



UNIVERSIDADE FEDERAL DO SUL E SUDESTE DO PARÁ
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
POLO 29

Hanna Emily Lima de Moraes

**UMA ESTRATÉGIA DE ENSINO POR INVESTIGAÇÃO:
A INFLUÊNCIA DO MAGNETISMO EM VEGETAIS**

Marabá-PA

2025

Hanna Emily Lima de Moraes

**UMA ESTRATÉGIA DE ENSINO POR INVESTIGAÇÃO:
A INFLUÊNCIA DO MAGNETISMO EM VEGETAIS**

Dissertação apresentada ao Polo 29 do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (UNIFESSPA) para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Área de concentração: Física no ensino médio.

Orientador: Prof. Dr. Edney Ramos Granhen

Marabá-PA
2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
Centro de Biblioteca Universitária

D828e De Moraes, Hanna Emily Lima
 UMA ESTRATÉGIA DE ENSINO POR INVESTIGAÇÃO: A
 INFLUÊNCIA DO MAGNETISMO EM VEGETAIS / Hanna Emily
 Lima De Moraes. – 2025.

 Orientador(a): Edney Ramos Granhen.

 Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Sul
e Sudeste do Pará, Campus Universitário de Marabá,
Instituto de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação
em Física, Marabá, 2025.

 1. Atividade experimental. 3. Ensino de física. 4.
Magnetismo. I. Granhen, Edney Ramos, orient. II.
Título.

CDD: 22. ed.: 530.07



Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA

ATA Nº 2

Aos vinte e oito dias do mês de março do ano de dois mil e vinte cinco, Às 10h00min, via GOOGLE MEET - <https://meet.google.com/osh-yifa-hjx>, instalou-se a banca examinadora de dissertação de mestrado da aluna HANNA EMILY LIMA DE MORAIS. A banca examinadora foi composta pelos professores Dr. EDNEY RAMOS GRANHEN, UNIFESSPA, orientador, Dra. FERNANDA CARLA LIMA FERREIRA, UNIFESSPA, examinador interno, Dr. ULISSES BRIGATTO ALBINO, UNIFESSPA, examinador externo ao programa e Dra. ALESSANDRA NASCIMENTO BRAGA, UFPA, examinador externa à instituição. Deu-se início a abertura dos trabalhos, por parte do professor EDNEY RAMOS GRANHEN, coordenador do Programa e presidente da banca, que, após apresentar os membros da banca examinadora e esclarecer a tramitação da defesa, solicitou a candidata que iniciasse a apresentação da dissertação, intitulada: UMA ESTRATÉGIA DE ENSINO POR INVESTIGAÇÃO: A INFLUÊNCIA DO MAGNETISMO EM VEGETAIS, marcando um tempo de 40 (quarenta) minutos para a apresentação. Concluída a exposição, o presidente da banca, passou a palavra aos examinadores, para arguir a candidata, ao fim da defesa a banca se reuniu para fazer suas considerações sobre o trabalho em julgamento; tendo sido APROVADA a candidata, conforme as normas vigentes na Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará. A versão final da dissertação deverá ser entregue ao programa, no prazo de quinze dias; contendo as modificações sugeridas pela banca examinadora. Conforme o Artigo 43 da Resolução 072/2004 - CONSEPE, o (a) candidato não terá o título se não cumprir as exigências acima.

Dr. ALESSANDRA NASCIMENTO BRAGA, UFPA

Examinador Externo à Instituição

Dr. ULISSES BRIGATTO ALBINO, UNIFESSPA

Examinador Externo ao Programa

Dr. FERNANDA CARLA LIMA FERREIRA, UNIFESSPA

Examinador Interno

Dr. EDNEY RAMOS GRANHEN, UNIFESSPA

Presidente

HANNA EMILY LIMA DE MORAIS

Mestrando

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha família, mas principalmente aos meus pais que sempre trabalharam derramando muito suor para que eu pudesse estudar e trabalhar sob melhores condições.

AGRADECIMENTOS

Inicio meus agradecimentos a Deus, por ser minha força em todas as etapas da minha vida, me abençoando e sempre me guiando para alcançar meus objetivos apesar das dificuldades.

Meu agradecimento especial aos meus pais, Eunice da Silva Lima Moraes e Aritonio Rodrigues de Moraes, meu irmão, Antonio Gustavo Lima de Moraes, as pessoas com quem eu sempre posso contar, me apoiando e acreditando em mim.

Agradeço também Guilherme Carvalho da Silva que esteve ao meu lado me oferecendo incentivo e motivação, acompanhando todo o andamento do trabalho. Aos meus amigos pelo amparo e encorajamento, em especial Sonia Cristina Costa Gomes e Brenda Moraes Costa.

Ao meu orientador, Edney Ramos Granhen, pela sua paciência e comprometimento ao longo de toda a pesquisa.

Por fim, gostaria de expressar minha profunda gratidão a todos que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de financiamento 001.

EPÍGRAFE

Há uma força motriz mais poderosa que o vapor, a eletricidade e a energia atômica: a vontade.

RESUMO

No contexto do ensino de Física, discussões sobre os desafios encontrados na prática docente e como desenvolver alternativas que possam melhorar o processo de ensino e aprendizagem são comuns. Conteúdos como o magnetismo, frequentemente apresentam dificuldades de aprendizado, considerando a complexidade do assunto e as equações envolvidas. Portanto, este estudo tem como objetivo desenvolver uma proposta de produto educacional com uma atividade experimental, que busca analisar a influência de campo magnético em mudas de *Allium Schoenoprasum* (cebolinha). O procedimento metodológico foi baseado nas zonas de desenvolvimento de Lev Vygotsky, especificamente as zonas proximal e potencial. Com isso, se iniciou a partir de uma sequência de aulas expositivas e aplicação de um questionário preliminar, seguido do experimento com a construção de bobinas e plantio das cebolinhas, um grupo controle também foi estabelecido para comparação. Os alunos realizaram todo o processo que o método científico, como elaboração de hipóteses, participação nos testes, fotografias, anotações, coleta de dados, análise de resultados e culminância. Com isso, verificou-se que os alunos se engajaram, participaram ativamente e com suas produções, apresentaram um desenvolvimento potencial significativo por meio da proposta de atividade experimental. Vale ressaltar, que notavelmente, o campo magnético influenciou o desenvolvimento das mudas de cebolinha, o que, além de ser curioso, amplia os questionamentos a respeito de possibilidades de verificação do campo magnético em outras espécies vegetais ou florestais.

Palavras-chave: Atividade experimental; ensino de física; magnetismo.

ABSTRACT

In the context of teaching Physics, discussions about the challenges encountered in teaching practice and how to develop alternatives that can improve the teaching and learning process are common. Topics such as magnetism often present learning difficulties, considering the complexity of the subject and the equations involved. Therefore, this study aims to develop a proposal for an educational product with an experimental activity that seeks to analyze the influence of a magnetic field on *Allium Schoenoprasum* (chives) seedlings. The methodological procedure was based on Lev Vygotsky's zones of development, specifically the proximal and potential zones. This began with a sequence of expository classes and the application of a preliminary questionnaire, followed by the experiment involving the construction of coils and planting the chives, with a control group also established for comparison. The students carried out the entire process of the scientific method, including hypothesis formulation, participation in tests, photography, note-taking, data collection, result analysis, and culmination. As a result, it was found that the students were engaged, actively participated, and through their productions, showed significant potential development through the proposed experimental activity. It is worth noting that, notably, the magnetic field influenced the development of the chives seedlings, which, besides being curious, expands the questions regarding the possibilities of verifying the magnetic field in other plant or forest species.

Keywords: Experimental activity; teaching of physics; Magnetism.

LISTAS DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Quadro de teses de Vygotsky das consequências das relações entre o homem e a sociedade.	21
Figura 2: Elementos mediadores segundo Vygotsky.	21
Figura 3: Zonas de desenvolvimento.	22
Figura 4: (A) – William Gilbert; (B) – Ilustração de uma magnetita para representação do seu principal trabalho “De magnete”.	24
Figura 5: James Clerk Maxwell e as equações desenvolvidas por ele.	24
Figura 6: Gravura de Hans Christian Oersted com seu assistente observando o efeito de corrente elétrica em uma bússola.	25
Figura 7: Corrente através de um fio.	26
Figura 8: Direção da força para as cargas positivas e negativas (A) e regra da mão direita para identificação da direção e sentido da força magnética em cargas positivas e negativas (B).	27
Figura 9: linha de corrente estacionária. Fonte: Griffiths, 2011.	28
Figura 10: Representação do campo magnético produzido por um fio e a determinação da direção através da regra da mão direita.	29
Figura 11: representação do campo magnético em espira circular.	29
Figura 12: Representação de linhas de campo no solenoide, semelhante a um ímã em forma de barra.	30
Figura 13: Aplicação da lei de Lenz.	31
Figura 14: Representação das linhas de campo magnético terrestre.	32
Figura 15: Exemplos dos livros de Física no guia digital do PNLD.	35
Figura 16: Exemplos da escola pública LA e LB; Exemplo de escola privada LC.	35
Figura 17: Esquema das etapas do trabalho.	43
Figura 18: Materiais utilizados na atividade experimental.	42
Figura 19: Modelo esquemático da montagem do experimento.	44
Figura 20: Montagem do experimento A e B.	45
Figura 21: Processo de coleta dos dados das plântulas de cebolinha controle e teste.	45
Figura 22: Exemplos das respostas desenvolvidas pelos alunos.	53
Figura 23: Exemplos das respostas discursivas das questões difíceis.	55
Figura 24: Montagem da bobina.	60
Figura 25: (A) – Preenchimento com substrato nos tubetes; (B) – Organização da bancada; (C) - Experimento montado com teste e controle.	60
Figura 26: Plântulas de cebolinha desenvolvidas. Fonte: Autores, 2025.	61
Figura 27: Plântulas controle e teste. Fonte: Autores, 2025.	62
Figura 28: Mostra a comparação entre três plantas com campo magnético e três plantas sem campo magnético em relação ao seu desenvolvimento.	63
Figura 29: Culminância do trabalho.	64

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Questão do bloco fácil apresentando maior porcentagem de acerto	48
Gráfico 2: Questão do bloco fácil apresentando maior porcentagem de acerto	49
Gráfico 3: Questão do bloco fácil apresentando uma porcentagem mais alta na alternativa incorreta, porém, a segunda porcentagem maior, sendo a alternativa correta.....	50
Gráfico 4: Questão do bloco fácil apresentando maior porcentagem para a alternativa incorreta.	50
Gráfico 5: Questão do bloco fácil apresentando certa dificuldade para a escolha da alternativa correta.	51
Gráfico 6: Questão do bloco média, apresentando uma das porcentagens maiores.	53
Gráfico 7: Questão do bloco média, apresentando maior porcentagem de acerto.	54
Gráfico 8: Questão do bloco difícil apresentando menor porcentagem de acerto.....	56
Gráfico 9: Questão do bloco difícil apresentando maior porcentagem de acerto.....	56
Gráfico 10: Questão do bloco difícil apresentando maior porcentagem de acerto.....	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Divisão de conteúdos necessários para a realização da atividade experimental.	41
Tabela 2: Verificação das respostas	46
Tabela 3: Questionário final	46
Tabela 4: Perguntas discursivas/cálculo realizada no questionário.....	52
Tabela 5: Questão considerada difícil.	54
Tabela 6: Resposta das pesquisas realizadas pelos alunos.	57
Tabela 7: Resultados esperados e alcançados do questionário.....	59
Tabela 8: Dados dos parâmetros de desenvolvimento das plântulas.....	62
Tabela 9: Resultado alcançando das zonas de aprendizagem.	73

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
2.1	Revisão bibliográfica.....	18
2.2	Teoria Educacional do Socioconstrutivismo de Lev Vygotsky	20
2.3	Magnetismo	23
2.3.1	Contexto histórico	23
2.3.2	Corrente elétrica	25
2.3.3	Definição de campo magnético	26
2.3.4	Lei de Biot-Savart	28
2.3.5	Campo magnético estático e dinâmico.....	28
2.3.6	Campo magnético natural	31
2.3.7	Propriedades magnéticas da matéria	33
2.4	Aplicações de campo magnético na agricultura	33
2.5	O ensino de magnetismo	34
2.6	Interdisciplinariedade no ensino de Física	38
2.7	Atividades experimentais para o ensino de física.....	39
3	METODOLOGIA DE PESQUISA	41
3.1	Sequência das aulas	41
3.2	Atividade experimental	42
3.3	Coleta dos dados.....	46
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	48
4.1	Questionário sobre os conhecimentos de magnetismo	48
4.2	Relato de experiência da atividade experimental	59
4.2.1	Montagem do experimento	59
4.2.2	Análise dos parâmetros de desenvolvimento da cebolinha.....	61
4.2.3	Culminância do experimento na escola.....	63
4.3	Questionário final	64
4.4	Discussões	75
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	77
6	REFERÊNCIAS	79
	APÊNDICE A - PRODUÇÕES DOS ALUNOS	84
	APÊNDICE B – PRODUTO EDUCACIONAL	94

1 INTRODUÇÃO

No cenário educacional é comum o debate a respeito dos desafios encontrados para o ensino de Física. De acordo com Moreira (2021), um dos aspectos desafiadores é a mudança do ensino de Física focado na aprendizagem mecânica para uma preparação baseada na aprendizagem significativa da Física. O processo de aprender e ensinar física, envolve conceitos, atividades experimentais, dialogicidade, interesse, entre outros tópicos que podem ser abordados e ressignificados.

Um dos assuntos em que se pode observar grandes dificuldades de assimilação pelos estudantes, é o eletromagnetismo. Isso ocorre porque, de acordo com o que é levantado por Melo e Moreira (2023), os fenômenos são abstratos, a impossibilidade de visualização impede até mesmo a relação entre os conceitos e suas aplicações. Além disso, a cultura tradicional de trabalhar os conceitos de magnetismo, eletricidade e os equacionamentos envolvidos, ocasiona em certos níveis de complexidade que pode afetar a aprendizagem do aluno. Diante disso, uma metodologia que pode ser eficaz é a experimentação, já que se trata de uma representação prática que deve ocorrer de acordo com a teoria, ou seja, segundo as leis da natureza (SOUSA E SOUSA, 2022).

A física na escola deve proporcionar uma experiência genuína que possa despertar interesse para assimilação dos conceitos. A experimentação pode ser uma saída, tendo como apoio a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), a habilidade (EM13CNT205), aponta que o estudante deve “Interpretar resultados e realizar previsões sobre atividades experimentais, fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas noções de probabilidade e incerteza, reconhecendo os limites explicativos das ciências” (BRASIL, 2018).

Desenvolver atividades práticas para o ensino de magnetismo promove engajamento, este por sua vez, potencializando a compreensão dos fenômenos. A investigação científica requer um conjunto de habilidades do aluno, tais como: formulação de hipótese, leitura científica, aplicação metodológica, colhimento, tratamento e discussão de dados. A partir disso é possível perceber a maneira que a ciência está relacionada com as áreas do conhecimento, já que experimentar é aprender na prática a teoria apresentada em sala de aula (BROZEGUINI E CANDIDO, 2023).

Atualmente, as aplicações baseadas no fenômeno eletromagnético têm sido estudadas nas mais variadas áreas do conhecimento. Na medicina, algumas dessas aplicações são muito

conhecidas e utilizadas, a ressonância magnética, por exemplo, que se trata de uma técnica para criar imagens detalhadas do corpo de uma pessoa, permitindo diagnósticos precisos (DE GODOY, 2021). Outras são pouco conhecidas, mas já apresenta grau de importância e resultados interessantes, como a magnetoterapia, que é definida como um procedimento fisioterapêutico com aplicação de campo magnético em áreas do corpo com algum trauma ou disfunção. Em outros termos, isso significa que a medicina é uma área que se beneficia fortemente de fenômenos eletromagnéticos, desde os diagnósticos até os tratamentos (PÉREZ, et al., 2021).

Seguindo os expostos, a magnetobiologia é uma área com pesquisas e discussões na influência de campo magnético em seres vivos. No trabalho de Ávila, Botelho e Guterres (2021), analisou o comportamento de camarões expostos a campo na região entre dois ímãs com polo norte e sul magnético. Para tal, houve o cuidado de testes de densidade de campo e outras variáveis que poderiam influenciar no comportamento tático dos camarões, mas a base teórica do artigo mostra que é possível uma preferência dos camarões a se encaminhar ao polo sul magnético do ímã.

O trabalho de Da Silva e Bezerra (2021) aborda uma investigação de correlação e a possível influência do campo magnético natural e a migração das tartarugas marinhas. Esse questionamento surge levando em consideração a grande precisão de tartarugas marinhas realizarem grandes percursos para retornarem ao local de desova. Muitos animais se orientam através do campo magnético natural, além disso, a taxa de natalidade é elevada, porém poucos indivíduos retornam à praia por problemas ambientais. Isso mostra que pesquisas que relacione o campo magnético com o deslocamento dessas espécies podem ajudar na ameaça a extinção.

É notável a relevância de pesquisas envolvendo campo magnético e suas aplicações em diversas áreas, inclusive no campo da agricultura. No trabalho de Sales e Costa (2011), ocorreu o cultivo de amostras de alface sob influência de campo magnético gerado por solenoide para análise do desenvolvimento e crescimento do vegetal, e foi concluído a possibilidade de potencialização de germinação e crescimento dessas mudas com aplicação de campo magnético de baixa intensidade. É possível utilizar o magnetismo como uma alternativa para acelerar o crescimento de vegetais, quebra de dormência de sementes e aumento de número de germinações (FERREIRA FILHO, et al., 2023).

A exemplo de aplicações dessa natureza, o trabalho Sales et al. (2010) buscou estudar a influência do campo magnético na germinação de vegetais, utilizando a alface, verificou-se que o campo magnético potencializou qualitativamente o crescimento das alfaces. Outro resultado importante é de Costa, Silva e Sales (2012), que apresentou dados relacionados a água tratada magneticamente como forma de potencializar o desenvolvimento de sementes de mamona, fazendo com que ela flua mais facilmente pela célula vegetal. Ainda sob essa perspectiva, Ueki (2013), concluiu em seu trabalho que o campo magnético de baixa intensidade reduz o crescimento microbiológico, podendo agir como uma tecnologia de tratamento aos alimentos.

Ainda sobre as aplicações práticas de campo magnético em vegetais, Alabi, Fadeyibi e Obateru (2023) utilizaram uma técnica de resfriamento com água e campo magnético, proporcionando uma melhora significativa na qualidade dos vegetais, além de evitar problemas de pós-colheita. Além disso, foi verificado por Lin, Wang e Cui (2019) a eficácia da ação do campo magnético para efeito antibacteriano em sucos de vegetais.

Este trabalho traz como tema a aplicação do campo magnético na agricultura, mais especificamente em vegetais por ser tópicos de interesse de acordo com a região onde está sendo desenvolvida a pesquisa. A integração de Carajás é caracterizada por representatividade de extração mineral, expansão da produção pecuária, com forte influência agrária, principalmente na agricultura familiar, são características que refletem em muitos municípios paraenses, que é o caso de Marabá.

Por ser inerente da região, nas escolas é comum identificar alunos e professores que tenham contato com agricultura de maneira direta ou indireta. Dessa maneira, somado a necessidade de recursos metodológicos que enfrente as dificuldades na aprendizagem de Física, o objetivo desse trabalho consiste na produção de um produto educacional baseada na aprendizagem de tópicos de magnetismo através da experimentação como proposta metodológica. Realizando uma sequência didática com as aulas teóricas somada as atividades experimentais, sendo esta, uma análise da influência do campo magnético em espécies vegetais para os alunos relacionarem teoria e aplicações práticas como já foram citadas.

A organização escrita do trabalho será dividida em quatro seções: 1. Introdução: onde foi descrita a motivação da pesquisa, justificativa e objetivos; 2. Fundamentação teórica: na qual o embasamento ocorre com contexto histórico, seguido de definições conceituais Físicas, como que é ensinado em sala de aula, levantamento de trabalhos que realizaram aplicações e

propostas de ensino que se assemelham ao tema desse trabalho; 3. Procedimentos metodológicos: onde com detalhes é apresentado o produto educacional, toda a sequência e a montagem das atividades experimentais; 4. Resultados e discussões: onde será apresentado o que foi coletado de resultados e discutido de acordo com a teoria educacional escolhida. 5. Considerações finais: reservado para discutir pontos positivos, necessidades de melhorias e possibilidades de outras aplicações com novas variáveis.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Revisão bibliográfica

No ensino de física, estratégias de engajamento, como a investigação e a interdisciplinariedade, pode influenciar na aprendizagem dos estudantes e despertar interesse e motivação por conteúdos considerados complexos, como o magnetismo. A proposta do trabalho se baseou em uma pesquisa de trabalhos relacionados a esta temática, esta seção busca apresentar periódicos do banco de dados do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) de 2017 a 2024.

Caus (2017) realizou seu trabalho com o público de jovens e adultos segundo a teoria do sociointeracionismo de Vygotsky com os conceitos de óptica da visão. Houve a elaboração de uma unidade de ensino na forma de uma sequência de atividades investigativas, com isso ele avaliou uma construção dos conceitos científicos e um estímulo no desenvolvimento intelectual com um ambiente de simulação das práticas.

Já Carneiro (2019), considera a importância de se preocupar com novas formas de ensinar Física. Dessa forma, ele propôs uma atividade experimental sobre dilatação térmica dos sólidos tendo como base teórica as ideias de Piaget e Vygotsky, adquirindo resultados positivos na motivação dos alunos e nos conhecimentos obtidos através dos questionários avaliativos.

Fazolo (2023) desenvolveu uma proposta didática através do ensino por investigação com leitura de texto, demonstração investigativa, atividade computacional, atividade experimental, questões e problemas abertos. Concluindo que a série de atividades possibilitou um desenvolvimento em relação ao entendimento de condução de eletricidade em sólidos semicondutores, já que ocorreu um cuidado com a realização da proposta, onde os alunos se sentiram confortáveis em poder errar e ser corrigido, promovendo motivação e aprendizagem.

Santos (2020) propôs uma sequência didática, embasada na aprendizagem significativa de David Ausubel, com o intuito de aproximar o aluno das novas tecnologias sabendo identificar conceitos por traz dessas tecnologias. Para a investigação foi utilizado o Algodoo com os passos de previsão, observação, demonstração e síntese. Além disso, ocorreu uma aula demonstrativa com Arduino com circuito simples que modifica o fluxo de corrente que passava no LED, com isso obtendo um gráfico de tensão versus corrente para determinação da tensão. Práticas como essas demonstram a valia da ilustração e dos significados dos conceitos abordados.

O trabalho de Santos (2022) relata a elaboração de uma prática investigativa para o ensino de ondas sonoras. As etapas foram de demonstração, textos de sistematização, atividade computacional, aula investigativa e sistematização. Através dos relatos, diálogos, resultados dos questionários, os resultados apontam um favorecimento do aprendizado conceitual, procedimental e atitudinal, promovendo autonomia e protagonismo dos alunos.

Ainda sob a perspectiva de ensino por investigação, especificamente no estudo de magnetismo, Candido (2021) seguindo as etapas de leitura, demonstração investigativa, questões de problemas abertos e laboratório aberto desenvolveu uma sequência didática. Esta por sua vez, coletou resultados interessantes com registros escritos e orais, apresentando que os alunos já trazem consigo através de relações sociais e culturais conceitos para a sala de aula que aprimorados de maneira científica seu aprendizado.

Pascoal (2019) buscou resultados para uma prática pedagógica voltada para o ensino de força elástica. Através dos questionários e do diário de borda da pesquisadora houve os registros do desenvolvimento dos alunos. Dessa forma, os resultados mostraram que quando os alunos se envolvem em práticas como essas, desenvolvem o raciocínio, a argumentação e atitudes proativas e avanço conceitual. Além disso, se tornam autônomos e ativos no processo.

Lima (2022) defende que a experimentação é flexível, podendo ser utilizada em aulas lúdicas, em pesquisas científicas e em projetos de aprendizagem por investigação. Com isso, foi desenvolvido um KIT de eletricidade prática como produto educacional construtivista de ensino, tendo como embasamento teórico Ausubel e John Dewey.

De acordo com a revisão, é possível observar uma quantidade razoável de trabalhos voltados para o ensino por investigação. Porém, poucos são os trabalhos que buscam a interdisciplinariedade, com intuito de ensinar física através de suas aplicabilidades relacionadas a outras áreas do conhecimento, como a biologia. Assim, o produto educacional desenvolvido nessa pesquisa, se trata de um ensino por investigação interdisciplinar com embasamento na teoria socioconstrutivista de Vygotsky, propondo uma metodologia de pesquisa para que os alunos sejam os protagonistas do processo e possam desenvolver suas zonas potenciais. Os demais assuntos que envolvem o levantamento bibliográfico serão apresentados nas próximas seções.

2.2 Teoria Educacional do Sociostrutivismo de Lev Vygotsky

As teorias da educação discutem as formas de equalização social e a superação da marginalidade. Uma dessas teorias, trata-se do sociostrutivismo de Lev Vygotsky, que para ele a criança nasce com funções psicológicas fundamentais e relevantes, a partir do aprendizado da cultura, estas funções se transformam em funções psicológicas superiores, como o controle do comportamento, ação intencional e a liberdade em relação as atitudes para se ter em determinados momentos e espaço (Camillo e Medeiros, 2018).

Assim, Vygotsky apresentou em seus estudos que existe uma relação entre o indivíduo e a sociedade, na qual as características do ser humano tanto já faz parte dele, quanto sofre influência do meio externo. Essas características podem ser representadas por meio das teses, que a partir das consequências das relações homem/sociedade, o homem pode transformar a si mesmo quando converte o meio na tentativa de atender o que necessita (**Figura 1**).

TESE	CARACTERÍSTICAS
1ª Tese	Vygotsky defende a educação inclusiva e acessibilidade para todos. Devido ao processo criativo que envolve o domínio da natureza, o emprego de ferramentas e instrumentos, o homem pode ter uma ação indireta, planejada tendo ou não deficiência. Pessoa com deficiência auditiva, visuais, e outras podem ter um alto nível de desenvolvimento, a escola deve permitir que dominem depois superem seus saberes do cotidiano. As crianças cegas podem alcançar o mesmo desenvolvimento de uma criança normal, só que de modo diferente, por outra via, é muito importante para o pedagogo conhecer essa peculiaridade, é a lei da compensação. O limite biológico não é o que determina o não desenvolvimento do surdo, cego. A sociedade sim é quem vem criando estes limites para que os deficientes não se desenvolvam totalmente.
2ª Tese	Refere-se à origem cultural das funções psíquicas que se originam nas relações do indivíduo e seu contexto social e cultural. Isso mostra que a cultura é parte constitutiva da natureza humana, o desenvolvimento mental humano não é passivo, nem tão pouco independente do desenvolvimento histórico e das formas sociais da vida. O desenvolvimento mental da criança é um processo contínuo de aquisições, desenvolvimento intelectual e linguístico relacionado à fala interior e pensamento. Impondo estruturas superiores, ao saber de novos conceitos evita-se que a criança tenha que reestruturar todos os conceitos que já possui. Vygotsky tinha como objetivo constatar como as funções psicológicas, tais como memória, a atenção, a percepção e o pensamento aparecem primeiro na forma primária para, posteriormente, aparecerem em formas superiores. Assim é possível perceber a importante distinção realizada entre as funções elementares (comuns aos animais e aos humanos) e as funções psicológicas superiores (especificamente vinculada aos humanos).

3ª Tese	Refere-se à base biológica do funcionamento psicológico o cérebro é o órgão principal da atividade mental, sendo entendido como um sistema aberto, cuja estrutura e funcionamento são moldados ao longo da história, podendo mudar sem que ajam transformações físicas no órgão.
4ª Tese	Faz referência à característica mediação presente em toda a vida humana em que usamos técnicas e signos para fazermos mediação entre seres humanos e estes com o mundo. A linguagem é um signo mediador por excelência por isso Vygotsky a confere um papel de destaque no processo de pensamento. Sendo está uma capacidade exclusiva da humanidade. Através da fala podemos organizar as atividades práticas e das funções psicológicas. As pesquisas de Vygotsky foram realizadas com a criança na fase em que começa a desenvolver a fala, pois se acreditava que a prática, ou seja, na coletividade que a pessoa se aproveita da linguagem e dos objetos físicos disponíveis em sua cultura, promovendo assim seu desenvolvimento, dando ênfase aos conhecimentos histórico-cultural, conhecimentos produzidos e já existentes em seu cotidiano.

Figura 1: Quadro de teses de Vygotsky das consequências das relações entre o homem e a sociedade.

Fonte: Camillo e Medeiros, 2018.

Vygotsky defende sua teoria como socioconstrutivista, por não acreditar que as pessoas consigam ter contato direto com objetos sem uma mediação por várias relações de conhecimento e experiência, ou seja, o indivíduo não age sem mediações. Os elementos mediadores são: instrumentos (externo) é todo objeto criado pelo homem; e signos (internos) que são os auxílios psicológicos (Camillo e Medeiros, 2018).

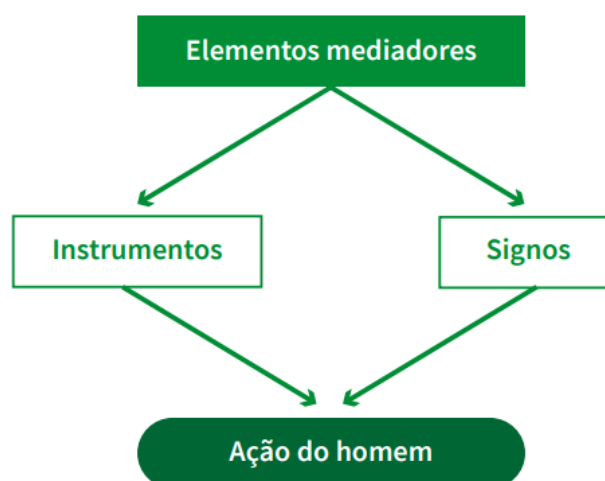


Figura 2: Elementos mediadores segundo Vygotsky.

Fonte: Camillo e Medeiros, 2018.

Portanto, a ação do homem acontece a partir de dois elementos (**Figura 2**), por exemplo, ao criar uma lista de materiais escolares, está sendo desenvolvido os instrumentos psicológicos (signos), que auxiliam na ação das compras desses materiais. Além disso, dentro de sua teoria,

ele afirma que sempre haverá relações dentro da aprendizagem (trocas), que o indivíduo não é um ser passivo, pois ao criar cultura, cria a si mesmo (Camillo e Medeiros, 2018).

Outra discussão é que uma criança não adquire conhecimento apenas quando passa a frequentar a escola, pois é fora do contexto escolar que ela desenvolve seu potencial. Vale ressaltar que dessa maneira a importância do ambiente escolar não é diminuída, pelo contrário, visto que ao se familiarizar com esse mundo, a criança sai da zona de desenvolvimento real e passa, com mediação (do professor, por exemplo), para a zona de desenvolvimento potencial, sendo esta transição uma nova, caracterizada como desenvolvimento proximal. (Figura 3)

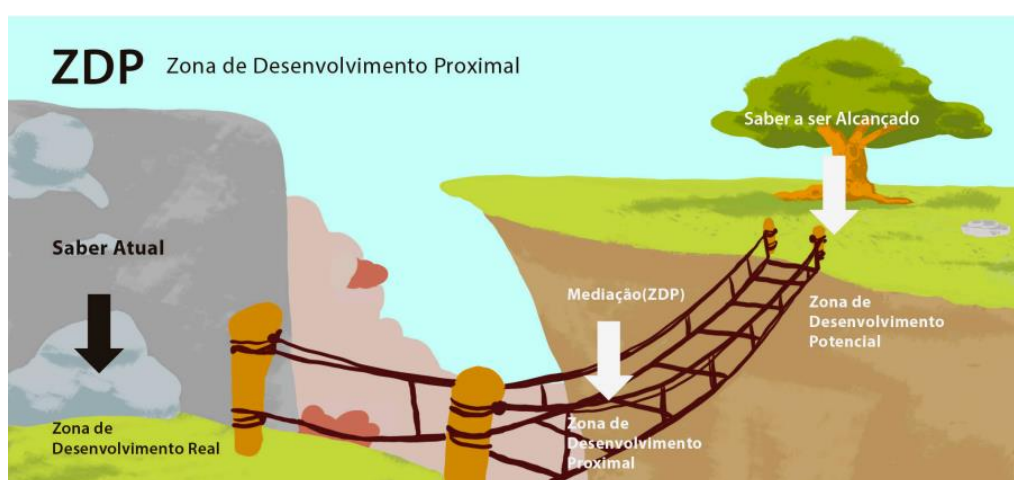


Figura 3: Zonas de desenvolvimento.
Fonte: Camillo e Medeiros, 2018.

A figura apresenta as zonas de desenvolvimento que de maneira objetiva significa:

- Zona de Desenvolvimento Real (ZDR): refere-se às etapas já alcançadas pela criança e que permitem que ela solucione problemas de forma independente, autônoma.
- Zona de Desenvolvimento Potencial (ZDP): é a capacidade que a criança tem de desempenhar tarefas desde que seja auxiliada e com orientações adequadas por adultos ou outras crianças maiores e mais capacitadas.
- Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP): é a distância entre as zonas de Desenvolvimento Real e Potencial. Isto é, o caminho a ser percorrido até o amadurecimento e a consolidação de funções, tarefas.

Ao discutir a interação entre o desenvolvimento e a aprendizagem, Vygotsky afirma que o aprendizado inicia antes de ingressar na escola e isso também é válido para o processo

de escrita já que para ele, trata-se de um produto cultural, construído historicamente, não se baseia apenas no domínio da grafia. Dessa forma, a escrita é uma representação simbólica da realidade do indivíduo, proporcionando o relacionamento com o mundo (Camillo e Medeiros, 2018).

Logo, este trabalho, terá como base a teoria educacional do socioconstrutivismo de Vygotsky, nas próximas seções o levantamento bibliográfico apresentará o conteúdo de Física necessário para a construção do produto educacional, como ele tem sido trabalhado na atualidade, a forma como será trabalhado para que seja discutido a possibilidade dos alunos chegarem na zona de desenvolvimento potencial (CAMILLO E MEDEIROS, 2018).

2.3 Magnetismo

2.3.1 Contexto histórico

A história do magnetismo se inicia na antiguidade, na Grécia, Tales de Mileto conhecia os efeitos de atração e repulsão de uma “pedra”, que recebeu o nome de magnetita. Além disso, era conhecido que o atrito de âmbar com o pelo de algum animal, acontecia atração de alguns materiais. Também houve registros de que as civilizações chinesas utilizavam bússola desde o século III A.C, e que sabiam magnetizar o aço através dos ímãs naturais.

É importante destacar William Gilbert, ele iniciou um estudo sistemático para a compreensão do fenômeno de atração de materiais após atritá-los, na sua obra “De magnete”, trazia suas explicações e sugeria que a Terra era um grande ímã (Figura 4). Com essas ideias, muitos estudiosos conseguiram desenvolver aparelhos eletrostáticos, sendo uma das primeiras invenções práticas o para-raios criado por Benjamin Franklin.¹

¹ Em 1747 o físico Benjamin Franklin (1706-1790) criou a hipótese do excesso de fluido elétrico, indicado pelo sinal positivo (+) e a falta de fluido elétrico indicado pelo sinal negativo (-). vários experimentos foram criados principalmente por Benjamin Franklin como garrafa de vidro, bateria elétrica a partir de várias garrafas de Leiden entre outros, o mais famoso invento de Franklin foi o para-raios e a partir de 1753, vários cientistas realizaram experimentos com descarga elétrica dos relâmpagos (DA CRUZ, 2023).

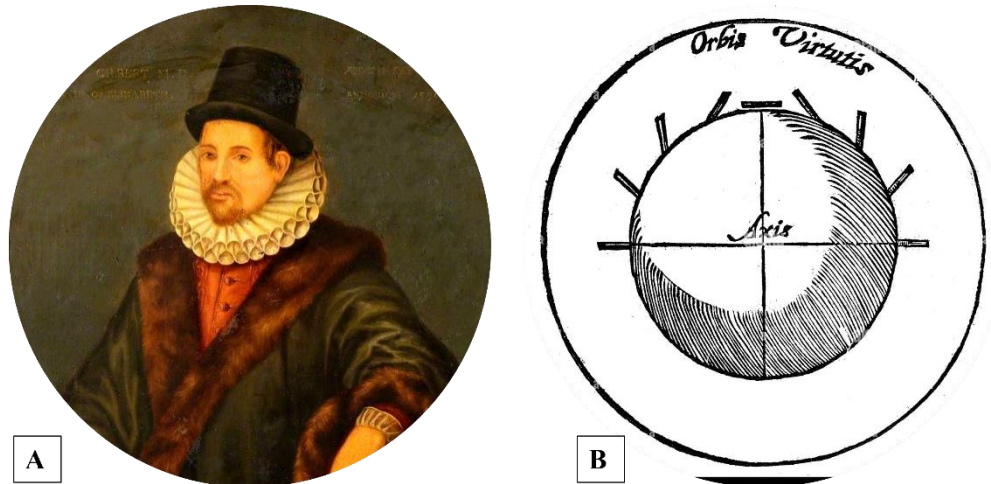


Figura 4: (A) – William Gilbert; (B) – Ilustração de uma magnetita para representação do seu principal trabalho “De magnete”.

Fonte: Ciência do Amanhã, 2022.

Nessa caminhada histórica, Charles Augustin de Coulomb, conseguiu através de uma balança de torção quantificar a força elétrica, que é descrita por uma lei em sua homenagem, a lei de Coulomb. Para os fenômenos elétricos, se fez necessário os equacionamentos, sendo estes marcados por James Clerk Maxwell criador das equações gerais do eletromagnetismo (Figura 5).

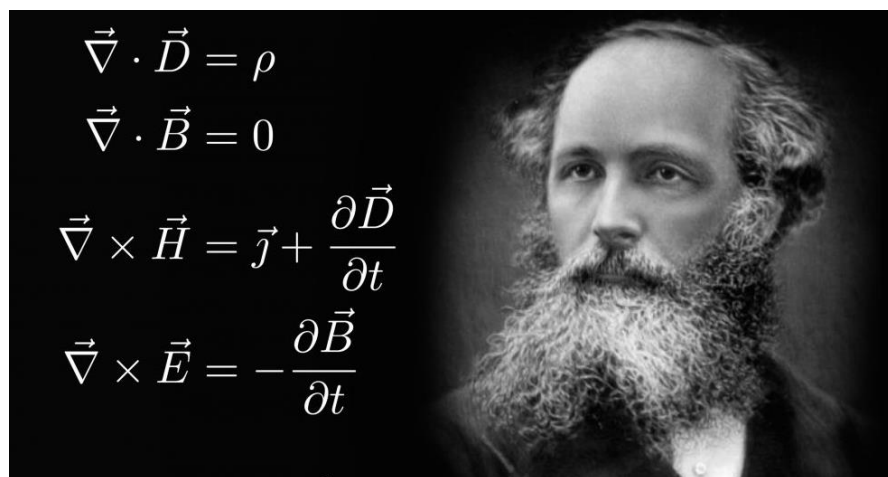


Figura 5: James Clerk Maxwell e as equações desenvolvidas por ele.

Fonte: Energia inteligente, 2024.

Em 1820, Hans Christian Oersted, observou que ao passar corrente elétrica pelo fio a agulha de uma bússola sofria influência (Figura 6). Assim, concluiu que corrente elétrica passando em um fio, é gerado corrente elétrica ao seu redor. Outras experiências foram

realizadas, André Marie Ampere, descobriu que há efeitos das correntes de um fio nas correntes de outro fio próximo. Estabeleceu equações, a partir das observações de fios paralelos se atraindo e se repelindo dependendo do sentido das correntes elétricas. Importante ressaltar que a eletricidade ficou ainda mais alicerçada quando George Simon Ohm, anunciou a lei de Ohm, que é a relação entre corrente, tensão e resistência elétrica de um circuito.

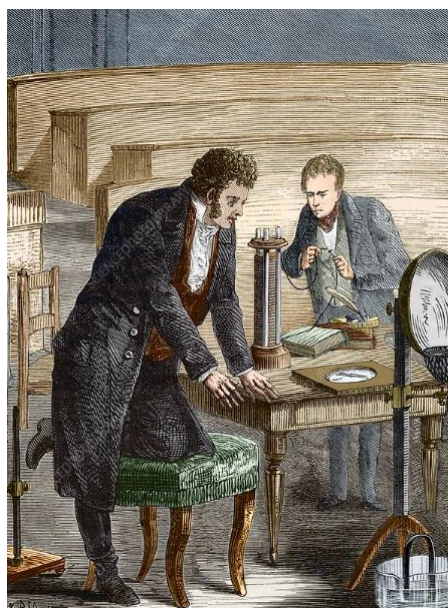


Figura 6: Gravura de Hans Christian Oersted com seu assistente observando o efeito de corrente elétrica em uma bússola.

Fonte: <https://www.sciencephoto.com/media/120192/view/oersted-discovering-electromagnetism>, 2024.

Mediante ao que foi exposto, é possível perceber que fenômenos elétricos causam fenômenos magnéticos. Michel Faraday descobriu que fenômenos magnéticos geram fenômenos elétricos, ou seja, a variação magnética ao redor de um fio induz corrente elétrica, que deu base para a construção dos geradores. A partir do século XIX, é interessante perceber que as teorias sempre seguiram unida com as utilidades práticas.

2.3.2 Corrente elétrica

A corrente elétrica pode ser caracterizada a partir de cargas por unidade de tempo que passam por um ponto de um fio. Em direção oposta da corrente, os elétrons se movimentam através de um condutor em direção ao potencial positivo. Essas correntes são medidas em coulomb por segundo ou Ampere (A) no sistema internacional (SI). Uma linha com densidade de carga λ passando por um fio com velocidade v constitui uma corrente de acordo com Griffiths (2011) (Figura 7) e (1).

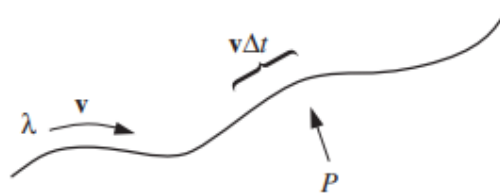


Figura 7: Corrente através de um fio.
Fonte: Griffiths, (2011)

$$I = \lambda v \quad (1)$$

Ou de forma vetorial (2),

$$\mathbf{I} = \lambda \mathbf{v} \quad (2)$$

Vale ressaltar, que um fio neutro possui tanto carga positivas estacionárias quanto cargas negativas móveis, e λ se refere apenas as cargas móveis que são as que contribuem para a corrente.

Em busca da definição da lei de Biot-Savart, é necessário destacar o conceito de correntes estacionárias. Elas produzem campos elétricos que são constantes, sendo um tópico de estudo chamado de magnetostática. Na prática, não existe uma corrente verdadeiramente estacionária, acontece que essa corrente flui por um fio e sua magnitude é a mesma ao longo do fio. Se não fosse assim, ela estaria se acumulando em algum lugar e não seria estacionária, trata-se de algo contínuo, sem alterações e sem acúmulo de carga.

2.3.3 Definição de campo magnético

Para construir a definição de campo magnético, surge a partir do vetor indução magnética $\mathbf{B}$, é natural ter o pensamento de que cargas magnéticas produzam esse campo, semelhante ao que acontece com o campo elétrico que é produzido por cargas elétricas. Entretanto, essas cargas nunca foram observadas. Uma forma de produzir campos magnéticos é usar partículas eletricamente carregadas em movimento, a base para a fabricação de eletroímã.

Outra forma é usando partículas elementares, como os elétrons, já que o campo magnético é uma propriedade básica de muitas partículas elementares.

A definição de $\mathbf{B}$ deve ser em termos da força magnética que atua sobre uma partícula de prova carregada e em movimento. Se trata de uma grandeza vetorial perpendicular as direções da velocidade $\mathbf{V}$ e da força $\mathbf{F}$ (Figura 8):

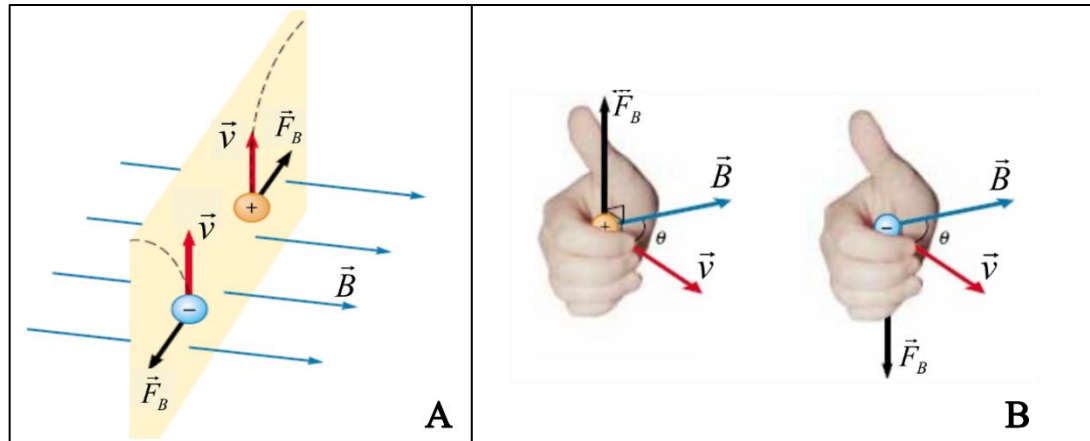


Figura 8: Direção da força para as cargas positivas e negativas (A) e regra da mão direita para identificação da direção e sentido da força magnética em cargas positivas e negativas (B).

Fonte: Martendal, 2018.

De fato, força magnética surge em cargas em movimento imersas em região de campo magnético. É possível confirmar através da seguinte equação vetorial Eq. (3):

$$\vec{F} = q \vec{v} \times \vec{B} \quad (3)$$

ou também podendo ser escrita na forma Eq. (4):

$$F = qvB \sin \theta \quad (4)$$

O ângulo entre o vetor velocidade e o vetor indução magnética é θ . Essa expressão demonstra que uma carga em movimento gera campo magnético. Sendo $\mathbf{B}$ muito fácil de detectar na prática utilizando uma bússola, por exemplo.

2.3.4 Lei de Biot-Savart

Quando há uma linha de corrente estacionária, o campo magnético é dado pela lei de Biot-Savart Eq. (5), a integração é feita ao longo do caminho da corrente (Figura 9):

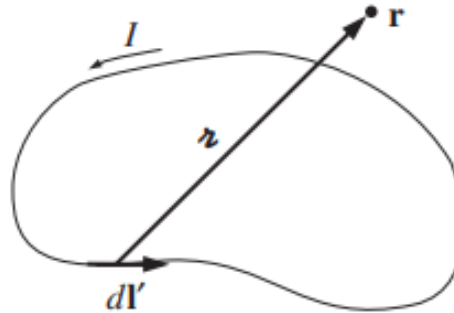


Figura 9: linha de corrente estacionária.

Fonte: Griffiths, 2011.

$$\mathbf{B}_{(r)} = \frac{\mu_0}{4\pi} \int \frac{\mathbf{I} \times \hat{\mathbf{r}}}{r^2} dl' = \frac{\mu_0}{4\pi} I \int \frac{d\mathbf{l}' \times \hat{\mathbf{r}}}{r^2} \quad (5)$$

Se trata de uma integração ao longo do caminho da corrente, sendo dl' um elemento de comprimento e $\mathbf{r}$ um vetor da origem ao ponto $\mathbf{r}$ e μ_0 é uma constante, chamada de permeabilidade do espaço com valor de $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ N/A}^2$. A medida utilizada para $\mathbf{B}$ em Newtons por ampere-metro ou teslas (T).

2.3.5 Campo magnético estático e dinâmico

Os campos magnéticos são produzidos de duas formas, a primeira é usar partículas carregadas eletricamente em movimento. Outra maneira é através de um ímã permanente. A representação do campo magnético é através de linhas de campo ², em que estas saem do polo norte do ímã e entram no polo sul. O campo magnético estático pode ser produzido por um fio retilíneo longo que percorre corrente elétrica (Figura 10).

² São linhas imaginárias para uma representação da ação do campo magnético.

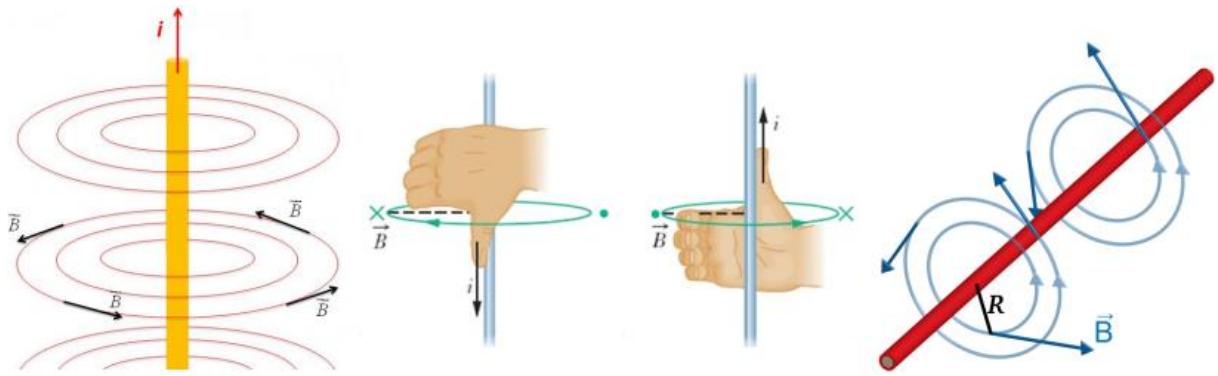


Figura 10: Representação do campo magnético produzido por um fio e a determinação da direção através da regra da mão direita.

Fonte: <https://webfisica.com/fisica/curso-de-fisica-basica/aula/11-86>, 2024.

É possível determinar o módulo do campo magnético a uma distância R de um fio percorrido por uma corrente i através da Eq. (6).

$$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi R} \quad (6)$$

A eq. (6) mostra de a intensidade do campo magnético depende da corrente elétrica e da distância entre o ponto e o fio. Demonstra também que à medida que a distância entre um ponto e o fio aumenta, B diminui, já que se trata de grandezas inversamente proporcionais. É válido ressaltar que também é produzido campo magnético em um fio no formato de uma circunferência, chamado de espira circular (Figura 11).

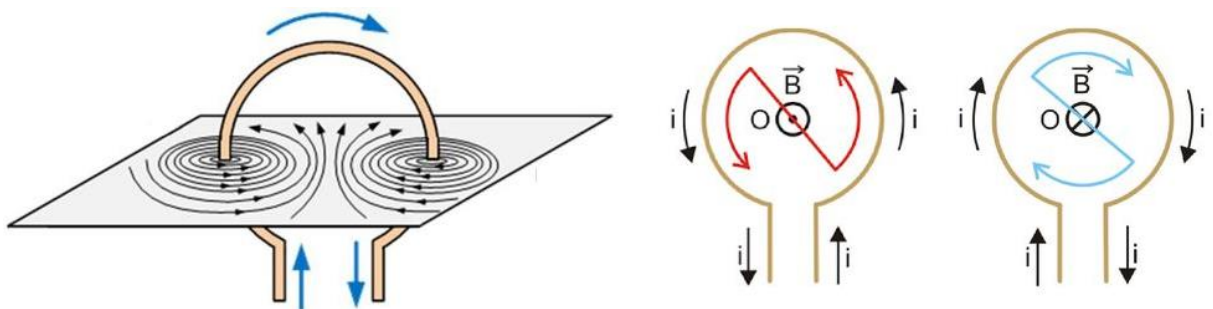


Figura 11: representação do campo magnético em espira circular.

Fonte: <https://webfisica.com/fisica/curso-de-fisica-basica/aula/11-86>, 2024.

Sendo a equação que descreve o módulo do campo no interior da espira é escrita de acordo com a Eq. (7).

$$B = \frac{\mu_0 i}{2R} \quad (7)$$

Outra aplicação é o campo magnético em um solenoide, que basicamente se trata de uma bobina formada por espiras circulares. O campo magnético do solenoide é a soma vetorial dos campos produzidos pelas espiras, podendo ser calculado de acordo com a Eq. (8) onde N é o número de espiras e l o comprimento da bobina.

$$B = \frac{\mu_0 i N}{l} \quad (8)$$

As linhas de campo magnético são circulares nas proximidades das espiras, próximo ao eixo, as linhas se combinam de maneira paralela. Além disso, o pequeno espaçamento das linhas é a representação de um campo mais intenso e por isso, do lado de fora do solenoide, as linhas são mais espaçadas (Figura 12).

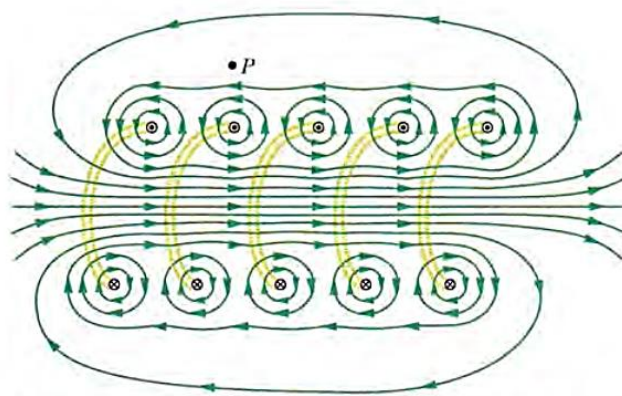


Figura 12: Representação de linhas de campo no solenoide, semelhante a um ímã em forma de barra.

Fonte: Halliday e Resnick, 2012.

Mediante as aplicações descritas, é fato que corrente elétrica produz campo magnético, o que foi uma surpresa para os primeiros cientistas. Mais surpreendente ainda é o fenômeno

contrário, de que campo magnético produz (induz) corrente elétrica, chamada de lei de indução de Faraday.

É possível demonstrar a lei de indução de Faraday através de um experimento. Ligando uma espira a um amperímetro, sem fontes de tensão no circuito, aproximando e afastando um ímã, o amperímetro indica a passagem de corrente elétrica. Assim, pode ser concluído que a corrente só é observada quando há movimento relativo entre a espira e o ímã. Essa corrente é chamada de induzida e o trabalho realizado é chamado de força eletromotriz induzida. Para que ocorra o fenômeno da indução, é necessário variar o campo magnético que atravessa a espira (Figura 13).



Figura 13: Aplicação da lei de Lenz
Fonte: Halliday e Resnick, 2012.

Vale destacar que depois de Faraday, Heinrich Friedrich Lenz propôs o sentido da corrente elétrica induzida, sentido este tal que se opõe a variação de campo magnético.

2.3.6 Campo magnético natural

O campo magnético natural acontece a partir de elementos oriundos da própria natureza. Um exemplo se trata do óxido de ferro Fe_3O_4 , chamado de magnetita, que origina em um ímã natural. Descoberto na Grécia antiga, na região de Magnésia, esse minério tinha a capacidade de atrair outros metais. (PONTES, 2016).

Vale ressaltar que os ímãs possuem propriedades, como os polos magnéticos, que são regiões com ações magnéticas intensas compostas por dois polos. Outra propriedade é a capacidade de atração e repulsão, observa-se que na interação de polos iguais acontece repulsão

e de polos diferentes acontece atração. Importante destacar que é impossível separar polos magnéticos de um ímã, mesmo que esse material seja dividido, os novos pedaços continuarão sendo dipolos magnéticos (REITZ, MILFORD E CHRISTY, 1988).

Ao abordar sobre magnetismo natural, é importante comentar sobre o planeta Terra. O campo magnético terrestre interno ocorre devido a constante movimentação de fluido de ferro e níquel, o que gera correntes elétricas e consequentemente, campo magnético. Este campo alcança dezenas de milhares de quilômetros constituindo a magnetosfera do planeta. O planeta funciona de maneira semelhante a um dipolo magnético, com polos norte e sul, que por razões históricas não coincide com norte e sul geográfico, ou seja, norte magnético é o mesmo sul geográfico e sul magnético é o norte geográfico (Figura 14) (SALERNO; FIUZA; MESQUITA, 2017).

A intensidade do campo magnético terrestre é baixa, na ordem de $20\mu\text{T}$ a $60\mu\text{T}$ ($\mu = 10^{-6}$). Sua origem e suas consequências para a Terra, sempre são objetos de estudo, e sua importância está baseada na permissão das grandes navegações através do uso da bússola, protegendo de partículas carregadas provenientes do Sol (TURQUETTI; FERREIRA, 2016).

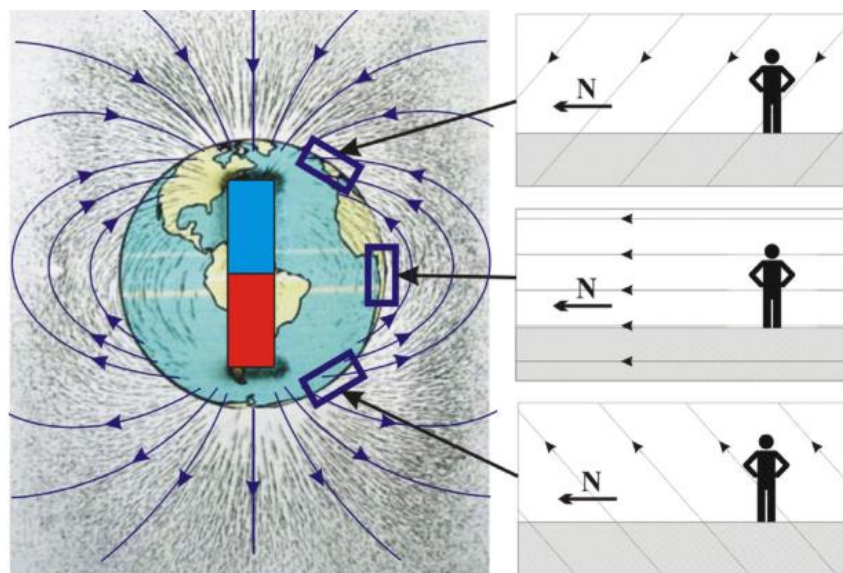


Figura 14: Representação das linhas de campo magnético terrestre.
Fonte: Santamaria, 2016.

O sol é uma grande estrela magnética, feito de plasma com partículas carregadas que ao se mover, naturalmente criam campos magnéticos. Onde exatamente o campo magnético do sol é criado não há certeza, existe uma gama de possibilidades. Mas sabe-se da importância dele já

que é responsável desde as explosões solares que causam as auroras, até ao campo interplanetário e a radiação.

2.3.7 Propriedades magnéticas da matéria

De maneira geral, os fenômenos magnéticos que ocorrem nos materiais são devido aos elétrons dos átomos em movimentação. É nesse sentido que ao analisar os materiais próximos a um campo magnético, existem comportamentos que se assemelham a ímãs fortes, fracos ou com tendência de se opor. Isso significa que todas as substâncias mostram alguma característica magnética, tratando-se de uma propriedade básica de qualquer matéria, sendo estas classificados em diamagnética, paramagnética, ferromagnética e antiferromagnética (FARIA e LIMA, 2005).

A diamagnética é o primeiro tipo, um material que tende a repelir os campos magnéticos. O nome se refere a capacidade de criar um campo oposto, são exemplos desse tipo de matéria a prata, o chumbo e o cobre. Materiais como água, plantas, animais e seres humanos possuem qualidades de materiais diamagnéticos. A segunda é a paramagnética, que é todo tipo de material que apresenta um magnetismo significativo, com susceptibilidade magnética positiva, o alumínio, o paládio e o magnésio são exemplos (FOLTRAN, et al., 2023).

A ferromagnética é o terceiro tipo, possuem afinidade pelo magnetismo temporário ou definitivo, que são o ferro, o cobre e o níquel e as ligas formadas a partir dessas substâncias. Por fim, a matéria antiferromagnética que acontece uma ordenação dos dipolos por pares e em direções contrárias, como os momentos magnéticos opostos se cancelam, a consequência é o material não possuir magnetização espontânea (FOLTRAN, et al., 2023).

Graças aos conceitos de magnetismo, existem infinitudes de aplicações e utilização de materiais magnéticos nas mais diversas áreas. Desde a medicina até aplicações na agricultura, tema de interesse desse trabalho.

2.4 Aplicações de campo magnético na agricultura

Os organismos vivos sofrem a ação do campo magnético terrestre, pois se trata de um fenômeno natural e ocorre de acordo com as propriedades magnéticas da matéria. Assim, o que há de evidências na literatura (JOUNI; ABDOLMALEKI; GHANATI, 2012); (ZIELIŃSKI et al., 2018); (DEAMICI; SANTOS; COSTA, 2019); (SCHMIEDCHEN et al., 2018) é que as

plantas podem ser sensíveis ao campo magnético de baixas intensidades, tanto para o desenvolvimento, quanto para inibição.

A biomagnetização ou bioestimulação tem sido pesquisado visando resultados em plantas. De acordo com Lima, Castro e Armond (2020), a água quando submetida a um campo magnético, pode modificar propriedades, podendo ocasionar melhoras no crescimento, absorção de nutrientes e a composição química das plantas. São numerosos os trabalhos que se preocupam com o desenvolvimento de sementes de baixo vigor, a aplicação de campo magnético como estimulador de mudas tem ganhado destaque (AGUILERA et al., 2023).

A utilização de tratamento físico como um campo magnético, visando o aumento de germinação e melhorias no desenvolvimento da muda, é uma tecnologia segura e ecologicamente correta. No trabalho de Chadapust, Natawat e Raymond (2023), houve a aplicação de campo magnético na germinação de sementes de dendezeiro, e os resultados demonstraram uma taxa maior de germinação se comparado com as sementes sem influência do campo magnético.

Na produção de diversas culturas é notório efeito negativo devido a vários estresses bióticos e abióticos, para resolver problemas dessa natureza, se faz necessário a utilização de tecnologias para uma agricultura sustentável. Para essa abordagem, a utilização de campos eletromagnéticos resultou em efeitos benéficos em diversas situações agrícolas. Tais efeitos consistem em aumento no número de folhas, nas taxas de germinação e na promoção vegetal com aplicações de campos magnéticos (HACHICHA et al., 2016).

2.5 O ensino de magnetismo

Na busca do entendimento de como os assuntos de Física são abordados nas escolas, é importante realizar um levantamento sobre os livros didáticos. Cada escola, de acordo com o seu Projeto Político Pedagógico (PPP) escolhe o livro didático a ser utilizado. Para facilitar essa escolha, o Programa Nacional do Livro Didático (PNLD 2018) possui um guia disponível que podem auxiliar escolas públicas, a Figura 15 apresenta alguns exemplares no guia digital:



Figura 15: Exemplos dos livros de Física no guia digital do PNLD.

Fonte: Autores, 2025.

Os professores têm acesso através de uma chave disponibilizada pelas diretorias das escolas públicas as quais trabalham e podem escolher o exemplar que mais se encaixa com o PPP da escola. Foram escolhidos dois exemplares utilizados na escola pública e um de escola privada para analisar como está sendo ensinado de acordo com os livros didático tópicos de eletromagnetismo (Figura 16).



Figura 16: Exemplos da escola pública LA e LB; Exemplar de escola privada LC

Fonte: Autores, 2025.

O livro A, intitulado “Física: contexto e aplicações” escrito por Antônio Máximo, Beatriz Alvarenga e Carla Guimarães volume 3, é dividido em 4 unidades, sendo a unidade 1:

Campo e potencial elétrico; Unidade 2: Circuitos elétricos de corrente contínua; Unidade 3: Eletromagnetismo; Unidade 4: Física Contemporânea. Todos são divididos por capítulos, a unidade 3 (tópico de interesse para esse trabalho) possui 3 capítulos: Campo magnético, Alterações do campo magnético e Indução eletromagnética – Ondas eletromagnéticas.

O LA apresenta o estudo de eletricidade na ordem: eletrostática, eletrodinâmica e eletromagnetismo. A primeira página da unidade apresenta do que se trata o estudo e aplicações importantes, ao longo do capítulo é possível identificar a preocupação em diminuir conceitos abstratos com muitas imagens, recorte histórico e verificação de aprendizagem com questões que devem ser resolvidas pelos estudantes. Além disso, há propostas de práticas que podem ser realizadas com materiais palpáveis. De maneira geral, o conteúdo segue uma linha lógica de conceitos, com muitas possibilidades e até ideias alternativas que podem ser de grande ajuda para o aprendizado do aluno.

Já o LB, é intitulado “Conexões com a Física” escrito por Glorinha Martini, Walter Spinelli, Hugo Carneiro Reis e Blaidi Sant’Anna, volume 3, eletricidade Física do século XXI, possui 4 unidades e 17 capítulos. Unidade 1: Eletização; Força e Campo elétrico, Trabalho e Potencial elétrico; Unidade 2: Circuitos elétricos; Unidade 3: Magnetismo e ondas eletromagnéticas; Unidade 4: Questões da Física do século XXI. A linha de raciocínio de conteúdos é semelhante ao LA. A unidade 3 começa com uma pergunta problema que pode nortear os estudos, em seguida há uma apresentação do que será abordado no capítulo envolvendo alguns fenômenos eletromagnéticos que pode instigar a curiosidade do aluno.

O LB é um livro cheio de imagens e conceitos bem descritos, com questões propostas e questões resolvidas, sendo esta última uma ideia importante para que o aluno tenha o recurso da correção de exercícios podendo ser uma alternativa interessante, principalmente na preparação de vestibulares. Além disso, durante os capítulos tem outras perguntas problemas e curiosidades ligadas ao cotidiano envolvendo as aplicações da teoria trabalhada.

Diferente dos livros A e B citados, o livro C é utilizado nas escolas privadas, que segue um sistema e ferramentas online. Ele foi formatado para o modelo do novo ensino médio trazendo uma abordagem de itinerários formativos e formação geral básica de acordo com a BNCC para o ensino de Física. O LC é intitulado “Ciências da Natureza e suas Tecnologias: Física”, os autores são Caio Vinicius Lopes de Britto, Daniel Fernandes Grangeia, Felipe Amaral, Francisco de Schueler Todling Silva, Raphael Barbosa e Victor Hugo Couto. Está

dividido em cadernos e cada caderno tem sua divisão por módulos, com 6 módulos cada. No caderno 4, os conteúdos basicamente são sequenciados em: eletrostática, eletrodinâmica e eletromagnetismo.

No manual do professor, o grande diferencial do LC, são os planos de aulas que orienta com estratégias de ensino, desde a construção de quadros, ideias de simuladores, de atividades experimentais e até mesmo quais questões seriam mais interessantes e quantas seriam para determinadas aulas. Cada módulo inicia com as habilidades que os alunos devem alcançar de acordo com a BNCC seguido de uma seção de “para começar” que pode interessar os alunos pelos conceitos que serão trabalhados ao longo do módulo.

Além de buscar relembrar os alunos de conceitos prévios importantes, o conteúdo apresenta uma sequência lógica e semelhante aos demais livros citados anteriormente. Sempre com imagens esquemáticas muito bem ilustradas e com questões divididas em: resolvidas, não resolvidas com nível desenvolvendo habilidades, aprofundando conhecimento e para finalizar, questões a nível de vestibulares. Ou seja, trata-se de um livro focado em vestibular, portanto, mais resumido e sempre buscando conectar as teorias com aplicações.

É possível identificar que todos os livros analisados são considerados de boa organização, e todos propõe uma contextualização que envolve o cotidiano dos estudantes, influenciando no interesse pelos assuntos. Vale ressaltar que os livros têm se adaptado de maneira gradual ao Exame Nacional do Ensino médio (ENEM), com exercícios promissores para adentrar a universidade.

De acordo com Schivani. De Souza e Lira (2020), o livro didático tem um papel de destaque nos programas educacionais do Brasil, o PNLD é um dos maiores programas de livro didático do mundo. Porém, o ensino, não pode estar baseado apenas nos livros didáticos, já que se trata de uma construção humana, o desenvolvimento do ensino de Física, não pode ser organizado apenas a partir do seu formalismo teórico e matemático.

Se tratando do ensino de eletromagnetismo, encontra-se uma série de desafios. Dos Santos (2024), cita problemas desde a formação de professores, obstáculos relacionados ao próprio conteúdo, carência de professores, falta de infraestrutura e de materiais adequados, ou até mesmo falta de recursos financeiros. Além dessas dificuldades, tem as questões relacionadas a metodologia de ensino dos professores, que utilizam abordagens muito tradicionais e pouco

interativas, com aulas expositivas e exercícios repetitivos, causando a falta de motivação dos alunos.

A utilização dos livros didáticos é importante, e é perceptível a adaptação ao longo dos anos para uma melhor apresentação dos conceitos. Porém, as abordagens precisam ser mais dinâmicas e participativas, assim como a necessidade de recursos que ajude no processo de ensino e consequentemente, incentivando a motivação e engajamento dos alunos para aprendizagem de tópicos de Física.

2.6 Interdisciplinariedade no ensino de Física

A interdisciplinariedade ganha destaque no cenário educacional, já que está associada a busca de uma aprendizagem significativa. Os parâmetros curriculares apresentam a interdisciplinariedade como forma de ir além da justaposição de disciplinas, sendo o principal objetivo, relacionar as disciplinas em atividades ou projetos de estudo, pesquisa e ação, contribuindo para a educação. (AMORIM E FEISTEL, 2017)

Nesse contexto, o ensino de Física deve ser vinculado, pois se trata de uma ciência que nos cerca e explica fenômenos. Para que seja mais fácil o entendimento de conceitos, é importante tentar aproximá-los da realidade dos alunos. Construindo uma visão com foco na formação de um cidadão instruído, atuante no seu próprio processo de aprendizagem, compreendendo fenômenos e participando da realidade. (AMORIM E FEISTEL, 2017)

Vale destacar que mesmo alguns assuntos sendo trabalhados de forma isolada, alguns podem ser incluídos em outras áreas. Assim, os conhecimentos acerca de determinado assunto viram um só, e os alunos percebem através de práticas como essas de correlação que os que eles aprendem fazem parte de um todo, importante para seu desenvolvimento. (AMORIM E FEISTEL, 2017)

Práticas educacionais que procuram vencer as dificuldades no ensino como a interação disciplinar, é uma ferramenta importante. O trabalho de Correa (2019), buscou analisar essa forma de ensino utilizando biomateriais, que são materiais a serem utilizados no corpo humanos. Com essa prática, foi possível verificar pontos de conexão nas áreas de Física, Química e Biologia. Enquanto resultado, houve uma motivação por parte dos alunos, melhorando o ensino com uma visão desfragmentada e contextualizada.

Poucos são os trabalhos desenvolvidos na área educacional que envolva a ferramenta interdisciplinar, por diversos fatores, como tempo dos professores, disponibilidade de horários para encontros e debates, e até pelo próprio sistema curricular. Isso se torna ainda mais

problemático para com a Física. Envolver, por exemplo, Física e Biologia, é ainda mais difícil. Dessa maneira, esta pesquisa traz como enfoque a investigação através integração entre essas duas áreas das ciências que pouco são exploradas. A partir da experimentação e da contextualização, o trabalho busca a correlação de conceitos de forma dinâmica e com o maior objetivo de alcance que é o aprendizado do aluno.

2.7 Atividades experimentais para o ensino de física

Uma das problemáticas no ensino de física é a motivação de aprender, mediante a vasta matematização e o ensino dos conceitos de caráter “robotizado”, encontra-se dificuldade para despertar o interesse do aluno. É válido destacar que as atividades experimentais são desenvolvidas com o objetivo de os alunos alcançarem habilidades importantes para seu aprendizado como conhecimento, compreensão conceitual e matemático, generalização empírica, conhecimento laboratorial e aprender a partir de observação e experimentação. (AVELAR, BARBOSA e CARNEIRO, 2022).

É possível destacar a potencialidade do uso da experimentação como apoio metodológico no ensino de Física, pois de acordo com Nascimento e Uibson (2021), se trata de uma maneira que favorece a aprendizagem permitindo os estudantes observarem fenômenos físicos a sua volta. Ou seja, estabelece uma relação entre a teoria e a prática, possibilitando o despertar de interesse dos alunos para que observem e investiguem os fenômenos estudados em sala.

No trabalho de Fontes e Rodrigues (2021), houve um levantamento de referências bibliográficas com a preocupação relacionada ao ensino de Física. Neste, observa-se que alguns professores e pesquisadores, percebem a importância de atividades experimentais no ensino de eletromagnetismo. Trata-se de uma temática relevante para a comunidade científica, sendo evidente nos periódicos que a experimentação, principalmente no ensino de eletromagnetismo, lidera como proposta metodológica.

Rodrigues et al (2021) desenvolveram uma sequência didática com proposta experimental baseada em conceitos de eletromagnetismo. Neste, houve a construção de um motor induzido abordando a lei de indução de Faraday. Os estudantes participaram das aulas teóricas, explicação prévia de como iria ocorrer a experimentação, para então ser colocado em prática. Já Felipe et al (2024), optaram por uma atividade experimental de caráter

demonstrativo. Os alunos tiveram a apresentação dos conceitos relacionados ao eletromagnetismo e em cada dia pré-definido foi realizado uma montagem do experimento, sendo algumas dessas montagens com materiais de baixo custo e utilização de equipamentos do laboratório de Física.

Muitas pautas podem ser abertas a respeito das abordagens experimentais, uma delas é de cunho ambiental, visando possíveis descartes que podem ser aproveitados e se tornando instrumento metodológico. Arruda e Barbosa (2022) apresentaram essa temática através da reutilização de sucata de eletrônicos. Construíram um labirinto elétrico e fusível de palha de aço, abordando os tópicos de circuitos elétricos como base para o magnetismo.

No ensino de um conteúdo através da experimentação há diversas estratégias, como a demonstração, simulação virtual, história da ciência, resolução de problemas, construção de materiais em conjunto. Dessa maneira, o que é abstrato se torna mais acessível e pode alcançar aprendizagem, baseando no interesse e engajamento do aluno (SILVA, et al., 2021). De acordo com esse embasamento teórico, é possível notar a relevância e aspectos positivos de propostas metodológicas que promova engajamento e participação dos alunos para aprendizagem. Com essa motivação, na próxima seção será delimitado os procedimentos metodológicos baseado nas atividades experimentais.

3 METODOLOGIA DE PESQUISA

A pesquisa foi realizada em uma escola privada localizada no município de Marabá-PA com uma turma da 2ª série do ensino médio. Trata-se de um relato de experiência que a implementação do produto educacional gerou com o andamento até a finalização e coletas de dados. Iniciou com as sequências das aulas expositivas teóricas com os conteúdos de eletrostática e magnetismo.

Após as aulas, ocorreu a proposta da atividade experimental que buscou uma abordagem investigativa e interdisciplinar, com o questionamento sobre o que aconteceria com mudas de cebolinhas imersas em campo magnético produzido por bateria de baixa voltagem. A metodologia da atividade experimental compõe o produto educacional melhor descrito nas seções seguintes.

3.1 Sequência das aulas

Este trabalho tem como fundamento metodológico um relato de experiência utilizando como base teórica as zonas de desenvolvimento para a aprendizagem do sociointerativismo de Lev Vygotsky, teoria apresentada na seção 2.1. Para tal, ocorreu o desenvolvimento de uma atividade experimental com os alunos, esta aborda conceitos prévios e subsequentes com tópicos de eletrodinâmica e eletromagnetismo de acordo com a descrição na

Tabela 1:

Tabela 1: Divisão de conteúdos necessários para a realização da atividade experimental

CONTEÚDOS NECESSÁRIOS		
	CONHECIMENTOS PRÉVIOS	ASSUNTOS ABORDADOS PARA A ATIVIDADE EXPERIMENTAL
ELETRODINÂMICA	Corrente, Tensão, Potência, Energia Elétrica, Leis de Ohm, Resistores, Associação de Resistores, Curto Circuito e Geradores Elétricos	Corrente, Resistência, tensão e geradores.
ELETROMAGNETISMO	Linhas de indução magnética, atração e repulsão de ímãs, campo magnético terrestre, orientação de bússolas, cálculo de campo magnético em fio, espira e bobina.	Ímãs e Campo Magnético em Condutores

Fonte: Autores, 2025.

Para verificar a zona de desenvolvimento proximal dos alunos, foi proposto um formulário com conjuntos de questões divididos em níveis de dificuldade fácil, médio e difícil dispostas no apêndice C:

- Fácil: poucas informações, textos pequenos e poucas indicações numéricas;
- Médio: informações a mais, textos mais longos e mais de um passo matemático;
- Difícil: muitas informações, transformações de unidades de medidas e procedimentos matemáticos maiores.

Inicialmente foram ministradas 5 aulas de 45 minutos. Aulas que ocorreram de maneira expositivas, com apoio de imagens animadas e não animadas, apresentando toda a teoria necessária para aplicação da atividade experimental. Após a exposição dos conteúdos e a aplicação do questionário prévio, houve a proposta da atividade experimental descrita na subseção 3.2.

3.2 Atividade experimental

A atividade experimental iniciou com a montagem do experimento, após as aulas dos conceitos de eletromagnetismo e revisão de eletrodinâmica. A organização da experiência foi dividida em etapas, sendo necessário a participação dos alunos em todas essas etapas. A turma da 2ª série do ensino médio contém 16 alunos, todos trabalharam em conjunto entre si e com a professora. Para a montagem do experimento, utilizaram: Tubetes, substrato, fio de cobre esmaltado de 26 AWG, alicates, baterias de 9V, fita isolante, trena, sementes de cebolinha, multímetro digital, paquímetro, tela e copos descartáveis como mostra a Figura 17.



Figura 17: Materiais utilizados na atividade experimental.

Fonte: Autores, 2025.

Na Figura 18, é possível verificar o esquema de todo o processo, iniciando pelas aulas teóricas na seção 3.1., a montagem do experimento na seção atual e a coleta dos dados na seção 3.3. A proposta é que eles possam desenvolver todos os procedimentos metodológicos se tornando um pesquisador, intervindo se necessário, trabalhando em conjunto, dando possibilidade de construir um elo entre teoria e prática, desenvolvendo a zona potencial.

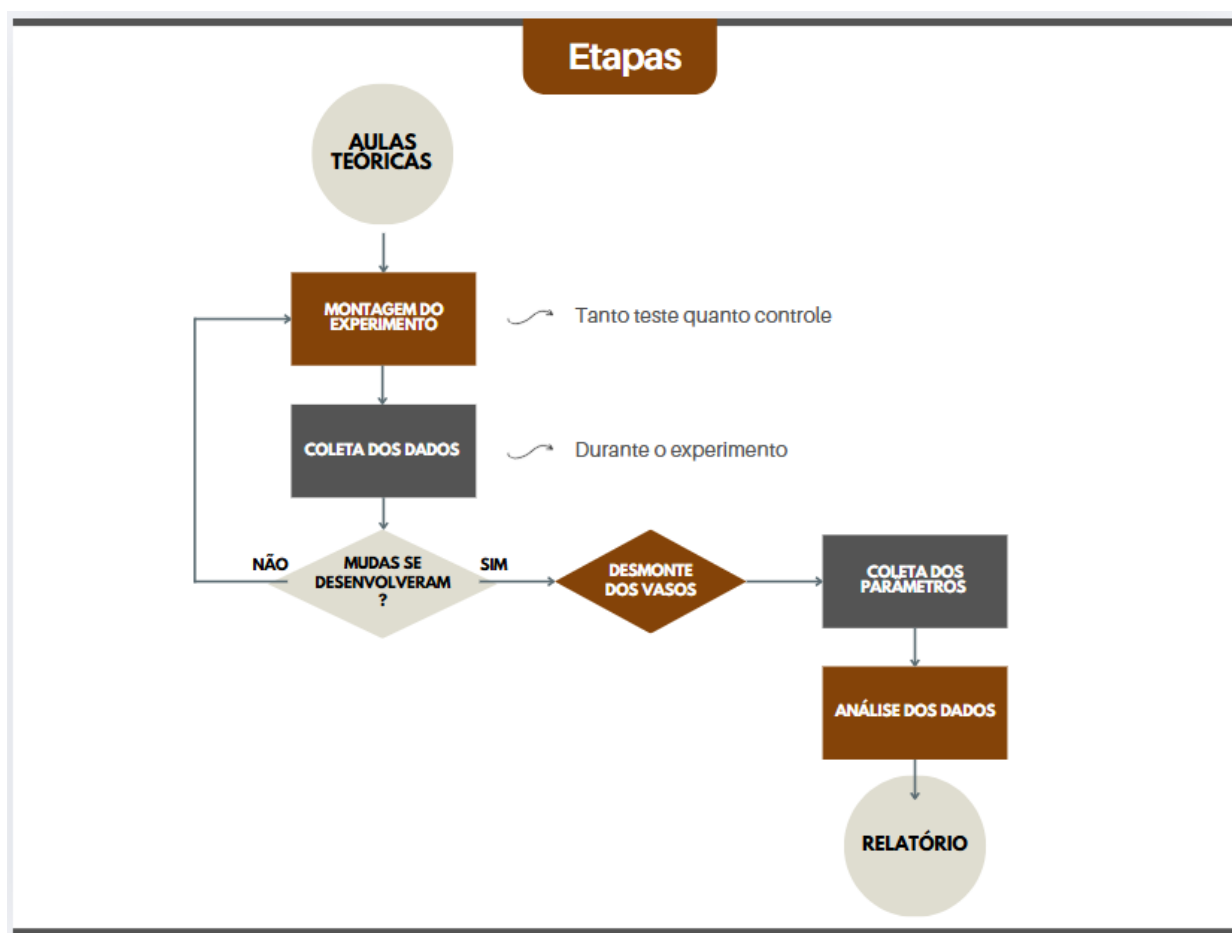


Figura 18: Esquema das etapas do trabalho.

Fonte: Autores, 2025.

Para propor o pensamento crítico sobre o que poderia acontecer com o experimento, os alunos receberam uma folha de anotações, também disponível em documento virtual, para que construíssem perguntas, elaborassem hipóteses e realizassem suas anotações dos procedimentos, relatando como aconteceu a montagem, o cuidado com as plantas e a coleta de dados (Apêndice B). A montagem do experimento ocorreu de acordo com o modelo esquemático da Figura 19:

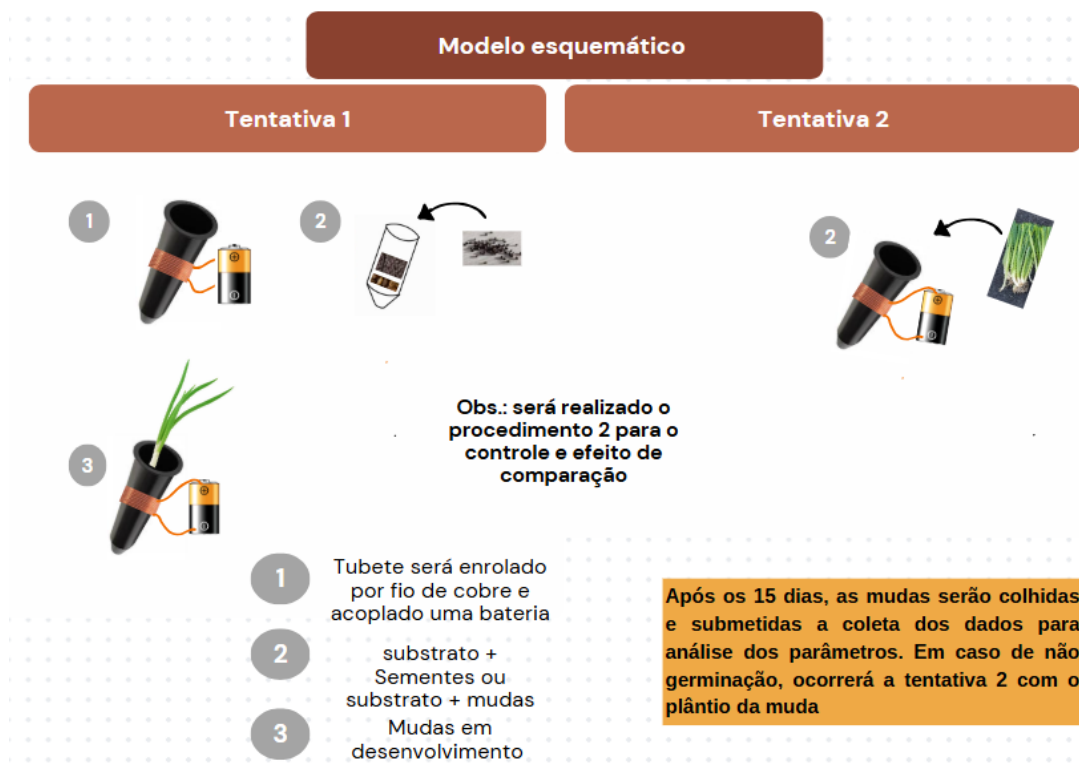


Figura 19: Modelo esquemático da montagem do experimento.

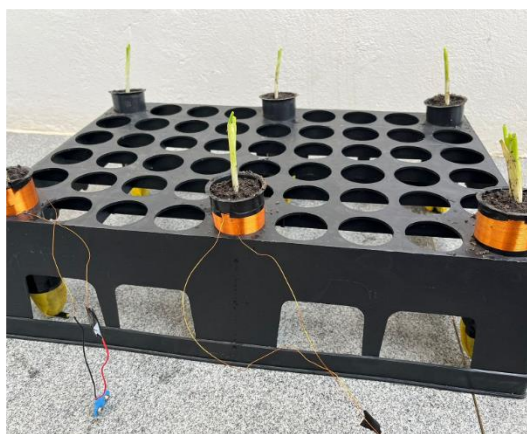
Fonte: Autores, 2025.

As sementes de cebolinha foram plantadas com 1 cm de profundidade, mantidas em local bastante ensolarado, regadas pelo menos 2 vezes ao dia, além das cebolinhas teste serem submetidas ao tratamento de 2h por dia de campo magnético e colhidas após 15 dias de tratamento. A montagem do controle foi realizada de maneira semelhante, porém sem a influência do campo magnético, já que ele será apenas para efeito de comparação.

Após os 15 dias de teste, ao observar a não germinação das sementes, será proposto o plantio de mudas de cebolinha para analisar como as plântulas se comportam sob as mesmas condições que as sementes foram expostas, de acordo com a Figura 20, mostra como ocorreu a montagem do experimento tanto das sementes quanto das mudas de cebolinha.



A – Visão de cima do plantio com sementes



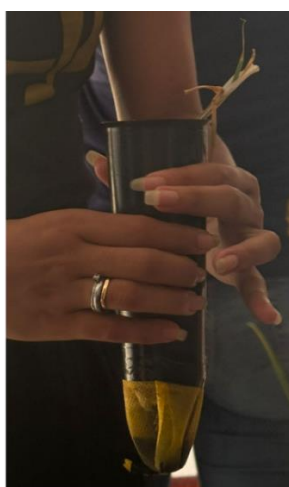
B – Visão de perfil do plantio com mudas

Figura 20: Montagem do experimento A e B.

Fonte: Autores, 2025.

Com as mudas vigadas, houve a realização do desmonte dos tubetes de acordo com os parâmetros a serem analisados baseado no trabalho de Silva et al., (2014) (Figura 21):

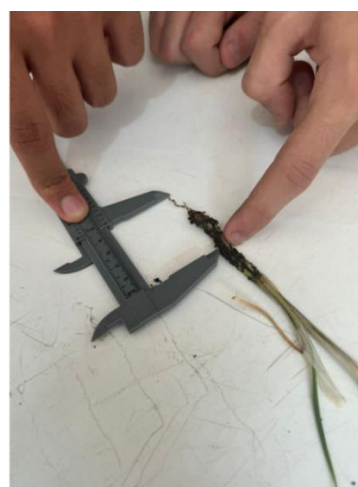
- Comprimento de planta (CP) mensurada da raiz até a base da última folha emitida com auxílio de um paquímetro graduada em mm;
- Diâmetro superior do bulbo (DSB) e diâmetro inferior do bulbo (DIB) mensurado com paquímetro graduado;
- Número de folhas (NF) por planta;
- Comprimento da raiz (CR) medido com paquímetro graduada em mm;



a) Realizando o desmanche



b) Retirando a plântula e o excesso de adubo



c) Medição dos parâmetros

Figura 21: Processo de coleta dos dados das plântulas de cebolinha controle e teste.

Fonte: Autores, 2025.

Após o desmonte realizado em grupo, os alunos fizeram as devidas medições dos parâmetros, anotações e fotografias. A partir disso, iniciaram o processo de escrita do artigo com um modelo baseado em introdução, objetivo, materiais e métodos, resultados e discussões. Como forma de culminância do trabalho, realizaram um banner e apresentaram para os demais alunos do ensino médio (Apêndice B).

3.3 Coleta dos dados

Para a obtenção dos resultados e consequentemente as discussões, ocorrerá inicialmente com as respostas coletadas a partir do formulário inicial, que teve como foco a análise dos conhecimentos adquiridos com as aulas de acordo com a mediação da professora disponível no apêndice A. Para uma análise qualitativa, a tabela abaixo mostra uma relação entre os blocos de questões por nível de dificuldade e o que é esperado pelo professor, a coluna em branco do que será alcançado será completado na seção 4.1.

Tabela 2: Verificação das respostas

Bloco de questões	Esperado	Alcançado	
Fáceis	<i>Válidas e desejadas</i>		<i>Previstas</i>
Médias	<i>Parcialmente válidas e parcialmente desejadas</i>		<i>Previstas</i>
Díficeis	<i>Parcialmente válidas e parcialmente desejadas</i>		<i>Previstas</i>

Fonte: Autores, 2025.

Além disso, a partir da observação participante, verificar o engajamento e participação dos alunos em todas as etapas do trabalho. Para uma avaliação qualitativa, verificar através da elaboração do artigo como o trabalho foi entendido e visto como importante dentro da interdisciplinaridade, além da apresentação oral da atividade experimental para os demais estudantes com a preocupação de demonstrar a importância de aprender na prática.

Para analisar as zonas de desenvolvimento proximal (Zona 2) e potencial (Zona 3), foi proposto um questionário com 10 perguntas discursivas, a Tabela 3 mostra as perguntas e o que é esperado em relação as respostas de acordo com as zonas de desenvolvimento.

Tabela 3: Questionário final

Pergunta	Esperado	Alcançado
----------	----------	-----------

1. Quais aspectos físicos e/ou explicações, usando os conhecimentos adquiridos até agora sobre física, poderiam ser usados para verificar a influência do campo magnético sobre mudas vegetais?	Zona 3		Prevista
2. Se substituíssemos o campo magnético pelo campo elétrico na aplicação sob as mudas, que cuidados deveríamos tomar e como deveria ser o procedimento?	Zona 3		Prevista
3. O sentido do campo magnético pode interferir no desenvolvimento de mudas vegetal?	Zona 3		Prevista
4. O que aconteceria com o campo magnético da bobina, e conseqüentemente na cebolinha, se aumentasse o número de espiras?	Zona 3		Prevista
5. Quando se tem um questionamento sobre uma experiência, formulamos uma hipótese que justifica ou explica o fenômeno observado. Essa é uma ação individual, cada um pode formular a sua própria hipótese para justificar, baseado no que aprendeu com essa experiência, que hipóteses inicialmente você formulou e a mesma foi correspondida após a experiência?	Zona 3		Prevista
6. Se é conhecida a corrente que atravessa a bobina, é possível determinar a intensidade do campo que passa pelo tubete com a muda?	Zona 2		Prevista
7. Por que a passagem de corrente no tubete não derreteu o tubete por efeito joule?	Zona 2		Prevista
8. Se invertêssemos um sentido da corrente é possível que o resultado fosse diferente? O que poderíamos esperar?	Zona 2		Prevista
9. Se usássemos uma fonte de corrente alternada, o que poderia ter acontecido com a plantinha no tubete?	Zona 3		Prevista
10. Aponte que fatores poderiam influenciar a favor do experimento e melhorá-lo e que fatores você acha que influenciaram em desfavor?	Zona 3		Prevista

Fonte: Autores, 2025.

Portanto, toda a produção como anotações, registro fotográfico e escrito são dados a serem coletados para verificação da aprendizagem dos alunos possibilitando o trabalho da zona de desenvolvimento proximal e potencial que a teoria socioconstrutivista aborda.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Questionário sobre os conhecimentos de magnetismo

O questionário foi aplicado após as aulas teóricas e antes da atividade experimental, possuiu 15 questões divididas por nível de dificuldade: 5 fáceis, 5 médias e 5 difíceis, com 10 questões objetivas e 5 discursivas com um acréscimo de um campo instigando o pensamento sobre possíveis aplicações do campo magnético (As perguntas e suas alternativas encontram-se no APÊNDICE C). Um total de 12 alunos responderam no formato de formulário do Google e participaram da atividade experimental até a sua conclusão.

De início, é possível observar uma adesão maior sobre as questões conceituais sobre os assuntos relacionados ao magnetismo, já questões que envolve interpretação e aplicação de fórmulas, tiveram pouco entusiasmo para resolver, além de maiores dificuldades.

As primeiras 5 questões estão baseadas em nível de dificuldade fácil, houve a abordagem dos tópicos de atração e repulsão de ímãs, inseparabilidade de polos magnéticos, campo magnético terrestre, orientação de bússolas e regra da mão direita para campo magnético em condutores. O Gráfico 1, apresenta as respostas em porcentagem dos alunos.

1. Pares de ímãs em forma de barra são dispostos conforme indicam as figuras a seguir: A letra N indica o polo Norte e o S o polo Sul de cada uma das barras. Entre os ímãs de cada um dos pares anteriores (a), (b) e (c) ocorrerão, respectivamente, forças de:

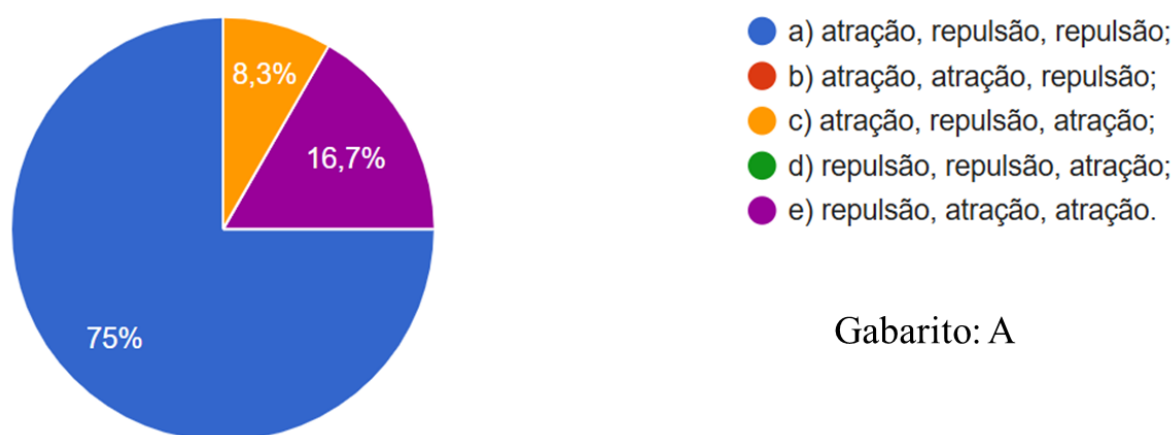


Gráfico 1: Questão do bloco fácil apresentando maior porcentagem de acerto
Fonte: Autores, 2025.

Após a verificação dos conceitos básicos da propriedade de atração e repulsão dos ímãs, foi proposto que os alunos identificassem o que aconteceria ao partir ímãs. O Gráfico 2 mostra que a maioria conseguiu identificar a resposta correta.

2. O ímã em forma de barra mostrado abaixo é quebrado, com cuidado, em duas partes. Os pólos das peças obtidas estão corretamente representados na alternativa

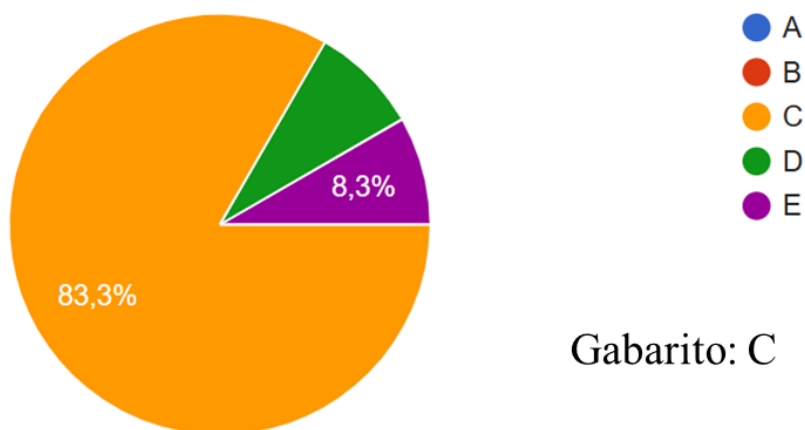


Gráfico 2: Questão do bloco fácil apresentando maior porcentagem de acerto
Fonte: Autores, 2025.

Continuando a verificação dos conceitos fundamentais, o *Gráfico 3* mostra que a maioria dos alunos ainda confundem a orientação magnética e geográfica da Terra. Apesar de ser válido ressaltar que 25%, segundo número mais expressivo, conseguiram assimilar o conceito e marcar a alternativa correta,

3. Uma bússola, com uma agulha orientada inicialmente na direção Norte/Sul da Terra, é colocada entre os pólos de um ímã, conforme a figura abaixo. O ímã possui um campo magnético da mesma ordem de grandeza do campo magnético terrestre. A orientação resultante da agulha é:

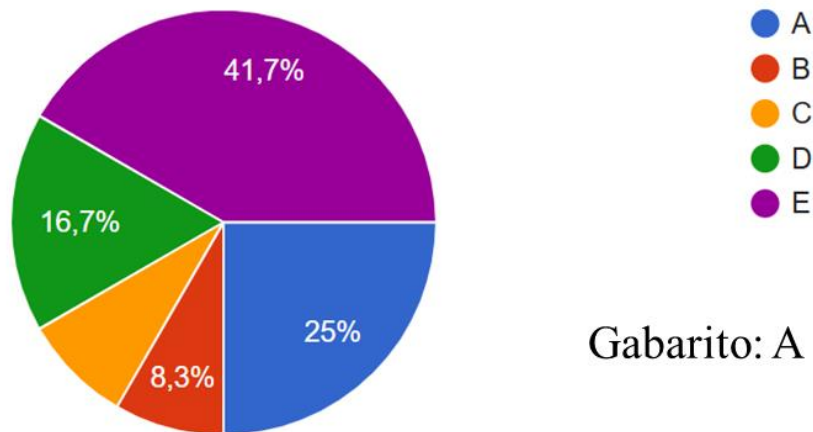


Gráfico 3: Questão do bloco fácil apresentando uma porcentagem mais alta na alternativa incorreta, porém, a segunda porcentagem maior, sendo a alternativa correta.

Fonte: Autores, 2025.

É possível analisar no Gráfico 4 que ocorreu uma semelhança na forma como as porcentagens se apresentaram em relação ao gráfico 3, pois os alunos em maioria erraram a questão por confusão de conceitos muito provavelmente. Porém, também 25% escolheram a alternativa correta.

4. Os antigos navegantes usavam a bússola para orientação em alto mar, devido à sua propriedade de se alinhar de acordo com as linhas do campo geomagnético. Analisando a figura onde estão representadas estas linhas, podemos afirmar que:

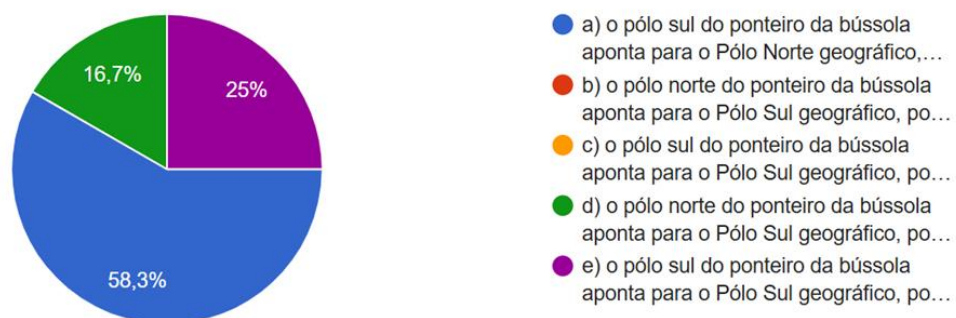


Gráfico 4: Questão do bloco fácil apresentando maior porcentagem para a alternativa incorreta.

Fonte: Autores, 2025.

Finalizando o bloco de questões consideradas fáceis, o Gráfico 5 mostra baixa porcentagem de acerto, demonstrando dificuldade por parte dos alunos de relacionar a regra da mão direita na questão.

5. A figura representa 4 bússolas apontando, inicialmente, para o polo norte terrestre. Pelo ponto O, perpendicularmente ao plano do papel, coloca-se um fio condutor retilíneo e longo. Ao se fazer passar pelo condutor uma corrente elétrica contínua e intensa no sentido do plano do papel para a vista do leitor, permanece praticamente inalterada somente a posição

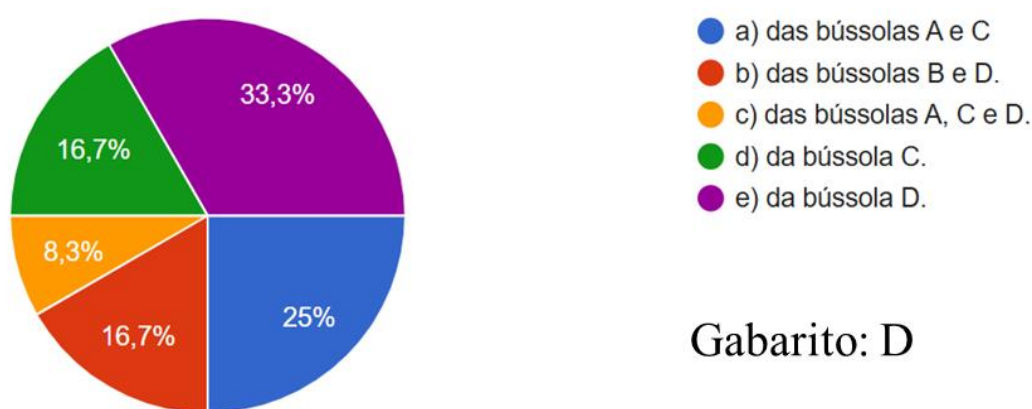


Gráfico 5: Questão do bloco fácil apresentando certa dificuldade para a escolha da alternativa correta.
Fonte: Autores, 2025.

É possível perceber que as questões 1 e 2 tiveram uma porcentagem maior de marcação sobre a alternativa correta, enquanto as questões 3, 4 e 5 possuíram uma taxa maior sobre as alternativas erradas, isso porque apesar de serem conceitos fundamentais, quando postos a resolver os problemas ainda acontece confusão dos conceitos que é previsto.

O segundo bloco de questões da 6ª a 10ª, foram consideradas médias, se baseando no fato de envolver resoluções utilizando fórmulas e a relação de conceitos. Foi pedido ao aluno encontrar o valor do campo magnético através dos condutores, sendo necessário pelo menos uma fórmula para fio retilíneo e longo, uma espira circular e uma bobina. Além disso, identificar o sentido do campo magnético nesses condutores através da regra da mão direita, com 3 questões discursivas apresentando o cálculo e 2 objetivas. Foram realizadas as seguintes perguntas discursivas/cálculo:

Tabela 4: Perguntas discursivas/cálculo realizada no questionário.

6.	Um solenoide de comprimento 12 cm (0,12 m), percorrido por uma corrente elétrica de intensidade 2 A, precisaria ser formado por quantas espiras para possuir um campo magnético de módulo igual a 100 T? Adote $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T}\cdot\text{m/A}$.
7.	Corrente elétricas geram campo magnético. Em uma linha de transmissão de energia elétrica, com corrente elétrica contínua de 4000 A, esse campo é elevado. A Organização Mundial de Saúde (OMS) alerta que exposições agudas a campos superiores a 100 μT podem desencadear processos carcinogênicos. Assim, conhecendo a permeabilidade magnética (μ_0), qual a distância do fio até onde o campo gerado pela corrente terá módulo igual ao recomendado pela OMS? Adote $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T}\cdot\text{m/A}$.
8.	Um solenóide ideal de comprimento 50 cm e raio 1,5 cm contém 2.000 espiras e é percorrido por uma corrente de 3 A. Sendo $\mu_0 = 4 \cdot 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m/A}$, qual é o valor da intensidade do campo magnético B no interior do solenóide?

Fonte: Autores, 2025.

As questões 6, 7 e 8 foram discursivas, os alunos apresentaram suas respostas de maneira manual, a Figura 22 demonstra um exemplo claro de que no geral, os alunos possuem uma base dos conhecimentos necessários para o desenvolvimento dos cálculos, apesar de alguns alunos ainda demonstrarem se confundir sobre qual fórmula utilizar, isso porque também depende da interpretação da questão, outros acabaram se confundindo nas operações, o que é comum e previsto nas aulas.

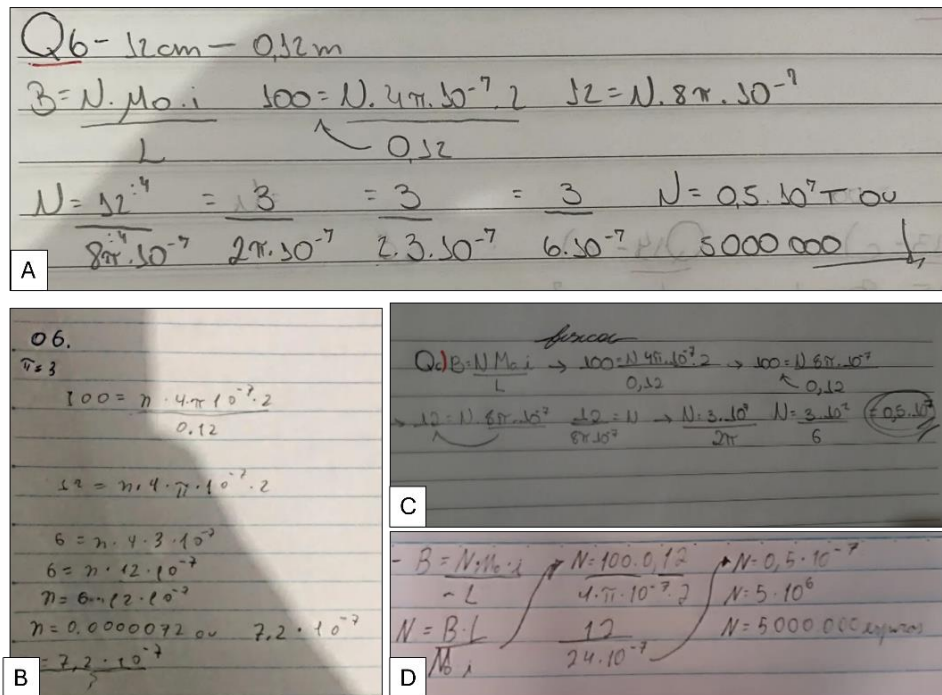
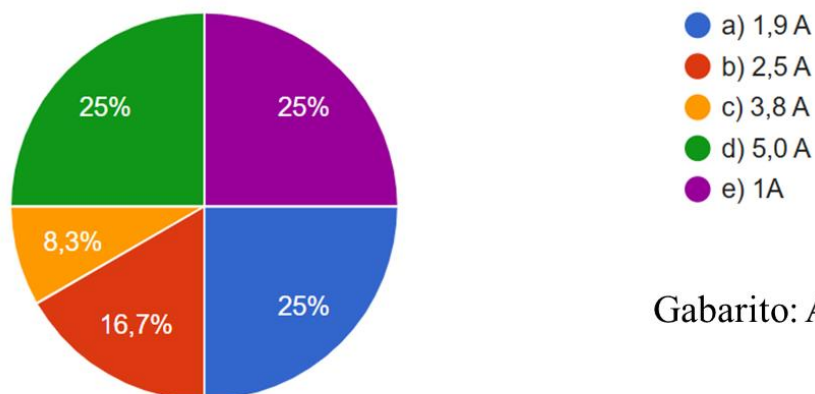


Figura 22: Exemplos das respostas desenvolvidas pelos alunos.

Fonte: Autores, 2025.

Já as questões 9 (Gráfico 6) e 10 (Gráfico 7) médias, foram objetivas e pediu cálculo aliando ao conceito do sentido do campo magnético. Observa-se que a número 9 teve uma quantidade distribuída de alternativas marcadas, apesar de 25% ter marcado a alternativa correta, ainda mostra certa dificuldade em chegar a uma resposta sólida.

9. Uma bobina chata é formada de 40 espiras circulares, de raio 8,0 cm. A intensidade da corrente que percorre a bobina, quando a intensidade do vetor campo magnético no centro da bobina é $6,0 \cdot 10^{-4}$ T, é de ($\mu = 4 \pi \cdot 10^{-7}$ T · m/A):



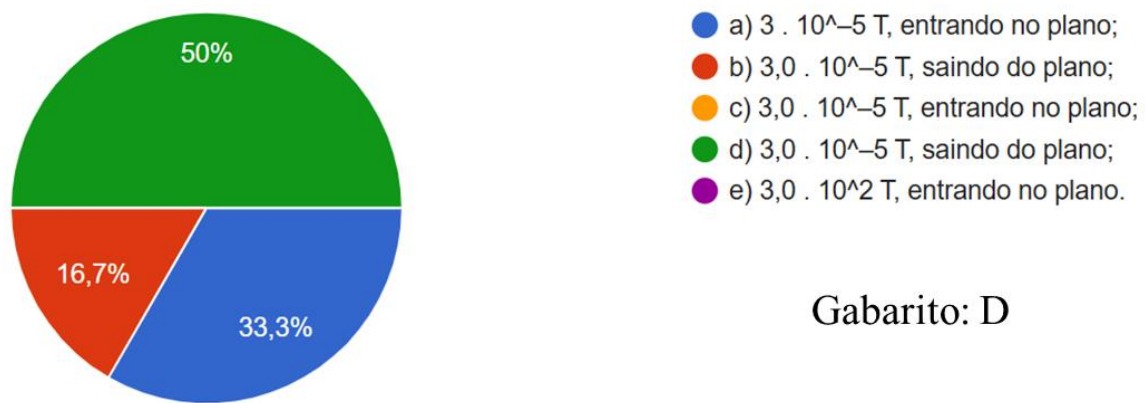
Gabarito: A

Gráfico 6: Questão do bloco média, apresentando uma das porcentagens maiores.

Fonte: Autores, 2025.

Na questão 10, a maioria dos alunos demonstraram ter compreendido melhor como resolver os cálculos e relacionar a regra da mão direita para o sentido do campo magnético o que é desejável e pouco previsto.

10. Uma espira circular de raio 4 cm está no plano do papel, conforme mostra a figura abaixo. Na região da espira tem-se vácuo, cuja constante de permeabilidade magnética é $4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T m/A}$. Quando a espira for percorrida por uma corrente elétrica de intensidade 6A, o campo de indução magnética no seu centro é melhor representado pela alternativa:



Gabarito: D

Gráfico 7: Questão do bloco média, apresentando maior porcentagem de acerto.
Fonte: Autores, 2025.

O último bloco de questões são as consideradas difíceis, 11-15, pois é necessária uma interpretação mais aprofundada, requer dos alunos saber calcular e relacionar as fórmulas as teorias fundamentais. A questão 12 foi realizada da seguinte forma:

Tabela 5: Questão considerada difícil.

12.	Os fios 1 e 2, mostrados na figura, são retilíneos e muito compridos, estando ambos no ar e situados no plano desta folha. Há, no fio 1, uma corrente $i_1=5,0 \text{ A}$ e uma corrente i_2 no fio 2. Deseja-se que o campo magnético resultante, devido aos fios, seja nulo no ponto P (figura).
-----	---

	determine qual deve ser o sentido da corrente i_2 no fio 2 e calcule qual deve ser o valor de i_2 .
--	---

Fonte: Autores, 2025.

Como esperado, porém, não desejado, observa-se uma dificuldade maior em relação a saber se deveria ou não realizar cálculo na questão para definir a corrente elétrica e o sentido dela através dos condutores. A Figura 23 mostra algumas respostas para a pergunta 12.

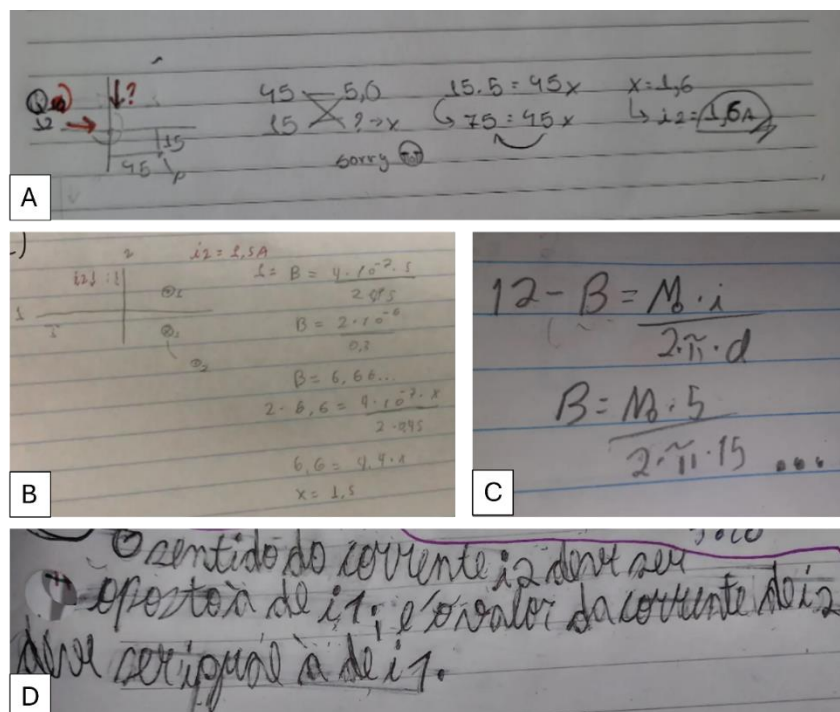
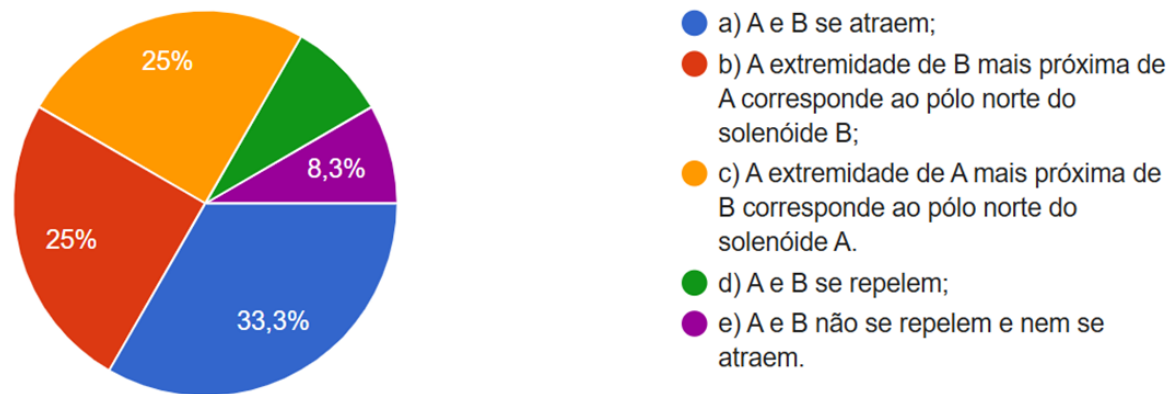


Figura 23: Exemplos das respostas discursivas das questões difíceis.

Fonte: Autores, 2025.

Alguns alunos demonstraram uma dificuldade menor em interpretar a questão e realizou o que foi pedido, apesar de errarem, seja no cálculo ou na definição do sentido do campo magnético, o que está de acordo com a definição de uma questão difícil, apesar do aluno saber o tema acaba se confundindo na resolução, podendo não chegar a resposta correta.

11. Considere dois solenóides A e B percorridos por uma corrente elétrica cujo sentido é indicado na figura. Qual é a afirmação verdadeira?



Gabarito: D

Gráfico 8: Questão do bloco difícil apresentando menor porcentagem de acerto.

Fonte: Autores, 2025.

13. A Anomalia Magnética no Sul e no Sudeste do Brasil é uma espécie de defasagem na proteção magnética da Terra, localizada sobre o Atlântico Sul, na faixa que se estende até o Continente Africano. Para tentar entender o fenômeno, especialistas estudam o campo magnético do planeta, gerado no núcleo de ferro líquido, superaquecido a pelo menos três mil quilômetros de profundidade. Essa região tem um campo mais enfraquecido. Isso faz com que os satélites, quando passam por essa região, tenham de desligar momentaneamente alguns componentes para evitar a perda do satélite ou que algum equipamento seja danificado. Por isso, é de interesse das agências espaciais monitorar constantemente a evolução dessa anomalia, principalmente, nessa faixa central. Com base no texto, qual o papel do campo magnético da Terra?



Gabarito: B

Gráfico 9: Questão do bloco difícil apresentando maior porcentagem de acerto.

Fonte: Autores, 2025.

14. Pela primeira vez, cientistas detectaram a presença de partículas de poluição que interferem no funcionamento do cérebro, podendo inclusive ser uma das causas de Alzheimer. A conexão entre esses materiais e o mal de Alzheimer ainda não é conclusiva. Um desses materiais poluentes encontrados no cérebro é a magnetita, um óxido de ferro que constitui um ímã natural. Sobre o óxido citado no texto, é correto afirmar que ele apresenta



Gráfico 10: Questão do bloco difícil apresentando maior porcentagem de acerto.
Fonte: Autores, 2025.

É possível notar de acordo com os gráficos 8, 9 e 10, que mesmo as questões 11, 13 e 14 possuir uma exigência maior em relação a interpretação e relação entre os conceitos, os alunos demonstraram mais entendimento, principalmente nas questões 13 e 14, em que 50% e 75% foram corretos nas escolhas das alternativas, o que é desejável e pouco previsto.

No final do questionário, houve a proposta de pesquisa e pensamento crítico sobre as possibilidades de aplicações do eletromagnetismo na agricultura, medicina e tecnologia. Através dessas pesquisas, eles foram incentivados a verificar a existência da gama de estudos relacionados ao que eles veem em sala de aula.

Tabela 6: Resposta das pesquisas realizadas pelos alunos.

Proposta	Resposta dos alunos		
16. O eletromagnetismo é uma área da Física com diversas aplicações, pesquise e descreva	Aluno A: São diversas aplicações nestas áreas: na medicina para identificar tumores, lesões, parasitas dentre	Aluno B: O eletromagnetismo na medicina usa os campos eletromagnéticos na magnetoconvulsoterapia e é	Aluno C: Medicina: Utilizado em equipamentos de diagnóstico, como ressonância magnética

sobre as possíveis aplicações na medicina, agricultura e tecnologia.	outras coisas; na agricultura ajudando no afastamento de pragas e ajudando no crescimento das plantas; é na tecnologia, sendo que muitas componentes e funções tecnológicas dependem dos campos eletromagnéticos.	destinada a pacientes que não apresentam uma resposta adequada ao tratamento com medicamentos. Na agricultura, o eletromagnetismo se aplica na influência na germinação com a exposição de sementes a campos magnéticos podem afetar a taxa de germinação, além do biomagnetismo e o monitoramento na germinação. Na tecnologia, o eletromagnetismo se aplica para a produção e distribuição de energia, comunicação, dispositivos eletrônicos, antenas, motores elétricos e cartões magnéticos.	(MRI), que cria imagens detalhadas do corpo humano usando campos magnéticos. Também é fundamental em radioterapia, que usa radiação eletromagnética para tratar câncer, além de equipamentos como desfibriladores e marcapassos. Agricultura: Aplicado no uso de sensores eletromagnéticos para monitorar o solo, controlar a irrigação e aumentar a produtividade agrícola. Também é usado no controle de pragas por meio de campos eletromagnéticos. Tecnologia: Essencial para o funcionamento de dispositivos como telefones celulares, antenas, satélites e radares. Também é usado em sistemas de comunicação sem fio, Wi-Fi e Bluetooth, além de motores elétricos e geradores. O eletromagnetismo é a base de muitas tecnologias e práticas modernas em diferentes setores.
--	---	--	---

Fonte: Autores, 2025.

Os exemplos das respostas da tabela demonstram uma prévia da construção das hipóteses dos alunos a respeito das possíveis aplicações do eletromagnetismo. Realizada a

pesquisa unido a Tabela 6 com os resultados do questionário, a atividade experimental teve seu início.

Tabela 7: Resultados esperados e alcançados do questionário.

Bloco de questões	Esperado	Alcançado	
Fáceis	<i>Válidas e desejadas</i>	<i>Válidas e parcialmente desejadas</i>	<i>Pouco previstas</i>
Médias	<i>Parcialmente válidas e parcialmente desejadas</i>	<i>Parcialmente válidas e parcialmente desejadas</i>	<i>Previstas</i>
Difíceis	<i>Parcialmente válidas e parcialmente desejadas</i>	<i>Válidas e parcialmente desejadas</i>	<i>Pouco previstas</i>

Fonte: Autores, 2025.

A Tabela 7 mostra coerência entre o previsto/esperado e o alcançado. Isso mostra que os alunos possuem conhecimentos suficientes para realizar a atividade experimental e desenvolver um aprendizado ainda mais consolidado. A seção 4.2. está relatando toda a experiência que a atividade experimental proporcionou, compondo o resultado deste trabalho de maneira qualitativa através das produções realizadas pelos alunos aliada a observação participante da professora.

4.2 Relato de experiência da atividade experimental

4.2.1 Montagem do experimento

Após a apresentação dos materiais, os próprios alunos realizaram a montagem do experimento, todos estavam munidos de um roteiro dos procedimentos que seriam realizados com espaço para anotações, também disponível de forma virtual para que eles pudessem realizar seus relatos ao longo do experimento e ter base para a construção do artigo. A Figura 24 mostra a montagem da bobina.

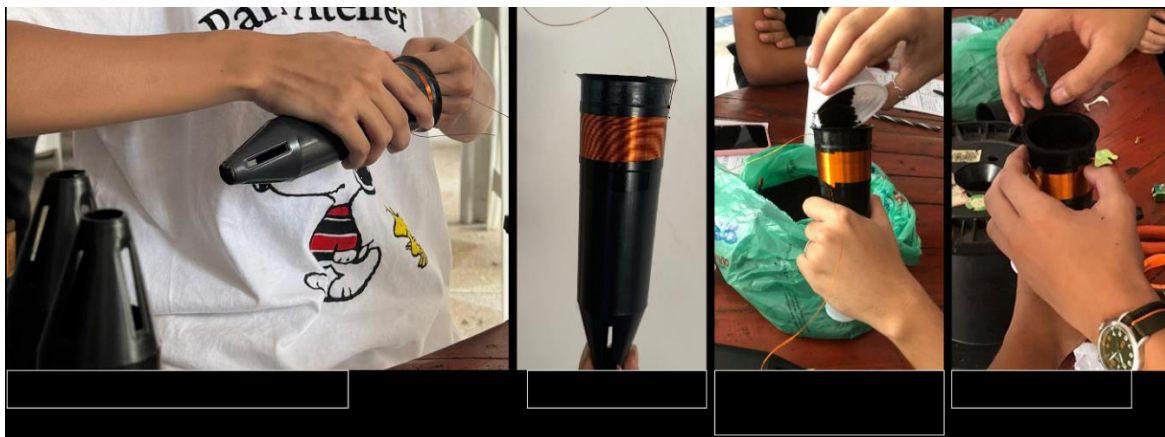


Figura 24: Montagem da bobina.

Fonte: Autores, 2025.

A montagem da bobina possibilitou aos alunos uma experiência de reconhecimento do que foi apresentado na sala de aula, verificaram a diferença entre o que é fio, espira e bobina. Com a bobina pronta, deu-se início a aplicação, a partir do preenchimento do tubete com substrato e semente de cebolinha. Paralelo a isso, foi construído o controle e todos os tubetes postos em uma bancada para se iniciar o experimento como mostra a Figura 25:

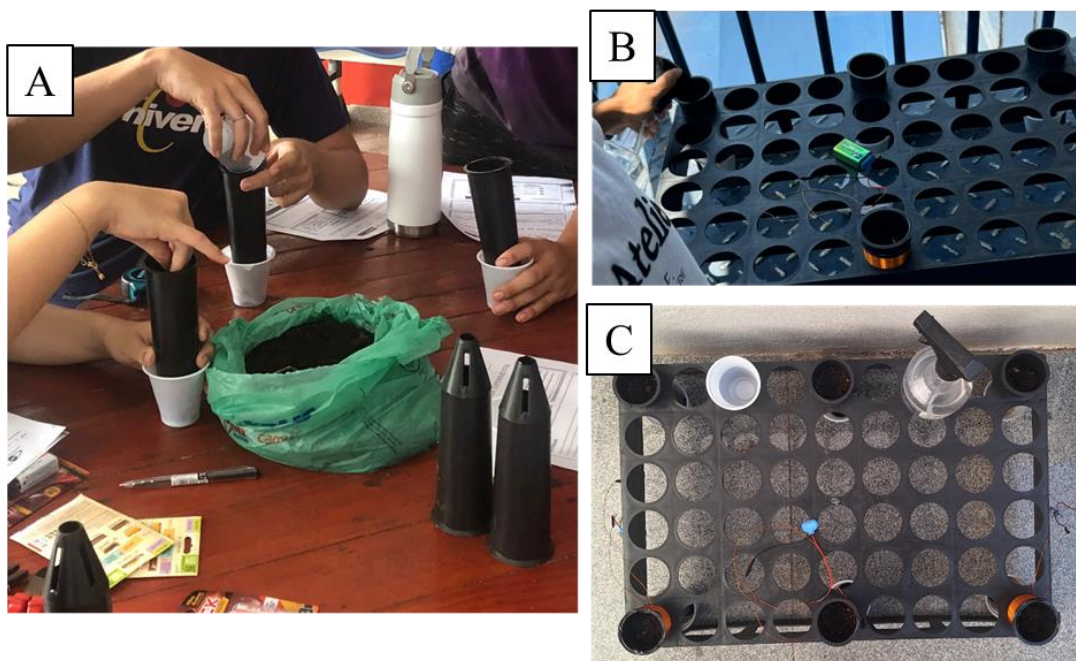


Figura 25: (A) – Preenchimento com substrato nos tubetes; (B) – Organização da bancada; (C) - Experimento montado com teste e controle.

Fonte: Autores, 2025.

Os alunos realizaram todo o processo, desde o enrolamento do fio de cobre, a semeadura, conexão da bobina com as baterias e o cuidado com o ato de regar os tubetes

diariamente, verificar a tensão nas baterias com o voltímetro e tiveram a liberdade de comunicação de ideias, intervindo quando necessário.

4.2.2 Análise dos parâmetros de desenvolvimento da cebolinha

O experimento com as sementes de cebolinha ocorreu durante um período de 15 dias, os alunos verificaram diariamente o andamento da germinação da semente, regavam, ligavam as baterias 2h/d, fotografava e anotava.

Com isso, verificaram que não houve a germinação das sementes, desenvolveram suas hipóteses e chegaram à conclusão que seria melhor repetir o experimento com mudas de cebolinha e analisar o efeito sobre o desenvolvimento da plântula. Isso porque a germinação de uma semente depende de muitos fatores que não teriam tempo e controle sobre fatores como viabilidade da semente escolhida.

Logo, o experimento foi repetido, de maneira semelhante com a modificação do plantio das mudas de cebolinha e as plântulas apresentaram resultados diferentes, como mostra a Figura 26.



A – Mudas se desenvolvendo com 8 dias após o plantio



B – Plântulas após 15 dias do plantio

Figura 26: Plântulas de cebolinha desenvolvidas.

Fonte: Autores, 2025.

As mudas de cebolinha com 3 dias estavam enraizadas, com 8 dias apresentaram novas folhas e com 10 dias já houve uma interrupção natural no desenvolvimento das cebolinhas controle, enquanto plântulas teste continuaram a se desenvolver até os 15 dias previstos na metodologia e ocorreu o desmonte para análise dos parâmetros. Feita a coleta dos dados, a Tabela 8 mostra as medidas dos parâmetros de desenvolvimento das cebolinhas.

Tabela 8: Dados dos parâmetros de desenvolvimento das plântulas.

Planta	Raiz Desenvolvida	Comprimento da raiz	Diâmetro da planta	Nº de folhas	Comprimento (Raiz até a ponta)	Estado final da planta
Controle 1	Não	2,5 cm	0,5 cm	1	12,5 cm	Morta e seca
Controle 2	Não	0,5 cm	0,3 cm	0	15,5 cm	Morta e seca
Controle 3	Não	1 cm	0,5 cm	0	9 cm	Morta
Teste 1	Sim	9 cm	0,6 cm	2	28,3 cm	Viva e firme
Teste 2	Sim	2,6 cm	0,8 cm	2	19,6 cm	Viva e firme
Teste 3	Sim	3,1 cm	0,8 cm	3	21 cm	Viva e firme

Fonte: Autores, 2025.

Como é possível observar na Tabela 8, as plântulas controle morreram e secaram, não tiveram uma raiz desenvolvida e um baixo número de folhas crescidas. Já as plântulas testes, sob influência do campo magnético, chegaram ao fim do experimento vivas e firmes, com raiz desenvolvida, comprimento da raiz, parte aérea, diâmetro e número de folhas mais apreciáveis. De forma visual, Figura 27, apresenta esse desenvolvimento comparativo entre teste e controle.



A – Plântulas controle

B – Plântulas teste

Figura 27: Plântulas controle e teste.

Fonte: Autores, 2025.

Para demonstrar esse efeito comparativo, além de desenvolverem um quadro com os parâmetros, realizaram um gráfico em que se observa a planta teste (com campo magnético) possui um melhor desenvolvimento em relação à planta controle (sem campo magnético). Logo, é possível considerar que o campo magnético pode ter influenciado de maneira positiva no desenvolvimento da planta (Figura 28).



Figura 28: Mostra a comparação entre três plantas com campo magnético e três plantas sem campo magnético em relação ao seu desenvolvimento.

Fonte: Autores, 2025.

Trata-se de um gráfico comparativo dos dados coletados sem tratamento estatístico, mas demonstra uma comparação e abre margem para discussões como a possibilidade de o campo magnético ter agido, de maneira parecida com um tratamento, influenciando positivamente no crescimento das plântulas. Ainda que haja importância em mais testes, os alunos verificaram potencial na aplicação de campo magnético no desenvolvimento de cebolinhas.

4.2.3 Culminância do experimento na escola

Com os dados coletados, os alunos tiveram duas semanas para escrita do artigo, da construção de um banner (Apêndice A) para impressão e apresentação para os demais alunos do ensino médio, professores e coordenação. Um grupo de alunos expuseram os resultados para todo o ambiente escolar como forma de culminância do trabalho, a Figura 29 mostra os alunos realizando a apresentação para a comunidade escolar.

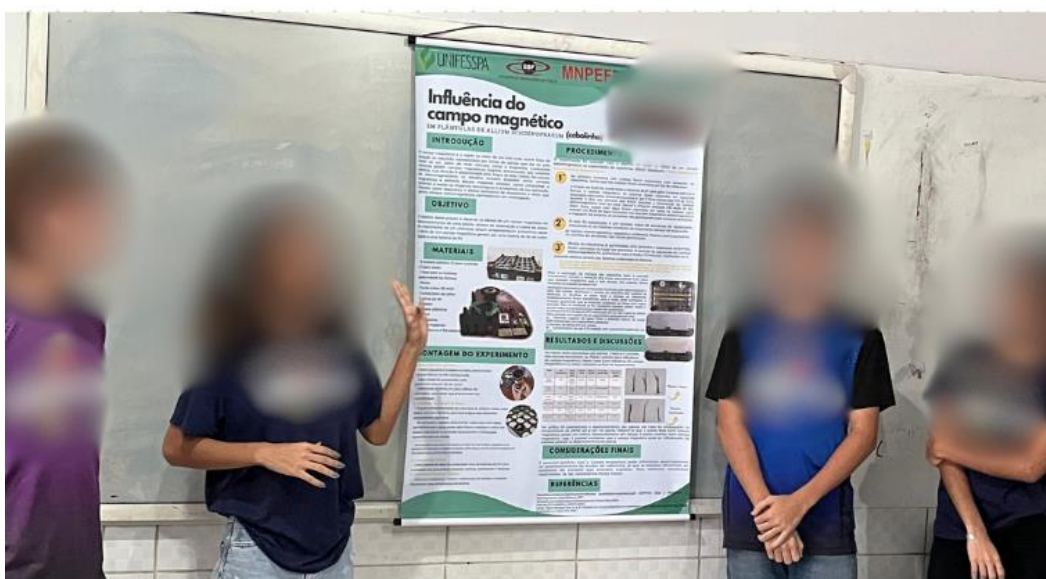


Figura 29: Culminância do trabalho.

Fonte: Autores, 2025.

Esse momento de finalização do trabalho, semelhante a um trabalho científico realizado nas universidades, mostra que os alunos são capazes de acordo com uma mediação a investigar, criar hipóteses embasadas, discutir e apresentar resultados com bastante propriedade. Para verificar se houve uma passagem da zona de desenvolvimento proximal para a zona de desenvolvimento potencial, além da culminância do trabalho, também foi proposto um questionário final que será apresentada as respostas na seção 4.3.

4.3 Questionário final

Para manter a fidelidade da pesquisa, houve a transcrição de todas as respostas realizadas pelos alunos mantendo a gramática, tendo como objetivo também uma melhor visualização das respostas ao longo do texto, já que a ferramenta de coleta foi o formulário do google, disposto no APÊNDICE A Com a intenção de verificar se os alunos alcançaram a zona de aprendizagem potencial (Zona 3), foram realizadas 10 perguntas, sendo a primeira:

1. Quais aspectos físicos e/ou explicações, usando os conhecimentos adquiridos até agora sobre física, poderiam ser usados para verificar a influência do campo magnético sobre mudas vegetais?

Respostas:

Aluno A: Interação do campo magnético com processos de transporte de seiva

Aluno B: 1º O efeito joule, pois ao verificar que havia este efeito sobre os fios, baterias e bobinas do experimento, é possível afirmar que à passagem de corrente elétrica pela bobina é consequentemente a formação de campo eletromagnético; 2º Voltímetro; 3º O fato de que enquanto que os controles do terceiro experimento morreram, os testes resistiram.

Aluno C: pode ser usado processo de germinação e desenvolvimento da raiz das plantas, fazendo uma comparação entre as que foram expostas sobre influência do campo e as que não foram, usando como referência o crescimento de cada uma das plantas para fazer uma análise, para ver se há alterações causadas pela influência do campo.

Aluno D: Poderia ser utilizado o fato de possíveis alterações na germinação da planta, comparando as que tiveram influência do campo magnético e as que não tiveram, o crescimento e a orientação das mudas, verificando se há alterações por conta da influência causada pelo campo.

Aluno E: É possível comparar o processo de germinação e o desenvolvimento das raízes de plantas expostas a um campo específico com as não expostas, analisando o crescimento de cada grupo para identificar possíveis alterações causadas pela influência do campo.

Aluno F: A indução magnética do campo em metais e sais, que as plantas usam pra se nutrir, e que as compõem, as estimulando crescimento

É possível observar que todos os alunos conseguiram desenvolver hipóteses sobre quais aspectos das plantas seria interessante pesquisar, utilizando o campo magnético sobre alternativas como a influência na seiva, no processo de germinação somado ao desenvolvimento no geral, observação nos nutrientes e variáveis interessantes que pode influenciar como efeito joule. Considerando que a zona 3 é um indicador de um amadurecimento de ideias, os alunos demonstraram em suas respostas uma boa relação entre as características das plantas e os aspectos físicos.

Ainda analisando a zona 3, a pergunta 2 propõe uma aplicação de outro aspecto físico que é o campo elétrico, vale ressaltar a importância de os alunos conseguirem fazer essa relação sugerindo ideias de procedimento que consiga investigar uma outra variável física:

2. Se substituíssemos o campo magnético pelo campo elétrico na aplicação sob as mudas, que cuidados deveríamos tomar e como deveria ser o procedimento?

Respostas:

Aluno A: Evitar descargas elétricas e superaquecimento: Campos elétricos muito intensos podem ionizar o ar ou gerar descargas elétricas, prejudicando as mudas. Posicionar as

mudas entre dois eletrodos condutores paralelos, formando um capacitor plano. Garantir que os eletrodos sejam revestidos com material não reativo para evitar contaminação.

Aluno B: Teríamos de ter mais cuidado ao manusear o experimento por risco de choque, precisaríamos de baterias com voltagem maior, precisaríamos mais espaço na base do experimento para promover a interação entre cargas elétricas.

Aluno C: Substituindo o campo magnético pelo campo elétrico, é necessário um maior controle de intensidade para que as temperaturas não se elevem, e também o tempo de exposição das plantas a esse campo, fazendo ajustes constantes e monitoramento constante para que o objetivo esperado seja alcançado.

Aluno D: Os cuidados que deveriam ser tomados seriam o tempo de exposição ao sol, por superaquecer as espiras, e o aumento de temperatura por conta do efeito joule. O procedimento usado deveria ser por meio do controle da corrente, para não afetar negativamente no crescimento da planta.

Aluno E: Deveríamos tomar muito cuidado para não afetar a planta por aumentar a temperatura por culpa do efeito joule e também por precisar de mais atenção no manuseio de intensidade, etc... Para não carregar a planta de forma errada, o que poderia gerar atração ou repulsão indesejada nela, com objetos carregados

Todos os alunos consideraram a temperatura como um fator relevante, isso mostra o entendimento das possíveis condições de estresse para a planta ou semente. Enfatizaram a importância do cuidado e controle do experimento, então ainda que seja possível uma aplicação como essa, a forma como será posto o experimento precisa levar em consideração os efeitos da temperatura. Dessa forma, verifica-se que todos a partir de suas experiências e com a devida orientação, testar suas próprias hipóteses, características da zona 3.

A terceira pergunta levanta uma nova problemática que é o sentido do campo magnético, isso porque o campo pode funcionar como inibidor ou estimulador. Assim, os alunos tiveram espaço para pensar a respeito e fazer suas relações, também como forma de análise da zona 3.

3. O sentido do campo magnético pode interferir no desenvolvimento de mudas vegetal?

Respostas

Aluno A: Sim, o sentido do campo magnético pode interferir no desenvolvimento de mudas vegetais, dependendo da espécie e do processo fisiológico avaliado.

Aluno B: É sim possível que o sentido do campo magnético afete no desenvolvimento do vegetal, seria necessário testes e experimentos para verificar isso, mas levando em conta que

o sentido do campo interfere na força magnética, carga e velocidade é sim uma variável a se considerar.

Aluno C: Sim, o campo pode influenciar no desenvolvimento, porém os efeitos causados vão depender de fatores como, intensidade e duração da exposição dessas mudas ao campo magnético.

Aluno D: O campo magnético pode interferir sim, tanto de maneira positiva como negativa, porém o desenvolvimento pode variar de acordo sua localidade, massa ou direção, assim analisando os efeitos causados na planta.

Aluno E: Aparentemente sim, mas ainda soa improvável. Vimos uma grande diferença no desenvolvimento com a utilização da intensificação de um campo magnético nas plantas teste, com controle de intensidade e exposição. O sentido pode trazer mudanças, mas acredito que não sejam gigantes.

Aluno F: Sim, se o sentido for de cima pra baixo, poderia retrair ela, afastando nutrientes de suas raízes e as “empurrando” pra baixo

As respostas demonstraram bastante coerência, todos consideraram a possibilidade de influência tanto positiva como negativa, além de serem cuidadosos em não chegar a uma conclusão já que se faz necessário os testes. Continuando as perguntas do questionário, a pergunta 4 trata-se de uma análise da zona 3 buscando dos alunos uma relação do aspecto físico e sua influência na cebolinha.

4. O que aconteceria com o campo magnético da bobina, e conseqüentemente na cebolinha, se aumentasse o número de espiras?

Respostas:

Aluno A: Aumento da intensidade do campo magnético.

Aluno B: Isso dependeria se o aumento do número de espiras aumentaria ou não o comprimento, se aumentasse o comprimento provável diminuiria(minimamente) o campo magnético, já se não aumentasse o comprimento o campo magnético aumentaria, ambas as situações tem chances de afetar a cebolinha.

Aluno C: O aumento do número de espiras faria com que o campo magnético se intensificasse, o que poderia acabar afetando negativamente alguns processos da planta como o desenvolvimento da raiz e a parte aérea da planta.

Aluno D: Com o aumento do número de espiras o campo magnético consequentemente aumentaria, porém afetaria negativamente no crescimento das plantas, provocando uma diminuição em suas raízes e folhas.

Aluno E: o número de espiras afeta diretamente a intensidade da corrente, que poderia afetar a planta de modo negativo por ser uma planta pequena.

Aluno F: Aumentaria a força magnética do campo, então ou melhoraria o desempenho delas ou as sobrecarregaria

Todos os alunos conseguiram perceber uma possibilidade de aumento do campo magnético ao aumentar o número de espiras da bobina, e que provavelmente isso levaria a uma consequência negativa no desenvolvimento da planta. Essas respostas demonstram que os alunos conseguiram criar hipóteses válidas, mas que apenas com testes seria possível identificar o que realmente aconteceria nessa situação.

Ainda na tentativa de analisar a zona 3, a pergunta 5 procura o desenvolvimento de respostas pessoais sobre as hipóteses que tiveram no início do experimento e se as mesmas foram correspondidas.

5. Quando se tem um questionamento sobre uma experiência, formulamos uma hipótese que justifica ou explica o fenômeno observado. Essa é uma ação individual, cada um pode formular a sua própria hipótese para justificar, baseado no que aprendeu com essa experiência, que hipóteses inicialmente você formulou e a mesma foi correspondida após a experiência?

Respostas:

Aluno A: Sim, de que o campo magnético afeta naturalmente o desenvolvimento ao decorrer dos tratamentos.

Aluno B: Inicialmente formulei a hipótese de que o campo eletromagnético afeta a planta (positiva ou negativamente) dependendo do seu valor, tal hipótese não foi comprovada ou refutada, pois foi mantido uma voltagem e consequentemente um campo constante durante o experimento, então está não pode ser verificada.

Aluno C: A minha hipótese inicial foi que as plantas teste, que estavam interagindo com o campo magnético, seria afetadas de forma negativa, enquanto as de controle cresceriam e se desenvolveriam mais do que as expostas ao campo. Porém, o resultado obtido foi diferente do que o que eu esperava no início, visto que, as plantas que foram expostas a influencia do campo se desenvolveram bem melhor.

Aluno D: A hipótese inicial seria que as plantas testes influenciadas pelo campo magnético, não teriam um desenvolvimento bom, já as plantas controle iriam ter um resultado positivo como um bom crescimento e formação de raízes. Após a conclusão do experimento, o resultado foi totalmente ao contrário da hipótese inicial.

Aluno E: A minha ideia primeiramente foi que as plantas em exposição a intensificação do campo magnético teria mudanças na direção do crescimento e tamanho da mesma. Os resultados foram gritantes e promissores apresentando que o campo pode trazer benefícios as plântulas, que me impressionou pois foi muito mais do que eu esperava.

Aluno F: Se o campo diretamente as plantas por força diretamente o crescimento delas, ou alteraria coisas externas como os nutrientes importantes dela, e sua organização dentro do organismo (se ia ajudar a planta a desenvolver, ou ia esticar a planta), o resultado pra minha hipótese, não foi diretamente respondida com certeza por falta de equipamento e informação, mas já da pra ter uma ideia de que sim, afeta os nutrientes que a planta precisa, já que a raiz cresceu pra baixo também, logo não foi só o (esticar) do campo na planta

Algumas respostas apresentam surpresa em relação aos resultados da atividade experimental e suas expectativas iniciais, a exemplo, os alunos D e E afirmaram com veemência que não esperava um desenvolvimento das plantas teste superior ao das plantas controle. No meio científico é comum os resultados surpreenderem e isso pode influenciar em outras hipóteses que podem ser testadas e obter mais resultados, elementos que os alunos conseguiram perceber como importantes em uma atividade experimental.

Também foi visto como necessário a verificação da zona 2, para analisar o caminho dos alunos até chegar na zona 3. A pergunta 6 trata-se de uma maneira de explorar os conhecimentos físicos relacionado ao experimento analisado.

6. Se é conhecida a corrente que atravessa a bobina, é possível determinar a intensidade do campo que passa pelo tubete com a muda?

Respostas:

Aluno A: Sim, é possível determinar a intensidade do campo magnético que passa pelo tubete com a muda.

Aluno B: Sim.

Aluno C: Sim, é possível determinar a intensidade, conhecendo o a corrente que atravessa a bobina e o número de espiras, pois vamos conseguir calcular a intensidade do campo com essas informações.

Aluno D: É possível determinar sim, basta ter informações sobre a corrente que atravessa a bobina e o número de espiras da bobina, assim podendo ser utilizado o cálculo de campo magnético sobre bobinas.

Aluno E: Sim, é possível. Há um calculo que pode mostrar a intensidade a partir do número de espiras e conhecimento da corrente que passa pelos fios,

Aluno F: Sim, com as informações de corrente e voltagem da pra calcular o campo gerado pelas bobinas, logo os que passam pela planta e Tibete

De maneira geral, todos os alunos conseguiram perceber que a partir da corrente elétrica e do número de espiras é possível encontrar o valor do campo magnético com as fórmulas já conhecidas por eles. Outro conhecimento físico para análise da zona 2 foi incentivado pela pergunta 7, na qual é associado o efeito joule e as consequências desse efeito no tubete.

7. Por que a passagem de corrente no tubete não derreteu o tubete por efeito joule?

Respostas:

Aluno A: Corrente baixa: Se a corrente que atravessa o tubete for baixa, a potência dissipada pelo efeito Joule será pequena. Isso significa que o calor gerado será insuficiente para aquecer o material até derreter.

Aluno B: Por que a voltagem das baterias utilizadas no experimento não eram altas o suficiente para gerar/resultar/produzir grandes temperaturas, altas o suficiente para derreter o tubete, além do fator de que plástico é um isolante elétrico.

Aluno C: Porque a voltagem das pilhas era baixa, consequentemente a corrente que era passada também era baixa, por esse motivo não houve o derretimento do tubete.

Aluno D: Porque a voltagem da pilha era baixa, então a corrente passada consequentemente era baixa também, assim não ocorrendo o derretimento dos tubetes.

Aluno E: Não houve o derretimento pois a voltagem das pilhas eram baixas e consequentemente a intensidade da corrente e esquentamento dos fios foram baixos também.

Aluno F: Porque foi uma voltagem muito curta e simples, logo o calor gerado era irrelevante, não seria suficiente para derreter o plástico

Todos consideraram que a corrente que passava na bobina era de baixa intensidade, logo não correria o risco de acontecer o derretimento do plástico do tubete. Continuando a verificação da zona 2, na pergunta 8, foi proposto aos alunos que pensassem sobre o que

aconteceria se o sentido da corrente fosse invertido, pergunta esta que aproxima os alunos a zona 3.

8. Se invertêssemos um sentido da corrente é possível que o resultado fosse diferente? O que poderíamos esperar?

Respostas:

Aluno A: A inversão do sentido da corrente resultará na inversão da direção do campo magnético gerado e das forças associadas. Os resultados dependerão de como o tubete ou a muda interage com o campo magnético e seus efeitos, podendo variar de alterações significativas até nenhuma mudança perceptível.

Aluno B: Sim, é possível que a inversão o sentido da corrente mudasse o resultado; Sendo que o sentido da corrente afeta a carga, campo e força magnética, seria possível que o desenvolvimento da planta mudasse dependendo do sentido da corrente, podendo ser pra melhor ou pior.

Aluno C: Poderia sim apresentar algumas diferenças, porém elas seriam mínimas, já que as mudanças mais notáveis seriam percebidas através de fatores como a intensidade, o tempo de exposição e até o número de espiras.

Aluno D: Poderia apresentar mudanças, mas seria improvável. Pois mudanças maiores poderia aparecer com o decorrer do tempo

Aluno E: Poderia apresentar mudanças mas provavelmente seria improvável. Pois maiores mudanças apareceriam no tempo e exposição ao campo, intensidade da corrente e até o número de espiras.

Aluno F: O sentido da corrente define o sentido do Campo, logo o seu efeito poderia ser oposto ou bem diferente no mínimo

As respostas demonstraram considerar uma possibilidade de influência, tanto positiva quanto negativa na situação de inverter o sentido da corrente elétrica, já que assim também iria inverter o sentido do campo magnético. No caminho para a zona 3, a pergunta requer dos alunos uma interpretação sobre a influência de uma corrente alternada para produzir campo magnético e conseqüentemente interagir com a planta.

9. Se usássemos uma fonte de corrente alternada, o que poderia ter acontecido com a plantinha no tubete?

Respostas:

Aluno A: O uso de corrente alternada teria gerado um campo magnético variável que poderia interferir no desenvolvimento da planta, dependendo de fatores como frequência, intensidade e duração da exposição.

Aluno B: Isso poderia ter afetado o desenvolvimento da planta, pois adicionaria mais uma variável/inconstância ao experimento que seria a alternância do sentido do campo, modificando a rotina do tratamento.

Aluno C: A planta seria exposta a uma situação de estresse muito maior, o que acabaria afetando o seu desenvolvimento por conta das oscilações das correntes alternadas.

Aluno D: Se fosse utilizado uma fonte de corrente alternada, possivelmente as plantas não se desenvolveriam, por conta do estresse causado pela oscilação da corrente.

Aluno E: O uso de corrente alternada poderia trazer malefícios para o crescimento da planta por haver uma probabilidade de trazer mais estresse a mesma.

Aluno F: Talvez não ter tido o mesmo resultado, por ter a variação, positivo ou negativo

As respostas apresentam uma consideração a utilização da corrente alternada ser uma possível variável, eles expõem suas hipóteses de que pode vir a influenciar, pois fatores como frequência, de acordo com o aluno A, interferiria. Já o aluno D, considera que seria mais um estresse para a planta e que isso poderia ser um efeito negativo no desenvolvimento da planta. Falas como essas mostram o potencial dos alunos em relacionar os aspectos físicos com a experiência realizada e até mesmo a capacidade de investigação deles.

Para finalizar o questionário, foi realizada a pergunta em relação as opiniões dos alunos sobre o experimento, como melhorá-lo, os fatores positivos e negativos, também uma maneira de verificar a zona 3.

10. Aponte que fatores poderiam influenciar a favor do experimento e melhorá-lo e que fatores você acha que influenciaram em desfavor?

Respostas:

Aluno A: O controle térmico pode preservar as condições favoráveis para a planta. Duração Prolongada da Exposição.

Aluno B: Melhorar: Ter uma melhor organização e distribuição de tarefas, uma rotina de regagem, uma elaboração de cronograma para os alunos seguirem sobre quem faria o que em cada dia, ter um ambiente de experimento mais controlado, maior tempo para o experimento, mais comunicação entre os alunos; Desfavoráveis: Um ambiente muito

estressante pra planta, falta de controle do ambiente, má falta de comunicação entre os alunos, falta de conhecimento sobre plantio, tempo de experimentação curto.

Aluno C: Para melhorar o experimento, a primeira plantação deveria ter sido feito já com as mudas, a escolha do ambiente também deveria ter sido diferente e o tempo de experimento poderia ter sido maior para fazermos uma análise melhor. O estresse sofrido pelas plantas foi um fator negativo.

Aluno D: Os fatores que poderiam melhorá-lo seriam a primeira plantação já com as mudas e um ambiente mais arejado, como na frente da nossa sala. Os fatores que influenciaram ao desfavor seriam o ambiente de estresse em que elas foram colocadas e o curto período de tempo do plantio.

Aluno E: Poderia já ter começado com as mudas, a escolha do ambiente poderia ser diferente e ter deixado por mais tempo para analisar melhor o desenvolvimento das plantas.

Aluno F: Favoreceram foi a irrigação, talvez o campo magnético, incidência solar, negativamente, o tubete era apertado, calor muito grande de marabá, cuidados imprevisíveis sem padrão, e talvez o estresse do campo magnético

Cada aluno expôs suas opiniões tanto as favoráveis quanto as desfavoráveis, fatores como curto período de análise das plantas, estresse na planta, exposição ao calor, melhor controle do experimento, semeadura ao invés de plantio de mudas de início, foram apontados como pontos negativos e que deveria melhorar.

Diante desses expostos, é possível verificar que a zona 3 de desenvolvimento dos alunos foi alcançada e a zona 2 foi melhor desenvolvida com a atividade experimental. Todas as relações dos aspectos físicos com a experiência, as hipóteses criadas, os pensamentos científicos demonstrados nas falas colaboram para o entendimento de que os alunos percorreram o caminho da zona 2 e isso possibilita o potencial desejado definidos pela zona 3. A Tabela 9 apresenta que a previsão esperada foi alcançada.

Tabela 9: Resultado alcançando das zonas de aprendizagem.

Pergunta	Esperado	Alcançado	
1	Zona 3	Sim	Prevista
2	Zona 3	Sim	Prevista
3	Zona 3	Sim	Prevista
4	Zona 3	Sim	Prevista
5	Zona 3	Sim	Prevista
6	Zona 2	Sim	Prevista

7	Zona 2	Sim	Prevista
8	Zona 2	Sim	Prevista
9	Zona 3	Sim	Prevista
10	Zona 3	Sim	Prevista

Fonte: Autores, 2025.

Com isso, a seção 4.4. discutirá os resultados de acordo com as zonas de aprendizagem de Vygotsky levando em consideração os resultados obtidos, as produções dos alunos e a forma como eles foram participando do trabalho em cada etapa.

4.4 Discussões

Com a atividade experimental desenvolvida, os alunos tiveram acesso a um método científico com atuação direta. Eles fizeram parte de todo o processo da experiência, pesquisaram, montaram, aplicaram, testaram, colheram os resultados, discutiram e apresentaram. Esse contato com essas atividades possibilitaram os assuntos serem menos abstratos ao mesmo tempo que se torna mais agradável e motivador para aprender (DE ARAÚJO E ABIB, 2003).

Enquanto teoria educacional foi utilizado o socioconstrutivismo de Vygotsky como base, em especial as zonas de aprendizagem proximal e potencial. As zonas de aprendizagem foram analisadas de acordo com a interação entre o professor e o aluno com a atividade experimental. De acordo com Almeida, De Chiaro e Rocha (2016), as ações de ensino devem ser mais efetivas na zona de aprendizagem proximal (ZDP) para diminuir a distância da zona de desenvolvimento potencial (NDP), sendo esta última o objetivo a ser alcançado.

Nessa perspectiva, ao longo da atividade experimental realizada neste trabalho, os alunos foram estimulados dentro da ZDP para que alcancem a NDP de maneira mais abrangente com mais capacidade de pensamento científico e consequentemente aprendizagem dos conceitos de magnetismo. Sob o pensamento de Vygotsky, atividades como essas descreve um processo gradual dos signos e significados ligados aos diferentes níveis de consciência, sendo estes iniciados com o saber espontâneo (BARBOSA E BATISTA, 2018).

Sob o pensamento da ZPD, a coleta de dados do questionário inicial, demonstrou respostas pouco previstas no bloco de questões fáceis e difíceis. Isso porque eles demonstraram mais confusão nos conceitos fundamentais, em contrapartida um número maior de acerto em questões mais elaboradas e com maior raciocínio. Dessa forma, se fez necessário enfatizar esses conceitos fundamentais no ato da atividade experimental e cuidadosamente houve esse trabalho e os resultados positivos ocorreram com as produções dos alunos.

O início da produção ocorreu com a montagem do experimento. Todos se mostraram engajados e curiosos com os resultados que eles iriam cultivar e coletar ao final da experiência. Eles tiveram a oportunidade de desenvolver uma metodologia a partir de suas hipóteses, resgatando conceitos físicos fundamentais.

Os parâmetros analisados por eles, no desmonte do experimento possibilitou a coleta de dados com discussões interessantes. Isso foi possível ao verificar grande diferença entre as plântulas de cebolinha teste e controle. Como forma de incentivo científico, eles foram orientados a escrever um artigo, localizado no Apêndice B. Todos os alunos participaram da elaboração do artigo com: introdução, materiais e métodos, com descrição detalhada da

metodologia e apresentação dos dados coletados em forma de imagem, tabela e gráfico, além de discussão dos resultados e considerações finais com possíveis melhoras do experimento.

A NPD acontece no momento em que os alunos conseguem elaborar hipóteses sem ajuda ou intervenção do professor e isso fica claro no texto desenvolvido por eles. Para complementar as produções, também foi proposto um banner, este construído por eles desde a estrutura baseada no artigo até os textos e figuras escolhidas. Feito isso, eles tiveram a oportunidade de mostrar o que fizeram como forma de culminância uma apresentação oral para os demais estudantes e professores da escola.

Uma apresentação como essa despertou o pensamento científico e eles debateram sobre vários questionamentos feitos por eles e pelos demais estudantes que não realizaram o trabalho. Assim, com propriedade, além de responder as perguntas feitas a eles, também expuseram suas hipóteses dando até mesmo possibilidades de melhorias ao trabalho, assim como mais variáveis a serem investigadas.

No questionário final, foi possível verificar as zonas 2 e 3. A maneira como é abordada a teoria socioconstrutivista foi apresentada nas respostas que os alunos formularam ao desenvolver o questionário. Pois, citaram melhorias, curiosidades que estava para além da pesquisa, que inclusive, foram levadas em consideração e propostas para trabalhos futuros.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aprendizagem dos conteúdos de Física apresenta dificuldades, principalmente em temas como o eletromagnetismo. Dessa forma, os professores buscam alternativas metodológicas para sanar essas dificuldades. Uma maneira de colaborar é a utilização de atividades experimentais, pois assim a interpretação e assimilação dos conceitos podem ser eficientes. Essa eficiência ocorre no sentido de despertar o interesse pelo assunto e com isso, é possível que facilite o entendimento com uma participação ativa no processo (VIEIRA, SANTOS E JÚNIOR, 2024).

Diante disso, este trabalho propôs uma atividade experimental que colocasse os alunos como participantes ativos para compreender o assunto de magnetismo com a investigação da influência do campo magnético nas cebolinhas. De acordo com Oliveira e Turatti (2023), esse tipo de proposta possibilita ao aluno uma postura reflexiva e investigativa, com uma construção do conhecimento entre os alunos e o professor.

Para trabalhar o objetivo de os alunos desenvolverem suas habilidades de questionamentos e busca de resultados, houve a utilização da teoria do socioconstrutivismo de Vygotsky levando em consideração os conceitos prévios dos alunos, chamada de zona proximal, e a possibilidade de progredir para a zona potencial. Tendo como base essa teoria educacional, e a proposta da atividade experimental, o intuito foi despertar o interesse e o engajamento pelo conteúdo de magnetismo.

Sabe-se que há dificuldades em conseguir realizar uma atividade como a que foi executada, levando em consideração questões de estrutura do ambiente escolar, a superlotação das salas, a falta de investimento em recursos e os prazos curtos de fechamento de conteúdo, cumprimento de burocracias e quantidade de hora-aula. Entretanto, desenvolver metodologias na perspectiva educacional é uma maneira de melhorar o processo de ensino e aprendizagem, principalmente na área da Física. Atividades experimentais podem estimular os alunos a aprenderem na prática, sendo os protagonistas das suas próprias construções de saberes.

Os alunos dessa proposta de ensino, não só fizeram parte de todo o processo como produziram materiais de qualidade. Como extra, conseguiram elaborar um artigo dos resultados coletados, um banner para apresentação e uma exposição oral de tudo que elaboraram na atividade experimental. Além de deixar claro um desenvolvimento potencial expressivo nas respostas dos questionários e nas atitudes para com a experiência.

Mesmo que tenha ocorrido bem e resultados positivos previstos foram alcançados, há possibilidades de aperfeiçoamentos tanto na proposta quanto nos materiais utilizados. É

interessante um espaço adequado para o acompanhamento do crescimento dos vegetais, com radiação solar controlada, quantidade de água, vento, controle do tratamento magnético, semeadura com sementes de alta viabilidade.

Trata-se de uma atividade que pode ter muitas perspectivas e propostas. Variáveis como fotoperíodo, tempo de exposição ao magnetismo, sentido do campo magnético, controles artificiais de regagem, detecção de intensidade de campo ou até mesmo os tipos de vegetais a serem investigados podem ser considerados.

A cebolinha foi escolhida tendo em vista seu padrão de crescimento e a possibilidade de usar um recipiente com pouco espaçamento, já que a experiência seria na escola e haveria chances de mudanças de locais da bancada que as cebolinhas estavam organizadas. Mas, questionamentos sobre o que pode acontecer com outros vegetais com padrões de crescimentos diferentes, pode se comportar. Isso porque, para uma real certeza de influência do campo magnético seria necessário testes mais estruturados para analisar somente essa variável.

Estruturas de vegetais como repolho, alface, coentro, desperta a curiosidade da possível influência do campo magnético em vegetais como esses citados e até mesmo outros tipos plantas, tubérculos, hortaliças que ao serem postas a testagem, devem apresentar resultados de inibição do desenvolvimento ou de favorecimento.

Portanto, este trabalho abre margem para questionamentos que se ajustados de acordo com os aperfeiçoamentos necessários, possibilita o incentivo a pesquisa de aplicações de campo magnético na área da agricultura somada ao enfrentamento das dificuldades do ensino de Física e da aprendizagem de conceitos relacionados ao magnetismo.

6 REFERÊNCIAS

ADELINO, Michel; BEZERRA, Cleomar Porto. INFLUÊNCIA DO CAMPO MAGNÉTICO NATURAL TERRESTRE NA MIGRAÇÃO DAS TARTARUGAS MARINHAS DA PRAIA DE INTERMARES, CABEDELO-PB. **International Journal of Management-PDVG**, v. 1, n. 2, 2021.

AGUILERA, Jorge González et al. Influência da Água Tratada Magneticamente nas Cultivares de Alface Conduzidas em Sistema Irrigado por Gotejo. **Ensaios e Ciência C Biológicas Agrárias e da Saúde**, v. 27, n. 3, p. 277-281, 2023.

ALABI, Kehinde Peter; FADEYIBI, Adeshina; OBATERU, Faith Tinuade, Magnetic field hydrocooling system: Effect of field intensities on the cooling characteristics of three different leavy vegetables, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, Volume 86, 2023.

ALMEIDA, J. C.; DE CHIARO, S.; ROCHA, F. P. A FÍSICA NO COTIDIANO: estratégia no ensino e aprendizagem de física. In: **CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO EM CIÊNCIAS**. 2016. p. 1-6.

AMORIM, Rosana; FEISTEL, Roseli Adriana Blümke. Interdisciplinaridade no ensino de Física: algumas discussões. **Eventos Pedagógicos**, v. 8, n. 1, p. 507-533, 2017.

ARAÚJO, Mauro Sérgio Teixeira de; ABIB, Maria Lúcia Vital dos Santos. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de ensino de física**, v. 25, p. 176-194, 2003.

ARRUDA, Natália K. Lima de; BARBOSA, Geovani Ferreira. **Atividades experimentais de eletromagnetismo através da reutilização de sucata de eletrônicos**. TCC (Trabalho de Conclusão de Curso) – Faculdade de Física, Universidade Federal Rural do Semiárido – UFERSA. Rio Grande do Norte, 2022.

BARBOSA, Roberto Gonçalves; DE LOURDES BATISTA, Irinéa. Vygotsky: um referencial para analisar a aprendizagem e a criatividade no ensino da Física. **Revista Brasileira de pesquisa em Educação em Ciências**, p. 49-67, 2018.

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, 2018.

CAMILLO, Cíntia Morales; MEDEIROS, Liziany Muller. Teorias da educação. 2018.

CANDIDO, Sanan Zambelli Sylvestre. Ensino por investigação: uma abordagem para o estudo do magnetismo. 2021.

CARNEIRO, ANDERSON ADAUTO PAIVA. **ENSINO DE FÍSICA POR INVESTIGAÇÃO: Uma Proposta para o Ensino de Dilatação Térmica dos Sólidos para alunos do Ensino Médio**. 2019. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Pará

CAUS, Wenderson Romeu. O sociointeracionismo como mecanismo de suporte para o ensino de ciências por investigação aplicado à educação de jovens e adultos: uma abordagem dinâmica, que oportuniza para jovens e adultos a inclusão numa construção dialógica de conceitos físicos relacionados a temática óptica da visão. 2017.

Chadapust J. Sudsiri, Natawat Jumpa, Raymond J. Ritchie. Activating oil palm germination and improved survival of seedlings using a rotating magnetic field. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 50, 2023.

CORREA, Diego Rafael Nespeque. Uma proposta interdisciplinar para o ensino de Física, Química e Biologia através do estudo de biomateriais. **Revista Illuminart**, n. 17, 2019.

COSTA, Dogivan; SOUZA, Leila Cristiane; SILVA, Fábio Henrique Silva Sales. Efeitos da Água Tratada Magneticamente em Sementes de Mamona (*Ricinius Commus L.*). In: **VII CONNEPI-Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação**. 2012.

DA COSTA BROZEGUINI, Jardel; CANDIDO, Sanan Zambelli Sylvestre. ENSINO POR INVESTIGAÇÃO COMO ABORDAGEM PARA O ESTUDO DO MAGNETISMO COM ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 18, n. 4, p. 60-80, 2023.

DA CRUZ, Valdiane Silva. **História da Ciência & Experimentos como ferramenta complementar: Compreendendo Conceitos de Eletricidade e Magnetismo em Sala de Aula no Ensino Médio**. Dissertação (Mestrado em ensino de Física) – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Unifesspa. Marabá, PA., 2023.

DA SILVA, Bruna Müller et al. Teoria de Piaget e Experimentação no Ensino de Eletromagnetismo. **Physicae Organum-Revista dos Estudantes de Física da UnB**, v. 7, n. 2, p. 109-123, 2021.

DA SILVA, Patrícia Ferreira et al. Análise quantitativa da cebolinha irrigada com água salina. **Comunicata Scientiae**, v. 5, n. 3, p. 241-251, 2014.

DE AVELAR, Patrícia Firmino; BARBOSA, Gabriel Fonseca; DE SOUZA CARNEIRO, Alessandro. EXPERIMENTOS DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO. In: Enalic, VIII., **Anais...** Editora realize, 2022, ISSN: 2526-3234.

DE GODOY BORGES, Valdecir. Movimento Browniano e suas aplicações matemáticas na medicina. **Revista Caparaó**, v. 3, n. 1, p. e31-e31, 2021.

DE OLIVEIRA, Y. M. M.; DE OLIVEIRA, E. B. **As florestas plantadas e sua importância no contexto econômico e socioambiental do Brasil**. In: Embrapa Florestas-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: ENCONTRO BRASILEIRO DE SILVICULTURA, 4., 2018, Ribeirão Preto. Anais. Brasília, DF: Embrapa; Colombo: Embrapa Florestas, 2018.

DEAMICI, K. M.; SANTOS, L. O.; COSTA, J. A. V.. Use of static magnetic fields to increase CO₂ biofixation by the microalga *Chlorella fusca*. **Bioresource technology**, v. 276, p. 103-109, 2019.

DOS SANTOS, José William Ferreira. Como melhorar o aprendizado de eletromagnetismo no ensino médio?. **RevistaFT**, v. 28, 2024.

DOS SANTOS VIEIRA, Geovane; DE FARIAS SANTOS, Leidson Luís; JÚNIOR, Antônio Jorge Dantas Farias. INTRODUÇÃO AO MAGNETISMO NO ENSINO MÉDIO DE FORMA

PRÁTICA E EXPERIMENTAL. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 10, n. 8, p. 3521-3529, 2024.

FARIA, Rubens N.; LIMA, Luis FCP. **Introdução ao magnetismo dos materiais**. Editora Livraria da Física, 2005.

FAZOLO, Lucas Chagas; BROZEGUINI, Jardel da Costa. O ensino por investigação como abordagem didática para o estudo da condução de eletricidade em sólidos semicondutores. 2023.

FELIPE, Marco Túlio Jesus Soares et al. A influência da experimentação no ensino de eletromagnetismo para alunos de um curso técnico de uma escola da rede federal de educação brasileira. **CONTRIBUCIONES A LAS CIENCIAS SOCIALES**, v. 17, n. 1, p. 6148-6172, 2024.

FERREIRA FILHO, Raymundo Carlos Machado et al. Cadernos Temáticos Nº 21-Agricultura (2010). 2023.

FOLTRAN, Ângela Aparecida et al. CONCEPTS IN MAGNETIC THERAPIES RELATED TO MEDICINAL BIOMAGNETISM-LITERATURE REVIEW. **Health and Society**, v. 3, n. 02, p. 152-194, 2023.

FONTES, Daniel Trugillo Martins; RODRIGUES, André Machado. Fundamentação teórica no ensino de eletromagnetismo: uma revisão da literatura em periódicos nacionais. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 38, n. 2, p. 965-991, 2021.

HACHICHA, M. et al. Effect of electromagnetic treatment of saline water on soil and crops. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 17, n. 2, p. 154-162, 2018.

JOUNI, F. J.; ABDOLMALEKI, P.; GHANATI, F. Oxidative stress in broad bean (*Vicia faba* L.) induced by static magnetic field under natural radioactivity. **Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis**, v. 741, n. 1-2, p. 116-121, 2012.

LIMA, André Felipe Astrogildo de. Kit eletricidade prática: uma abordagem construtivista por meio da aprendizagem por investigação. 2022.

LIMA, Lucinara Gomes Silva; CASTRO, Daniel Melo; ARMOND, Cintia. Crescimento de rabanete submetido à água tratada magneticamente e por toque terapêutico. **Cadernos de Agroecologia**, v. 15, n. 2, 2020.

LIN, Lin et al. Action mechanism of pulsed magnetic field against E. coli O157: H7 and its application in vegetable juice. **Food Control**, v. 95, p. 150-156, 2019.

Luz, Antônio Máximo Ribeiro da Física: contexto & aplicações: ensino médio/Antônio Máximo Ribeiro da Luz, Beatriz Alvarenga Álvares, Carla da Costa Guimarães. 2. ed. São Paulo: Scipione, 2016.

MARTINI, Glorinha. et al. Conexões com a física. 3. ed. Vol 3. São Paulo: Moderna, 2016.

MELO, Eduardo Cardoso; MOREIRA, David Alan. DESENVOLVIMENTO DE UM APLICATIVO MÓVEL PARA AUXILIAR NO ENSINO-APRENDIZAGEM DE ELETROMAGNETISMO COM O APOIO DE RECURSOS DE REALIDADE AUMENTADA. **Revista Eletrônica de Sistemas de Informação e Gestão Tecnológica**, v. 13, n. 2, 2023.

MOREIRA, Marco Antonio. Challenges in physics teaching. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 43, p. e20200451, 2021.

NASCIMENTO, Camila Souza; UIBSON, José. Uso de experimentos no ensino de física: uma revisão sistemática da literatura. **Anais do XV Colóquio Internacional Educação e Contemporaneidade**, 2021.

PASCOAL, Marilene Cordeiro. Ensino por investigação: uma proposta para o ensino da força elástica para alunos do 1º ano do ensino médio. 2019.

PÉREZ, Nuria Blasco et al. Características de los tratamientos de magnetoterapia en fisioterapia. **Revista Sanitaria de Investigación**, v. 2, n. 8, p. 16, 2021.

PONTES, J. C.. Experimentos históricos para o ensino da eletrostática: Um relato de experiência. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências da Natureza) Universidade Estadual da Paraíba, Paraíba, 2016.

REITZ, J. R.; MILFORD, F. J.; CHRISTY, R. W. Fundamentos da Teoria Eletromagnética. 3ª edição. **Editora Campus Ltda**, 1988.

RODRIGUES, Inaiara Leite et al. Uma proposta de sequência didática com o uso de experimentação para a construção de conceitos de Eletromagnetismo no Ensino Médio. **Conexões-Ciência e Tecnologia**, v. 15, p. e021017-e021017, 2021.

SALERNO, L. S.; FIUZA, K.; MESQUITA, A. Desenvolvimento de dispositivo para medida e análise de campo magnético utilizando sensor magnetorresistivo. **Revista Interdisciplinar de Ciência Aplicada**, v. 2, n. 4, p. 49-52, 2017.

SALES, Fábio Henrique Silva et al. A Influência do Campo Magnético na Germinação e no Crescimento de Vegetais. **Revista Pindorama**, v. 1, n. 01, p. 15-15, 2010.

SANTOS, Ezequiel Bonfim dos. O Ensino por investigação como estratégia pedagógica para a construção dos conhecimentos científicos no Ensino Médio. 2022.

SANTOS, Robson Domingos da Cruz. Elaboração de uma unidade de ensino para investigação da tensão de corte do LED: guia de montagem e utilização. **Elaboração de uma unidade de ensino para investigação da tensão de corte do LED**, 2020.

SCHIVANI, Milton; SOUZA, Gustavo Fontoura de; LIRA, Natália. Programa Nacional do Livro Didático de Física: subsídios para pesquisas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 42, p. e20200011, 2020.

SCHMIEDCHEN, K.; PETRI, A.; DRIESSEN, S.; BAILEY, W. H. Systematic review of biological effects of exposure to static electric fields. Part II: invertebrates and plants. **Environmental research**, v. 160, p. 60-76, 2018.

SOUSA, Mariana Moraes; DE LIMA SOUSA, Lázaro Luis. Projeto de baixo custo para construção de bobinas do tipo solenoide e de Helmholtz para implementação no ensino. **Ciência e Tecnologia**, Rio Grande do Norte, 2022.

TURQUETTI, G. N., FERREIRA, I. S. Um estudo do circuito elétrico atmosférico global. **Physicae Organum-Revista dos Estudantes de Física da UnB**, v. 2, n. 1, 2016.

OLIVEIRA, Jader Rodrigues Sousa; TURATTI, Agueda Maria. APRENDIZAGEM BASEADA EM EQUIPES E ATIVIDADES EXPERIMENTAIS PARA O ENSINO DE MAGNETISMO. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 18, n. 4, p. 544-554, 2023.

UEKI, Romy. **Ação do campo magnético pulsado sobre as propriedades do caldo de cana ao longo do armazenamento**. 2013. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

ZIELIŃSKI, M.; RUSANOWSKA, P.; DEBOWSKI, M.; HAJDUK, A. Influence of static magnetic field on sludge properties. **Science of The Total Environment**, v. 625, p. 738-742, 2018.

APÊNDICE A - PRODUÇÕES DOS ALUNOS

1. Artigo:

Influência do campo magnético em plântulas de *Allium schoenoprasum* (cebolinha)

1. Introdução

O campo magnético é a região ao redor de um ímã onde ocorre uma força de atração ou repulsão. Ele é visualizado por meio de linhas chamadas de linhas de campo magnético, ou linhas de fluxo, que saem do polo norte e entram no polo sul do ímã. Além dos ímãs naturais, como a magnetita, campos magnéticos também podem ser gerados em condutores elétricos. Quando uma corrente elétrica passa por um condutor, ela cria um campo magnético ao seu redor, cuja direção pode ser determinada pela Regra de Ampère, também conhecida como Regra da Mão Direita. (GRIFFITHS, 2017)

A problemática que emerge no estudo do eletromagnetismo envolve a complexidade de suas aplicações e a necessidade de compreender os efeitos do campo eletromagnético em diferentes materiais e sistemas. Um dos principais desafios é entender como os campos magnéticos e elétricos influenciam o comportamento de materiais com propriedades variadas, como condutores e isolantes. (SAMBAQUI e MARQUES, 2010)

Além disso, as implicações do uso de campos eletromagnéticos em dispositivos tecnológicos, especialmente em áreas como telecomunicações, medicina e sistemas de computação, têm gerado debates sobre segurança e impactos ambientais. O aumento da exposição a campos eletromagnéticos, seja por meio de dispositivos móveis ou redes de energia, tem levantado questões sobre os possíveis efeitos biológicos, o que ainda é um campo em constante pesquisa. (JACKSON, 1999).

O objetivo deste projeto é observar os efeitos do campo magnético no desenvolvimento de plântulas de *Allium schoenoprasum* (cebolinha) gerado por uma bobina de fio de cobre ligada a uma bateria de 9V.

2. Materiais e métodos

2.1. Materiais usados no experimento:

- 6 tubetes plástico (3 para controle e 3 para teste)
- 1 base para os tubetes (para mantê-los firmes)
- Substrato
- Fio de cobre 26 AWG
- 3 conectores de pilha
- 3 pilhas de 9V
- Regador
- 6 copos plásticos
- 6 filtros
- Fita isolante
- Outros materiais como tesoura e fita adesiva

2.2. Montagem do experimento:

1º. Preparação dos tubetes:

- Foram dispostos 6 tubetes na base, posicionados em duas fileiras de três tubetes cada.
- Cada tubete foi preenchido com substrato até cerca de 3/4 da altura.
- Adicionado os filtros na parte inferior de cada tubete para evitar que a terra entre nos copos de água.

2º. Instalação dos Copos de Água:

- Houve o posicionamento de um copo de plástico sobre cada tubete, em cima do filtro, para que a água seja absorvida gradualmente pela terra.
- Foi utilizado o regador para encher cada copo com água, permitindo que a água passe pelo filtro e umedeça a terra nos tubetes. Mantendo a umidade para permitir a hidratação necessária para as mudas.



Figura 1: Tubete preparado para teste

Fonte: Autores, 2025.

3°. Construção da bobina:

- Foi enrolado fio de cobre em espiral ao redor de cada tubete, deixando uma ponta do fio livre para conectar as baterias. Além disso, o fio de cobre foi fixado com fita isolante para que ele não se desloque.



Figura 2: Enrolamento do fio de cobre

Fonte: Autores, 2025.

4°. Conexão das Pilhas:

- Cada tubete do teste foi conectado com as baterias de 9V com o cuidado das polaridades estando corretas, totalizando 3 bobinas.

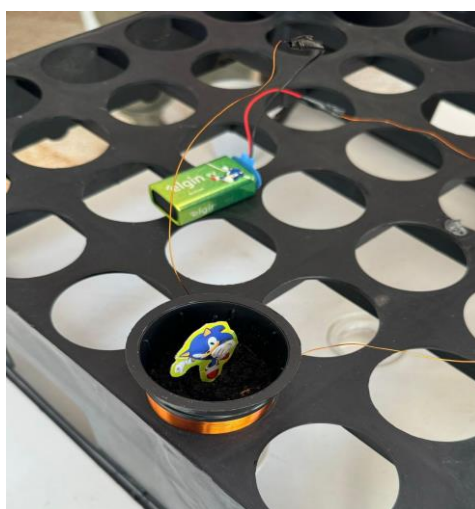


Figura 3: Disposição do tubete já conectado a bateria

Fonte: Autores, 2025.

5°. Testando a Corrente Gerada:

- Com um multímetro, houve a verificação da tensão e corrente disponíveis para alimentação da bobina.



Figura 4: Multímetro utilizado durante o experimento para análise de tensão e corrente da bateria.

Fonte: Autores, 2025.

6°. Desenvolvimento experimental

Foram conduzidas três tentativas experimentais. Na primeira tentativa, seis tubetes foram preparados com sementes de cebolinhas, três controles e três com influência do campo magnético. As bobinas foram colocadas em suportes separados para evitar interferência entre si, por 2 horas diárias (das 11:15 às 13:15), durante 5 dias por semana elas foram expostas a intervenção do campo eletromagnético, com luz solar natural e irrigação realizada três vezes ao dia. Além disso, copos com água foram colocados em todos os tubetes para manter um fluxo de água constante nos dias sem tratamento eletromagnético e regagem. No entanto, as sementes não germinaram nesta primeira tentativa.

Na segunda tentativa, o solo foi substituído e um número maior de sementes foi replantado, mantendo-se as condições de tratamento (tempo de exposição ao campo eletromagnético, regagem e ambiente). Mesmo com o aumento no número de sementes, não houve germinação.

Na terceira tentativa, mudas de cebolinhas já germinadas, com tamanho e espessura uniformes, foram utilizadas no lugar das sementes. O período de exposição ao campo eletromagnético foi aumentado para 3 horas e 15 minutos, mantendo-se a corrente elétrica através das bobinas conectadas às baterias. Os copos com água foram utilizados continuamente

durante todo o período em que as mudas não estavam sob influência do campo eletromagnético. Todas as condições de luz solar, tempo de tratamento e regagem foram mantidas constantes nas três tentativas.

7º. Colheita

Para a realização da colheita das cebolinhas teste e controle inicialmente ocorreu a remoção dos copos descartáveis com água, que estavam impedindo que o solo secasse. Em seguida, foram retirados os tubetes da base e foi realizados movimentos de compressão horizontal para descompactar a terra dos tubetes, facilitando a retirada da cebolinha sem quebrar as plântulas ou danificar as raízes. Após a retirada, as cebolinhas cuidadosamente foram transferidas para a mesa, onde aconteceu a limpeza, garantindo que as medições pudessem ser feitas com maior precisão. Para as medições se fez necessário observar, gravar, medir e anotar todos os procedimentos e dados dos parâmetros:

- a) Comprimento de planta (CP) mensurada da raiz até a base da última folha emitida com auxílio de um paquímetro graduada em mm;
- b) Diâmetro superior do bulbo (DSB) e diâmetro inferior do bulbo (DIB) mensurado com paquímetro graduado;
- c) Número de folhas (NF) por planta;
- d) Comprimento da raiz (CR) medido com paquímetro graduada em mm;

3. Resultados e discussões

Na tabela estão distribuídas seis plantas, 3 teste e 3 controle. Nas colunas encontram-se: Planta Controle (sem influência do campo magnético), Planta Teste (com influência do campo magnético) e os dados coletados ao final do experimento.

Planta	Raiz Desenvolvida	Estado final da planta	Tamanho da raiz	Diâmetro da planta	Nº de folhas desenvolvidas	Comprimento (Raiz até a ponta)
Planta Controle 1	Não	Planta morta e	2,5 cm	0,5 cm	1 folha	12,5 cm

		seca				
Planta Controle 2	Não	Planta morta e seca	0,5 cm	0,3 cm	Nenhuma folha	15,5 cm
Planta Controle 3	Não	Planta morta	1 cm	0,5 cm	Nenhuma folha	9 cm
Planta Teste 1	Sim	Planta viva e firme	9 cm	0,6 cm	2 folhas	28,3 cm
Planta Teste 2	Sim	Planta viva e firme	2,6 cm	0,8 cm	2 folhas	19,6 cm
Planta Teste 3	Sim	Planta viva e firme	3,1 cm	0,8 cm	3 folhas	21 cm

Quadro 1 - Apresenta informações dos estados finais das Plantas.
Fonte: Autores, 2025.

Na imagem temos a visão geral daquilo que está sendo descrito no quadro.



Figura 5: Desenvolvimento visual das amostras de cebolinha teste e controle
Fonte: Autores, 2025.

No gráfico foi caracterizado o desenvolvimento das plantas por meio da comparação do comprimento da ponta até a raiz da planta. Observa-se que a planta teste (com campo magnético) possui um melhor desenvolvimento em relação à planta controle (sem campo magnético). Logo, é possível considerar que o campo magnético pode ter influenciado de maneira positiva no desenvolvimento da planta.



Gráfico 1: Mostra a comparação entre três plantas com campo magnético e três plantas sem campo magnético em relação ao seu desenvolvimento.

Fonte: Autores, 2025.

Os resultados obtidos mostram que as cebolinhas que estão sobre o tratamento com campo magnético (grupo de teste) indicaram um desenvolvimento superior ao grupo de controle, as plantas expostas ao campo tinham raízes mais desenvolvidas, diâmetro e comprimento maior comparado as que não sofreram interferência do campo, que tinham indícios de secagem e morte prematura. Esse resultado sugere que o campo magnético teve influência positiva no crescimento dos testes, estimulando o crescimento das raízes e dos Aëros, possivelmente por alteração em algum mecanismo biológico, transporte de água e nutrientes, estimulando o crescimento celular ou no processo da fotossíntese. (SALES, et al. 2010)

Estudos feitos previamente já sugeriam que campos magnéticos poderiam influenciar os processos biológicos em plantas, como germinação crescimento e desenvolvimento. O

campo influencia também na orientação do crescimento da planta, nas moléculas de água e aumentar a absorção de nutrientes. O aumento do crescimento das raízes e o aumento na quantidade de folhas também são possíveis resultados desse efeito, por conta desse estímulo nos mecanismos biológicos das plantas. (FERREIRA FILHO, et al. 2010)

Para estudos futuros, mesmo que tenham sido resultados promissores, o experimento tinha muitas limitações que poderiam ser abordadas ou reduzidas para testes mais confiáveis, não se tinha total controle sobre algumas variáveis como o ambiente, um local de plantio que poderia estar compactando as plantas, e outras questões que poderiam estar estressando as plantas, além de só uma das tentativas renderam resultados, com um tamanho amostral pequeno, com apenas 3 testes e 3 controles, teve uma limitação na duração do período de exposição ao campo magnético, e sua intensidade podem ser variáveis com o uso de corrente contínua que poderia perder sua carga para o ambiente, ter variação na quantidade de corrente passada pelo fio, para possíveis testes futuros, testar diferentes voltagens, condutores (alternada ou contínua) e geradores, para observar esses efeitos em diferentes formas e métodos.

Além disso, torna-se interessante explorar melhor os efeitos nas plantas e nos seus mecanismos biológicos, quais alterações elas sofreram, para um estudo mais profundo, com o uso de técnicas com a microscopia eletrônica poderiam ter análises mais específicas nessas alterações na estrutura dessas plantas.

4. Considerações finais

O experimento realizado refere-se a um tratando de plântulas de cebolinhas com exposições diárias a campo magnético, gerado através de bobinas. O objetivo principal deste experimento foi investigar como campo magnético afeta o desenvolvimento da espécie alvo, observando o seu comportamento de crescimento e outros parâmetros relevantes relacionados ao vegetal. Dessa maneira, os resultados sugerem que o campo magnético pode influenciar positivamente no desenvolvimento de mudas de cebolinha, já que as mesmas resistiram ao ambiente de estresse que estavam expostas, embora a realização de mais testes alcance resultados mais conclusivos.

5. Referências

SALES, Fábio Henrique Silva et al. A Influência do Campo Magnético na Germinação e no Crescimento de Vegetais. **Revista Pindorama**, v. 1, n. 01, p. 15-15, 2010.

<https://docente.ifsc.edu.br/joice.jeronimo/Material> ApostilaEletromagnetismo.pdf

GRIFFITHS, David J. Introduction to Electrodynamics. 4th ed. Pearson, 2017.

JACKSON, John David. Classical Electrodynamics. 3rd ed. Wiley, 1999.

FERREIRA FILHO, Raymundo Carlos Machado et al. Cadernos Temáticos N° 21-Agricultura (2010). 2023.

2. Banner:

Influência do campo magnético

EM PLÂNTULAS DE ALLIUM SCHOENOPRASUM (cebolinha)

INTRODUÇÃO

O campo magnético é a região ao redor de um ímã onde ocorre força de atração ou repulsão, representada por linhas de campo que vão do polo norte ao sul. Além de ímãs naturais, como a magnetita, condutores elétricos geram campos magnéticos quando atravessados por corrente elétrica, cuja direção é determinada pela Regra da Mão Direita. No estudo do eletromagnetismo, os desafios incluem entender como campos magnéticos e elétricos afetam materiais variados, como condutores e isolantes, e avaliar os impactos tecnológicos e ambientais de sua aplicação. Debates sobre segurança e efeitos biológicos de dispositivos e redes que geram campos eletromagnéticos permanecem em investigação.

OBJETIVO

O objetivo deste projeto é observar os efeitos de um campo magnético no desenvolvimento de uma planta, através de observação e coleta de dados do crescimento de um plântulas *Allium schoenoprasum* (cebolinha) sobre o efeito de um campo magnético gerado por uma bobina de fio de cobre ligada a uma bateria de 9V.

MATERIAIS

- 6 tubetes plástico (3 para controle e 3 para teste)
- 1 base para os tubetes (para mantê-los firmes)
- Adubo
- Fio de cobre 26 AWG
- 3 conectores de pilha
- 3 pilhas de 9V
- Regador
- 6 copos plásticos
- 6 filtros
- Fita isolante
- Outros materiais como tesoura e fita adesiva



MONTAGEM DO EXPERIMENTO

1. Preparação dos tubetes:

- Foram dispostos 6 tubetes na base, posicionados em duas fileiras de três tubetes cada.
- Cada tubete foi preenchido com adubo até cerca de 3/4 da altura.
- Adicionado os filtros na parte inferior de cada tubete para evitar que a terra entre nos copos de água.

2. Instalação dos Copos de Água:

- Houve o posicionamento de um copo de plástico sobre cada tubete, em cima do filtro, para que a água seja absorvida gradualmente pela terra.
- Foi utilizado o regador para encher cada copo com água, permitindo que a água passe pelo filtro e umedeça a terra nos tubetes. Mantendo a umidade para permitir a hidratação necessária para as mudas.

3. Construção da bobina:

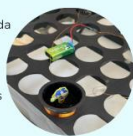
- Foi enrolado fio de cobre em espiral ao redor de cada tubete, deixando uma ponta do fio livre para conectar as baterias. Além disso, o fio de cobre foi fixado com fita isolante para que ele não se desloque.

4. Conexão das Pilhas:

- Cada tubete do teste foi conectado com as baterias de 9V com o cuidado das polaridades estando corretas, totalizando 3 bobinas.

5. Testando a Corrente Gerada:

- Com um multímetro, houve a verificação da tensão e corrente disponíveis para alimentação da bobina.



PROCEDIMENTO

O experimento foi realizado com o objetivo de avaliar os efeitos de um campo eletromagnético no crescimento de cebolinhas (*Allium fistulosum*). **Foram conduzidas três tentativas experimentais:**

- 1ª** Na primeira tentativa, seis tubetes foram preparados com sementes de cebolinhas, sendo que três tubetes foram envolvidos por fios de cobre para a criação de bobinas, conectadas a baterias de 9V para gerar corrente elétrica e formar o campo magnético. As bobinas foram colocadas em suportes separados para evitar interferência entre si, por 2 horas diárias (das 11:15 às 13:15), durante 5 dias por semana elas foram expostas a intervenção do campo eletromagnético, com luz solar natural e irrigação realizada três vezes ao dia. Além disso, copos com água foram colocados em todos os tubetes para manter um fluxo de água constante nos dias sem tratamento eletromagnético e regagem. No entanto, as sementes não germinaram nesta primeira tentativa.
- 2ª** O solo foi substituído e um número maior de sementes foi replantado, mantendo-se as mesmas condições de tratamento (tempo de exposição ao campo eletromagnético, regagem e ambiente). Mesmo com o aumento no número de sementes, não houve germinação.
- 3ª** Mudas de cebolinhas já germinadas, com tamanho e espessura uniformes, foram utilizadas no lugar das sementes. O período de exposição ao campo eletromagnético foi aumentado para 3 horas e 15 minutos, mantendo-se a corrente elétrica através das bobinas conectadas às baterias.

OS COPOS COM ÁGUA FORAM UTILIZADOS CONTINUAMENTE DURANTE TODO O PERÍODO EM QUE AS MUDAS NÃO ESTAVAM SOB INFLUÊNCIA DO CAMPO ELETROMAGNÉTICO. TODAS AS CONDIÇÕES DE LUZ SOLAR, TEMPO DE TRATAMENTO E REGAGEM FORAM MANTIDAS CONSTANTES NAS TRÊS TENTATIVAS.

Para a realização da colheita das cebolinhas teste e controle inicialmente ocorreu a remoção dos copos descartáveis com água, que estavam impedindo que o solo secasse. Em seguida, foram retirados os tubetes da base e foi realizado movimentos de compressão horizontal para descompactar a terra dos tubetes, facilitando a retirada da cebolinha sem quebrar as plântulas ou danificar as raízes. Após a retirada, as cebolinhas cuidadosamente foram transferidas para a mesa, onde aconteceu a limpeza, garantindo que as medições pudessem ser feitas com maior precisão. Para as medições se fez necessário observar, gravar, medir e anotar todos os procedimentos e dados dos parâmetros:

- a) Comprimento de planta (CP) mensurada da raiz até a base da última folha emitida com auxílio de um paquímetro graduada em mm;
- b) Diâmetro superior do bulbo (DSB) e diâmetro inferior do bulbo (DIB) mensurado com paquímetro graduado;
- c) Número de folhas (NF) por planta;
- d) Comprimento da raiz (CR) medido com paquímetro graduada em mm;



RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na tabela estão distribuídas seis plantas, 3 teste e 3 controle. Nas colunas encontram-se: Planta Controle (sem influência do campo magnético), Planta Teste (com influência do campo magnético) e os dados coletados ao final do experimento.

Planta	Raiz Desenvolvida	Estado final da planta	Tamanho da raiz	Diâmetro da planta	Nº de folhas desenvolvidas	Comprimento (Raiz até a ponta)
Planta Controle 1	Não	Planta morta e seca	2,5 cm	0,5 cm	1 folha	12,5 cm
Planta Controle 2	Não	Planta morta e seca	0,5 cm	0,3 cm	Nenhuma folha	15,5 cm
Planta Controle 3	Não	Planta morta	1 cm	0,5 cm	Nenhuma folha	9 cm
Planta Teste 1	Sim	Planta viva e firme	9 cm	0,6 cm	2 folhas	28,3 cm
Planta Teste 2	Sim	Planta viva e firme	2,6 cm	0,8 cm	2 folhas	19,6 cm
Planta Teste 3	Sim	Planta viva e firme	3,1 cm	0,8 cm	3 folhas	21 cm



Planta Teste

Planta Controle

No gráfico foi caracterizado o desenvolvimento das plantas por meio da comparação do comprimento da ponta até a raiz da planta. Observa-se que a planta teste (com campo magnético) possui um melhor desenvolvimento em relação à planta controle (sem campo magnético). Logo, é possível considerar que o campo magnético pode ter influenciado de maneira positiva no desenvolvimento da planta.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

É possível verificar que o campo magnético pode influenciar positivamente no desenvolvimento de mudas de cebolinha, já que as mesmas resistiram ao ambiente de estresse que estavam expostas. Para melhores resultados conclusivos, se faz necessários novos testes.

REFERÊNCIAS

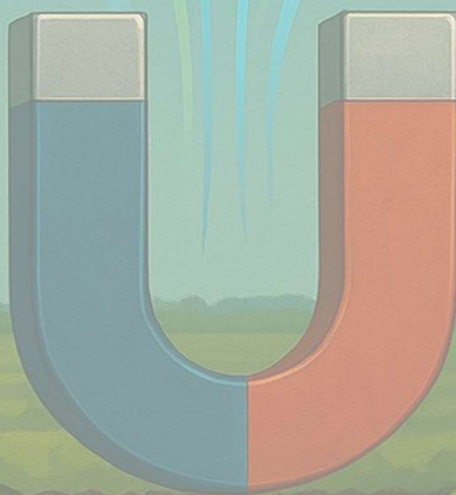
(https://docente.ifsc.edu.br/joice.jeronimo/Material_ApostilaEletromagnetismo.pdf) (GRIFITHS, David J. Introduction to Electrodynamics 4th ed. Pearson, 2017.)
 JACKSON, John David. Classical Electrodynamics. 3rd ed. Wiley, 1999.)
 (MICHELOTTI, LOVATO e LORETO, 2020).
 SALES, Fábio Henrique Silva et al. A Influência do Campo Magnético na Germinação e no Crescimento de Vegetais. Revista Pindorama v.1, n. 01, p.15-15, 2010.

APÊNDICE B PRODUTO EDUCACIONAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO SUL E SUDESTE DO PARÁ
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
POLO 29

Hanna Emily Lima de Moraes

PRODUTO EDUCACIONAL

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA EXPERIMENTAL PARA INVESTIGAR A
INFLUÊNCIA DO MAGNETISMO EM VEGETAIS**



Hanna Emily Lima de Moraes

SEQUÊNCIA DIDÁTICA EXPERIMENTAL PARA INVESTIGAR A INFLUÊNCIA DO MAGNETISMO EM VEGETAIS

Este produto educacional é parte integrante da dissertação: UMA ESTRATÉGIA DE ENSINO POR INVESTIGAÇÃO: A INFLUÊNCIA DO MAGNETISMO EM VEGETAIS, desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 29 – UNIFESSPA/ Marabá-PA, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador(es):
Prof. Dr. Edney Ramos Granhen

Marabá-PA
2025

AGRADECIMENTOS

Inicio meus agradecimentos a Deus, por ser minha força em todas as etapas da minha vida, me abençoando e sempre me guiando para alcançar meus objetivos apesar das dificuldades.

Meu agradecimento especial aos meus pais, Eunice da Silva Lima Moraes e Aritonio Rodrigues de Moraes, meu irmão, Antonio Gustavo Lima de Moraes, as pessoas com quem eu sempre posso contar, me apoiando e acreditando em mim.

Agradeço também Guilherme Carvalho da Silva que esteve ao meu lado me oferecendo incentivo e motivação, acompanhando todo o andamento do trabalho. Aos meus amigos pelo amparo e encorajamento, em especial Sonia Cristina Costa Gomes e Brenda Moraes Costa.

Ao meu orientador, Edney Ramos Granhen, pela sua paciência e comprometimento ao longo de toda a pesquisa.

Por fim, gostaria de expressar minha profunda gratidão a todos que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de financiamento 001.

LISTAS DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Quadro de teses de Vygotsky das consequências das relações entre o homem e a sociedade.	15
Figura 2: Elementos mediadores segundo Vygotsky.	16
Figura 3: Zonas de desenvolvimento.	16
Figura 4: Representação das linhas de campo magnético terrestre.	18
Figura 5: Esquema das etapas do trabalho.	23
Figura 6: Materiais utilizados na atividade experimental.	24
Figura 7: Modelo esquemático da montagem do experimento.	25
Figura 8: Montagem do experimento A e B.	26
Figura 9: Processo de coleta dos dados das plântulas de cebolinha controle e teste.	27
Figura 10: Fio de cobre esmaltado	30
Figura 11: Alicate de corte	30
Figura 12: Bateria.....	30
Figura 13: Tubete	31
Figura 14: Substrato	31
Figura 15: Sementes de cebolinha.....	31
Figura 16: Multímetro	32
Figura 17: Regador.....	32
Figura 18: Bancada para suporte.....	32
Figura 19: Paquímetro.....	33
Figura 20: Fita isolante.....	33
Figura 21: Vista da forma como se apresenta as perguntas no formulário do google. Fonte: Autor, 2025.....	34
Figura 22: Visão do item de resposta do formulário do google.	34
Figura 23: Apresentação da tela do canva como ferramenta digital de construções de materiais.	35
Figura 24: Banner como exemplo de possível construção no canva.....	35

Sumário

1.	Apresentação	12
2.	Fundamentação teórica	14
2.1.	Teoria Educacional do Socioconstrutivismo de Lev Vygotsky	14
2.2.	Campo magnético natural.....	17
2.3.	Propriedades magnéticas da matéria	18
2.4.	Aplicações de campo magnético na agricultura	19
2.5.	Atividades experimentais para o ensino de física	20
3.	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	22
3.1.	Sequência das aulas	22
3.2.	Atividade experimental	23
3.3.	Coleta dos dados.....	27
4.	Descrição dos materiais e recursos utilizados	29
4.1.	Lista de materiais.....	29
4.2.	Recursos utilizados.....	33
5.	Considerações Finais	36
6.	Referências	37
	APÊNDICE A – Questionários	39
	APÊNDICE B- Roteiro experimental	50

1.

Prezados professores(as),

Estimado(a) colega e leitor(a), este produto educacional desenvolvido no programa de pós-graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) da Sociedade Brasileira de Física (SBF), na Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (UNIFESSPA), apresenta uma proposta metodológica com o intuito de reduzir a dificuldade de compressão dos tópicos de magnetismo.

Trata-se do detalhamento da atividade experimental realizada na dissertação intitulada “Uma estratégia de ensino por investigação: a influência do magnetismo em vegetais”. Essa metodologia foi baseada na teoria educacional do socioconstrutivismo de Lev Vygotsky, mais especificamente as zonas de desenvolvimento de aprendizagem, focada em trabalhar na zona proximal e atingir a zona potencial dos alunos. Dessa forma, professores da educação básica podem ser estimulados a trabalhar com uma nova ideia de ensino na área do magnetismo aplicado na agricultura, ou até mesmo somar com outras perspectivas e variáveis.

Essa proposta metodológica foi realizada em uma escola privada no município de Marabá-PA, com participação ativa dos alunos em todo o processo da atividade experimental. A ideia principal do trabalho foi buscar o engajamento dos alunos a partir do método científico, após uma sequência de aulas expositivas sobre os conteúdos base de eletrodinâmica e eletromagnetismo, eles receberam a proposta de investigar o que aconteceria se mudas de *Allium Schoenoprasum* (Cebolinha) fossem expostas a campo magnético de baixa intensidade.

Feita a proposta, houve suas elaborações de hipóteses. Com isso, começou a investigação, seguiram a metodologia com orientação do professor, coletaram os dados, discutiram esses dados e produziram um artigo, um banner e apresentaram oralmente para os demais alunos e professores do ambiente escolar.

Levando em consideração as dificuldades encontradas nos conceitos abstratos de magnetismo e os equacionamentos que devem ser aplicados, o ensino por investigação científica pode ser uma alternativa de despertar interesse, verificar as aplicabilidades e provocar a aprendizagem. Aprender na prática, com roteiro experimental, metodologia definida e cuidado de tratamento e exposição dos dados desenvolve no aluno outras capacidades e habilidades como previstas na Base Comum Curricular (BNCC).

Essas habilidades a serem desenvolvidas, é um tópico de interesse da teoria de Vygotsky, escolhida como embasamento para a atividade experimental. Para tal, houve a realização de pesquisas prévias do assunto e suas aplicações na área da agricultura, logo após

se iniciou a sequência das aulas e a proposta da atividade. Com isso, os alunos tiveram a oportunidade de praticar a teoria vista em sala, sendo necessário ressaltar que essa prática teve como objetivo o aluno sendo o principal agente da sua aprendizagem e desenvolvimento potencial.

Além disso, com os resultados alcançados, o produto educacional abre margem para discussão sobre aperfeiçoamentos e ajustes na metodologia, como por exemplo, investigar a influência do campo magnético em outros vegetais. É um tema de relevância no sentido de verificação da influência do magnetismo nas mais diversas áreas do conhecimento, lembrando que a Terra é um grande ímã e todos os seres constituintes dela estão imersos em campo magnético natural.

Logo, questionamentos como esses, podem ser norteadores e provocar o ensino por investigação e desenvolver a aprendizagem, como descrita por Vygotsky. Os objetivos e hipóteses do trabalho obtiveram resultados positivos através dos questionários aplicados, da observação participante e das produções dos alunos.

Dessa forma, na busca por uma educação eficiente e de qualidade, é almejado que o produto educacional possa ser útil e auxilie nas práticas docentes.

Atenciosamente,

A Autora.

2.

2.1. Teoria Educacional do Sociostrutivismo de Lev Vygotsky

As teorias da educação discutem as formas de equalização social e a superação da marginalidade. Uma dessas teorias, trata-se do sociostrutivismo de Lev Vygotsky, que para ele a criança nasce com funções psicológicas fundamentais e relevantes, a partir do aprendizado da cultura, estas funções se transformam em funções psicológicas superiores, como o controle do comportamento, ação intencional e a liberdade em relação as atitudes para se ter em determinados momentos e espaço (Camillo e Medeiros, 2018).

Assim, Vygotsky apresentou em seus estudos que existe uma relação entre o indivíduo e a sociedade, na qual as características do ser humano tanto já faz parte dele, quanto sofre influência do meio externo. Essas características podem ser representadas por meio das teses, que a partir das consequências das relações homem/sociedade, o homem pode transformar a si mesmo quando converte o meio na tentativa de atender o que necessita (Figura 1).

TESE	CARACTERÍSTICAS
1º Tese	Vigotsky defende a educação inclusiva e acessibilidade para todos. Devido ao processo criativo que envolve o domínio da natureza, o emprego de ferramentas e instrumentos, o homem pode ter uma ação indireta, planejada tendo ou não deficiência. Pessoa com deficiência auditiva, visuais, e outras podem ter um alto nível de desenvolvimento, a escola deve permitir que dominem depois superem seus saberes do cotidiano. As crianças cegas podem alcançar o mesmo desenvolvimento de uma criança normal, só que de modo diferente, por outra via, é muito importante para o pedagogo conhecer essa peculiaridade, é a lei da compensação. O limite biológico não é o que determina o não desenvolvimento do surdo, cego. A sociedade sim é quem vem criando estes limites para que os deficientes não se desenvolvam totalmente.
2º Tese	Refere-se à origem cultural das funções psíquicas que se originam nas relações do indivíduo e seu contexto social e cultural. Isso mostra que a cultura é parte constitutiva da natureza humana, o desenvolvimento mental humano não é passivo, nem tão pouco independente do desenvolvimento histórico e das formas sociais da vida. O desenvolvimento mental da criança é um processo contínuo de aquisições, desenvolvimento intelectual e linguístico relacionado à fala interior e pensamento. Impondo estruturas superiores, ao saber de novos conceitos evita-se que a criança tenha que reestruturar todos os conceitos que já possui. vygotsky tinha como objetivo constatar como as funções psicológicas, tais como memória, a atenção, a percepção e o pensamento aparecem primeiro na forma primária para, posteriormente, aparecerem em formas superiores. Assim é possível perceber a importante distinção realizada entre as funções elementares (comuns aos animais e aos humanos) e as funções psicológicas superiores (especificamente vinculada aos humanos).

3ª Tese	Refere-se à base biológica do funcionamento psicológico o cérebro é o órgão principal da atividade mental, sendo entendido como um sistema aberto, cuja estrutura e funcionamento são moldados ao longo da história, podendo mudar sem que ajam transformações físicas no órgão.
4ª Tese	Faz referência à característica mediação presente em toda a vida humana em que usamos técnicas e signos para fazermos mediação entre seres humanos e estes com o mundo. A linguagem é um signo mediador por excelência por isso Vygotsky a confere um papel de destaque no processo de pensamento. Sendo está uma capacidade exclusiva da humanidade. Através da fala podemos organizar as atividades práticas e das funções psicológicas. As pesquisas de Vygotsky foram realizadas com a criança na fase em que começa a desenvolver a fala, pois se acreditava que a prática, ou seja, na coletividade que a pessoa se aproveita da linguagem e dos objetos físicos disponíveis em sua cultura, promovendo assim seu desenvolvimento, dando ênfase aos conhecimentos histórico-cultural, conhecimentos produzidos e já existentes em seu cotidiano.

Figura 30: Quadro de teses de Vygotsky das consequências das relações entre o homem e a sociedade.

Fonte: Camillo e Medeiros, 2018.

O pensamento e a linguagem também fazem parte da teoria de Vygotskiana, para ele a linguagem age na estrutura do pensamento que, por sua vez, constrói o conhecimento. Seguindo esse raciocínio, a linguagem possui duas funções: intercâmbio social, bastante visível nos bebês já que demonstram seus sentimentos e necessidades por meio de gestos, expressões e sons; e pensamento generalizante, na fala quando há associação a imagem que remete as palavras. Já o pensamento segue os pilares básicos: funções psicológicas com suporte biológico; funcionamento psicológico tem como base as relações sociais; a cultura é parte da construção da natureza humana; entre o homem e o mundo existe elementos mediadores (Camillo e Medeiros, 2018).

Vygotsky defende sua teoria como socioconstrutivista, por não acreditar que as pessoas consigam ter contato direto com objetos sem uma mediação por várias relações de conhecimento e experiência, ou seja, o indivíduo não age sem mediações. Os elementos mediadores são: instrumentos (externo) é todo objeto criado pelo homem; e signos (internos) que são os auxílios psicológicos (Camillo e Medeiros, 2018).

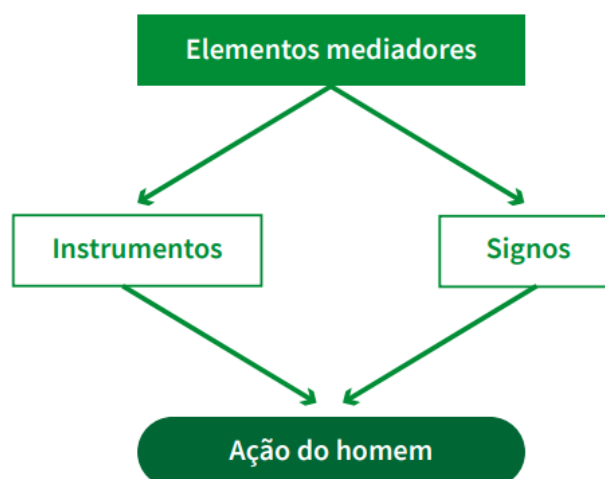


Figura 31: Elementos mediadores segundo Vygotsky.
Fonte: Camillo e Medeiros, 2018.

Portanto, a ação do homem acontece a partir de dois elementos (Figura 2), por exemplo, ao criar uma lista de materiais escolares, está sendo desenvolvido os instrumentos psicológicos (signos), que auxiliam na ação das compras desses materiais. Além disso, dentro de sua teoria, ele afirma que sempre haverá relações dentro da aprendizagem (trocas), que o indivíduo não é um ser passivo, pois ao criar cultura, cria a si mesmo (Camillo e Medeiros, 2018).

Outra discussão é que uma criança não adquire conhecimento apenas quando passa a frequentar a escola, pois é fora do contexto escolar que ela desenvolve seu potencial. Vale ressaltar que dessa maneira a importância do ambiente escolar não é diminuída, pelo contrário, visto que ao se familiarizar com esse mundo, a criança sai da zona de desenvolvimento real e passa, com mediação (do professor, por exemplo), para a zona de desenvolvimento potencial, sendo esta transição uma nova, caracterizada como desenvolvimento proximal. (Figura 3)

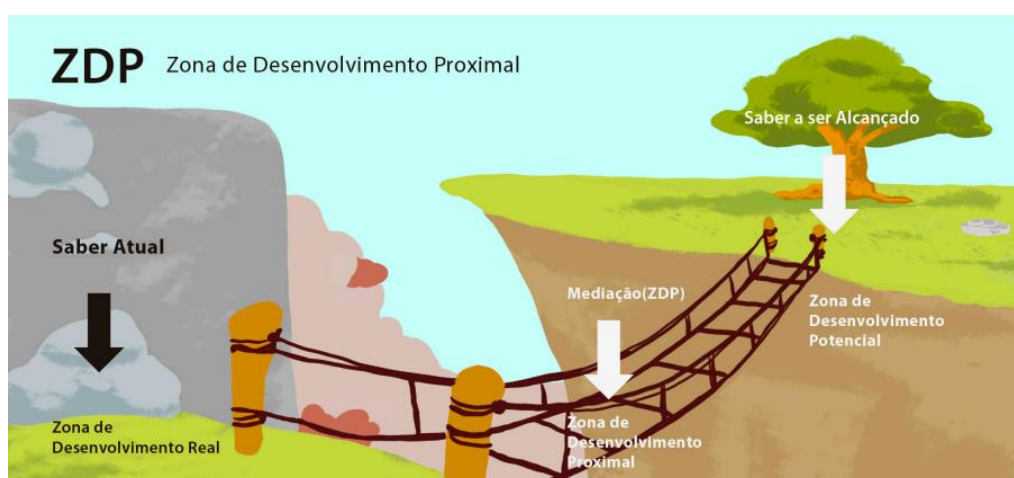


Figura 32: Zonas de desenvolvimento.
Fonte: Camillo e Medeiros, 2018.

A figura apresenta as zonas de desenvolvimento que de maneira objetiva significa:

- Zona de Desenvolvimento Real (ZDR): *refere-se às etapas já alcançadas pela criança e que permitem que ela solucione problemas de forma independente, autônoma.*
- Zona de Desenvolvimento Potencial (ZDP): *é a capacidade que a criança tem de desempenhar tarefas desde que seja auxiliada e com orientações adequadas por adultos ou outras crianças maiores e mais capacitadas.*
- Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP): *é a distância entre as zonas de Desenvolvimento Real e Potencial. Isto é, o caminho a ser percorrido até o amadurecimento e a consolidação de funções, tarefas.*

Ao discutir a interação entre o desenvolvimento e a aprendizagem, Vygotsky afirma que o aprendizado inicia antes de ingressar na escola e isso também é válido para o processo de escrita já que para ele, trata-se de um produto cultural, construído historicamente, não se baseia apenas no domínio da grafia. Dessa forma, a escrita é uma representação simbólica da realidade do indivíduo, proporcionando o relacionamento com o mundo (Camillo e Medeiros, 2018).

Logo, este trabalho, terá como base a teoria educacional do socioconstrutivismo de Vygotsky, nas próximas sessões o levantamento bibliográfico apresentará o conteúdo de Física necessário para a construção do produto educacional, como ele tem sido trabalhado na atualidade, a forma como será trabalhado para que seja discutido a possibilidade dos alunos chegarem na zona de desenvolvimento potencial (Camillo e Medeiros, 2018).

2.2. Campo magnético natural

O campo magnético natural acontece a partir de elementos oriundos da própria natureza. Um exemplo se trata do óxido de ferro Fe_3O_4 , chamado de magnetita, que origina em um ímã natural. Descoberto na Grécia antiga, na região de Magnésia, esse minério tinha a capacidade de atrair outros metais. (PONTES, 2016).

Vale ressaltar que os ímãs possuem propriedades, como os polos magnéticos, que são regiões com ações magnéticas intensas compostas por dois polos. Outra propriedade é a capacidade de atração e repulsão, observa-se que na interação de polos iguais acontece repulsão e de polos diferentes acontece atração. Importante destacar que é impossível separar polos magnéticos de um ímã, mesmo que esse material seja dividido, os novos pedaços continuarão sendo dipolos magnéticos (REITZ, MILFORD E CHRISTY, 1988)

Ao abordar sobre magnetismo natural, é importante comentar sobre o planeta Terra. O campo magnético terrestre interno ocorre devido a constante movimentação de fluido de ferro e níquel, o que gera correntes elétricas e consequentemente, campo magnético. Este campo alcança dezenas de milhares de quilômetros constituindo a magnetosfera do planeta. O planeta funciona de maneira semelhante a um dipolo magnético, com polos norte e sul, que por razões históricas não coincide com norte e sul geográfico, ou seja, norte magnético é o mesmo sul geográfico e sul magnético é o norte geográfico (Figura 14). (SALERNO; FIUZA; MESQUITA, 2017).

A intensidade do campo magnético terrestre é baixa, na ordem de $20\mu\text{T}$ a $60\mu\text{T}$ ($\mu = 10^{-6}$). Sua origem e suas consequências para a Terra, sempre são objetos de estudo, e sua importância está baseada na permissão das grandes navegações através do uso da bússola, protegendo de partículas carregadas provenientes do Sol. (TURQUETTI; FERREIRA, 2016).

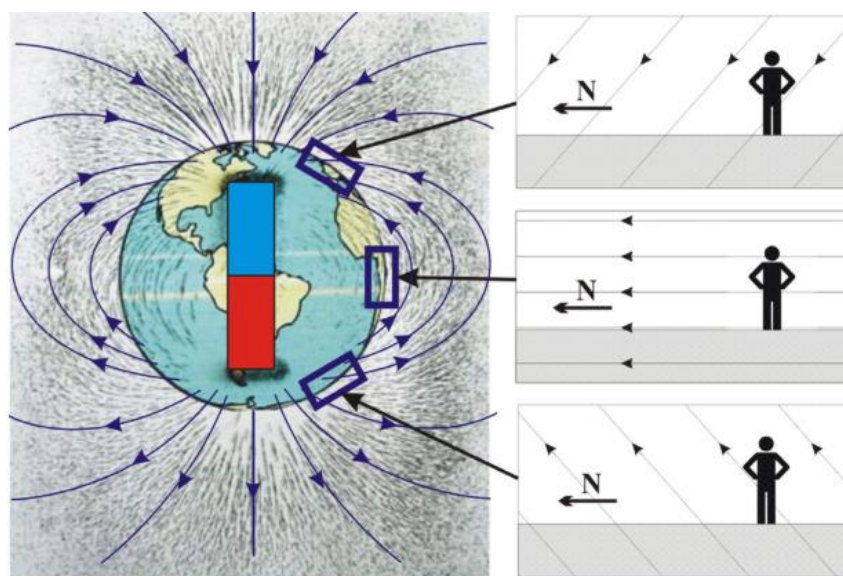


Figura 33: Representação das linhas de campo magnético terrestre.

Fonte: Santamaria, 2016.

O sol é uma grande estrela magnética, feito de plasma com partículas carregadas que ao se mover, naturalmente criam campos magnéticos. Onde exatamente o campo magnético do sol é criado não há certeza, existe uma gama de possibilidades. Mas sabe-se da importância dele já que é responsável desde as explosões solares que causam as auroras, até ao campo interplanetário e a radiação.

2.3. Propriedades magnéticas da matéria

De maneira geral, os fenômenos magnéticos que ocorrem nos materiais são devido aos elétrons dos átomos em movimentação. É nesse sentido que ao analisar os materiais próximos a um campo magnético, existem comportamentos que se assemelham a ímãs fortes, fracos ou com tendência de se opor. Isso significa que todas as substâncias mostram alguma característica magnética, tratando-se de uma propriedade básica de qualquer matéria, sendo estas classificados em diamagnética, paramagnética, ferromagnética e antiferromagnética. (FARIA e LIMA, 2005)

A diamagnética é o primeiro tipo, um material que tende a repelir os campos magnéticos. O nome se refere a capacidade de criar um campo oposto, são exemplos desse tipo de matéria a prata, o chumbo e o cobre. Materiais como água, plantas, animais e seres humanos possuem qualidades de materiais diamagnéticos. A segunda é a paramagnética, que é todo tipo de material que apresenta um magnetismo significativo, com susceptibilidade magnética positiva, o alumínio, o paládio e o magnésio são exemplos. (FOLTRAN, et al., 2023)

A ferromagnética é o terceiro tipo, possuem afinidade pelo magnetismo temporário ou definitivo, que são o ferro, o cobre e o níquel e as ligas formadas a partir dessas substâncias. Por fim, a matéria antiferromagnética que acontece uma ordenação dos dipolos por pares e em direções contrárias, como os momentos magnéticos opostos se cancelam, a consequência é o material não possuir magnetização espontânea. (FOLTRAN, et al., 2023)

Graças aos conceitos de magnetismo, existem infinidades de aplicações e utilização de materiais magnéticos nas mais diversas áreas. Desde a medicina até aplicações na agricultura, tema de interesse desse trabalho.

2.4. Aplicações de campo magnético na agricultura

Os organismos vivos sofrem a ação do campo magnético terrestre, pois se trata de um fenômeno natural e ocorre de acordo com as propriedades magnéticas da matéria. Assim, o que há de evidências na literatura (JOUNI; ABDOLMALEKI; GHANATI, 2012); (ZIELIŃSKI et al., 2018); (DEAMICI; SANTOS; COSTA, 2019); (SCHMIEDCHEN et al., 2018) é que as plantas podem ser sensíveis ao campo magnético de baixas intensidades, tanto para o desenvolvimento, quanto para inibição.

A biomagnetização ou bioestimulação tem sido pesquisado visando resultados em plantas. De acordo com Lima, Castro e Armond (2020), a água quando submetida a um campo magnético, pode modificar propriedades, podendo ocasionar melhoras no crescimento,

absorção de nutrientes e a composição química das plantas. São numerosos os trabalhos que se preocupam com o desenvolvimento de sementes de baixo vigor, a aplicação de campo magnético como estimulador de mudas tem ganhado destaque (AGUILERA et al., 2023).

A utilização de tratamento físico como um campo magnético visando o aumento de germinação e melhorias no desenvolvimento da muda é uma tecnologia segura e ecologicamente correta. No trabalho de Chadapust, Natawat e Raymond (2023), houve a aplicação de campo magnético na germinação de sementes de dendezeiro, e os resultados demonstraram uma taxa maior de germinação se comparado com as sementes sem influência do campo magnético.

Na produção de diversas culturas é notório efeito negativo devido a vários estresses bióticos e abióticos, para resolver problemas dessa natureza, se faz necessário a utilização de tecnologias para uma agricultura sustentável. Para essa abordagem, a utilização de campos eletromagnéticos resultou em efeitos benéficos em diversas situações agrícolas. Tais efeitos consistem em aumento no número de folhas, nas taxas de germinação e na promoção vegetal com aplicações de campos magnéticos (Hachicha et al., 2016).

2.5. Atividades experimentais para o ensino de física

Uma das problemáticas no ensino de física é a motivação de aprender, mediante a vasta matematização e o ensino dos conceitos de caráter “robotizado”, encontra-se dificuldade para despertar o interesse do aluno. É válido destacar que as atividades experimentais são desenvolvidas com o objetivo de os alunos alcançarem habilidades importantes para seu aprendizado como conhecimento, compreensão conceitual e matemático, generalização empírica, conhecimento laboratorial e aprender a partir de observação e experimentação. (AVELAR, BARBOSA e CARNEIRO, 2022).

É possível destacar a potencialidade do uso da experimentação como apoio metodológico no ensino de Física, pois de acordo com Nascimento e Uibson (2021), se trata de uma maneira que favorece a aprendizagem permitindo os estudantes observarem fenômenos físicos a sua volta. Ou seja, estabelece uma relação entre a teoria e a prática, possibilitando o

despertar de interesse dos alunos para que observem e investiguem os fenômenos estudados em sala.

No trabalho de Fontes e Rodrigues (2021), houve um levantamento de referências bibliográficas com a preocupação relacionada ao ensino de Física. Neste, observa-se que alguns professores e pesquisadores, percebem a importância de atividades experimentais no ensino de eletromagnetismo. Trata-se de uma temática relevante para a comunidade científica, sendo evidente nos periódicos que a experimentação, principalmente no ensino de eletromagnetismo, lidera como proposta metodológica.

Rodrigues et al (2021) desenvolveram uma sequência didática com proposta experimental baseada em conceitos de eletromagnetismo. Neste, houve a construção de um motor induzido abordando a lei de indução de Faraday. Os estudantes participaram das aulas teóricas, explicação prévia de como iria ocorrer a experimentação, para então ser colocado em prática. Já Felipe et al (2024), optaram por uma atividade experimental de caráter demonstrativo. Os alunos tiveram a apresentação dos conceitos relacionados ao eletromagnetismo e em cada dia pré-definido foi realizado uma montagem do experimento, sendo algumas dessas montagens com materiais de baixo custo e utilização de equipamentos do laboratório de Física.

Muitas pautas podem ser abertas a respeito das abordagens experimentais, uma delas é de cunho ambiental, visando possíveis descartes que podem ser aproveitados e se tornando instrumento metodológico. Arruda e Barbosa (2022) apresentaram essa temática através da reutilização de sucata de eletrônicos. Construíram um labirinto elétrico e fusível de palha de aço, abordando os tópicos de circuitos elétricos como base para o magnetismo.

No ensino de um conteúdo através da experimentação há diversas estratégias, como a demonstração, simulação virtual, história da ciência, resolução de problemas, construção de materiais em conjunto. Dessa maneira, o que é abstrato se torna mais acessível e pode alcançar aprendizagem, baseando no interesse e engajamento do aluno (SILVA, et al., 2021). De acordo com esse embasamento teórico, é possível notar a relevância e aspectos positivos de propostas metodológicas que promova engajamento e participação dos alunos para aprendizagem. Com essa motivação, na próxima seção será delimitado os procedimentos metodológicos baseado nas atividades experimentais.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1. Sequência das aulas

A aplicação da atividade experimental ocorrerá com a turma da 2ª série do ensino médio. Este trabalho tem como fundamento metodológico um relato de experiência utilizando como base teórica as zonas de desenvolvimento para a aprendizagem do socioconstrutivismo de Lev Vygotsky, teoria apresentada na sessão 2.1. Para tal, será desenvolvida uma atividade experimental com os alunos, esta aborda conceitos prévios e subsequentes com tópicos de eletrodinâmica e eletromagnetismo de acordo com a descrição na

Tabela 1:

Tabela 10: Divisão de conteúdos necessários para a realização da atividade experimental

CONTEÚDOS NECESSÁRIOS		
	CONHECIMENTOS PRÉVIOS	ASSUNTOS ABORDADOS PARA A ATIVIDADE EXPERIMENTAL
ELETRODINÂMICA	Corrente, Tensão, Potência, Energia Elétrica, Leis de Ohm, Resistores, Associação de Resistores, Curto Circuito e Geradores Elétricos	Corrente, Resistência, tensão e geradores.
ELETROMAGNETISMO	Linhas de indução magnética, atração e repulsão de ímãs, campo magnético terrestre, orientação de bússolas, cálculo de campo magnético em fio, espira e bobina.	Ímãs e Campo Magnético em Condutores

Fonte: Autores, 2025.

Para verificar a zona de desenvolvimento proximal dos alunos, foi proposto um formulário com conjuntos de questões divididos em níveis de dificuldade fácil, médio e difícil dispostas no apêndice A:

- Fácil: poucas informações, textos pequenos e poucas indicações numéricas;
- Médio: informações a mais, textos mais longos e mais de um passo matemático;
- Difícil: muitas informações, transformações de unidades de medidas e procedimentos matemáticos maiores.

Inicialmente foram ministradas 5 aulas de 45 minutos. Aulas que ocorreram de maneira expositivas, com apoio de imagens animadas e não animadas, apresentando toda a teoria necessária para aplicação da atividade experimental. Após a exposição dos conteúdos e a aplicação do questionário prévio, houve a proposta da atividade experimental descrita na subseção 3.2.

3.2. Atividade experimental

A atividade experimental iniciou com a montagem do experimento, após as aulas dos conceitos de eletromagnetismo e revisão de eletrodinâmica. A organização da experiência foi dividida em etapas, sendo necessário a participação dos alunos em todas essas etapas (Figura 18), a proposta é que eles possam desenvolver todos os procedimentos metodológicos se tornando um pesquisador, intervindo se necessário, trabalhando em conjunto, dando possibilidade de construir um elo entre teoria e prática, desenvolvendo a zona potencial.

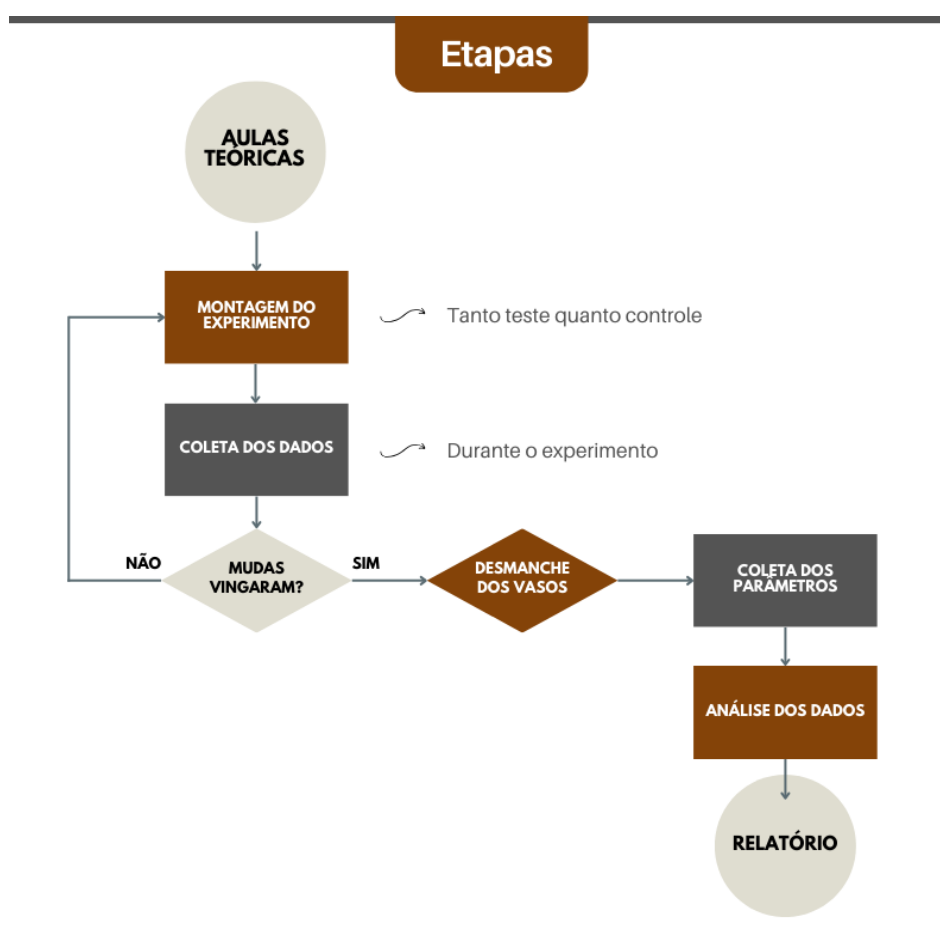


Figura 34: Esquema das etapas do trabalho.

Fonte: Autores, 2025.

A turma da 2ª série do ensino médio contém 16 alunos, todos trabalharam em conjunto entre si e com a professora. Para a montagem do experimento, utilizaram: Tubetes, substrato, fio de cobre esmaltado de 26 AWG, alicates, baterias de 9V, fita isolante, trena, sementes de cebolinha, multímetro digital, paquímetro, tela e copos descartáveis como mostra a Figura 17.

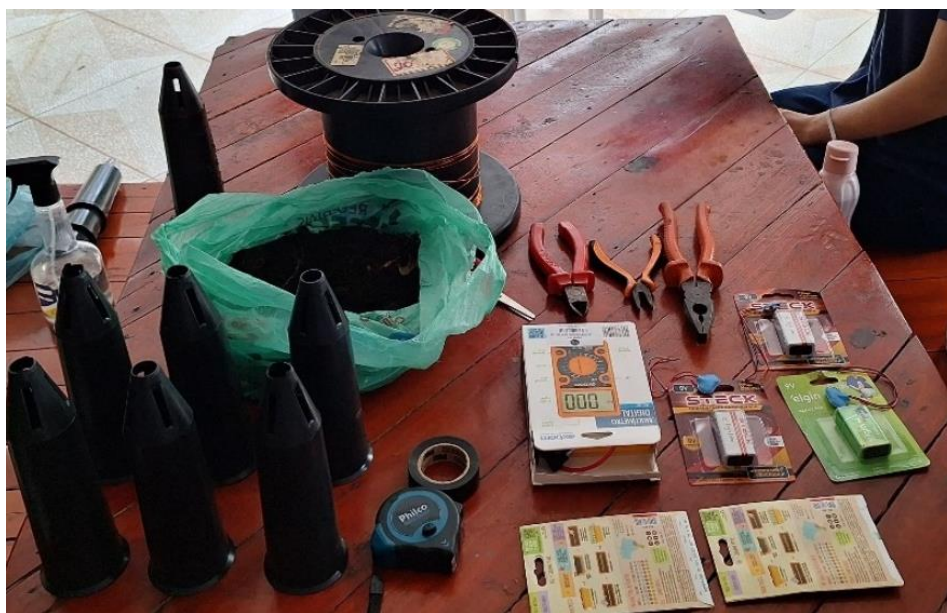


Figura 35: Materiais utilizados na atividade experimental.

Fonte: Autores, 2025.

Para propor o pensamento crítico sobre o que poderia acontecer com o experimento, os alunos receberam uma folha de anotações, também disponível em documento virtual, para que construíssem perguntas, elaborassem hipóteses e realizassem suas anotações dos procedimentos, relatando como aconteceu a montagem, o cuidado com as plantas e a coleta de dados a montagem do experimento ocorreu de acordo com o modelo esquemático da Figura 19:

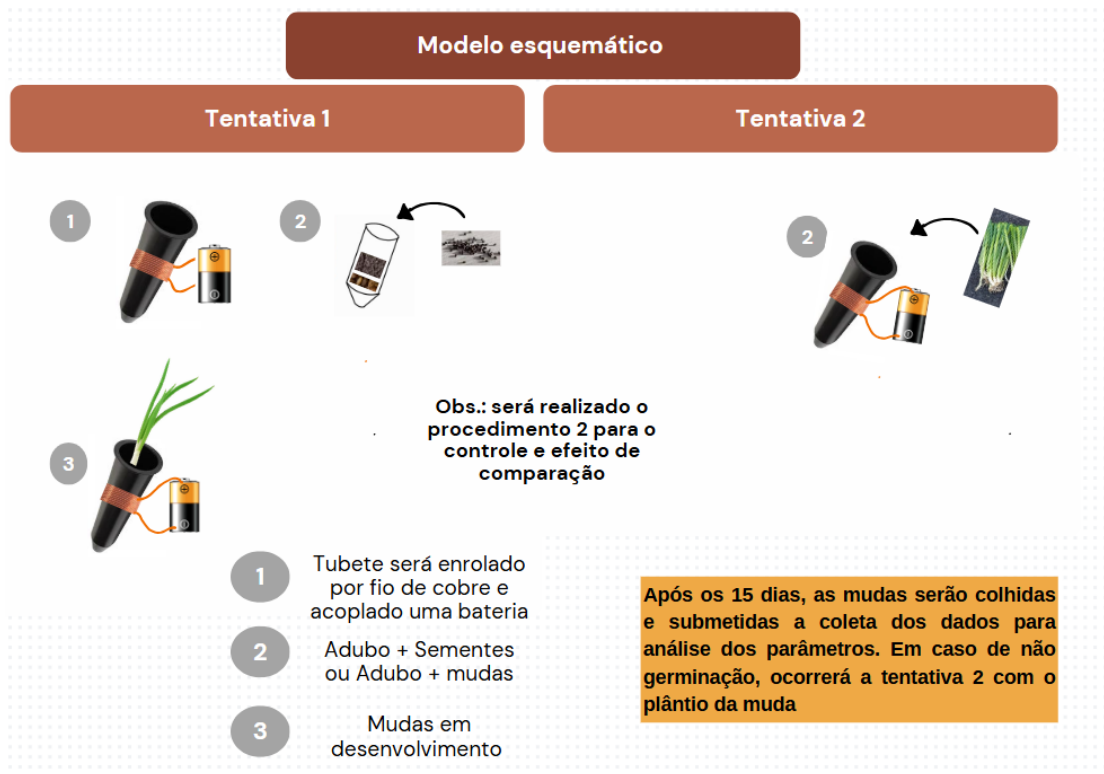


Figura 36: Modelo esquemático da montagem do experimento.

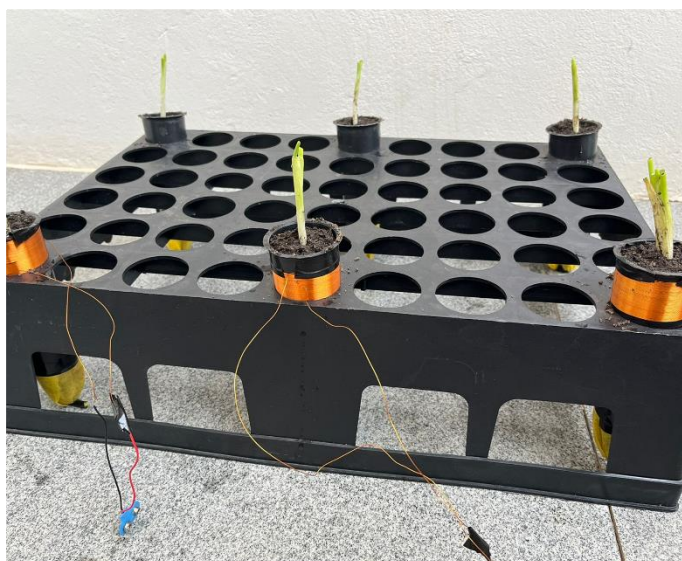
Fonte: Autores, 2025.

As sementes de cebolinha foram plantadas com 1 cm de profundidade, mantidas em local bastante ensolarado, regadas pelo menos 2 vezes ao dia, além das cebolinhas teste serem submetidas ao tratamento de 2h por dia de campo magnético e colhidas após 15 dias de tratamento. A montagem do controle foi realizada de maneira semelhante, porém sem a influência do campo magnético, já que ele será apenas para efeito de comparação.

Após os 15 dias de experimento, ao observar a não germinação das sementes, será proposto o plantio de mudas de cebolinha para analisar como as plântulas se comportam sob as mesmas condições que as sementes foram expostas, de acordo com a Figura 20 mostra como ocorreu a montagem do experimento tanto das sementes quanto das mudas de cebolinha.



A – Visão de cima do plantio com sementes



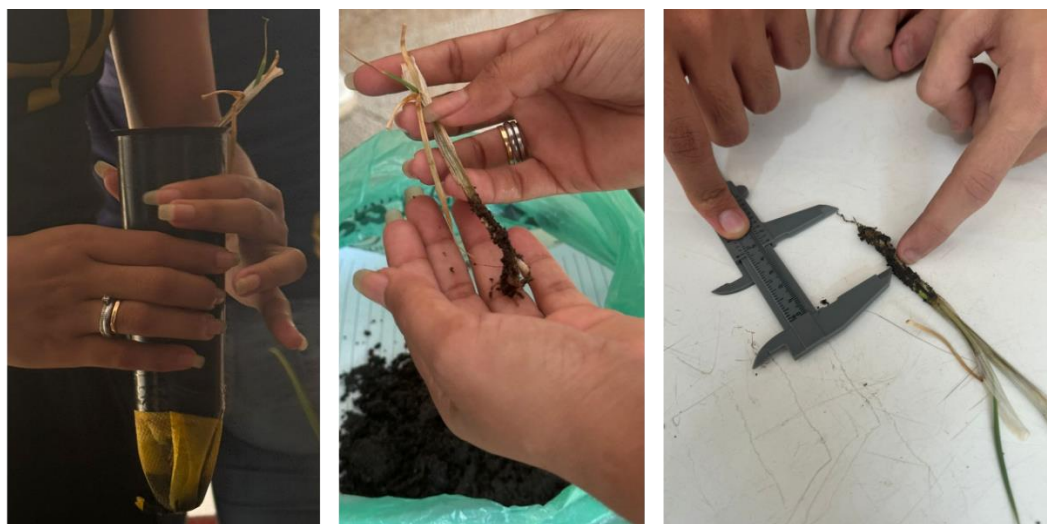
B – Visão de perfil do plantio com mudas

Figura 37: Montagem do experimento A e B.

Fonte: Autores, 2025.

Com as mudas vigadas, houve a realização do desmonte dos tubetes de acordo com os parâmetros a serem analisados baseado no trabalho de Silva et al., (2014) (Figura 21):

- Comprimento de planta (CP) mensurada da raiz até a base da última folha emitida com auxílio de um paquímetro graduada em mm;
- Diâmetro superior do bulbo (DSB) e diâmetro inferior do bulbo (DIB) mensurado com paquímetro graduado;
- Número de folhas (NF) por planta;
- Comprimento da raiz (CR) medido com paquímetro graduada em mm;



a) Realizando o desmanche b) Retirando a plântula e o excesso de adubo c) Medição dos parâmetros

Figura 38: Processo de coleta dos dados das plântulas de cebolinha controle e teste.

Fonte: Autores, 2025.

Após o desmonte realizado em grupo, os alunos fizeram as devidas medições dos parâmetros, anotações e fotografias. A partir disso, iniciaram o processo de escrita do artigo com um modelo baseado em introdução, objetivo, materiais e métodos, resultados e discussões. Como forma de culminância do trabalho, realizaram um banner e apresentaram para os demais alunos do ensino médio.

3.3. Coleta dos dados

Para a obtenção dos resultados e consequentemente as discussões, ocorrerá inicialmente com as respostas coletadas a partir do formulário inicial, que teve como foco a análise dos conhecimentos adquiridos com as aulas de acordo com a mediação da professora disponível no apêndice A. Para uma análise qualitativa, a tabela abaixo mostra uma relação entre os blocos de questões por nível de dificuldade e o que é esperado pelo professor, a coluna em branco do que será alcançado será completado nos resultados.

Tabela 11: Verificação das respostas

Bloco de questões	Esperado	Alcançado	
Fáceis	<i>Válidas e desejadas</i>		<i>Previstas</i>
Médias	<i>Parcialmente válidas e parcialmente desejadas</i>		<i>Previstas</i>

Difíceis	<i>Parcialmente válidas e parcialmente desejadas</i>		<i>Previstas</i>
----------	--	--	------------------

Fonte: Autores, 2025.

Além disso, a partir da observação participante, verificar o engajamento e participação dos alunos em todas as etapas do trabalho. Para uma avaliação qualitativa, verificar através da elaboração do artigo como o trabalho foi entendido e visto como importante dentro da interdisciplinaridade, além da apresentação oral da atividade experimental para os demais estudantes com a preocupação de demonstrar a importância de aprender na prática.

Para analisar as zonas de desenvolvimento proximal (Zona 2) e potencial (Zona 3), foi proposto um questionário com 10 perguntas discursivas, a Tabela 3 mostra as perguntas e o que é esperado em relação as respostas de acordo com as zonas de desenvolvimento.

Tabela 12: Questionário final

Pergunta	Esperado	Alcançado	
1. Quais aspectos físicos e/ou explicações, usando os conhecimentos adquiridos até agora sobre física, poderiam ser usados para verificar a influência do campo magnético sobre mudas vegetais?	Zona 3		Prevista
2. Se substituíssemos o campo magnético pelo campo elétrico na aplicação sob as mudas, que cuidados deveríamos tomar e como deveria ser o procedimento?	Zona 3		Prevista
3. O sentido do campo magnético pode interferir no desenvolvimento de mudas vegetal?	Zona 3		Prevista
4. O que aconteceria com o campo magnético da bobina, e consequentemente na cebolinha, se aumentasse o número de espiras?	Zona 3		Prevista
5. Quando se tem um questionamento sobre uma experiência, formulamos uma hipótese que justifica ou explica o fenômeno observado. Essa é uma ação individual, cada um pode formular a sua própria hipótese para justificar, baseado no que aprendeu com essa experiência, que hipóteses inicialmente você formulou e a mesma foi correspondida após a experiência?	Zona 3		Prevista
6. Se é conhecida a corrente que atravessa a bobina, é possível determinar a intensidade do campo que passa pelo tubete com a muda?	Zona 2		Prevista
7. Por que a passagem de corrente no tubete não derreteu o tubete por efeito joule?	Zona 2		Prevista

8. Se invertêssemos um sentido da corrente é possível que o resultado fosse diferente? O que poderíamos esperar?	Zona 2		Prevista
9. Se usássemos uma fonte de corrente alternada, o que poderia ter acontecido com a plantinha no tubete?	Zona 3		Prevista
10. Aponte que fatores poderiam influenciar a favor do experimento e melhorá-lo e que fatores você acha que influenciaram em desfavor?	Zona 3		Prevista

Fonte: Autores, 2025.

Portanto, toda a produção como anotações, registro fotográfico e escrito são dados a serem coletados para verificação da aprendizagem dos alunos possibilitando o trabalho da zona de desenvolvimento proximal e potencial que a teoria socioconstrutivista aborda.

4. Descrição dos materiais e recursos utilizados

4.1.Lista de materiais

Os materiais utilizados para a montagem do experimento podem ser encontrados em lojas de autoelétrica, rebobinadora e mercado. São de fácil acesso, a depender da região, já que o tubete pode não ser encontrado facilmente nas lojas de substrato, e tendo que pesquisar em lojas virtuais. Vale ressaltar que o experimento pode ser ajustado de acordo com as necessidades, logo, as quantidades depende de como queira montar. A descrição será de acordo com o que foi realizado no produto educacional.



Figura 39: Fio de cobre esmaltado

Fio de cobre esmaltado 26AWG com
30m de fio



Figura 40: Alicates de corte

Alicates de corte



Figura 41: Bateria

Três baterias de 9V



Figura 42: Tubete

Seis tubetes com 55cm



Figura 43: substrato

Substrato para a cebolinha (500g)

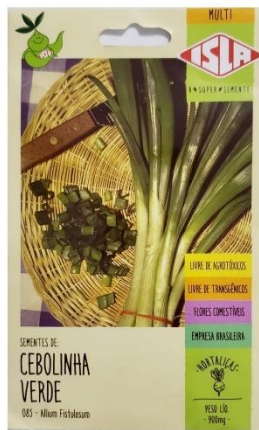


Figura 44: Sementes de cebolinha

Semente de cebolinha utilizando 10
sementes por tubete



Figura 45: Multímetro

Multímetro digital



Figura 46: Regador

Regador



Figura 47: Bancada para suporte

Bancada com suporte para seis tubetes
separados

 Figura 48: Paquímetro	Paquímetro manual para realizar as medições dos parâmetros das plântulas
 Figura 49: Fita isolante	Fita isolante

4.2. Recursos utilizados

Para a coleta dos dados prévios e final, foi utilizado o formulário do google, nele é possível fazer qualquer alteração com cores, imagens, alternativas, respostas discursivas, colocar como obrigatórias ou não essas respostas e obter os gráficos e imagens das respostas dos alunos. A figura mostra a tela inicial com as perguntas:

Questionário prévio de avaliação

Perguntas Respostas 12 Configurações

Seção 1 de 2

Questionário prévio de avaliação

Este questionário avaliativo faz parte do desenvolvimento de um produto educacional que está voltado para o ensino de física sobre os tópicos de magnetismo, que tem por objetivo verificar o grau de conhecimento prévio relacionado a temas básicos de conceitos iniciais, cálculo de campo magnético em fio retilíneo e logo, espira circular e bobina, além da regra da mão direita. Este questionário contém questões tanto objetivas como dissertativas, que devem ser submetidas sua resolução via upload de imagem ou escritas no campo determinado por este formulário.

Observações antes de enviar o documento:

1. Atendem para o comando das questões e marque as alternativas que julguem corretas, nas questões objetivas, enquanto que nas dissertativas devem ser respondidas de modo claro, com coerência e

Figura 50: Vista da forma como se apresenta as perguntas no formulário do google.
Fonte: Autor, 2025.

Ao clicar em respostas, haverá a possibilidade de verificá-las através de textos, imagens ou gráficos. Como mostra a figura:



Figura 51: Visão do item de resposta do formulário do google.
Fonte: Autor, 2025.

Além disso, para construção do roteiro experimental, foi utilizado o canva. Nele é possível pesquisar modelos de relatórios, roteiro e ir organizando como seja necessário e imprimir ou enviar para os alunos em formato de PDF. A figura mostra uma tela do canva na construção do roteiro.

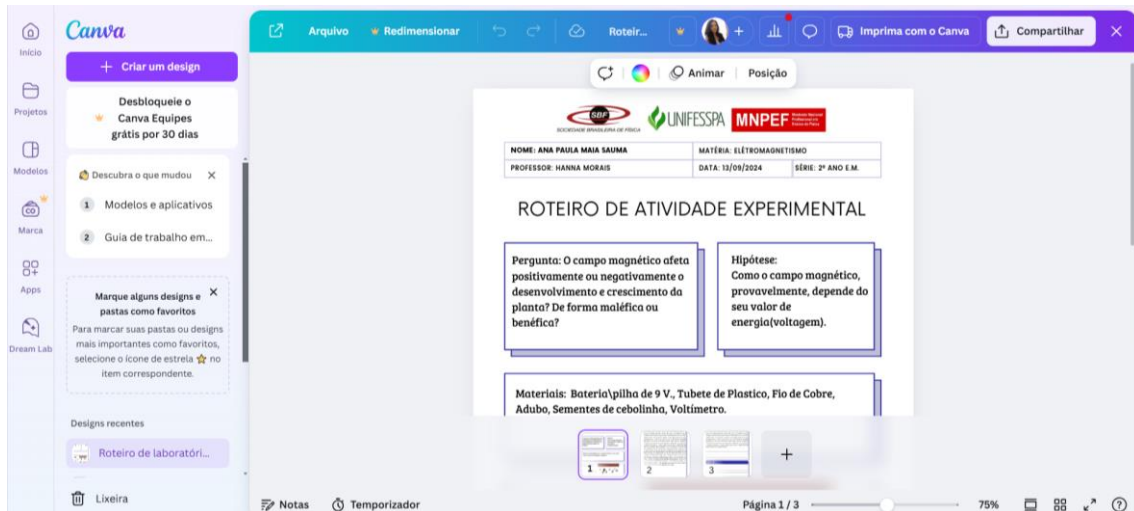


Figura 52: Apresentação da tela do canva como ferramenta digital de construções de materiais.
Fonte: Autor, 2025.

Com isso, os alunos realizaram suas anotações do início ao fim da atividade experimental e depois realizaram um banner também no canva. A figura apresenta a tela com o banner construído.



Figura 53: Banner como exemplo de possível construção no canva.
Fonte: Autor, 2025.

Logo, recursos manuais e virtuais foram utilizados com a estética de trabalho científico, desde o roteiro, a organização dos materiais e as produções dos alunos.

5. Considerações Finais

Este trabalho propôs uma atividade experimental que colocasse os alunos como participantes ativos para compreender o assunto de magnetismo com a investigação da influência do campo magnético nas cebolinhas. De acordo com Oliveira e Turatti (2023), esse tipo de proposta possibilita ao aluno uma postura reflexiva e investigativa, com uma construção do conhecimento entre os alunos e o professor.

Os alunos não só fizeram parte de todo o processo como produziram materiais de qualidade. Elaboraram um artigo dos resultados coletados, um banner para apresentação e uma exposição oral de tudo que elaboraram na atividade experimental. Além de deixar claro um desenvolvimento potencial expressivo nas respostas dos questionários e nas atitudes para com a experiência.

Mesmo que tenha ocorrido bem e resultados positivos previstos foram alcançados, há possibilidades de aperfeiçoamentos tanto na proposta quanto nos materiais utilizados. É interessante um espaço adequado para o acompanhamento do crescimento dos vegetais, com radiação solar controlada, quantidade de água, vento, controle do tratamento magnético, semeadura com sementes de alta viabilidade.

Trata-se de uma atividade que pode ter muitas perspectivas e propostas. Variáveis como fotoperíodo, tempo de exposição ao magnetismo, sentido do campo magnético, controles artificiais de regagem, detecção de intensidade de campo ou até mesmo os tipos de vegetais a serem investigados podem ser considerados.

A cebolinha foi escolhida tendo em vista seu padrão de crescimento e a possibilidade de usar um recipiente com pouco espaçamento, já que a experiência seria na escola e haveria chances de mudanças de locais da bancada que as cebolinhas estavam organizadas. Mas, questionamentos sobre o que pode acontecer com outros vegetais com padrões de crescimentos diferentes, pode se comportar.

Estruturas de vegetais como repolho, alface, coentro, desperta a curiosidade da possível influência do campo magnético em vegetais como esses citados e até mesmo outros tipos plantas, tubérculos, hortaliças que ao serem postas a testagem, devem apresentar resultados de inibição do desenvolvimento ou de favorecimento.

Portanto, este trabalho abre margem para questionamentos que se ajustados de acordo com os aperfeiçoamentos necessários, possibilita o incentivo a pesquisa de aplicações de campo magnético na área da agricultura somada ao enfrentamento das dificuldades do ensino de Física e da aprendizagem de conceitos relacionados ao magnetismo.

6. Referências

- AGUILERA, Jorge González et al. Influência da Água Tratada Magneticamente nas Cultivares de Alface Conduzidas em Sistema Irrigado por Gotejo. **Ensaio e Ciência C Biológicas Agrárias e da Saúde**, v. 27, n. 3, p. 277-281, 2023.
- ARRUDA, Natália K. Lima de; BARBOSA, Geovani Ferreira. **Atividades experimentais de eletromagnetismo através da reutilização de sucata de eletrônicos**. TCC (Trabalho de Conclusão de Curso) – Faculdade de Física, Universidade Federal Rural do Semiárido – UFRSA. Rio Grande do Norte, 2022.
- CAMILLO, Cíntia Morales; MEDEIROS, Liziany Muller. Teorias da educação. 2018.
- Chadapust J. Sudsiri, Natawat Jumpa, Raymond J. Ritchie. Activating oil palm germination and improved survival of seedlings using a rotating magnetic field. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 50, 2023.
- DA SILVA, Bruna Müller et al. Teoria de Piaget e Experimentação no Ensino de Eletromagnetismo. **Physicae Organum-Revista dos Estudantes de Física da UnB**, v. 7, n. 2, p. 109-123, 2021.
- DE AVELAR, Patrícia Firmino; BARBOSA, Gabriel Fonseca; DE SOUZA CARNEIRO, Alessandro. EXPERIMENTOS DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO. In: Enalic, VIII., **Anais...** Editora realize, 2022, ISSN: 2526-3234
- DEAMICI, K. M.; SANTOS, L. O.; COSTA, J. A. V.. Use of static magnetic fields to increase CO₂ biofixation by the microalga *Chlorella fusca*. **Bioresource technology**, v. 276, p. 103-109, 2019.
- FARIA, Rubens N.; LIMA, Luis FCP. **Introdução ao magnetismo dos materiais**. Editora Livraria da Física, 2005.
- FELIPE, Marco Túlio Jesus Soares et al. A influência da experimentação no ensino de eletromagnetismo para alunos de um curso técnico de uma escola da rede federal de educação brasileira. **CONTRIBUCIONES A LAS CIENCIAS SOCIALES**, v. 17, n. 1, p. 6148-6172, 2024.
- FOLTRAN, Ângela Aparecida et al. CONCEPTS IN MAGNETIC THERAPIES RELATED TO MEDICINAL BIOMAGNETISM-LITERATURE REVIEW. **Health and Society**, v. 3, n. 02, p. 152-194, 2023.
- FONTES, Daniel Trugillo Martins; RODRIGUES, André Machado. Fundamentação teórica no ensino de eletromagnetismo: uma revisão da literatura em periódicos nacionais. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 38, n. 2, p. 965-991, 2021.
- HACHICHA, M. et al. Effect of electromagnetic treatment of saline water on soil and crops. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 17, n. 2, p. 154-162, 2018.

JOUNI, F. J.; ABDOLMALEKI, P.; GHANATI, F. Oxidative stress in broad bean (*Vicia faba* L.) induced by static magnetic field under natural radioactivity. **Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis**, v. 741, n. 1-2, p. 116-121, 2012.

LIMA, Lucinara Gomes Silva; CASTRO, Daniel Melo; ARMOND, Cintia. Crescimento de rabanete submetido à água tratada magneticamente e por toque terapêutico. **Cadernos de Agroecologia**, v. 15, n. 2, 2020.

NASCIMENTO, Camila Souza; UIBSON, José. Uso de experimentos no ensino de física: uma revisão sistemática da literatura. **Anais do XV Colóquio Internacional Educação e Contemporaneidade**, 2021.

OLIVEIRA, Jader Rodrigues Sousa; TURATTI, Agueda Maria. APRENDIZAGEM BASEADA EM EQUIPES E ATIVIDADES EXPERIMENTAIS PARA O ENSINO DE MAGNETISMO. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 18, n. 4, p. 544-554, 2023.

PONTES, J. C.. Experimentos históricos para o ensino da eletrostática: Um relato de experiência. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências da Natureza) Universidade Estadual da Paraíba, Paraíba, 2016.

REITZ, J. R.; MILFORD, F. J.; CHRISTY, R. W. Fundamentos da Teoria Eletromagnética. 3ª edição. **Editora Campus Ltda**, 1988.

RODRIGUES, Inaiara Leite et al. Uma proposta de sequência didática com o uso de experimentação para a construção de conceitos de Eletromagnetismo no Ensino Médio. **Conexões-Ciência e Tecnologia**, v. 15, p. e021017-e021017, 2021.

SALERNO, L. S.; FIUZA, K.; MESQUITA, A. Desenvolvimento de dispositivo para medida e análise de campo magnético utilizando sensor magnetorresistivo. **Revista Interdisciplinar de Ciência Aplicada**, v. 2, n. 4, p. 49-52, 2017

TURQUETTI, G. N., FERREIRA, I. S. Um estudo do circuito elétrico atmosférico global. **Physicae Organum-Revista dos Estudantes de Física da UnB**, v. 2, n. 1, 2016.

7 APÊNDICE A Questionários

- Prévio



Questionário prévio de avaliação

Este questionário avaliativo faz parte do desenvolvimento de um produto educacional que está voltado para o ensino de física sobre os tópicos de magnetismo, que tem por objetivo verificar o grau de conhecimento prévio relacionado a temas básicos de conceitos iniciais, cálculo de campo magnético em fio retilíneo e logo, espira circular e bobina, além da regra da mão direita. Este questionário contém questões tanto objetivas como dissertativas, que devem ser submetidas sua resolução via upload de imagem ou escritas no campo determinado por este formulário.

Observações antes de enviar o documento:

1. Atendem para o comando das questões e marque as alternativas que julguem corretas, nas questões objetivas, enquanto que nas dissertativas devem ser respondidas de modo claro, com coerência e coesão, organizado os cálculos, enumerando as equações e apontando o resultado final.
2. Nenhum dado pessoal será compartilhado ou usado para qualquer fim desta pesquisa. Apesar de ser necessário o preenchimento para o controle e organização.

Então é de suma importância para a realização desta avaliação que o aluno se esforce em compreender as perguntas e responda dentro de seus conhecimentos. Este questionário faz parte do trabalho de dissertação para a obtenção do título de Mestre Profissional em Ensino de Física do Programa de Pós-Graduação de Ensino de Física da Unifesspa.

hnnemily@gmail.com [Mudar de conta](#) 

A foto e o nome associados à sua Conta do Google serão registrados quando você fizer upload de arquivos e enviar este formulário.. Seu e-mail não faz parte da resposta.

* Indica uma pergunta obrigatória

Questões

1. Pares de ímãs em forma de barra são dispostos conforme indicam as figuras a seguir: A letra N indica o polo Norte e o S o polo Sul de cada uma das barras. Entre os ímãs de cada um dos pares anteriores (a), (b) e (c) ocorrerão, respectivamente, forças de:

a)



c)



b)



- ☐ a) atração, repulsão, repulsão;
- ☐ b) atração, atração, repulsão;
- ☐ c) atração, repulsão, atração;
- ☐ d) repulsão, repulsão, atração;
- ☐ e) repulsão, atração, atração.

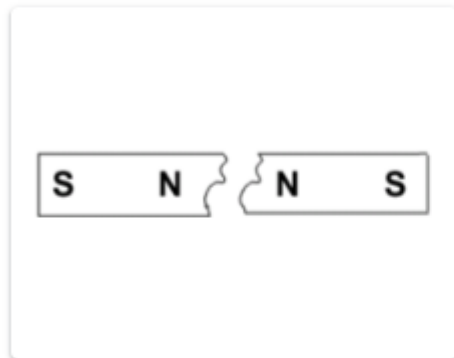
2. O ímã em forma de barra mostrado abaixo é quebrado, com cuidado, em duas partes. Os pólos das peças obtidas estão corretamente representados na alternativa



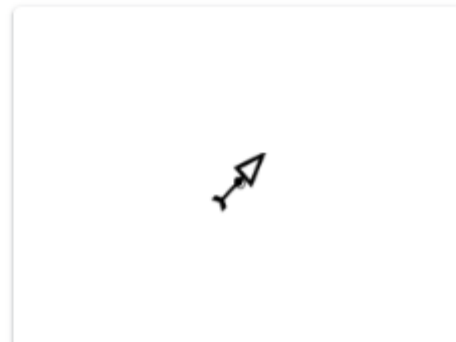
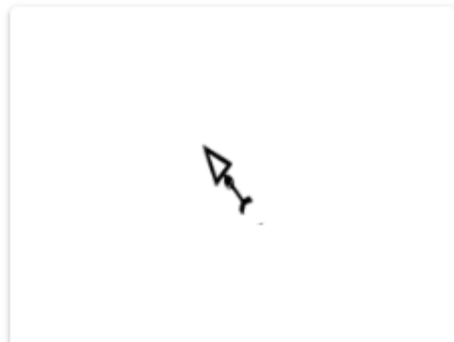
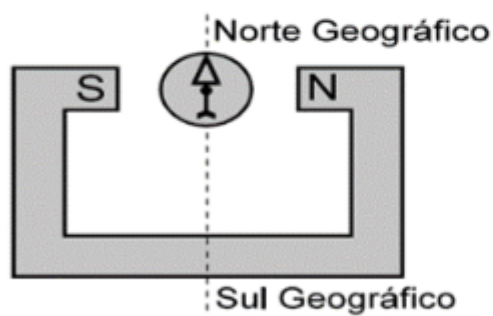
☐ A

☐ B


☐ C

☐ D

☐ E

3. Uma bússola, com uma agulha orientada inicialmente na direção Norte/Sul da Terra, é colocada entre os pólos de um imã, conforme a figura abaixo. O imã possui um campo magnético da mesma ordem de grandeza do campo magnético terrestre. A orientação resultante da agulha é: *



☐ A

☐ B

☐ C

☐ D

☐ E

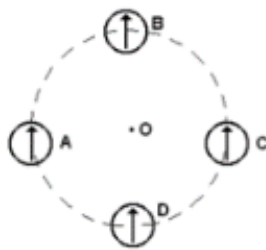
4. Os antigos navegantes usavam a bússola para orientação em alto mar, devido à sua propriedade de se alinhar de acordo com as linhas do campo geomagnético. Analisando a figura onde estão representadas estas linhas, podemos afirmar que: *



- ☐ a) o pólo sul do ponteiro da bússola aponta para o Pólo Norte geográfico, porque o norte geográfico corresponde ao sul magnético.

- ☐ b) o pólo norte do ponteiro da bússola aponta para o Pólo Sul geográfico, porque o sul geográfico corresponde ao sul magnético.
- ☐ c) o pólo sul do ponteiro da bússola aponta para o Pólo Sul geográfico, porque o sul geográfico corresponde ao sul magnético.
- ☐ d) o pólo norte do ponteiro da bússola aponta para o Pólo Sul geográfico, porque o norte geográfico corresponde ao norte magnético.
- ☐ e) o pólo sul do ponteiro da bússola aponta para o Pólo Sul geográfico, porque o norte geográfico corresponde ao sul magnético.

5. A figura representa 4 bússolas apontando, inicialmente, para o polo norte terrestre. Pelo ponto O, perpendicularmente ao plano do papel, coloca-se um fio condutor retilíneo e longo. Ao se fazer passar pelo condutor uma corrente elétrica contínua e intensa no sentido do plano do papel para a vista do leitor, permanece praticamente inalterada somente a posição



- ☐ a) das bússolas A e C
- ☐ b) das bússolas B e D.
- ☐ c) das bússolas A, C e D.
- ☐ d) da bússola C.
- ☐ e) da bússola D.

6. Um solenoide de comprimento 12 cm (0,12 m), percorrido por uma corrente elétrica de intensidade 2 A, precisaria ser formado por quantas espiras para possuir um campo magnético de módulo igual a 100 T?

Adote $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T.m/A}$.

Faça upload de 1 arquivo aceito. O tamanho máximo é de 100 MB.

Faça upload de 1 arquivo aceito. O tamanho máximo é de 100 MB.

[Adicionar arquivo](#)

7. Corrente elétricas geram campo magnético. Em uma linha de transmissão de energia elétrica, com corrente elétrica contínua de 4000 A, esse campo é elevado. A Organização Mundial de Saúde (OMS) alerta que exposições agudas a campos superiores a 100 μT podem desencadear processos carcinogênicos. Assim, conhecendo a permeabilidade magnética (μ_0), qual a distância do fio até onde o campo gerado pela corrente terá módulo igual ao recomendado pela OMS? Adote $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T}\cdot\text{m/A}$. *

Faça upload de 1 arquivo aceito. O tamanho máximo é de 100 MB.

[Adicionar arquivo](#)

8. Um solenóide ideal de comprimento 50 cm e raio 1,5 cm contém 2.000 espiras e é percorrido por uma corrente de 3 A. Sendo $\mu_0 = 4 \cdot 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m/A}$, qual é o valor da intensidade do campo magnético B no interior do solenóide? *

Faça upload de 1 arquivo aceito. O tamanho máximo é de 100 MB.

[Adicionar arquivo](#)

9. Uma bobina chata é formada de 40 espiras circulares, de raio 8,0 cm. A intensidade da corrente que percorre a bobina, quando a intensidade do vetor campo magnético no centro da bobina é $6,0 \cdot 10^{-4} \text{ T}$, é de ($\mu = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m/A}$): *

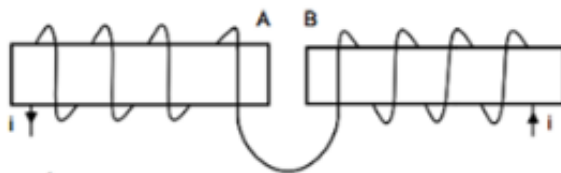
- ☐ a) 1,9 A
- ☐ b) 2,5 A
- ☐ c) 3,8 A
- ☐ d) 5,0 A
- ☐ e) 1A

10. Uma espira circular de raio 4 cm está no plano do papel, conforme mostra a figura abaixo. Na região da espira tem-se vácuo, cuja constante de permeabilidade magnética é $4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T m/A}$. Quando a espira for percorrida por uma corrente elétrica de intensidade 6A, o campo de indução magnética no seu centro é melhor representado pela alternativa: *



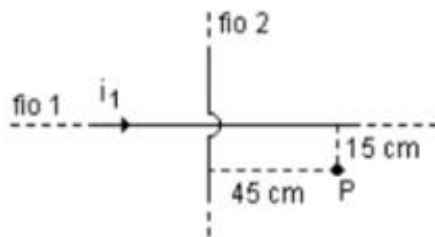
- ☐ a) $3 \cdot 10^{-5} \text{ T}$, entrando no plano;
- ☐ b) $3,0 \cdot 10^{-5} \text{ T}$, saindo do plano;
- ☐ c) $3,0 \cdot 10^{-5} \text{ T}$, entrando no plano;
- ☐ d) $3,0 \cdot 10^{-5} \text{ T}$, saindo do plano;
- ☐ e) $3,0 \cdot 10^2 \text{ T}$, entrando no plano.

11. Considere dois solenóides A e B percorridos por uma corrente elétrica cujo sentido é indicado na figura. Qual é a afirmação verdadeira? *



- ☐ a) A e B se atraem;
- ☐ b) A extremidade de B mais próxima de A corresponde ao pólo norte do solenóide B;
- ☐ c) A extremidade de A mais próxima de B corresponde ao pólo norte do solenóide A.
- ☐ d) A e B se repelem;
- ☐ e) A e B não se repelem e nem se atraem.

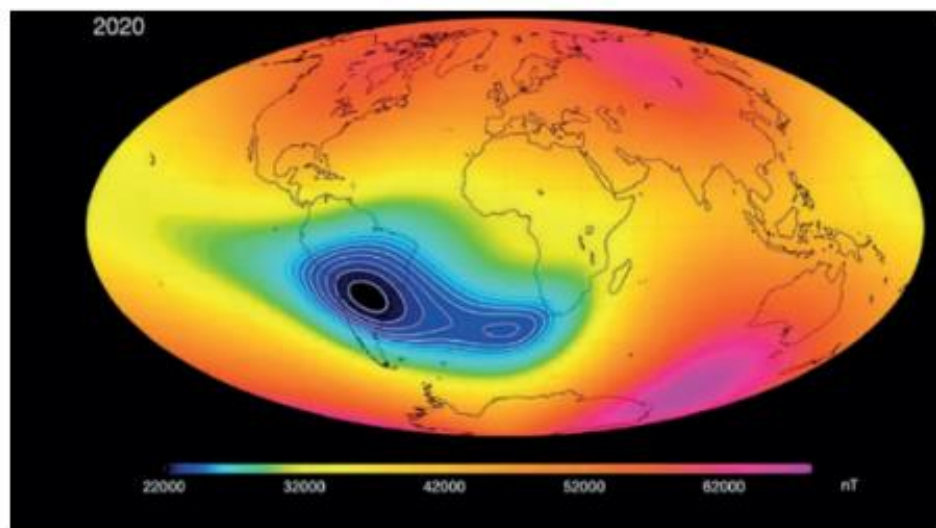
12. Os fios 1 e 2, mostrados na figura, são retilíneos e muito compridos, estando ambos no ar e situados no plano desta folha. Há, no fio 1, uma corrente $i_1 = 5,0$ A e uma corrente i_2 no fio 2. Deseja-se que o campo magnético resultante, devido aos fios, seja nulo no ponto P (figura). determine qual deve ser o sentido da corrente i_2 no fio 2 e calcule qual deve ser o valor de i_2 .



Faça upload de 1 arquivo aceito. O tamanho máximo é de 100 MB.

[Adicionar arquivo](#)

13. A Anomalia Magnética no Sul e no Sudeste do Brasil é uma espécie de defasagem na proteção magnética da Terra, localizada sobre o Atlântico Sul, na faixa que se estende até o Continente Africano. Para tentar entender o fenômeno, especialistas estudam o campo magnético do planeta, gerado no núcleo de ferro líquido, superaquecido a pelo menos três mil quilômetros de profundidade. Essa região tem um campo mais enfraquecido. Isso faz com que os satélites, quando passam por essa região, tenham de desligar momentaneamente alguns componentes para evitar a perda do satélite ou que algum equipamento seja danificado. Por isso, é de interesse das agências espaciais monitorar constantemente a evolução dessa anomalia, principalmente, nessa faixa central. Com base no texto, qual o papel do campo magnético da Terra?



- ☐ a) As linhas de campo magnético da Terra são geradas do polo sul magnético e entram no polo norte magnético.
- ☐ b) O campo magnético protege a atmosfera terrestre, minimizando a entrada de partículas com alta velocidade, vindas do sol.
- ☐ c) O campo magnético da Terra transmite as interações entre cargas elétricas, podendo ser de aproximação ou de afastamento.
- ☐ d) O campo magnético da Terra é sempre atrativo e nunca repulsivo, sendo responsável por ficarmos de pé.
- ☐ e) O campo magnético da Terra é o responsável pela fusão nuclear que alimenta o Sol e produz a energia necessária para a maioria das formas de vida da Terra.

14. Pela primeira vez, cientistas detectaram a presença de partículas de poluição * que interferem no funcionamento do cérebro, podendo inclusive ser uma das causas de Alzheimer. A conexão entre esses materiais e o mal de Alzheimer ainda não é conclusiva. Um desses materiais poluentes encontrados no cérebro é a magnetita, um óxido de ferro que constitui um ímã natural. Sobre o óxido citado no texto, é correto afirmar que ele apresenta

- ☐ a) dois polos magnéticos: norte e sul, e ambos atraem o ferro.
- ☐ b) dois polos magnéticos: norte e sul, mas apenas o polo sul atrai o ferro.
- ☐ c) dois polos magnéticos: norte e sul, mas apenas o polo norte atrai o ferro.
- ☐ d) quatro polos magnéticos: norte, sul, leste e oeste, e todos atraem o ferro.
- ☐ e) quatro polos magnéticos: norte, sul, leste e oeste, mas apenas o norte e o sul atraem o ferro.

15. Duas espiras iguais, cada uma com raio de 2π cm, são colocadas com centros coincidentes em planos perpendiculares. Sendo percorridas pelas correntes $i_1 = 4,0$ A e $i_2 = 3,0$ A, caracterize o vetor indução magnética resultante no seu centro O. (Dado: $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ T.m/A).

Faça upload de 1 arquivo aceito. O tamanho máximo é de 10 MB.

[Adicionar arquivo](#)

16. O eletromagnetismo é uma área da Física com diversas aplicações, pesquise * e descreva sobre as possíveis aplicações na medicina, agricultura e tecnologia.

Sua resposta

[Voltar](#)

[Enviar](#)

[Limpar formulário](#)

Nunca envie senhas pelo Formulários Google.

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google. - [Termos de Serviço](#) - [Política de Privacidade](#)

Does this form look suspicious? [Relatório](#)

Google Formulários

- Final



Questionário de conclusão

Este questionário avaliativo faz parte do desenvolvimento de um produto educacional que está voltado para o ensino de física sobre os tópicos de magnetismo, que tem por objetivo verificar o grau de conhecimentos adquiridos dentro da zona potencial relacionado a atividade experimental desenvolvida. Este questionário contém questões dissertativas, que devem ser escritas no campo determinado por este formulário.

Observações antes de enviar o documento:

1. Importante manter a coerência nas respostas de modo claro e objetivo.
2. Deve ser respondido integralmente e é individual a cada participante da pesquisa.
3. Nenhum dado pessoal será compartilhado ou usado para qualquer fim desta pesquisa. Apesar de ser necessário o preenchimento para o controle e organização.

Então é de suma importância para a realização desta avaliação que o aluno se esforce em compreender as perguntas e responda dentro de seus conhecimentos. Este questionário faz parte do trabalho de dissertação para a obtenção do título de Mestre Profissional em Ensino de Física do Programa de Pós-Graduação de Ensino de Física da Unifesspa.

hnnemily@gmail.com [Mudar de conta](#)



✉ Não compartilhado

* Indica uma pergunta obrigatória

Nome *

Sua resposta

E-mail *

Sua resposta

6. Se é conhecida a corrente que atravessa a bobina, é possível determinar a intensidade do campo que passa pelo tubete com a muda? *

Sua resposta

7. Por que a passagem de corrente no tubete não derreteu o tubete por efeito joule? *

Sua resposta

8. Se invertêssemos um sentido da corrente é possível que o resultado fosse diferente? O que poderíamos esperar? *

Sua resposta

9. Se usássemos uma fonte de corrente alternada, o que poderia ter acontecido com a plantinha no tubete? *

Sua resposta

10. Aponte que fatores poderiam influenciar a favor do experimento e melhorá-lo e que fatores você acha que influenciaram em desfavor? *

Sua resposta

Agradeço por suas respostas e participação na atividade experimental

Enviar

Limpar formulário

Nunca envie senhas pelo Formulários Google.

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google. - [Termos de Serviço](#) - [Política de Privacidade](#)

8 APÊNDICE B- Roteiro experimental



NOME:	MATÉRIA:
PROFESSOR:	DATA:

ROTEIRO DE ATIVIDADE EXPERIMENTAL

PERGUNTA:

HIPÓTESE:

MATERIAIS:

PROCEDIMENTO:

- 1 Tubete será enrolado por fio de cobre e acoplado uma bateria
- 2 Adubo + Sementes
- 3 Mudas em desenvolvimento

Obs.: será realizado o procedimento 2 para o controle e efeito de comparação

Modelo esquemático



Após os 20 dias, as mudas serão colhidas e submetidas a coleta dos dados para análise dos parâmetros.

