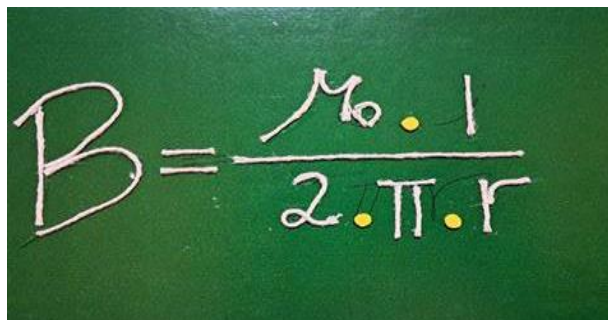
Figura 37: Aparato adaptado sobre o fio condutor retilíneo, visto de cima.



Fonte: Própria.

De modo a complementar o aparato principal relacionado ao fio condutor retilíneo, foi desenvolvido um material que descreve a equação matemática deste item citado. Neste processo, foram utilizados materiais semelhantes aos suportes da figura 23, como papelão e papel cartão verde, além do uso de barbantes. As medidas para este utensílio foi: 28 cm x 17 cm e em torno de 1 m a 1,5 m para o barbante. A situação descrita está exposta na figura ômega.

Figura 38: Aparato tátil relacionado à equação do fio retilíneo condutor.



$$B = \frac{\mu_0 \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot r}$$

Fonte: Própria.

Na sequência, será tratado sobre o material adaptado relacionado à espira circular e a construção deste aparato.

Inicialmente, foram realizadas as medições dos materiais a serem utilizados para a construção deste material tátil. Para a placa principal, que servirá de suporte para a espira circular e as linhas de campo magnético, foram aplicadas as medidas de 36 cm (Comprimento) x 25,5 cm (Largura). Estas mesmas dimensões serviram para mensurar o recorte do papel cartão verde, que ficará colado por cima do papelão, como descrito na figura 39. Para representação da espira circular, foi utilizado um cano PVC 100 mm, com 2,5 cm de comprimento, além de um barbante que ficará sobreposto a este cano, com a medida de 34 cm.

Figura 39: Desenvolvimento do material tátil da espira circular vista de cima.



Fonte: Própria.

Figura 40: Construção do aparato relacionado à espira circular.



Fonte: Própria.

O material escolhido para representar as linhas de campo magnético numa espira circular foi o barbante, com as seguintes medições: 40 cm (linhas de campo mais externas à espira), 20 cm (Linhas de campo mais internas à espira) e 2 cm (para as setas que especificam a orientação destas linhas). Com relação aos arames, estes foram utilizados para auxiliar na sustentação do cano de PVC na placa de papelão, sendo que os dois fios de arame possuem a medida de 23 cm cada. Na figura a seguir, será mostrado como o arame foi acoplado ao cano de PVC e o posicionamento das linhas de campo magnético em torno dos furos que serão utilizados para encaixar o cano de PVC na placa de papelão.

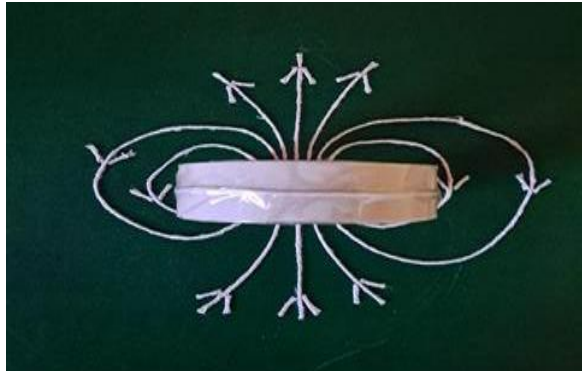
Figura 41: Arame acoplado ao cano PVC e as linhas de campo magnético alocadas no entorno dos furos para o encaixe deste cano na placa de papelão.



Fonte: Própria.

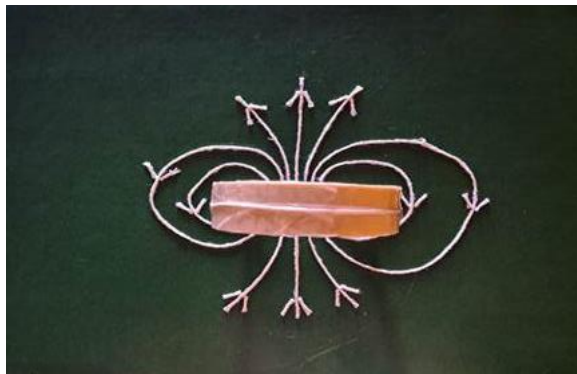
Após a conclusão das medições e colagem dos materiais, a espira circular foi revestida com fita transparente para sustentar o barbante na região central do cano PVC e sendo este alocado na placa de papelão, finalizando o material. Tal situação está sendo descrita nas figuras 42 a 45.

Figura 42: Linhas de campo magnético de uma espira circular vista de cima.



Fonte: Própria.

Figura 43: Representação de uma espira circular e suas linhas de campo magnético.



Fonte: Própria.

Figura 44: Imagem frontal do material tátil sobre o campo magnético numa espira circular.



Fonte: Própria.

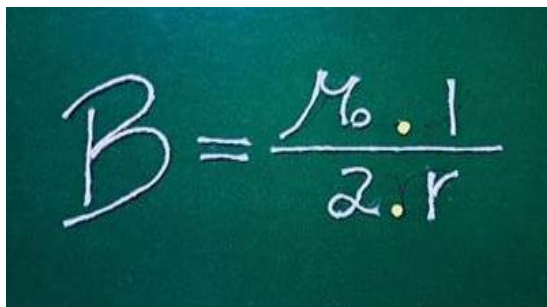
Figura 45: Imagem frontal do material tátil sobre o campo magnético numa espira circular.



Fonte: Própria.

Para complementar os estudos conceituais do material tátil sobre a fonte de campo magnético numa espira circular, foi desenvolvido um material com objetivos semelhantes, diferenciando apenas na abordagem, que será sobre a equação do campo magnético numa espira circular. Assim, seguindo o padrão dos materiais desenvolvidos até agora, este possui os seguintes materiais utilizados e as respectivas medidas: papelão e papel cartão verde (28 cm x 17 cm) e barbante (2 m). Com isso, este aparato tátil está descrito na figura 46.

Figura 46: Equação do campo magnético numa espira circular desenvolvida num material tátil.



$$B = \frac{\mu_0 \cdot I}{2 \cdot r}$$

Fonte: Própria.

Na sequência, será tratado sobre a construção do material tátil relacionado ao conteúdo de campo magnético em diferentes estruturas, de modo específico, para um solenoide. Além disso, a descrição das aulas nas quais as fontes de campo magnético serão abordadas nas aulas 04 e 05, ou seja, nos parágrafos finais deste capítulo.

Com o processo semelhante aos materiais criados para o fio retilíneo e a espira circular, o solenoide foi desenvolvido inicialmente com a realização das medições dos itens a serem utilizados no seu desenvolvimento. Na figura a seguir encontram-se os materiais utilizados na produção deste material tátil, sendo estes: barbante, cano PVC 50 mm enrolado por um barbante branco e fita adesiva, dois arames verdes, fita adesiva, alicate pequeno, tesoura, papelão, papel cartão verde e fita métrica.

Figura 47: Materiais utilizados para a construção do aparato tátil para o estudo do campo magnético num solenoide.



Fonte: Própria

Após a separação dos materiais, foram realizadas as medições destes itens. Inicialmente foi medido a placa de papelão e o papel cartão verde. Pelo fato do papel cartão verde ser colado por cima do papelão, ambos irão possuir as mesmas dimensões, ou seja, 36 cm x 25,5 cm. Concluída esta etapa, foram cortados os arames e barbantes que ficarão com o cano PVC 50

mm. Este cano PVC 50 mm possui 11 cm de comprimento e representa o solenoide. O barbante que ficará enrolado no solenoide possui 1,90 m de comprimento, sendo fixado ao longo do seu tamanho por uma fita transparente. Após a finalização desta parte, foram colocados dois arames na parte interna do cano como forma de sustentação deste material na placa de papelão, possuindo 27 cm cada arame. Estes itens citados encontram-se descritos na figura 48.

Figura 48: Estrutura central do solenoide



Fonte: Própria.

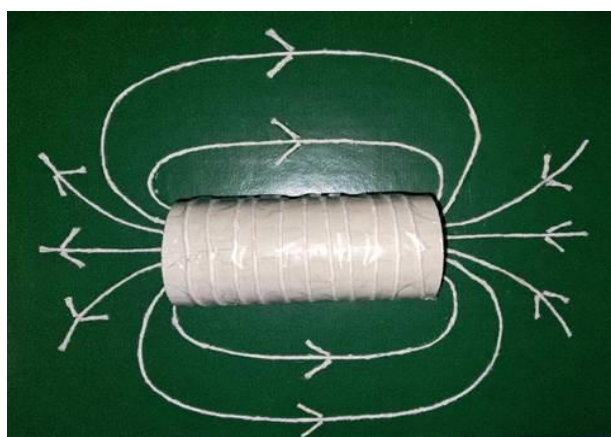
Na sequência, foi iniciada a colagem do barbante específico para a representação das linhas de campo magnético. Inicialmente, os barbantes, que estão localizados nas duas extremidades do solenoide, possuem 11 cm de comprimento cada e as setas que representam a orientação das linhas de campo magnético possuem 4 cm cada. Para finalização deste material, foram colocados os barbantes que conectam as extremidades do solenoide, formando duas curvas em ambos os lados. Este barbante possui dois trechos em cada lado, com as regiões externa e interna medindo 45 cm e 25 cm, respectivamente, além das setas que representam a orientação destas linhas, com 4 cm cada. As figuras 49 e 50 representam a construção e a finalização deste material tátil, respectivamente.

Figura 49: Construção das linhas de campo magnético num solenoide.



Fonte: Própria.

Figura 50: Representação das linhas de campo magnético num solenoide.

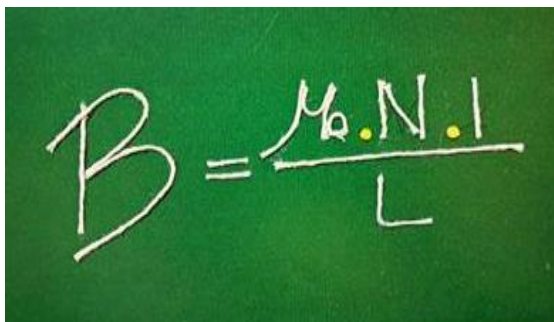


Fonte: Própria.

Concluído o aparato tátil que será utilizado para estudar a parte conceitual da estrutura de um solenoide, acrescentou-se a equação do campo magnético de um solenoide, desenvolvida numa perspectiva inclusiva, sendo esta produzida com materiais de baixo custo e táteis. Seguindo processo semelhante aos outros materiais produzidos neste capítulo, foram realizadas as medições e colagens dos itens.

Pelo fato da placa de papelão ficar abaixo do papel cartão verde, ambos possuem as mesmas medidas, sendo 28 cm x 17 cm. Após a colagem destes materiais, foi especificado um barbante com 2 m de comprimento para desenvolver todos os termos da equação. Assim, o instrumento finalizado está descrito na figura 51.

Figura 51: Equação relacionada aos estudos do campo magnético num solenoide.

A photograph of a green chalkboard with the equation $B = \frac{\mu_0 \cdot N \cdot I}{L}$ written in white chalk. The equation is centered on the board. The variable B is on the left, followed by an equals sign. The right side of the equation is a fraction with $\mu_0 \cdot N \cdot I$ in the numerator and L in the denominator. The dots in the numerator are highlighted with yellow markers.

Fonte: Própria.

Conforme a sequência dos materiais descritos na seção 5.3, as aulas em que estes itens serão abordados com os discentes serão as aulas 04 e 05, com 50 minutos cada.

Na aula 04, o docente abordará sobre os conceitos relacionados ao campo magnético em fios retilíneos. O discente realiza uma exploração tátil antes da explicação docente dos conceitos a serem estudados, assim que essa exploração ocorre, o discente conhecerá a estrutura física do material, facilitando a abordagem da explicação do conteúdo. Através disso, o professor irá explicar como se comportam as linhas de campo magnético e como a equação será estudada e relacionada com base no material tátil do fio retilíneo e na equação abordada neste conteúdo.

Na aula 05, serão estudados os conceitos associados às fontes de campo magnético em espiras circulares e solenoides. O método de abordagem e aplicação será semelhante à estrutura utilizada na aula 04, utilizando os materiais táteis voltados para a estrutura de uma espira circular e solenoide, além das suas respectivas equações.

Por fim, a avaliação a ser desenvolvida com o discente será de modo somativa, ou seja, com ênfase no aprendizado e questionamentos levantados ao longo das aulas 01 a 05.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMARGO, Eder Pires de; **O ensino de Física no contexto da deficiência visual: elaboração e condução de atividades de ensino de Física para alunos cegos e com baixa visão**. 2005. TESE (DOUTORADO EM EDUCAÇÃO), Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação. Disponível em: < <https://core.ac.uk/download/pdf/296838359.pdf>. >. Acesso em: 06 nov 2020.

CAMARGO, Eder Pires de; **Saberes docentes para a inclusão do aluno com deficiência visual em aulas de Física**. São Paulo: Editora Unesp, 2012. ISBN 9788539303533. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/113714>>.

DA PENHA, JOÃO ALFREDO P.; **Audacity no ensino de Física**. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF). IFRN, 2022.

DA SILVA, Manaceis M.; **Aplicação da hidrodinâmica em um espaço não-formal de ensino, com os equipamentos do Corpo de bombeiros**. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF). IFRN, 2022.

DICKMAN, A G; PERTENCE, M. L. B.; **Símbolos táteis para o ensino de óptica geométrica a estudantes com deficiência visual**. Benjamin Constant, v. 30, n. 68, e306808, Rio de Janeiro, 2024. Disponível em: <https://periodicos.ufes.br/snee/article/view/40674> . Acesso em: abril 2025.

FERREIRA, Marcello. ROCHA, João Vítor da Silva. SILVA FILHO, Olavo Leopoldino da; **Sequência didática para o ensino de acústica**. Physicae Organum, Instituto de Física - Universidade de Brasília v. 5, n. 1, p. 27-38, Brasília, 2019. Disponível em: SEQUENCIA DIDATICA PARA O ENSINO DE ACUSTICA/TEACHING UNIT ON ACOUSTICS. - Document - Gale OneFile: Informe Académico

GASPAR, A.; **Compreendendo a física**. Vol. 3; 2. ed. São Paulo; Editora Ática, 2013.

HELOU, D.; GUALTER, J. B.; NEWTON, V. B.; **Tópicos de Física**. vol. 3, 19ª ed. São Paulo; Editora Saraiva, 2012.

HEWITT, P.G.; **Física Conceitual**. 12ª ed. Porto Alegre; Editora Bookman, 2015.

NICOLAU G. F.; RAMALHO, F. J. ; TOLEDO P. A. S. ; **Os Fundamentos da Física**. Vol. 3; 10. ed. São Paulo; Editora Moderna, 2009.

OLIVEIRA, T. N.; et. al. **Elaboração de materiais táteis para o ensino de física para alunos com deficiência visual**. VII seminário nacional de educação especial e XVIII seminário capixaba de educação inclusiva UFES. Vitória. 2022. Disponível em: <https://revista.ibc.gov.br/index.php/BC/article/view/1008> . Acesso em: abril 2025.

SANTOS, M. L. S.; **Ensino de física mecânica para alunos com deficiência visual**. Trabalho de conclusão de curso. Maceió. 2023. Disponível em: <https://www.repositorio.ufal.br/jspui/bitstream/123456789/12697/1/Ensino%20de%20f%C3ADsica%20mec%C3%A2nica%20para%20alunos%20com%20defici%C3%AAncia%20visual.pdf> . Acesso em: abril 2025.