

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA**

JARDSON BRAZ DA SILVA

ENSINO E APRENDIZAGEM DE ELETROMAGNETISMO POR MEIO DA  
COMPREENSÃO DOS FENÔMENOS FÍSICOS

MANAUS

2021

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA**

JARDSON BRAZ DA SILVA

ENSINO E APRENDIZAGEM DE ELETROMAGNETISMO POR MEIO DA  
COMPREENSÃO DOS FENÔMENOS FÍSICOS

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, do Instituto de Ciências Exatas, da Universidade Federal do Amazonas como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre.

**Orientador:** Professor Dr. José Luiz de Souza Pio

MANAUS

2021

## Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

S586e Silva, Jardson Braz da  
Ensino e aprendizagem de eletromagnetismo por meio da  
compreensão dos fenômenos físicos / Jardson Braz da Silva . 2021  
109 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: José Luiz de Souza Pio  
Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) -  
Universidade Federal do Amazonas.

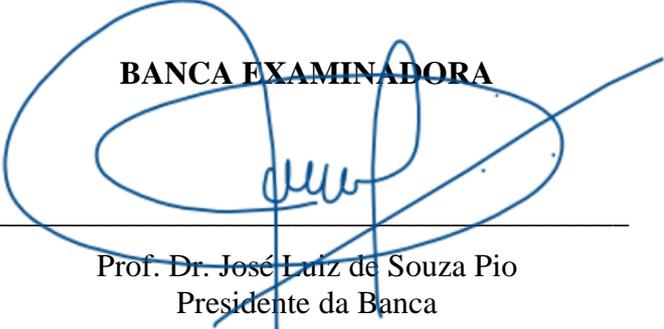
1. Eletromagnetismo. 2. Ensino de Física. 3. Aprendizado. 4.  
Ensino por investigação. I. Pio, José Luiz de Souza. II.  
Universidade Federal do Amazonas III. Título

# JARDSON BRAZ DA SILVA

## ENSINO E APRENDIZAGEM DE ELETROMAGNETISMO POR MEIO DA COMPREENSÃO DOS FENÔMENOS FÍSICOS.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática/PPG-ECIM da Universidade Federal do Amazonas/UFAM, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática.

### BANCA EXAMINADORA



---

Prof. Dr. José Luiz de Souza Pio  
Presidente da Banca

---

Prof. Dr. Marcel Bruno Pereira Braga  
Membro Interno

---

Prof. Dr. João dos Santos Cabral Neto  
Membro Externo

Ao saudoso Professor José Wilson por me ensinar que a generosidade é a maior das qualidades de um educador.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao meu orientador Professor Dr. José Luiz de Souza Pio pela dedicação e pelos ensinamentos;

Agradeço a todos professores do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, em especial os que ministraram as disciplinas para a minha turma;

Agradeço aos professores Alberto Nogueira e Marcel Bruno pelas excelentes contribuições na minha qualificação;

Agradeço ao Professor Marcelo Brito por viabilizar a aplicação da pesquisa em suas turmas de Prática de Ensino em Física III;

Agradeço a meus familiares pelo apoio incondicional;

Agradeço a todos os amigos da turma de 2019 do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática;

Agradeço aos amigos do Grupo de Pesquisa em Tecnologias da Informação e Comunicação para o Ensino de Ciências e Matemática (GPTIC-ECM)

Agradeço ao amigo Arlan de Oliveira pela excelente representação discente no nosso programa de pós-graduação;

Agradeço ao amigo Jocelino Pereira pelas contribuições com o meu trabalho;

Agradeço à amiga Ivana Cunha pelas contribuições na construção do meu projeto de pesquisa;

Agradeço à amiga Roselene Dearmore pelas constantes dicas sobre o processo de pesquisa;

## RESUMO

Este trabalho tem por objetivo descrever uma estratégia de ensino e aprendizagem de Eletromagnetismo baseada na exploração e compreensão dos fenômenos físicos adequada a construção do conhecimento dos conceitos. O referencial teórico é epistemologia genética do psicólogo suíço Jean Piaget e a estratégia conta com o uso de um sistema de automação que reproduz o funcionamento de um semáforo inteligente, de uma lombada eletrônica e de uma cancela de estacionamento. Esse aparato, controlado por um microcontrolador de baixo custo, utiliza uma bobina, percorrida por uma corrente elétrica, como sensor. É justamente o funcionamento desse sensor que estabelece o contato do estudante com uma manifestação de um fenômeno do eletromagnetismo. A proposta é uma sequência didática experimental investigativa por meio remoto com a utilização desse aparato tecnológico dos microcontroladores de baixo custo. Em equipe os participantes, 25 estudantes de duas turmas de licenciatura em Física de uma universidade pública em Manaus, planejaram e verificaram o funcionamento dos sistemas. Foram utilizados dois instrumentos para a avaliação da estratégia, e conseqüentemente da aprendizagem dos participantes. O primeiro foi um teste conceitual com 32 questões, aplicado antes e depois das atividades, e o segundo foi uma análise de conteúdo com contagem da frequência de categorias e rubricas que denotam a qualidade, com relação a adequação aos conceitos estudados, dos textos escritos e da produção oral dos participantes durante a aplicação do trabalho. Para o primeiro instrumento houve um incremento de 10,7% de acertos na última aplicação com relação a primeira, o que indica uma baixa melhora e que a estratégia teve baixo impacto, ou seja, pouca evolução no conhecimento sobre os conceitos. Para o segundo instrumento a rubrica nomeada “adequada” aumentou significativamente à medida que as atividades avançavam. Isso significa que os textos estavam mais adequados aos conceitos depois de cada atividade da sequência didática. Como os dois resultados não são convergentes, o entendimento é que a estratégia aplicada carece de aprimoramentos.

**Palavras-chave:** Eletromagnetismo. Ensino de Física. Aprendizado. Ensino por investigação.

## ABSTRACT

This paper aims to describe a teaching and learning strategy for Electromagnetism based on the exploration and understanding of physical phenomena, adequate to the construction of knowledge of concepts. The theoretical framework is the genetic epistemology of Swiss psychologist Jean Piaget and the strategy is based on the use of an automation system that reproduces the functioning of an intelligent traffic light, an electronic speed bump and a parking gate. This apparatus, which is controlled by a low-cost microcontroller, uses a coil carried by an electric current as a sensor. It is precisely the functioning of this sensor that establishes the student's contact with a manifestation of an electromagnetism phenomenon. The proposal is an investigative experimental didactic sequence by remote means using this technological apparatus of low-cost microcontrollers. The participants, 25 students from two Physics degree classes at a public university in Manaus, as a team, have planned and verified the functioning of the systems. Two instruments were used to assess the strategy, and consequently the participants' learning. The first was a conceptual test with 32 questions, applied before and after the activities, and the second was a content analysis with counting the frequency of categories and rubrics that denote the quality, in relation to the adequacy to the studied concepts, of the written texts and of the oral production of the participants during the application of the work. For the first instrument, there was an increase of 10.7% of correct answers in the last application in relation to the first one, which indicates low improvement and that the strategy had low impact, that is, little evolution in knowledge about the concepts. For the second instrument, the rubric named "adequate" increased significantly as activities progressed. This means that the texts were better suited to the concepts after each activity in the teaching sequence. As the two results are not convergent, the understanding is that the applied strategy needs improvement.

**Keywords:** Electromagnetism. Physics Teaching. Learning. Teaching by investigation.

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Desempenho dos participantes no teste conceitual.....	50
Gráfico 2 - Percentual médio no teste conceitual.....	50
Gráfico 3 – Desempenho dos participantes no itens 21 a 32 do teste conceitual. ....	52
Gráfico 4 - Percentual médio nas questões de 21 a 32 do teste conceitual.....	52
Gráfico 5 - Percentual de frequência das categorias x atividades para a turma 1 .....	63
Gráfico 6 - Frequências das rubricas x atividade da turma 1 .....	65
Gráfico 7: Percentual de frequência das categorias x atividades para a turma 2.....	67
Gráfico 8 - Frequências das rubricas x atividade da turma 2 .....	69

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Experimento de Oestered. ....	32
Figura 2 - Regra de Ampère ou regra da mão direita.....	32
Figura 3 - Campo de uma espira circular no eixo. ....	33
Figura 4 - Bobina Chata.....	34
Figura 5 - Solenoide infinito e solenoide finito. ....	34
Figura 6 - Esquema de montagem do sensor indutivo em uma via.....	35
Figura 7 - Diagrama do sensor indutivo.....	35
Figura 8 - Correntes de Foucault. ....	36
Figura 9 - Estrutura da atividade experimental investigativa.....	41
Figura 10 - Atividade experimental investigativa com automação por meio remoto. .	42
Figura 11 - Reuniões por meio remoto. ....	42
Figura 12 - Apresentação sobre a atividade experimental investigativa. ....	43
Figura 13 - Circuito montado no Tinkercad pelos participantes.....	44
Figura 14 - Quarto encontro: Demonstração do algoritmo. ....	45
Figura 15 - Quarto encontro: Experimento do semáforo inteligente. ....	46
Figura 16 - Quarto encontro: Experimento da cancela de estacionamento.....	46
Figura 17 - Quarto encontro: Experimento da lombada eletrônica.....	47
Figura 18 - Quinto encontro: Socialização dos resultados. ....	47
Figura 19 - Placa de Arduíno UNO.....	106
Figura 20 - Especificações do Arduíno UNO. ....	106
Figura 21 - Sensor Indutivo Industrial. ....	107
Figura 22 - Servo Motor.....	107
Figura 23 - Display LCD com módulo I2c.....	108
Figura 24 - Placa Protoboard.....	108
Figura 25 - Bateria de 9 V .....	109
Figura 26 - Resistores diversos, leds, botões e fios jumpers.....	109

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados de desempenho no teste conceitual.....	49
Tabela 2 - Dados de desempenho nas Questões 21 a 32 do teste conceitual.....	51
Tabela 3 - Percentual de acertos por questão no teste conceitual. ....	53
Tabela 4 - Índice de discriminação dos itens no teste conceitual.....	55
Tabela 5 - Correlação ponto-bisserial e discriminação do teste conceitual.....	57
Tabela 6 - Frequência das categorias para a atividade 1 da turma 01 .....	61
Tabela 7 - Frequência das categorias para a atividade 2 da turma 01. ....	61
Tabela 8 - Frequência das categorias para a atividade 3 da turma 01. ....	62
Tabela 9 - Frequência das categorias para a atividade 4 da turma 01. ....	62
Tabela 10 - Frequência das rubricas para a atividade 1 da turma 01. ....	63
Tabela 11 - Frequência das rubricas para a atividade 2 da turma 01. ....	64
Tabela 12 - Frequência das rubricas para a atividade 3 da turma 01. ....	64
Tabela 13 - Frequência das rubricas para a atividade 4 da turma 01. ....	64
Tabela 14 - Frequência das categorias para a atividade 1 da turma 02. ....	66
Tabela 15 - Frequência das categorias para a atividade 2 da turma 02. ....	66
Tabela 16 - Frequência das categorias para a atividade 3 da turma 02. ....	66
Tabela 17 - Frequência das categorias para a atividade 4 da turma 02. ....	67
Tabela 18 - Frequência das rubricas para a atividade 1 da turma 02. ....	68
Tabela 19 - Frequência das rubricas para a atividade 2 da turma 02. ....	68
Tabela 20 - Frequência das rubricas para a atividade 3 da turma 02. ....	68
Tabela 21 - Frequência das rubricas para a atividade 4 da turma 02. ....	69

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO .....	10
1 PROBLEMÁTICA .....	23
1.1 PROBLEMA .....	24
1.2 QUESTÕES NORTEADORAS.....	24
2 OBJETIVOS .....	25
2.1 OBJETIVO GERAL .....	25
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	25
3 PRESSUPOSTOS TEÓRICOS .....	26
3.1 PIAGET E A ATIVIDADE EXPERIMENTAL POR INVESTIGAÇÃO .....	26
3.2 A BOBINA ELETROMAGNÉTICA E O SENSOR INDUTIVO. ....	31
4 METODOLOGIA.....	37
4.1 DESENHO DA PESQUISA.....	37
4.2 ESTRATÉGIA DE ENSINO E APRENDIZAGEM .....	40
4.3 SEQUÊNCIA DAS ATIVIDADES PEDAGÓGICAS.....	42
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	49
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	70
REFERÊNCIAS .....	77
GLOSSÁRIO .....	81
APÊNDICE A.....	82
APÊNDICE B.....	86
APÊNDICE C .....	102
ANEXO A .....	106

## INTRODUÇÃO

Na obra intitulada “Deve ser brincadeira, Sr. Feynman”, o físico norte-americano Richard Philips Feynman relata a sua experiência na visita ao Brasil em 1952. Na ocasião o Físico percebeu alguns problemas que atribuiu ao sistema educacional brasileiro. Ele verificou que grande parte do problema se devia ao fato dos estudantes estarem preocupados somente com a memorização do conteúdo para uma prova. E essa prática fazia com que os estudantes não compreendessem de fato os conceitos e sequer soubessem a quais fenômenos estão relacionados estes conceitos. Como é possível verificar no trecho a seguir:

Depois de muita investigação, finalmente descobri que os estudantes tinham decorado tudo, mas não sabiam o que queria dizer. Quando eles ouviram “luz que é refletida de um meio com um índice”, eles não sabiam que isso significava um material como a água. Eles não sabiam que a “direção da luz” é a direção na qual você vê alguma coisa quando está olhando, e assim por diante. Tudo estava totalmente decorado, mas nada havia sido traduzido em palavras que fizessem sentido. Assim, se eu perguntasse: “O que é o Ângulo de Brewster?”, eu estava entrando no computador com a senha correta. Mas se eu digo: “Observe a água”, nada acontece – eles não têm nada sob o comando “Observe a água” (FEYNMAN, 2019, p.206).

Na ocasião Feynman fez uma palestra sobre o ensino de física e concluiu que não possuíamos um ensino de ciência, mas sim um método de memorização.

Apesar do tempo decorrido desde a visita Feynman, pesquisas na área de ensino, Furió e Guisasola (1998), Guisasola et al (2003) e Guisasola et al (2007), por exemplo, ainda expõe dificuldades no ensino e aprendizagem de física, mais precisamente em eletromagnetismo. Esses trabalhos analisam o conhecimento de alunos de graduação acerca de alguns conceitos físicos. Os resultados desses trabalhos demonstram a “dificuldade de aprendizado da teoria do campo magnético” (GUISASOLA et al, 2003, p.69, tradução nossa) e dos fenômenos relativos à carga elétrica e campo elétrico.

Nos dias atuais as tecnologias surgem com uma velocidade sem precedente, o que pode ser visto como uma oportunidade de estudo dessas tecnologias e de estudo das ciências por meio dessas tecnologias. Muitas ferramentas educacionais estão surgindo e as pesquisas em ensino estão crescendo. Na obra *Pedagogia da*

*Solidariedade* Freire et al (2014, p.38) ressaltam a importância do uso das tecnologias quando diz que “É impossível, hoje em dia, a um país industrializado desenvolver a educação sem usar os elementos sofisticados da tecnologia”. A prática educacional na sala de aula pode ainda não está alinhada com as pesquisas em ensino (REZENDE; OSTERMANN,2005), mas o primeiro passo está nessas pesquisas e é necessário que as formações de professores deixem de ser engessadas nos conteúdos e se alinhe a todo esse contexto. Essas dificuldades de aprendizagem podem encontrar soluções por meio de ferramentas educacionais que se insiram no contexto de vida dos estudantes e possam fazer com que o aluno esteja em contato com os fenômenos que lhes são apresentados como um emaranhado de equações e números.

O pressuposto teórico deste trabalho é a epistemologia de Jean Piaget, sua concepção acerca da aprendizagem, que se dá por meio do desenvolvimento do indivíduo, da construção das estruturas cognitivas, devido a interação do sujeito com o meio. A estratégia adotada pretende confrontar os fenômenos por meio de uma ferramenta elaborada para um uso bem definido, mas que pode ser explorado pelos estudantes em aplicações diversas. O projeto foi aplicado por meio de uma atividade experimental investigativa que utilizou um microprocessador de baixo custo e uma bobina eletromagnética que simulará um sistema de semáforo inteligente, uma lombada eletrônica e uma cancela de estacionamento. Os estudantes são atores do próprio conhecimento no momento que, numa atividade experimental investigativa, são os próprios produtores, em grupos, das hipóteses, dos objetivos e dos planejamentos de atividade. Como não é possível para o aluno o contato visual com uma onda eletromagnética, e como é bem colocado por Guisasola (2007, p.58, tradução nossa) “a maioria dos fenômenos eletromagnéticos não podem ser observados diretamente, somente as consequências desses fenômenos são evidentes”, é interessante que ele tenha contato com uma manifestação de um dos fenômenos eletromagnético e de algumas de suas aplicações tecnológicas.

O método proposto possibilita que o estudante inicie a produção do conhecimento em um ambiente experimental e com significação. O estudante se depara com uma manifestação do fenômeno. Do ponto de vista da epistemologia genética de Piaget, pode-se atribuir a dificuldade de aprendizagem, ou seja, de construção de novos conhecimentos relativos aos conceitos do eletromagnetismo e às suas aplicações, ao fato dos esquemas preliminares da maioria dos estudantes

não suportarem um conhecimento com o grau de abstração com o qual os conteúdos do eletromagnetismo são apresentados (por meio do formalismo matemático). A proposta não é um abandono do formalismo matemático, mas sim um ensino que parte do fenômeno, para, a partir da ação assimiladora do estudante, construir estruturas de conhecimento que irão suportar a assimilação de conceitos. Conforme Brandão, Araújo e Veit (2008, p.10):

- “É preciso dar sentido ao que se estuda, seja por meio da experimentação, seja por meio da contextualização. Com isso não se quer dizer que o uso da matemática na solução de problemas de física deve ser relegado, senão que a “matematização” da física não deve ser o ponto de partida nem tampouco o objetivo final” (BRANDÃO; ARAÚJO; VEIT, 2008, p.10).

Além desse contato com o fenômeno o método também possibilita ao estudante a ação assimiladora, pois o estudante produz as etapas da atividade, com exceção da formulação do problema.

É importante reforçar que o trabalho não pretende trazer uma negação matemática. Na verdade, o entendimento é de que a matemática é a linguagem própria das ciências, uma linguagem sem a qual a natureza não nos comunicaria com a qualidade que nos comunica hoje. Segundo Pietrocola (2002, p.105) “A Matemática se constitui numa linguagem dentre várias outras linguagens a nossa disposição para estruturar nosso pensamento”. Ou ainda, conforme Karam (2014, p.7, tradução nossa) “a matemática não é mera linguagem que oferece uma precisa descrição do fenômeno físico, mas em muitos casos o formalismo matemático guia o pensamento físico”. A importância da matemática para o conhecimento científico é clara e não é o problema central. A questão é a dificuldade de aprendizagem quando a Física, em especial o eletromagnetismo, é tratada, na sala de aula, hegemonicamente por equações matemáticas, sem que os estudantes possuam conhecimentos prévios suficientes para a aprendizagem dos conceitos quando apresentados em aulas que exploram somente essa perspectiva. Dessa forma um estudo do eletromagnetismo com enfoque nos fenômenos, com suporte tecnológico, pode ser uma alternativa que possibilite a aprendizagem dos conceitos, a despeito dessas dificuldades.

É claro que esse tipo de problema passa também pelo que é exigido dos estudantes nos exames de ingresso nas universidades públicas (PIETROCOLA, 2002). Este treinamento de exercícios de resolução de questões parece suficiente nesses exames. Quanto mais repetitivo é o estudo, maior a possibilidade de aprovação e quanto maior a capacidade que o estudante tem de memorizar essas questões, mais o estudante pode ter sucesso nos vestibulares. Isso pode dificultar a implementação de alternativas ao que está estabelecido. Mas a proposta aqui não é uma mudança que impossibilite aos estudantes a resolução desses problemas, mas a construção de novas estruturas cognitivas que lhes permitam experiência lógico-formal adequada aos conceitos estudados.

O eletromagnetismo é utilizado por ser um bom exemplo de conhecimento científico que impõe, por meio de uma tratativa matemática de difícil compreensão, uma dificuldade de aprendizado como já foi bem observado por Guisasola (2003).

O contexto da pandemia de COVID-19 trouxe um desafio para a execução de uma atividade experimental investigativa, pois um dos principais pontos dessa atividade é a execução da atividade experimental por parte do próprio estudante. Porém o desafio significou a inserção de um novo elemento no trabalho, a execução remota de todas as atividades. Assim a atividade executada pode ser chamada de atividade experimental investigativa com automação por meio remoto. Apesar dessa adequação surgir da impossibilidade de os estudantes manipularem o aparato tecnológico que possibilitou a montagem dos sistemas, a montagem foi feita sob orientação dos participantes da pesquisa. Assim se conservou a autonomia e o protagonismo do educando.

Outro aspecto importante do trabalho é o uso de um aparato tecnológico que faz parte do contexto dos estudantes, pois a cidade está cheia desses sistemas, de semáforos, de lombadas eletrônicas e as cancelas de estacionamento. Dessa forma já há um conhecimento prévio, mesmo que superficial, acerca da utilização desses sistemas.

Como os protótipos são circuitos montados em protoboards, que é uma placa de ensaio com furos e conexões para montagem de circuitos, com o Arduíno, placa que possui um microcontrolador, além do funcionamento da bobina eletromagnética, é possível que a atividade possibilite o contato com diversos conceitos, desde corrente elétrica, propriedade dos materiais até programação. Isso torna a atividade muito mais

abrangente do que uma atividade experimental investigativa que não envolve automação.

O trabalho também encontra apoio na Base Nacional Comum Curricular - BNCC. Na seção referente “ciências da natureza e suas tecnologias” o documento parece definir a atividade por investigação com uso de tecnologias quando diz que competência da área

“investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC)” (BRASIL, 2018, p. 558).

Ou quando define como habilidade (BRASIL, 2018, p. 559):

elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica (BRASIL, 2018, p. 559).

Foi feito um levantamento de pesquisas que possuem pontos relacionado a este trabalho. Os parágrafos a seguir mostram um micro compêndio dos trabalhos, os pontos comuns e diferenças entre cada trabalho e a pesquisa aqui apresentada.

O trabalho intitulado artigo *Desenvolvimento de um kit experimental com Arduino para o ensino de Física Moderna no Ensino Médio* (GIRARDI; SILVEIRA, 2017), apresentou a construção de um kit experimental que tinha o propósito de demonstrar o efeito fotoelétrico. Foi demonstrado que uma placa de metal exposta à luz de uma lâmpada desprende elétrons em um campo elétrico formado entre essa placa e uma grade. O dispositivo contou com um amperímetro e com uma interface com computador ou tablet, o que permite a verificação da mudança de corrente elétrica ocasionada pelo desprendimento de elétrons.

O pesquisador percebeu que o dispositivo também poderia ser utilizado para a verificação de outros dois fenômenos, efeito termiônico e a condutividade elétrica do

plasma. A construção de um dispositivo de automação que seja capaz de demonstrar um fenômeno físico é o que relaciona a pesquisa apontada acima com a pesquisa pretendida aqui. O que diferencia esta pesquisa da citada está no fato do sistema de automação ser somente uma ferramenta que auxiliará no alcance do objetivo principal, que está relacionado a um método de ensino de eletromagnetismo com enfoque no fenômeno. Ou seja, o objetivo é a descrição de um ensino de eletromagnetismo com uma abordagem que foque inicialmente no fenômeno, como uma alternativa ao ensino de eletromagnetismo focado de forma exacerbada no formalismo matemático e na resolução repetitiva de questões. Dessa forma um ambiente de ensino e aprendizagem que se apresenta para a maioria dos estudantes de maneira incompatível com as suas estruturas internas passa a ser um ambiente mais propício à aprendizagem.

A pesquisa com o título *Uso de materiais de baixo custo para o ensino de eletromagnetismo no ensino médio* (MACEDO, 2016), relatou a aplicação de um método baseado em experimentos com materiais de baixo custo. O trabalho trouxe vários experimentos com roteiros e objetivos bem definidos. Apesar da abordagem experimental está bem próxima do trabalho proposto aqui, há algumas diferenças. Primeiro a abordagem experimental investigativa, que proporciona uma maior autonomia quando comparada as atividades experimentais mais usuais, já que e os estudantes devem criar os próprios objetivos e roteiros para a atividade. Outro diferencial é o uso de um aparato tecnológico de automação, o que é um elemento que acrescenta ao trabalho tecnologias e conhecimentos muito valiosos atualmente.

O trabalho *A contribuição do estudo dos fenômenos naturais na alfabetização científica* (STREHER; STRIEDER 2009), apresentou uma proposta de ensino de ciências baseada no fenômeno natural, os objetivos são similares, porém o artigo em questão trouxe o enfoque no fenômeno como uma solução para a questão do conhecimento científico para que os estudantes pudessem fazer uma conexão entre o que é estudado numa aula de ciências e o fenômeno em questão. Enquanto aqui o propósito é superar as dificuldades devido o formalismo matemático e o alto grau de abstração que esse formalismo impõe às aulas de eletromagnetismo. O artigo citado pretende vencer a barreira entre a linguagem científica apresentada nas aulas e o fenômeno.

O trabalho intitulado *Teaching electromagnetism: issues and changes* (GUISASOLA, 2007) (Ensino de eletromagnetismo, problemas e mudanças),

apresentou uma abordagem dividida em duas partes. A primeira foi uma análise sobre como a tratativa do ensino de física por meio somente do formalismo matemático pode levar não só a não compreensão do fenômeno, mas também a uma relação equivocada entre o modelo matemático e o fenômeno. Alguns estudantes, que inclusive resolvem questões complexas do ponto de vista matemático, não conseguiram explicar questões como indução magnética (GUISASOLA, 2007). Em um segundo momento foi feita uma análise da aplicação de uma atividade experimental, relativa a eletrostática, e percebeu-se que, embora as conclusões dos estudantes não fossem, em alguns casos, equivalentes aos conceitos já estabelecidos de eletrostática, foram o suficiente para perceber que houve uma compressão do fenômeno, o que pode levar a uma elaboração mais acertada dos conceitos (GUISASOLA, 2007). O que a presente pesquisa traz de novo em relação ao trabalho citado é a inserção de um sistema de automação simples e o uso da atividade experimental investigativa.

A pesquisa com o título *A Vertical Path Proposal on Magnetic and Electromagnetic Phenomena and Superconductivity Based on Hands-on Experiments* (BUONGIORNO; MICHELINI; SANTI, 2018) (Uma proposta vertical para eletromagnetismo e supercondutividade baseado em experiências práticas), apresentou uma abordagem que utiliza experimentos com aparelhos simples e ferramentas de multimídias. Trouxe um método muito parecida com a atividade experimental investigativa, pois segundo Buongiorno, Michelini e Santi (2018, p.151, tradução nossa) “os alunos são orientados a fazer uma previsão sobre um fenômeno, sua exploração e a comparação com a previsão (PEC - Previsão, Exploração, Ciclo de Comparação)”. Dada as similaridades entre o aqui chamado de método experimental investigativo e o que autores chamam de laboratórios conceituais de exploração experimental, a principal diferença entre os trabalhos é a forma de explorar o fenômeno, pois o trabalho aqui pretendido utiliza um sistema de automação com o qual os próprios estudantes poderão construir os sistemas de modo que possam explorar o fenômeno físico, enquanto o trabalho citado utiliza experimentos sem aplicá-los em algum sistema tecnológico familiar às estudantes e aos estudantes e utiliza também simulação computacional.

O trabalho *Integrating Effective Pedagogies in Science Education with a Design of Alternative Experiments on Electromagnetics* (ZHOU et al, 2013) (Integração de pedagogias efetivas no ensino de Ciência com um desenho de alternativa

experimental em eletromagnetismo), apresentou uma abordagem CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade). A proposta foi a exploração experimental de um sistema que identifica frequências de ondas de rádio. Inicialmente o pesquisador forneceu questões para direcionar os estudantes na construção do próprio conhecimento sobre ondas eletromagnéticas. Essas questões ocasionaram o que o autor chama de tempestade de ideias. Todo trabalho foi feito à luz da aplicação do sistema na vida real e de suas implicações na sociedade. A principal diferença entre esse trabalho e a pesquisa aqui pretendida é que o sistema de automação que possibilitará a exploração e compreensão do fenômeno será construída, com algumas instruções, pelos próprios estudantes.

O artigo intitulado *Automation experiments in physics laboratories* (MARTINS, 2018) (Experimentos de automação em laboratórios de Física) apresentou uma proposta de integração entre tecnologia e conceitos científicos por meio do uso de automação. Foi construído um sistema de automação de controle de temperatura ambiental. Esse sistema foi estudado em partes, de cada bloco do circuito foram analisados os conceitos físicos por trás do funcionamento. A pesquisa aqui pretendida também possui uma integração entre tecnologias que utilizam automação e o conhecimento científico dos fenômenos por trás do funcionamento desses sistemas, o que há de diferença entre esta pesquisa e a do artigo citado é aqui há a proposição de uma proposta didático-pedagógica baseada na atividade experimental investigativa.

O trabalho *The metal detector and Faraday's law* (MCNEIL, 2004) (O detector de metais e a lei de Faraday) apresentou uma proposta de ensino de eletromagnetismo baseado na construção de um detector de metais e da exploração do fenômeno em questão. Com base na lei de Faraday e na lei de Biot-Savart os alunos foram instigados a realizar um miniprojeto, que no caso resume ao cálculo do número de voltas da bobina eletromagnéticas, e a realizar a construção do detector, que funciona a partir da variação no campo magnético e, por consequência, da força eletromotriz induzida. As medidas das diferenças de força eletromotriz com e sem a presença de metais foram feitas com um multímetro digital. O propósito era colocar o aluno em contato com uma tecnologia que se utilize do fenômeno físico e promover a integração entre matemática e conceitos físicos. Há muitos pontos de intersecção entre o trabalho citado e esta pesquisa. O autor partiu do pressuposto de que o tratamento puramente matemático de conteúdos de eletromagnetismo não possibilita,

para muitos alunos, a compressão dos conceitos e dos fenômenos. A diferença entre as soluções é que aqui o contato com o fenômeno se dá por meio da construção de um sistema de automação que utiliza uma bobina eletromagnética como sensor. Na verdade, o princípio de funcionamento do sensor a ser utilizado é o mesmo utilizado no detector de metais. Em outras palavras o detector, ou sensor, será utilizado como dispositivo de entrada dos sistemas de automação que serão construídos pelos estudantes. Outro ponto importante aqui é que a atividade da pesquisa citada já estava definida pelo pesquisador enquanto aqui será realizada uma atividade experimental investigativa, onde os estudantes terão maior autonomia para a realização das atividades.

A dissertação de mestrado intitulada *O ensino de eletromagnetismo por meio da integração entre atividades experimentais e computacionais: contribuições para o entendimento da indução eletromagnética* (RODRIGUES, 2016), apresentou o uso de um método que o autor chama de Laboratório Didático Investigativo, que é muito parecida com a atividade experimental investigativa, no sentido em que os estudantes definem os procedimentos da atividade e partem de suas hipóteses, para resolver uma questão colocada pelo professor. Nesse trabalho a execução da atividade se dá por meio de simuladores computacionais dos experimentos, o que é diferente do que é pretendido aqui, onde há integração entre computação e atividade experimental, porém essa relação se dá por meio da construção do sistema de automação, onde será necessária uma programação dos sistemas, na plataforma IDE do Arduino, e não por meio de simulação.

O artigo intitulado *Uma proposta metodológica para o ensino e aprendizagem da física* (CARLETO, 2006) apresentou uma proposta que tinha o objetivo de conciliar a teoria e a prática por meio de experimentos e simulação computacional de modo que o estudante possa ter uma compreensão do fenômeno físico. O que diferencia esta pesquisa do trabalho citado está na configuração do trabalho experimental. O trabalho citado propôs uma atividade experimental mais fechada, pois já define o problema, algumas questões, os objetivos da atividade experimental, bem como o roteiro de realização do experimento. Enquanto este trabalho pretende realizar uma atividade experimental investigativa, reunido tecnologias computacionais e atividades experimentais em um mesmo sistema de automação.

O trabalho intitulado *Laboratório desafiador e história da ciência: um relato de experiência com o experimento de Oersted* (PINTO; SILVA; FERREIRA, 2017) relatou

aplicação de uma atividade didático-pedagógica que utilizou a execução de um experimento histórico, o experimento de Oersted, por meio de uma abordagem que os autores chamam de laboratório construtivista. Essa abordagem é similar a abordagem utilizada nesta pesquisa, a atividade experimental investigativa, pois um problema é apresentado pelo professor e as hipóteses, planejamentos de experimentação, execução do experimento e elaboração dos resultados são trabalhos que cabem aos estudantes. Na pesquisa citada o problema apresentado aos alunos surge da primeira fase das atividades, que é a fase da pesquisa histórica. O que esta pesquisa traz de novo, com relação à pesquisa citada, é a inclusão, na atividade experimental, de automação de sistemas referentes a tecnologias bem familiares para os estudantes, que fazem parte do seu contexto de cidade.

O quadro abaixo mostra a relação entre a pesquisa aqui pretendida e as pesquisas citadas:

*Quadro 1 - Trabalhos relacionados (continua).*

<b>Trabalho</b>	<b>Fenômeno</b>	<b>Automação</b>	<b>Estratégia de ensino e aprendizagem.</b>	<b>Atividade Experimental investigativa</b>	<b>Aplicação por via remota</b>	<b>Pontos comuns %</b>
Ensino e aprendizagem de eletromagnetismo por meio da compreensão dos fenômenos físicos.	X	X	X	X	X	100
Desenvolvimento de um kit experimental com Arduino para o ensino de Física Moderna no Ensino Médio. /2017	X	X				40

Quadro 1 - Trabalhos relacionados (continuação).

<b>Trabalho</b>	<b>Fenômeno</b>	<b>Automação</b>	<b>Estratégia de ensino e aprendizagem.</b>	<b>Atividade Experimental investigativa</b>	<b>Aplicação por via remota</b>	<b>Pontos comuns %</b>
Uso de materiais de baixo custo para o ensino e eletromagnetismo no ensino médio. /2016	X		X			40
A contribuição do estudo dos fenômenos naturais na alfabetização científica. / 2009	X		X	X		60
Teaching electromagnetism: issues and changes/ 2007	X		X			40
Proposal on Magnetic and Electromagnetic Phenomena and Superconductivity Based on Hands-on Experiments/2018	X		X	X		60
Integrating Effective Pedagogies in Science Education with a Design of Alternative Experiments on Electromagnetics/ 2013.	X		X	X		60

Quadro 1 - Trabalhos relacionados (conclusão).

<b>Trabalho</b>	<b>Fenômeno</b>	<b>Automação</b>	<b>Estratégia de ensino e aprendizagem.</b>	<b>Atividade Experimental investigativa</b>	<b>Aplicação por via remota</b>	<b>Pontos comuns %</b>
Automation experiments in physics laboratories/ 2018	X	X				40
The metal detector and Faraday's law/2004	X		X			40
O ensino de eletromagnetismo por meio da integração entre atividades experimentais e computacionais: contribuições para o entendimento da indução eletromagnética/2016	X		X	X		60
Uma proposta metodológica para o ensino e aprendizagem da física/2006	X		X			40
Laboratório desafiador e história da ciência: um relato de experiência com o experimento de Oersted/2017	X		X	X		60

FONTE: Dados do autor.

A tabela acima foi construída com o propósito de facilitar a compreensão dos pontos comuns entre este trabalho e os trabalhos relacionados. Todos os trabalhos apontados acima trouxeram contribuições para a construção desta pesquisa. O trabalho de Girardi e Silveira (2017), por exemplo, contribuiu na inserção de um sistema de automação com o microcontrolador de baixo custo e o trabalho Streher

(2009), traz uma atividade experimental investigativa. Destacou-se esses dois porque trouxeram as contribuições mais importantes.

Por fim, a estratégia de ensino aprendizagem aplicada é uma atividade experimental investigativa com uso de automação por meio remoto que pretende evitar que os estudantes continuem carregando aquelas características percebidas pelo saudoso Professor Feynman ainda na década de 50. Estudantes com capacidade de resolver equações e de decorar os conceitos exatamente da forma que se conta na prova, como um computador que só fora programado para responder a determinados comandos e que não faz ideia de que fenômenos estão relacionados àqueles conceitos e que não são capazes de apontar tais fenômenos na natureza. No decorrer do trabalho a essa atividade dá-se o nome de sequência didática investigativa ou sequência de ensino investigativo.

## 1 PROBLEMÁTICA

O ensino de Física, sobretudo de áreas mais abstratas, como o eletromagnetismo, quando se aborda o conceito de campo magnético e campo elétrico, por exemplo, encontra como um dos principais entraves a ausência de tratativas que coloquem o aluno em contato direto com manifestações do fenômeno físico, de modo que possa explorá-lo e compreendê-lo, por meio de sistemas de automação, de modo que o estudante possa “elaborar hipóteses, previsões e estimativas, [...] representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões” (BRASIL, 2018, p. 559) e “investigar e analisar o funcionamento de [...] de sistemas de automação para compreender as tecnologias contemporâneas” (BRASIL, 2018, p. 560).

. A forma mais usual do ensino de física tem na hegemonia da tratativa matemática uma de suas principais características, espera-se que os adolescentes tenham a compreensão dos fenômenos e conceitos por meio de um emaranhado de equações, o que quase sempre, para eles, carece de significado. Além dessa tratativa, também é comum a execução de atividades experimentais onde já é fornecido pelo professor todo o roteiro do experimento.

Em um contexto em que não há uma estratégia de ensino e aprendizagem que possibilite a exploração e a compreensão do fenômeno físico os estudantes são obrigados a recorrer à imitação para não reprovarem. Em outras palavras são obrigados a memorizar resolução de questões para reproduzi-las em um teste. E a imitação é incompatível com o ensino e a aprendizagem de disciplinas ligadas às ciências, pois está ligada às fases pré-operatórias da psicologia de Piaget. Dessa forma não haveria a construção e o aprendizado dos conceitos mais complexos, que são característicos da fase operatória, o que impossibilita inclusive a compreensão do formalismo matemático e de suas relações com o fenômeno que ele comunica. Partindo desse contexto foram formulados o problema e as questões norteadoras a seguir.

## 1.1 PROBLEMA

Como uma estratégia de ensino e aprendizagem de Eletromagnetismo baseado na exploração e compreensão dos fenômenos físicos pode possibilitar a construção do conhecimento dos conceitos?

## 1.2 QUESTÕES NORTEADORAS

- Como estabelecer uma sequência de ensino investigativa do Eletromagnetismo que possibilite um ambiente favorável à aprendizagem?
- Como a compreensão dos fenômenos referentes a bobina eletromagnética pode viabilizar a construção de novas estruturas cognitivas adequadas aos conceitos?”.
- Como ensino do Eletromagnetismo com foco na exploração do fenômeno pode influenciar no desenvolvimento das concepções acerca dos conceitos?

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Descrever uma estratégia de ensino e aprendizagem de Eletromagnetismo baseado na exploração e compreensão dos fenômenos físicos adequada a construção do conhecimento dos conceitos;

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Descrever uma sequência de ensino investigativa baseada em sistemas de automação para o ensino de eletromagnetismo pautado no fenômeno;
- Propiciar a construção de novas estruturas cognitivas relacionadas aos conceitos físicos a partir da compreensão e exploração do fenômeno;
- Analisar o desenvolvimento das concepções dos participantes acerca dos conceitos do eletromagnetismo;

### 3 PRESSUPOSTOS TEÓRICOS

#### 3.1 PIAGET E A ATIVIDADE EXPERIMENTAL POR INVESTIGAÇÃO

A pesquisa parte da concepção de que o aprendizado não se dá por meio de uma transmissão do conhecimento e sim por meio de uma interação entre o sujeito e o objeto. Segundo Becker (1992, p.88) “O conhecimento não nasce com o indivíduo, nem é dado pelo meio social. O sujeito constrói seu conhecimento na interação com o meio tanto físico como social” e segundo Piaget (2013, p.221) “desde seu nascimento, o ser humano está submerso em um meio social que, à semelhança do meio físico, age sobre ele”. Essa interação é responsável pela “construção” do conhecimento no sentido em que um conhecimento novo ao ser assimilado pelo sujeito encontra resistência das estruturas já estabelecidas e o sujeito refaz essas estruturas ou constrói estruturas mais poderosas cada vez mais capazes de assimilar conhecimentos mais complexos. Essa adaptação das estruturas é também chamada de acomodação. Assim o conhecimento se dá pelo movimento de assimilação e acomodação. A medida em que cada acomodação ocorre o sujeito está apto à construção de conhecimentos mais sofisticados. Dessa forma não há construção de conhecimento de responsabilidade exclusiva nem do objeto e nem do sujeito.

Não há um protagonismo do objeto no sentido em que para a visão construtivista o conhecimento não se dá do objeto para o sujeito conforme a visão empirista. Nesse sentido o estudante não é visto como uma “tabula rasa” onde se deposita o conhecimento e não se acredita em transmissão do conhecimento, ou numa educação bancária, onde o professor, com a sua atitude professoral, ensina e transmite o seu conhecimento ao estudante. Não há construção de conhecimento baseada somente no sujeito porque, segundo a visão construtivista, não é possível um apriorismo, onde o conhecimento é anterior ao objeto, onde o professor seria somente um facilitador de um conhecimento que desperta naturalmente no estudante quando esse tem a maturidade para aquele determinado tipo de conhecimento. Essas duas visões carregam consigo uma bagagem ideológica nociva (BECKER, 2012). No primeiro caso há sinais de autoritarismo, onde o professor é detentor do conhecimento e o estudante deve se submeter ao mestre. No segundo caso há uma visão que atribui demasiadamente ao geneticismo a aprendizagem. E, dessa forma, pode surgir uma

ideia equivocada de mérito total do estudante sem considerar o contexto social onde aquele estudante está inserido, sem considerar, por exemplo, que o aprendizado de um estudante que come todos os dias se dá em velocidade diferente daquele aluno que não tem o que comer.

Nas relações de sala de aula isso pode ser entendido por meio da chamada pedagogia relacional (BECKER, 2012) onde há uma relação equilibrada, onde o professor apresenta um objeto significativo e a partir disso espera-se que o estudante explore objeto até que se esgote as possibilidades. O professor e os estudantes podem propor questões que explorem diversos aspectos problemáticos. Essa relação não se dá de forma autoritária por que a disciplina policialesca dá lugar, de acordo com Becker (2012, p.25), a uma “disciplina intelectual e regras de convivência, o que permite criar um ambiente fecundo de aprendizagem”, pois há um compromisso de aprender na medida em que o objeto apresentado tem significado e é desafiador para o estudante, na medida também que o professor sempre considera a bagagem intelectual trazida pela vivência do estudante, independentemente do nível dessa bagagem.

Algumas pesquisas, as de Guisasola (2003) por exemplo, mostram as dificuldades de aprendizado dos estudantes com relação a conceitos relativos ao magnetismo. Nesses trabalhos ele parte do pressuposto de que existem essas dificuldades e elas são constatadas, pois percebe que os conceitos entendidos pelos estudantes vão ficando mais confusos quanto mais complexos são os conceitos e os fenômenos. Um exemplo das dificuldades é que os estudantes procuram explicar o campo magnético a partir do entendimento da existência de uma carga magnética negativa e uma positiva que geraria um fluxo de um campo magnético que vai de uma carga para outra. Verifica-se aqui que o sujeito procura construir um novo conhecimento partindo das suas estruturas já estabelecidas, e que essas estruturas não são suficientes no momento em questão. E, segundo Guisasola (2003, p.79) “existem trabalhos que relacionam a idade e o grau de instrução dos alunos e o conhecimento desses conceitos”. O conhecimento desses conceitos com a idade e com o grau de instrução dos alunos. Desse modo, segundo a abordagem construtivista, isso ocorre porque os instrumentos ou estruturas acomodadas pelo estudante são mais capazes de construir conhecimentos mais complexos quanto mais essas estruturas foram refeitas ou por conta da idade, devido a fase de desenvolvimento, ou por conta da instrução dos estudantes ou dos dois, pois esses

estudantes têm como características o fato de ter passado por várias experiências cognitivas.

Um conceito importante aqui é o de ação assimiladora, é justamente a construção do conhecimento que surge a partir da ação do sujeito da aprendizagem. Por meio da ação assimiladora os estudantes se deparam com um novo conhecimento e conseguem construir novas estruturas que possibilitarão a aprendizagem de conhecimentos com um grau de abstração maior. Na abordagem piagetiana o objeto só existe na medida em que o sujeito age sobre o objeto e o sujeito se renova quando conhece o objeto. Segundo Becker (2012, p.24) “A ação do sujeito, portanto, constitui, correlativamente, o objeto e o próprio sujeito” e, ainda de acordo com Becker (2012, p.24) “o sujeito e objeto não existem antes da ação do sujeito e não serão mais os mesmos após essa ação”. O sujeito não é mais o mesmo porque ocorre a chamada reconstrução operada, é o restabelecimento do equilíbrio anteriormente estabelecido, porém com ampliação do campo de equilíbrio por meio da modificação das estruturas (BECKER, 2011). E essa modificação das estruturas é condição para a aprendizagem de conhecimentos mais complexos e sofisticados. Segundo Dolle (apud BECKER, 2011) “as aprendizagens só são possíveis e eficazes se se apoiam em estruturas anteriormente adquiridas”. Este projeto surge justamente do pressuposto de que os estudantes do ensino médio, ou até mesmo dos períodos iniciais da graduação, não possuem ainda estruturas cognitivas preparadas para a aprendizagem de eletromagnetismo por meio da tratativa puramente matemática, pois

é sobretudo possível [...] que o insucesso escolar em tal ou tal ponto decorra de uma passagem demasiadamente rápida da estrutura qualitativa dos problemas [...] para a esquematização quantitativa ou matemática usada habitualmente pelo físico (PIAGET, 2015, p.22).

Dessa forma, há aqui o entendimento de que um ensino de eletromagnetismo com enfoque no fenômeno possibilitaria, por meio da ação assimiladora, a construção de novas estruturas capazes de produzir um conhecimento mais adequado dos conceitos, pois

numerosos indivíduos em nossa sociedade, devido a motivos adversos de ordem social estrutural, não puderam superar essa fase pré-operatória de elaboração do pensamento porque não conseguiram sequer, pelos mesmos motivos, estruturá-la satisfatoriamente (BECKER, 2011, p.104),

Outra questão importante é que, apesar de Piaget definir as fases do desenvolvimento, a construção do conhecimento e das estruturas cognitivas não se limitam a determinadas idades, já que

é especialmente através de uma equilibração sucessiva entre os mecanismos de assimilação e de acomodação que Piaget define o processo pelo qual as estruturas cognitivas vão se modificando, tendo os “esquemas de ação” como suporte intermediário e mais aparente das interações cognitivas, afetivas e sociais do sujeito. Durante todo o desenvolvimento, da infância à adolescência (e também no adulto), esses mecanismos estarão dialeticamente relacionados às ações do sujeito no seu processo de construção do conhecimento e de si mesmo.

Ou, em outras palavras, o adolescente e o adulto são capazes de desenvolver a aptidão ao estudo do eletromagnetismo, bem como outras áreas da física, em seu formalismo mais sofisticado. Porém o entendimento aqui é que são necessárias alternativas que possam auxiliar a aprendizagem com uma linguagem mais acessível. De maneira bem simples, é como tentar ensinar qualquer coisa a uma criança com uma linguagem carregada por um vocabulário rebuscado, onde a maioria das palavras é desconhecida pelo estudante. A proposta aqui passa por uma mudança de enfoque, por uma tratativa com enfoque no fenômeno por meio da atividade experimental investigativa.

A partir da percepção de que adultos, a depender do contexto social, podem não ter superado a fase pré-operatória do desenvolvimento, Paulo Freire criou seu método de alfabetização. Aqui o ponto de partida será o mesmo. Sem essa construção de esquemas cognitivos mais preparados para o estudo de questões mais abstratas o Ensino de Física, aqui mais especificamente do eletromagnetismo, continuará, como bem verificou Feynman na sua visita ao Brasil, forçando os estudantes a memorizar as questões para a prova tornando-se assim bons imitadores. Segundo Becker (2011, p.108) “a imitação corresponde sempre a um desequilíbrio em favor da acomodação, superado somente pelo advento da assimilação mental operante” e há, ainda

conforme Becker (2011, p.108) “um equívoco profundo de um processo de ensino ou aprendizagem que pretenda prolongar indefinidamente a imitação como modalidade hegemônica de desenvolvimento”.

Apesar da matemática ser uma linguagem que comunica a ciência, quando utilizada para o ensino de fenômenos sem de fato comunicá-los, já que o interlocutor não possui as ferramentas de compreensão, os esquemas necessários, pode ocasionar um movimento que leva à imitação de resolução de questões. É justamente à essa imitação que uma sequência didática experimental investigativa com uso de automação surge aqui como uma alternativa. E a percepção freiriana de que alguns indivíduos da nossa sociedade podem estar em um nível de desenvolvimento cognitivo equivalente ao pré-operatório da epistemologia de Piaget, que leva ao entendimento de que os alunos talvez não possuam os meios necessários para a compreensão do eletromagnetismo por meio de tratativa puramente matemática.

O referencial adotado foi determinante na escolha de atividades experimentais investigativa, pois

não são, com efeito, as experiências que o professor venha a fazer perante eles, ou as que fizerem eles mesmos com suas próprias mãos, seguindo, porém um esquema preestabelecido e que lhes é simplesmente ditado, que lhes haverão de ensinar as regras gerais de toda a experiência científica, tais como as variações de um fator neutralizando outros (“coisas todas iguais, aliás), ou a dissociação das flutuações fortuitas e das variações regulares. Nesse campo, muito mais ainda que em cada um dos outros, os métodos do futuro deverão uma parte cada vez maior à atividade e às tentativas dos alunos, assim como à espontaneidade das pesquisas na manipulação de dispositivos destinados à provar ou invalidar as hipóteses que puderem formular por si mesmos para a explicação de tal ou tal fenômeno elementar (PIAGET, 2015, p.26).

A estratégia construtivista de significação dos objetos utilizados no ensino é utilizada nesse trabalho por meio do uso de instrumentos que estão inseridos no mundo tecnológico de hoje e

a presença da Ciência e da Tecnologia no mundo contemporâneo parece, por si só, justificar a necessidade de seu ensino, ainda que os conteúdos escolares não tratem do conhecimento atual como deveriam (ANGOTTI,2015, p.7)

Com isso o uso de um dispositivo que utiliza tecnologia de computação e automação para estudar um fenômeno do eletromagnetismo por meio de uma tecnologia vivenciada pelo estudante está em consonância com a visão construtivista de Piaget, no sentido em que as tecnologias abordadas fazem parte do contexto dos estudantes.

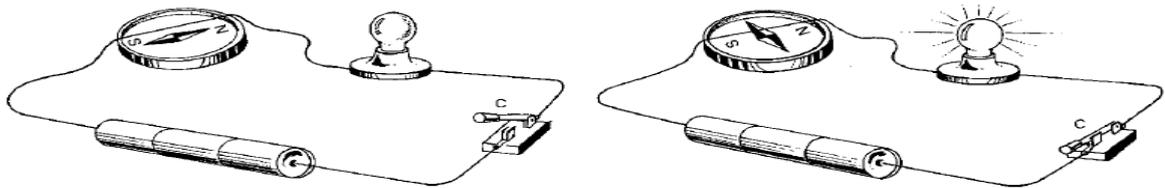
Um aspecto bastante importante da atividade experimental por investigação é a realização de boa parte das atividades de forma colaborativa. Esse aspecto está em consonância com os chamados “fatores sociais do desenvolvimento intelectual” (Piaget, 2013, p.221). Segundo Piaget (2013) “a vida social transforma a inteligência pela tripla mediação da linguagem (signos), do conteúdo dos intercâmbios (valores intelectuais) e de regras impostas pelo pensamento (normas coletivas lógicas ou pré-lógicas)”. E “a atividade operatória interna e a cooperação exterior são, no sentido mais preciso das palavras, apenas dois aspectos complementares de um só e mesmo conjunto, visto que o equilíbrio de um depende do equilíbrio do outro” (Piaget, 2013, p.223). Na atividade experimental investigativa fica evidenciada a importância dos intercâmbios e da colaboração, pois a maioria das atividades são executadas em grupos. Desse modo os fatores sociais da construção do conhecimento estão presentes na atividade aplicada neste trabalho e é possível verificar nos resultados que os textos produzidos de forma colaborativa apresentam maior qualidade, no que se relaciona aos conceitos estudados, do que os textos produzidos individualmente.

### 3.2 A BOBINA ELETROMAGNÉTICA E O SENSOR INDUTIVO.

A bobina eletromagnética no seu uso como sensor indutivo permite não só a compreensão dos fenômenos físicos relacionados a bobina mas também de uma diversidade de fenômenos que envolvem o funcionamento do próprio sensor, como por exemplo a indução eletromagnética que ocorre com o material detectado pelo sensor.

A relação entre a corrente elétrica e campo magnético foi verificada inicialmente quando “no final de 1819, durante suas aulas, Oersted observou que a agulha de uma bússola parecia se mover quando uma corrente elétrica era gerada numa espira próxima a ela” (PINTO et al., 2017, p. 179).

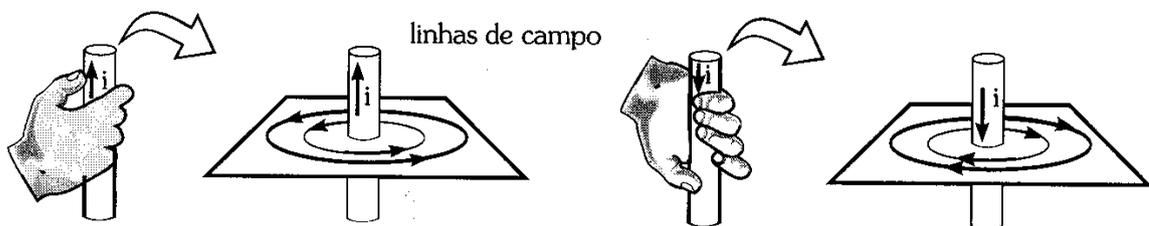
Figura 1 - Experimento de Oestered.



Fonte: Moretto (1989).

Posteriormente o Físico André Marie Ampère verificou que quando um condutor é percorrido por uma corrente elétrica é possível determinar a direção e o sentido das linhas de campo magnético pela chamada regra de Ampère, também chamada de regra da mão de direita conforme a ilustração a seguir.

Figura 2 - Regra de Ampère ou regra da mão direita.



Fonte: Chiquetto e Parada (1992).

A regra de Ampère, ou da mão direita, indica que quando se segura um condutor com a mão direita o dedo polegar indica o sentido da corrente elétrica enquanto os dedos que estão envolvendo o condutor indicam o sentido das linhas de campo magnético que envolvem o condutor (MUSSOI, 2016).

A intensidade do campo magnético de um condutor reto, a exemplo da figura 2 é dado, segundo Nussenzweig (1997, p. 143) por:

$$|B| = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{1}{\rho} \quad (1)$$

onde,  $\mu_0$  é a permeabilidade magnética do vácuo e  $\rho$  é o raio da circunferência definida pelo do campo magnético do ponto onde se pretende calcular a intensidade de  $\mathbf{B}$ .

O resultado acima pode ser deduzido pela lei de Ampère, que estabelece a circulação  $C$  de um campo magnético  $\mathbf{B}$  é proporcional a corrente que atravessa a curva  $C$ , no caso de correntes estacionárias (NUSSENZVEIG, 1997). Essa lei é representada matematicamente pela equação:

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu_0 \cdot i \quad (2)$$

Para uma espira circular é possível encontrar o resultado de intensidade de campo magnético a partir da Lei de Biot-Savart, que segundo Nussenzveig (1997, p. 149) “dá o campo magnético devido uma distribuição de corrente estacionária de intensidade  $i$ , no circuito  $C$ , sob a forma de uma integral de linha ao longo do circuito” conforme a equação:

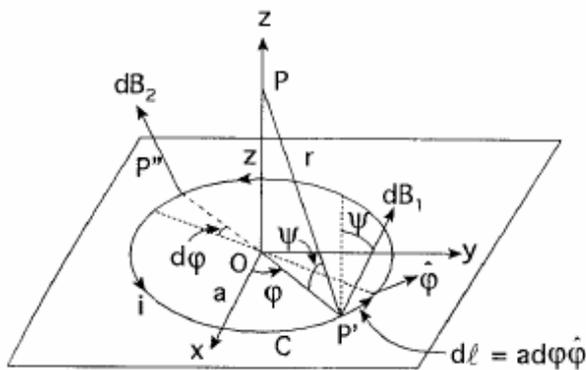
$$\mathbf{B} = \frac{\mu_0 \cdot i}{4\pi} \oint \frac{d\mathbf{l} \times \hat{\mathbf{r}}}{r^2} \quad (3)$$

O resultado para a espira circular fica:

$$\mathbf{B} = \frac{\mu_0 \cdot i \cdot a^2}{2r^3} \hat{\mathbf{z}} \quad (4)$$

onde,  $a$  é o raio da espira,  $r$  é a distância entre qualquer ponto da espira e um ponto  $p$  no eixo perpendicular à espira e  $\hat{\mathbf{z}}$  indica a direção perpendicular à espira saindo da espira. Como é possível ver na figura 3.

Figura 3 - Campo de uma espira circular no eixo.



Fonte: Nussenzveig (1997).

O resultado para o centro da espira, como nesse caso  $r=a$ , fica:

$$\mathbf{B} = \frac{\mu_0 \cdot i}{2a} \hat{\mathbf{z}} \quad (5)$$

Fazendo a superposição de  $N$  espiras é possível obter uma bobina, nesse caso a bobina chata, conforme a figura abaixo:

Figura 4 - Bobina Chata.



Fonte: <<http://magnetismonaweb.blogspot.com>>

Para uma bobina chata, conforme a figura 4, com  $N$  espiras o resultado a soma do campo das  $N$  espiras. Para pontos muito próximos do centro da bobina chata vale:

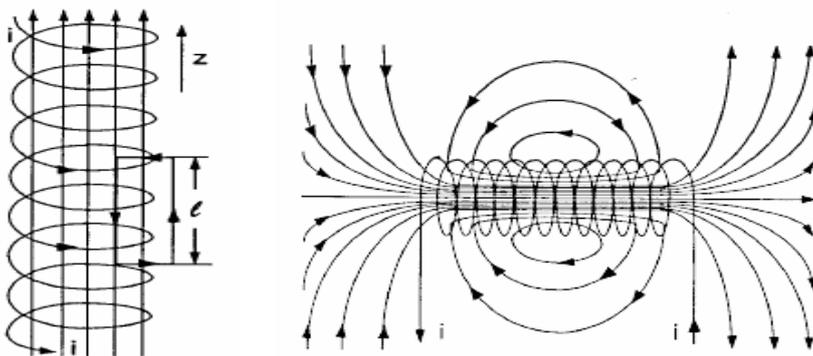
$$\mathbf{B} = N \frac{\mu_0 \cdot i}{2a} \hat{\mathbf{z}} \quad (6)$$

Outro tipo de bobina é a solenoide, que é mais alongado do que a bobina chata conforme as figuras 5 e 6. Para o solenoide muito comprido a lei de Ampère leva ao seguinte resultado (NUSSENZVEIG, 1997):

$$\begin{aligned} \mathbf{B} &= n \cdot \mu_0 \cdot i \hat{\mathbf{z}} \quad (\text{Dentro do solenoide}) \\ \mathbf{B} &= \mathbf{0} \quad (\text{Fora do solenoide}) \end{aligned} \quad (7)$$

onde “ $n$  é o número médio de espiras por unidade de comprimento” (NUSSENZVEIG, 1997, p.154):

Figura 5 - Solenoide infinito e solenoide finito.

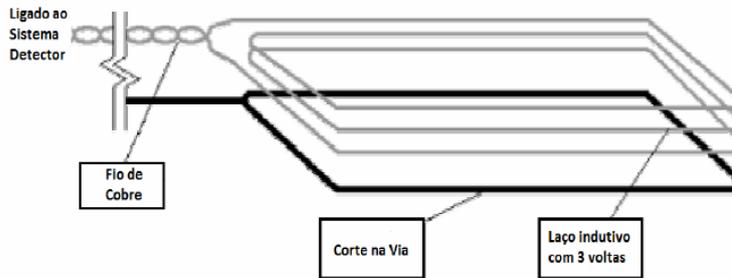


Fonte: Nussenzveig (1997).

A figura 5 ilustra um solenoide muito comprido, infinito, que tem o comprimento muito maior que as outras dimensões. Enquanto a figura 6 mostra um solenoide real, finito. Nesse caso, como é possível ver na figura, o campo magnético fora não é zero, porém dentro do solenoide o resultado  $\mathbf{B} = n \cdot \mu_0 \cdot i \hat{\mathbf{z}}$  pode ser usado com boa aproximação.

O sensor indutivo utilizado nos sistemas de semáforo inteligente, de cancela de estacionamento e de lombada eletrônica utilizam bobinas mais próximas da bobina chata. Esses sensores são chamados de laços indutivos. A bobina é composta por um condutor comprido que é instalado no piso da via conforme a ilustração a seguir:

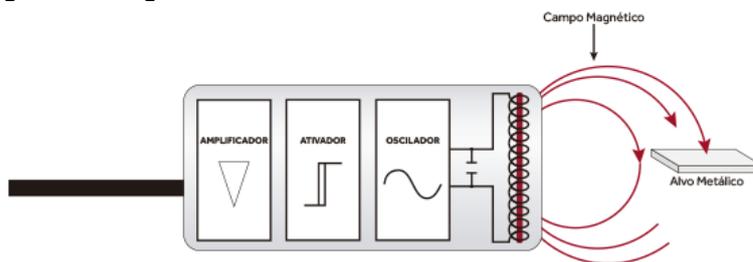
Figura 6 - Esquema de montagem do sensor indutivo em uma via.



Fonte: Oliveira (2011)

Para a aplicação do trabalho foi utilizado um sensor indutivo industrial, que é um componente eletrônico muito menor que o sistema que forma o laço indutivo que citado acima, porém o princípio físico de funcionamento é o mesmo.

Figura 7 - Diagrama do sensor indutivo.



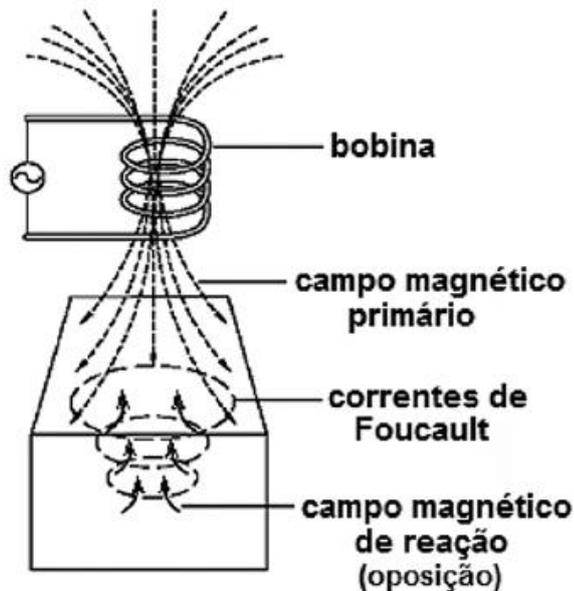
Fonte: <<https://blog.rhmateriaiseletricos.com.br>>

A figura 7 mostra de maneira simples o funcionamento do sensor indutivo. O oscilador alimenta a bobina com uma corrente alternada, o que gera um campo magnético variável. Segundo a lei de indução de Faraday um campo magnético variável gera em um condutor uma força eletromotriz, uma *fem* induzida. Ou seja, um campo magnético variável pode induzir uma corrente elétrica. A *fem*  $\xi$  induzida é dada pela variação do fluxo magnético no tempo, segundo Nussenzveig (1997, p. 163), conforme a equação:

$$\xi = R \cdot i = - \frac{d\Phi_c}{dt} \quad (8)$$

No caso de um objeto metálico, como o alvo da figura 7, essa indução gera pequenos loops de correntes circulantes, chamadas de correntes parasitas ou correntes de Foucault, conforme a ilustração abaixo:

Figura 8 - Correntes de Foucault.



Fonte: Cattani e Vannucci (2014).

Essas correntes circulantes induzidas geram um campo magnético oposto ao campo gerado pela bobina. Essa oposição decorre do fato de que “o sentido da corrente induzida é aquele que tende a se opor à variação do fluxo através da espira” (NUSSENZVEIG, 1997, p.154), ou da bobina no caso do sensor indutivo. Esse enunciado é conhecido como Lei de Lenz. Matematicamente esse comportamento é representado pelo sinal negativo da equação 8.

O campo magnético oposto provoca “uma redução do fluxo magnético da bobina. Conseqüentemente, ocorrerá decréscimo na amplitude de oscilação do sinal no circuito sintonizado, pelo aumento da resistência da bobina e redução da sua indutância” (SILVA, 2013, p.8). O bloco Ativador do diagrama da figura 7 possui um circuito que transforma essa redução de indutância em uma diferença de potencial nos terminais de saída do sensor. Essa diferença de potencial será entendida pelo microcontrolador como um sinal digital para a execução do código programado.

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 DESENHO DA PESQUISA

Esta pesquisa é experimental com abordagem qualitativa. É experimental porque utilizará uma estratégia de ensino e aprendizagem diferente daquela que faz parte do cotidiano dos estudantes para verificar se ocorre uma alteração no resultado, no aprendizado. Ou seja, haverá alteração de uma variável, a estratégia de ensino e aprendizagem, a fim de verificar a influência dessa alteração em outra variável, a aprendizagem dos conceitos relativos à bobina eletromagnética e seu funcionamento em um sensor indutivo. Porém é uma pesquisa qualitativa, no sentido em que seus objetivos estão voltados para métodos que possam melhorar a relação de ensino e aprendizagem, ou, de maneira mais geral, de acordo com Zabala (1998, p.13) é “melhorar a prática educativa”. E o entendimento aqui utilizado é de que essa prática educativa não pode ser medida por números ou por relações quantitativas entre variáveis com medidas exatas, mas que pode ser analisada por meio de padrões de qualidade do que é produzido pelos estudantes. Mas apesar desse entendimento os resultados também estão apresentados em forma de tabela e gráficos, na comparação entre os resultados do pré-teste e do pós-teste e na análise de conteúdo, onde os resultados foram evidenciados por meio da contagem de frequência das categorias e subcategorias. Porém isso não implica em um caráter quantitativo, já que não foram utilizadas ferramentas estatísticas mais sofisticadas. O método utilizado para a comparação entre o pós-teste e o pré-teste é o ganho de Hake, que foi apresentado em detalhes nos resultados para facilitar a leitura.

A pesquisa foi feita com a participação de alunos de Licenciatura em Física, em duas turmas da disciplina de Prática de Ensino em Física III. A primeira turma contou com 6 participantes e a segunda contou 19 participantes. Uma questão importante da aplicação da contribuição que a aplicação do trabalho pode proporcionar para a formação de professores, apesar de esse aspecto não fazer parte dos objetivos do trabalho.

O projeto foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisas com Seres Humanos (CEP) em 5 de julho de 2020 e foi aprovado em 19 de julho de 2020 por meio do parecer de número 4.162.212.

A coleta de dados foi feita inicialmente por uma avaliação, um pré-teste. A ferramenta utilizada nessa fase foi o “Conceptual Survey of Electricity and Magnetism (CSEM)” é uma ferramenta desenvolvida por David P. Maloney, Thomas L. O’Kuma, Curtis J. Hieggelke e Alan Van Heuvelen e “foi construída para acessar o conhecimento sobre tópicos de eletricidade e magnetismo” (MALONEY et al,2000, tradução nossa). O “instrumento possui 32 questões e pode ser usado como pré-teste e como pós-teste” (MALONEY et al,2000, tradução nossa). Segundo Maloney et al (2000, p.13, tradução nossa) o teste foi aplicado em um intervalo de quatro anos em 5000 estudantes iniciantes de física e foi aprimorado durante o processo. Conforme Maloney et al (2000, p.13, tradução nossa) na validação os estudantes que estavam fazendo o curso de cálculo básico obtiveram, no pré-teste, um aproveitamento de 31% e os estudantes que estavam fazendo o curso de álgebra e trigonometria básica obtiveram um aproveitamento de 25%, também no pré-teste. “No pós-teste houve um acréscimo de 47% e 44% respectivamente” (MALONEY et al,2000, tradução nossa). Esse instrumento já utilizado diversos trabalhos de pesquisa no ensino de física, como Docktor e Mestre (2014) e Etkina (2010), por exemplo.

Segundo MALONEY et al (2000) os itens estão distribuídos por conceitos abordados segundo o quadro a seguir:

*Quadro 2 - Conceitos abordados no teste conceitual.*

<b>Conceitos</b>	<b>Questões</b>
Distribuição de cargas em condutores/isolantes	1, 2 e 13
Lei de Coulomb da força	3, 4 e 5
Força elétrica e superposição do campo elétrico	6, 8 e 9
Força causada por um campo elétrico	10, 11, 12, 15, 19 e 20
Trabalho, potencial elétrico, campo elétrico e força elétrica.	11, 16, 17, 18, 19 e 20
Carga induzida e campo elétrico	13 e 14
Força magnética	21, 22, 25, 27 e 31
Campo magnético causado por uma corrente	23, 24, 26 e 28
Superposição de campo magnético	23 e 28
Lei de Faraday	29, 30, 31 e 32
Terceira lei de Newton	4, 5, 7 e 24

Fonte: MALONEY et al (2000)

Como o teste utilizado, o CSEM, foi avaliado em outro contexto, com estudantes estadunidenses, foi feito aqui uma análise da qualidade das questões do teste, pois alguns fatores podem influenciar na qualidade dos itens do teste, inclusive a própria tradução do instrumento. Essa avaliação foi feita a partir do índice de discriminação que segundo Amaral, Henning e Knüpfer (2016) é dado pela diferença do percentual de acertos do item entre o grupo de maior desempenho e o grupo de menor desempenho e por meio do índice de correlação ponto-bisserial, que “é uma associação entre o desempenho do indivíduo no item e no teste como todo, ou seja, com seu escore bruto” (RABELO apud VILARINHO, 2015, p. 28). Ambos os índices possibilitam a análise da qualidade no sentido em que verificam o quanto o item é capaz de discriminar os participantes com maior desempenho geral dos participantes com menor desempenho. Os detalhes desses dois métodos estão colocados no capítulo resultados e discussões para facilitar o entendimento do leitor com relação sua utilização neste trabalho.

Os dados foram coletados também por meio da observação das reuniões por meio remoto de socialização dos resultados, essa observação pode ser compreendida como “uma técnica de entrevista coletiva que envolve uma discussão objetiva e medida sobre um tema e questões específica” (COSTA, 2015, p.52). A socialização dos resultados foi a etapa da aplicação do projeto onde os sujeitos da pesquisa comunicaram em grupos, para os outros sujeitos os resultados da atividade. Todas as reuniões foram feitas por meio remoto, por conta da pandemia de COVID-19. As discussões da etapa de socialização dos resultados foram gravadas, com garantia é claro de não divulgação das imagens e áudios, somente foram comunicados os resultados da análise das discussões sem a citação da identidade dos participantes do projeto. Os documentos produzidos durante a execução da atividade experimental investigativa (definição de hipóteses, roteiros e relatórios) também foram utilizados. Por fim foi feita uma avaliação, o pós-teste, com a mesma ferramenta utilizada no pré-teste (CSEM).

A partir da transcrição das gravações citadas acima foi feita uma análise de conteúdo de Bardin (2016), com o propósito de verificar como os conceitos estudados surgem e qual a sua relação com abordagem utilizada na pesquisa. Essa técnica também foi utilizada para interpretação de falas. O material produzido pelos sujeitos da pesquisa nas atividades (definição de hipóteses, objetivos, planejamento e conclusões) foi verificado por meio de uma análise de conteúdo, com o propósito de

verificar se há uma mudança nas concepções conceituais durante o processo, pois o resultado das etapas iniciais (definição de hipóteses, objetivos, planejamento), que foram realizadas primeiro individualmente e depois em grupo, foram comparadas com conclusões escritas em equipe e com os textos resultantes da comunicação dos resultados. O pré-teste e o pós-teste foram comparados para verificar se houve alguma melhora de desempenho dos participantes após a aplicação do projeto.

## 4.2 ESTRATÉGIA DE ENSINO E APRENDIZAGEM

A estratégia ensino e aprendizagem aqui adotada é baseada em uma sequência didática investigativa que tem seu enfoque nos fenômenos como forma de possibilitar o contato dos estudantes com um ambiente mais de aprendizagem mais significativo se comparado às aulas baseadas de forma hegemônica no formalismo matemático. A estratégia é a associação das atividades experimentais com o método investigativo por meio do uso de dispositivos de automação com execução por via remota. Foi utilizado um microcontrolador de baixo custo, o Arduíno, e um sensor indutivo, que corresponde a uma bobina eletromagnética (além dos outros componentes necessários para a realização das atividades, como protoboards, display de LCD, Servo motor, LEDs, Resistores e Jumpers). O que possibilitará o contato dos estudantes com uma manifestação de um fenômeno eletromagnético no seu uso em tecnologias que lhes são muito familiares, o semáforo inteligente, a lombada eletrônica e a cancela de estacionamento. Foi feita a opção pela atividade experimental investigativa por conta do maior grau de independência dos participantes, já que em uma atividade experimental tradicional um roteiro referente a execução da atividade é estabelecido previamente pelo professor. Além da maior independência é importante também o fato de que atividade experimental tradicional tem como objetivo comprovar leis, enquanto uma atividade experimental investigativa tem como objetivo explorar fenômenos (GIBIN e SOUZA, 2016), justamente o que interessa a essa pesquisa.

A atividade experimental investigativa possui níveis de liberdade e independência dos estudantes. Nas atividades aplicadas nessa pesquisa os estudantes foram submetidos ao nível 2, conforme a classificação de Borges (2002), pois os problemas das atividades são definidos previamente e os procedimentos e conclusões são

abertos, ou seja, fazem parte das atividades a serem executadas pelos estudantes. Seque abaixo a classificação de Borges:

Quadro 3 - Níveis de investigação da atividade experimental investigativa

Nível de investigação	Problemas	Procedimentos	Conclusões
Nível 0	Dados	Dados	Dados
Nível 1	Dados	Dados	Em aberto
Nível 2	Dados	Em aberto	Em aberto
Nível 3	Em aberto	Em aberto	Em aberto

Fonte: Borges (2002).

O esquema abaixo ilustra, de forma resumida, a estrutura da atividade experimental investigativa de nível 2 segundo a classificação de Borges (2002), conforme a tabela acima. Esse é justamente o nível de investigação utilizado nesta pesquisa.

Figura 9 - Estrutura da atividade experimental investigativa.

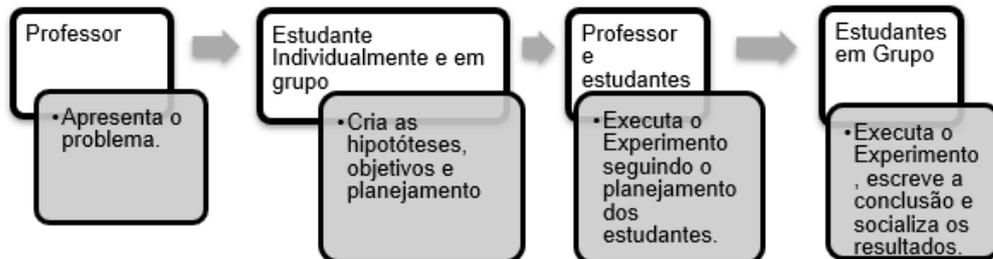


Fonte: O autor (2021)

As atividades foram realizadas por meio de aplicativo gratuito que possibilite reuniões remotas. Os textos das atividades foram produzidos pelos participantes em editor de texto gratuito, que possibilita edição colaborativa online e o compartilhamento com o responsável pela pesquisa. Os testes avaliativos, para a verificação do conhecimento acerca dos conceitos estudados, foram feitos em formulário online. E a execução da atividade experimental é feita pelo professor, seguindo as orientações dos estudantes, numa reunião remota. Essa etapa não fere o nível 2 da classificação de Borges (2002), pois todos os procedimentos foram definidos pelos estudantes e a execução da atividade foi feita segundo esses procedimentos. Essas orientações estão nos textos de planejamento, feitos na fase

anterior ao experimento. Desse modo, o esquema da atividade experimental investigativa nesse trabalho ficou conforme a figura a seguir.

Figura 10 - Atividade experimental investigativa com automação por meio remoto.



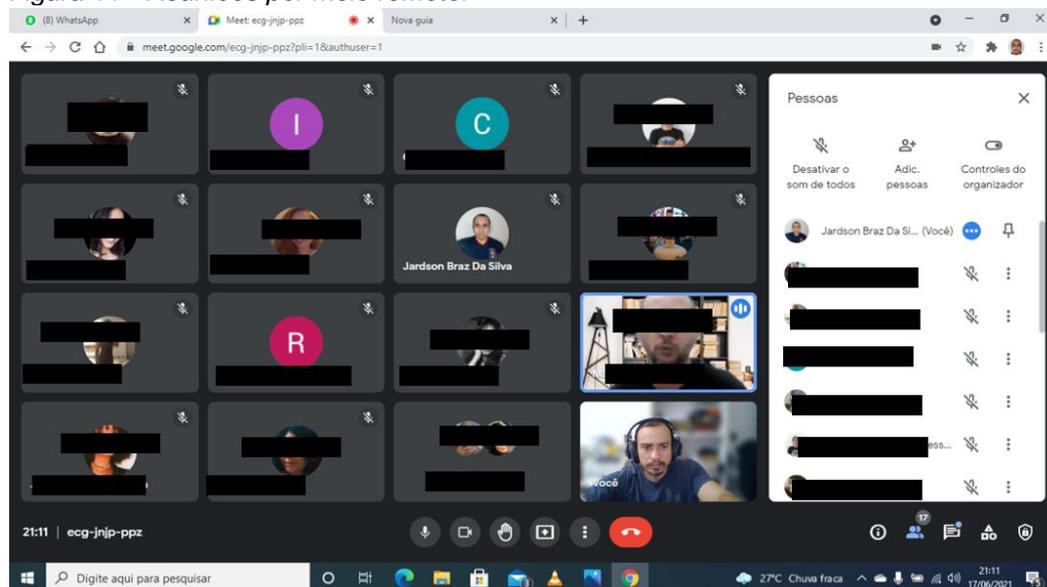
Fonte: O autor (2021)

### 4.3 SEQUÊNCIA DAS ATIVIDADES PEDAGÓGICAS

As atividades foram realizadas em seis encontros, quatro com duração de 2 h e dois, os de pré-teste e pós-teste, com duração de 1 hora, por meio de aplicativo que possibilita reuniões remotas. Os encontros aconteceram as terças e quintas, nas duas aplicações, pois esse era o horário da disciplina na qual a atividade foi aplicada.

- Primeiro encontro: Os participantes foram submetidos a um pré-teste por meio do teste conceitual CSEM (MALONEY et al,2000), via formulário online;

Figura 11 - Reuniões por meio remoto.

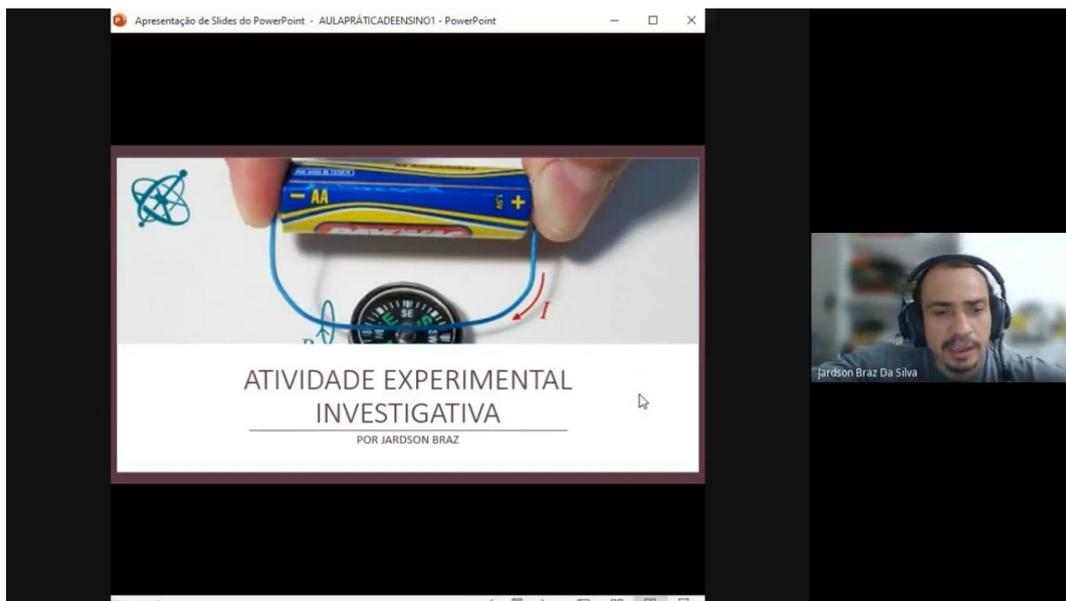


Fonte: O autor (2021)

- Segundo encontro: Os participantes foram informados sobre a estrutura da atividade experimental investigativa, como a atividade foi aplicada no contexto da disciplina de Prática de Ensino em Física III, essa parte teve um caráter de formação de professores, apesar de esse não ser o objetivo do trabalho. Foi fornecido um material em vídeos curtos, disponíveis no Youtube sobre a bobina eletromagnética, sobre o Arduino, sobre o sensor indutivo, sobre a programação em c++ na IDE do Arduino. O Tinkercad, que é uma plataforma que possibilita montagem virtual, programação e simulação de projetos com Arduino, foi apresentado para os participantes. Os participantes também puderam conhecer material a ser utilizado nos sistemas também nesse encontro. Nesse mesmo encontro os estudantes foram incitados a realização de pesquisas acerca do sensor indutivo, do fenômeno físico e dos conceitos envolvidos nesse fenômeno.

Pela própria natureza da atividade investigativa, não houve exatamente uma aula expositiva acerca das bobinas eletromagnéticas, conteúdo estudado na atividade. Porém foi dado uma ênfase nos vídeos apresentados sobre bobinas eletromagnéticas, com uma breve discussão, nesse segundo encontro, e houve a incitação à pesquisa sobre esse conteúdo e sobre o funcionamento das bobinas nos sensores indutivos.

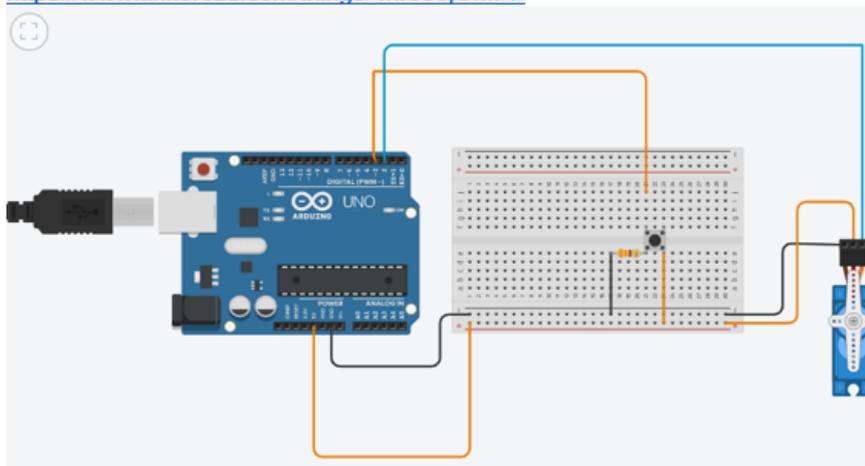
Figura 12 - Apresentação sobre a atividade experimental investigativa.



Fonte: O autor (2021)

- Terceiro encontro: Foi apresentado o seguinte problema: Como uma bobina eletromagnética pode ser utilizada na construção de um sistema de automação de um semáforo inteligente/lombada eletrônica/cancela de estacionamento? Além do problema foram apresentadas as seguintes questões: Como o campo magnético é gerado e como se comporta na bobina utilizada (sensor indutivo)? Por que a polaridade dos terminais da bobina utilizada é pré-estabelecida? Como se comporta a corrente elétrica na bobina eletromagnética utilizada? A partir do problema e das questões direcionadoras aos estudantes foi solicitado a confecção de uma hipótese, de objetivos e de um planejamento para a execução da atividade experimental. Inicialmente essa atividade foi feita de forma individual no Google docs. Foram formadas equipes de 2 a 4 alunos na turma um e 6 a 8 na turma 2. Às equipes foi solicitado a mesma atividade anterior, ou seja, a criação de hipótese, objetivos e planejamento da atividade experimental de forma colaborativa no Google docs. Cada equipe foi direcionada a produzir o material sobre um dos sistemas de automação. A equipe 1 ficou com o semáforo inteligente, a equipe 2 ficou com a cancela de estacionamento e a equipe 3 ficou com a lombada eletrônica.

Figura 13 - Circuito montado no Tinkercad pelos participantes.  
<https://www.tinkercad.com/things/4nrU56jUMPF>



No design real, a variação da corrente medida geraria um sinal que funcionaria como condicional para o movimento do servomotor.

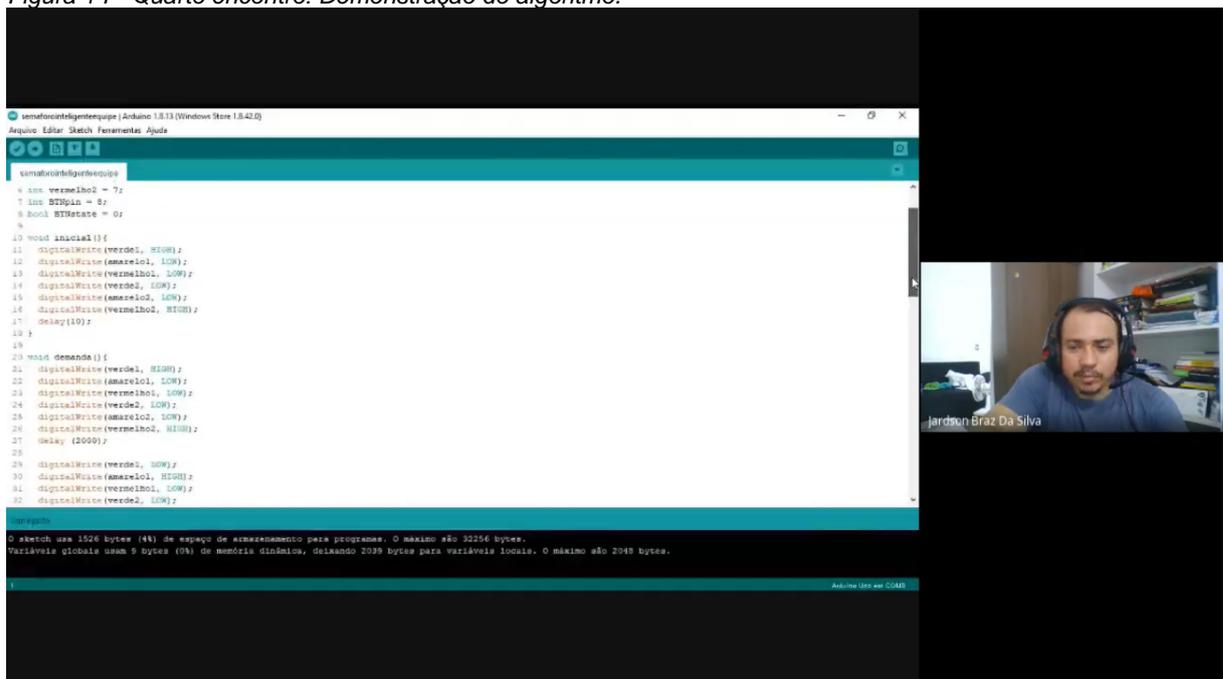
Fonte: O autor (2021)

Obs: A atividade em grupo citada acima forneceu material para a montagem dos experimentos, que foi feita pelo pesquisador. Não foi exigido a formulação do algoritmo na linguagem C++. A maioria dos códigos foi formulada pelo pesquisador a

partir dos planejamentos escritos pelos participantes, porém uma equipe na turma 1 e uma equipe na turma 2 fizeram o código. Inclusive o da equipe da turma 1 funcionou, e o circuito foi montado conforme o modelo fornecido pela equipe via arquivo do Tinkercad.

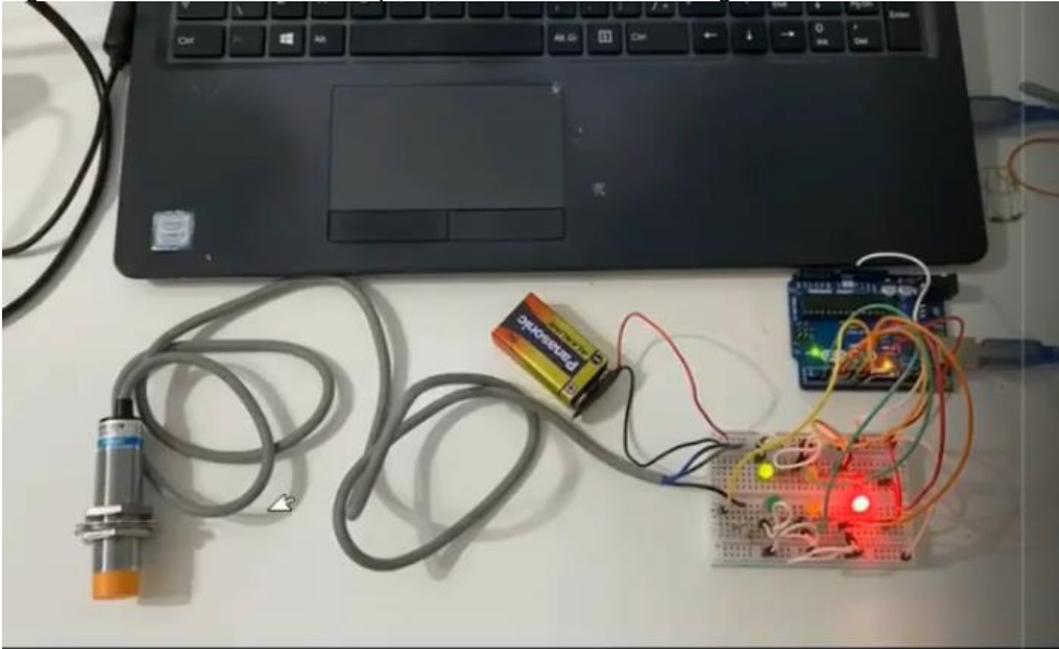
- Quarto encontro: Nesse encontro foi feita a atividade experimental. Os circuitos foram montados pelo pesquisador a partir das orientações escritas pelos participantes. Essa montagem foi feita ao vivo com cada equipe via Google Meet. Os códigos foram descarregados no Arduino e os sistemas todos funcionaram. Foram feitas filmagens dessa etapa e os vídeos foram fornecidos às equipes para serem usados na socialização dos resultados. Os participantes formularam um texto de conclusão de forma colaborativa no Google Docs.

Figura 14 - Quarto encontro: Demonstração do algoritmo.



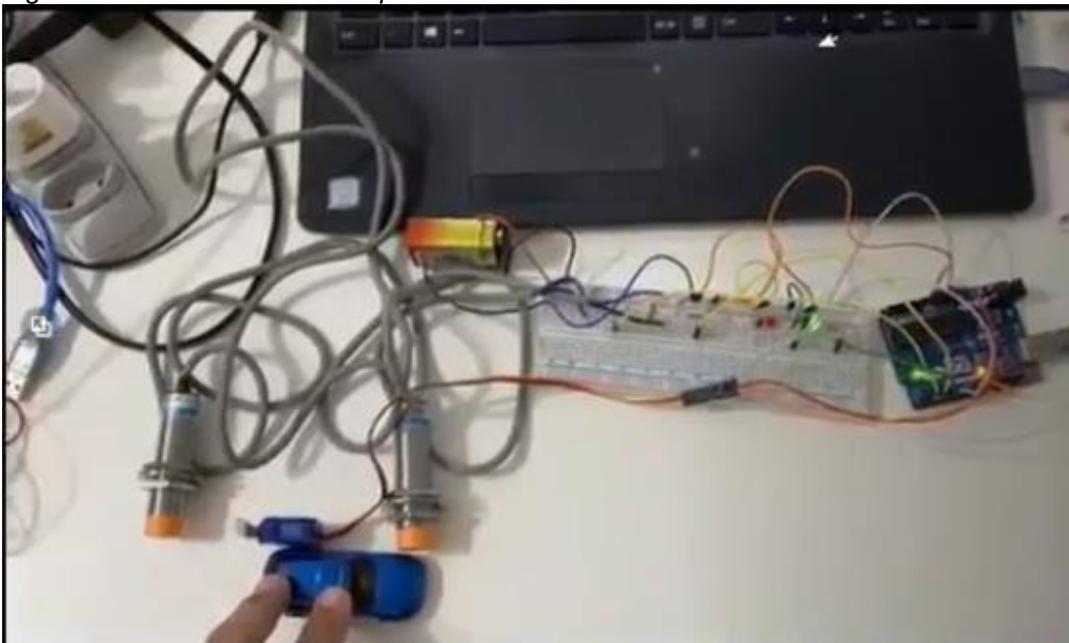
Fonte: O autor (2021)

Figura 15 - Quarto encontro: Experimento do semáforo inteligente.



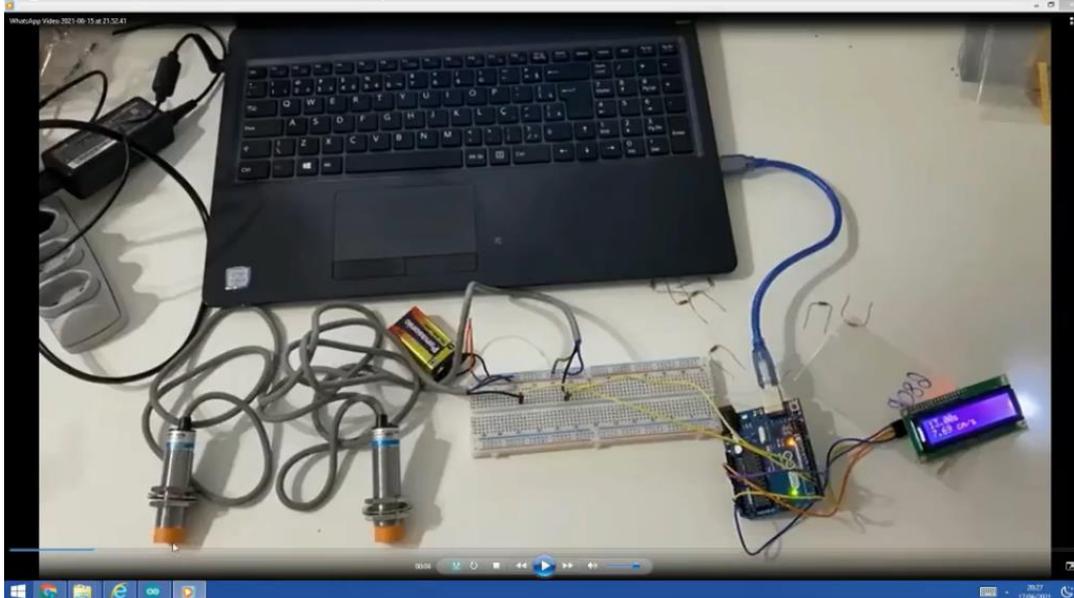
Fonte: O autor (2021)

Figura 16 - Quarto encontro: Experimento da cancela de estacionamento.



Fonte: O autor (2021)

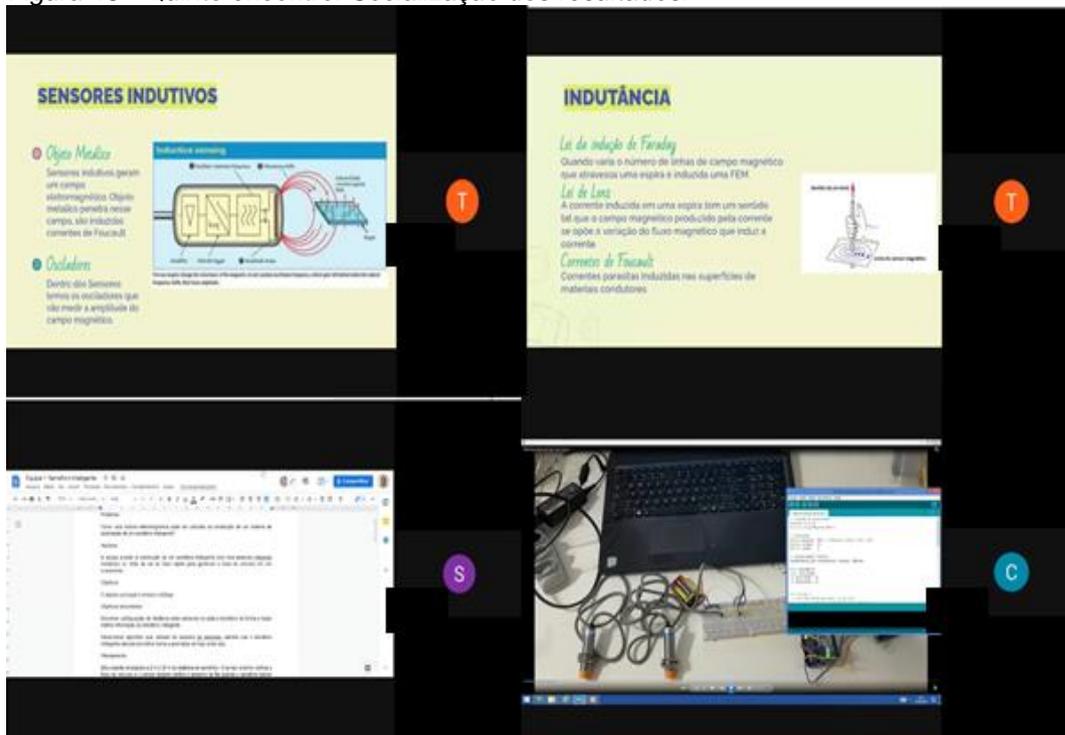
Figura 17 - Quarto encontro: Experimento da lombada eletrônica.



Fonte: O autor (2021)

- Quinto encontro: Os participantes apresentaram seus resultados para todos os outros participantes.

Figura 18 - Quinto encontro: Socialização dos resultados.



Fonte: O autor (2021)

- Sexto encontro: Os participantes foram submetidos ao pós-teste por meio do teste conceitual CSEM, via formulário online;

É importante ressaltar que o conjunto das atividades apontado acima tem como objetivo educacional o estudo dos conceitos em torno da bobina eletromagnética e de seu funcionamento como um sensor.

Quadro 4 - Conceitos abordados nas atividades.

<b>Conceitos relativos à bobina eletromagnética.</b>	<b>Conceitos relativos ao sensor indutivo com a bobina eletromagnética.</b>
Campo magnético.	Campo Magnético Variável.
Corrente elétrica.	Superposição de campo magnético.
Campo magnético devido a uma corrente.	Materiais condutores.
Corrente contínua.	Correntes parasitas ou correntes de Foucault.
Corrente alternada	Indução Eletromagnética.
Força Magnética	

Fonte: O autor (2021)

Conceitos como superposição de campo, materiais condutores e indução eletromagnética também podem ser tomados para a bobina eletromagnética em um contexto fora do sensor indutivo, porém como são conceitos que explicam o funcionamento do sensor estão posicionados na segunda coluna da tabela acima.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A atividade foi aplicada em duas turmas de Prática de Ensino em Física 3. Na primeira turma houve participação foi de 6 alunos e na segunda houve 19 participantes. Os resultados apresentados aqui são da análise dos dados gerados nas duas turmas. Em seguida a tabela com os resultados dos 25 participantes no pré-teste e no pós-teste feitos com o teste conceitual CSEM.

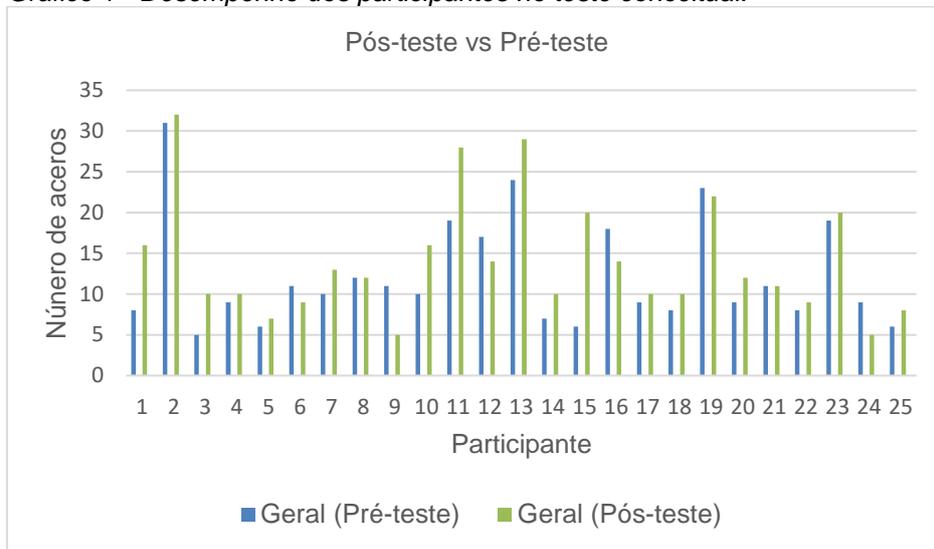
*Tabela 1 - Dados de desempenho no teste conceitual.*

Pré-teste		Pós-teste	
Acertos	Participante	Acertos	Participante
8	Aluno 01	16	Aluno 01
31	Aluno 02	32	Aluno 02
5	Aluno 03	10	Aluno 03
9	Aluno 04	10	Aluno 04
6	Aluno 05	7	Aluno 05
11	Aluno 06	9	Aluno 06
10	Aluno 07	13	Aluno 07
12	Aluno 08	12	Aluno 08
11	Aluno 09	5	Aluno 09
10	Aluno 10	16	Aluno 10
19	Aluno 11	28	Aluno 11
17	Aluno 12	14	Aluno 12
24	Aluno 13	29	Aluno 13
7	Aluno 14	10	Aluno 14
6	Aluno 15	20	Aluno 15
18	Aluno 16	14	Aluno 16
9	Aluno 17	10	Aluno 17
8	Aluno 18	10	Aluno 18
23	Aluno 19	22	Aluno 19
9	Aluno 20	12	Aluno 20
11	Aluno 21	11	Aluno 21
8	Aluno 22	9	Aluno 22
19	Aluno 23	20	Aluno 23
9	Aluno 24	5	Aluno 24
6	Aluno 25	8	Aluno 25
Média	Porcentagem Média	Média	Porcentagem Média
12,24 / 32	38%	14,08 / 32	44%

*Fonte: Dados do autor.*

A partir dos dados acima foi montado gráfico abaixo.

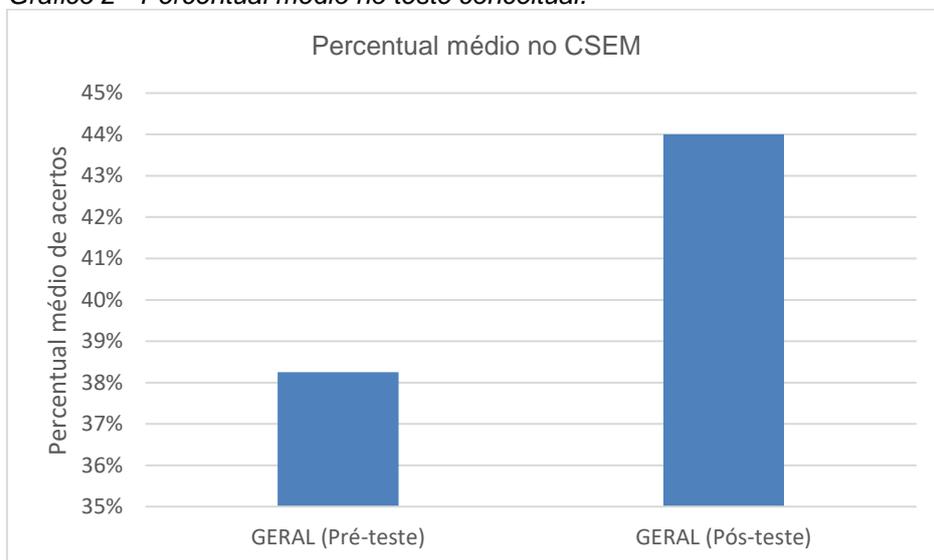
Gráfico 1 - Desempenho dos participantes no teste conceitual.



Fonte: Dados do autor.

A seguir é possível ver um gráfico que compara o percentual médio de acertos no pós-teste e no pré-teste para essa análise geral.

Gráfico 2 - Percentual médio no teste conceitual.



Fonte: Dados do autor.

Por meio do fator de ganho de Hake, dado por  $\frac{Média_{pós-teste\%} - Média_{pré-teste\%}}{100 - Média_{pré-teste\%}}$ , é possível calcular o ganho médio do pós-teste em relação ao pré-teste, que nesse caso resultou. Nesse caso o resultado do ganho foi de 10,7%. Segundo Hake (1998) os

ganhos menores 30 % representam baixo ganho, os ganhos maiores ou iguais 30 e menores 70 % representam médio ganho e os ganhos maiores ou iguais a 70 % representam alto ganho. Dessa forma é possível perceber que a atividade teve baixo impacto nos resultados de desempenho nesse instrumento.

Também foi feita uma análise baseada nas questões mais próximas aos conceitos estudado, conforme a tabela 4, questões de 21 a 32.

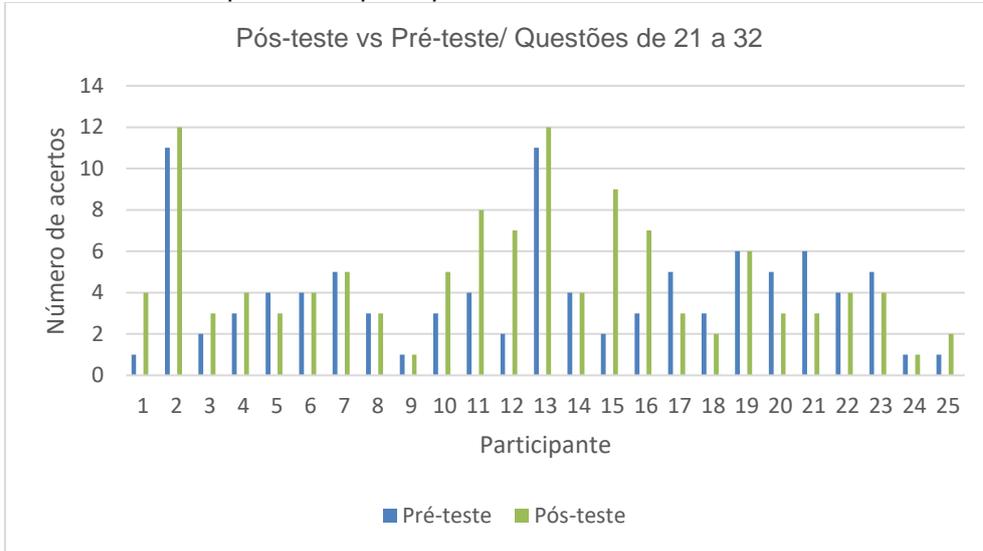
*Tabela 2 - Dados de desempenho nas Questões 21 a 32 do teste conceitual.*

<b>Pré-teste</b>		<b>Pós-teste</b>	
<b>Nota</b>	<b>Participante</b>	<b>Nota</b>	<b>Participante</b>
1	Aluno 01	4	Aluno 01
11	Aluno 02	12	Aluno 02
2	Aluno 03	3	Aluno 03
3	Aluno 04	4	Aluno 04
4	Aluno 05	3	Aluno 05
4	Aluno 06	4	Aluno 06
5	Aluno 07	5	Aluno 07
3	Aluno 08	3	Aluno 08
1	Aluno 09	1	Aluno 09
3	Aluno 10	5	Aluno 10
4	Aluno 11	8	Aluno 11
2	Aluno 12	7	Aluno 12
11	Aluno 13	12	Aluno 13
4	Aluno 14	4	Aluno 14
2	Aluno 15	9	Aluno 15
3	Aluno 16	7	Aluno 16
5	Aluno 17	3	Aluno 17
3	Aluno 18	2	Aluno 18
6	Aluno 19	6	Aluno 19
5	Aluno 20	3	Aluno 20
6	Aluno 21	3	Aluno 21
4	Aluno 22	4	Aluno 22
5	Aluno 23	4	Aluno 23
1	Aluno 24	1	Aluno 24
1	Aluno 25	2	Aluno 25
Média	Porcentagem Média	Média	Porcentagem Média
3,96	33%	4,76	40%

FONTE: Dados do autor.

O gráfico abaixo representa os dados apontados pela tabela acima.

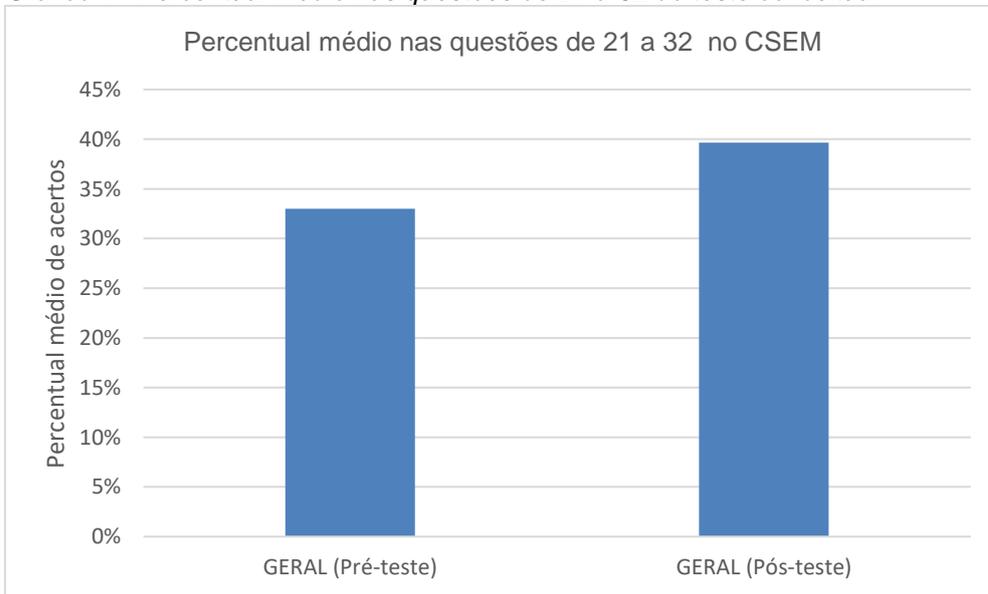
Gráfico 3 – Desempenho dos participantes no itens 21 a 32 do teste conceitual.



Fonte: Dados do autor.

O gráfico a seguir compara os percentuais de acerto para os dados acima.

Gráfico 4 - Percentual médio nas questões de 21 a 32 do teste conceitual



Fonte: Dados do autor.

Para esse caso o fator de ganho de Hake foi de 11,7 %. Apesar de ser maior que o anterior é possível verificar que o valor representa baixo ganho, pois está abaixo de 30%, portanto a atividade também teve baixo impacto para essas questões.

A tabela abaixo mostra quantidade de acertos por questão.

*Tabela 3 - Percentual de acertos por questão no teste conceitual.*

<b>Questão</b>	<b>Pré-teste</b>	<b>Pós-teste</b>	<b>Questão</b>	<b>Pré-teste %</b>	<b>Pré-teste %</b>	<b>Acréscimo %</b>
1	15	19	1	60	76	16
2	8	12	2	32	48	16
3	18	16	3	72	64	-8
4	15	16	4	60	64	4
5	12	15	5	48	60	12
6	13	12	6	52	48	-4
7	9	13	7	36	52	16
8	13	14	8	52	56	4
9	10	10	9	40	40	0
10	13	11	10	52	44	-8
11	8	7	11	32	28	-4
12	15	15	12	60	60	0
13	12	12	13	48	48	0
14	4	7	14	16	28	12
15	6	10	15	24	40	16
16	9	10	16	36	40	4
17	10	11	17	40	44	4
18	6	12	18	24	48	24
19	6	6	19	24	24	0
20	4	5	20	16	20	4
21	6	9	21	24	36	12
22	9	10	22	36	40	4
23	9	14	23	36	56	20
24	8	7	24	32	28	-4
25	8	10	25	32	40	8
26	8	15	26	32	60	28
27	8	7	27	32	28	-4
28	12	13	28	48	52	4
29	8	9	29	32	36	4
30	16	14	30	64	56	-8
31	3	5	31	12	20	8
32	5	6	32	20	24	4

Fonte: Dados do autor.

Na tabela acima o número de acertos é referente ao número de alunos que acertaram essas questões. Foi verificado um acréscimo bruto de acertos para 21 questões, o que corresponde a 65,6% da prova. Considerando as questões de 21 a 32 houve acréscimo em 9 questões, o que corresponde a 81,8% dessas questões. Porém, esse acréscimo não foi significativo item a item.

O instrumento CSEM foi avaliado, quanto a qualidade dos itens primeiramente pelo cálculo do índice de discriminação de cada item. Para compreender esse parâmetro é preciso compreender o índice de dificuldade do item, que é chamado índice de dificuldade, é a razão entre o número de participantes que acertaram o item número de todos que participaram do teste. Para efeitos de cálculo do índice de discriminação esse índice de dificuldade é dado pelo percentual de acertos dentro de cada grupo, ou seja, a razão entre o número acertos do item entre os participantes de cada grupo, o grupo das notas superiores ou das notas inferiores, e o número total de indivíduos daquele grupo. É importante ressaltar que o índice de dificuldade representa mais dificuldade quanto menor é o índice, já que quanto maior é o índice maior foi o número de indivíduos que acertou o item. Assim uma questão com índice de dificuldade de 90% é muito mais fácil que uma questão com o índice de dificuldade de 10%. O índice de discriminação pode ser obtido por meio da subtração entre índices de dificuldade, no item, do grupo com maior aproveitamento e do grupo com menor aproveitamento.

Segundo Amaral, Henning e Knüpfer (2016) a definição dos grupos é feita com a divisão em três grupos. O grupo dos participantes com maior desempenho corresponde a 27 % dos participantes com maiores notas e o grupo dos participantes com menor desempenho corresponde a 27 % dos participantes com menores notas. O restante corresponde ao grupo com desempenho médio. Seguindo esses critérios os resultados do pós-teste, com teste CSEM aplicado neste trabalho foram avaliados e o resultado estão na tabela a seguir.

Tabela 4 - Índice de discriminação dos itens no teste conceitual.

Item	Dificuldade	Dificuldade	Índice de
	Grupo superior	Grupo inferior	discriminação
	%	%	%
1	100	50	50
2	67	17	50
3	100	50	50
4	100	50	50
5	100	33	67
6	83	0	83
7	100	17	83
8	83	33	50
9	83	0	83
10	83	50	33
11	50	0	50
12	67	17	50
13	83	17	67
14	67	0	67
15	67	50	17
16	100	17	83
17	100	17	83
18	83	50	33
19	83	0	83
20	67	0	67
21	83	0	83
22	67	17	50
23	67	33	33
24	33	17	17
25	100	17	83
26	67	50	17
27	83	0	83
28	100	33	67
29	67	33	33
30	83	33	50
31	67	0	67
32	33	17	17

Fonte: Dados do autor.

Com os dados da tabela acima é possível apontar evidências de que a maioria das questões do teste CSEM traduzido para a aplicação nesse trabalho tem boa qualidade para a avaliação referentes ao conceito abordados. Conforme é possível ver no quadro abaixo:

Quadro 5 - Classificação dos Itens do teste conceitual.

<b>Classificação segundo Rabelo (2013)</b>	<b>Discriminação</b>	<b>Questões</b>	<b>Percentual no teste</b>
Item deficiente	Até 0,2 (20%)	15, 24, 26 e 32	12,5%
Item marginal	$0,2 (20\%) \leq \text{Disc} < 0,3(30\%)$		0%
Item bom, sujeito a aprimoramento	$0,3(30\%) \leq \text{Disc} < 0,4 (40\%)$	10, 18, 23 e 29	12,5%
Item bom	$\text{Disc} \geq 0,4 (40\%)$	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 25, 27, 28, 30 e 31	75%

Fonte: Dados do autor.

É possível ver que 75% da prova é considerada boa, 12,5% é considerada boa, com possibilidade de aprimoramento e 12,5% são itens deficientes. Dessa forma 87,5 % da prova pode ser considerada adequada para acessar os conhecimentos acerca dos conceitos de eletricidade e magnetismo, conforme o índice de discriminação.

Outro fator que mede a qualidade dos itens de um teste é o índice de correlação ponto-bisserial, que segundo Vilarinho (2015) é dado por  $\frac{\bar{S}_p - \bar{S}}{\bar{\sigma}_s} \sqrt{\frac{p}{q}}$ , onde  $\bar{S}_p$  é a média de acertos dos participantes que acertaram o item,  $\bar{S}$  é a média de acertos de todos os participantes,  $\bar{\sigma}_s$  é o desvio padrão de total de acertos no teste,  $p$  é o índice de dificuldade do item, e  $q$  a proporção dos indivíduos que erraram o teste, dada por  $q = 1 - p$ . Segundo Vilarinho (2015) espera-se que o resultado seja positivo o que significa  $\bar{S}_p > \bar{S}$ . “Assim, poderemos dizer que alunos com melhores desempenhos no teste como um todo estão acertando o item, ou seja, o item está cumprindo um de seus objetivos fundamentais” (VILARINHO, 2015, p.28). O índice de correlação ponto-

bisserial os itens da versão traduzida do teste conceitual CSM usada neste trabalho e os resultados estão na tabela a seguir:

*Tabela 5 - Correlação ponto-bisserial e discriminação do teste conceitual.*

Item	Correlação ponto-bisserial	Índice de discriminação
		%
1	0,420	50
2	0,234	50
3	0,347	50
4	0,359	50
5	0,456	67
6	0,488	83
7	0,673	83
8	0,352	50
9	0,683	83
10	0,449	33
11	0,343	50
12	0,462	50
13	0,532	67
14	0,619	67
15	0,345	17
16	0,616	83
17	0,627	83
18	0,366	33
19	0,628	83
20	0,715	67
21	0,712	83
22	0,505	50
23	0,308	33
24	0,324	17
25	0,650	83
26	0,117	17
27	0,742	83
28	0,552	67
29	0,389	33
30	0,419	50
31	0,577	67
32	0,279	17

Fonte: Dados do autor.

O índice de discriminação foi repetido na tabela 11 para facilitar a comparação entre os dois resultados. O índice de correlação ponto-bisserial “varia no intervalo (-1; 1) e valores negativos e próximos a zero indicam que indivíduos com maiores notas no teste estão errando o item, ou seja, o item tem baixa discriminação em relação ao resultado do teste” (VILARINHO, 2015, p.28). “De maneira geral, espera-se que o coeficiente de correlação ponto-bisserial assumira valores positivos e superiores a 0,30 para que sejam considerados de boa discriminação” (TORRES, 2015, p.16). É fácil ver que somente os itens 2, 26 e 32 merecem atenção, pois possuem, conforme a tabela 11, valores menores que 0,30. Veja que desses 3 itens 2 também não apresentaram resultados satisfatórios com relação ao índice de discriminação. Assim a análise a partir do ponto-bisserial inclui somente uma questão na lista daquelas que devem ser descartadas, ou como é resultado de uma tradução, ser reavaliadas quanto a qualidade da tradução. Assim as questões que não são consideradas boas, após as duas análises são 2, 15, 24, 26 e 32. O que corresponde a 15,6% da prova. Em resumo, após as duas análises, pode-se dizer que o instrumento utilizado tem 84,4% das questões capazes de acessar o conhecimento dos estudantes acerca dos conceitos de eletricidade e magnetismo apontados no quadro 2.

Além do pré-teste e do pós-teste também houve produção de textos. Inicialmente os participantes a partir de um problema fornecido pelo pesquisador criaram individualmente hipótese, objetivos e planejamento para a atividade experimental. Essa mesma atividade depois foi feita em equipes. As equipes também produziram, após a atividade experimental textos com suas conclusões sobre a atividade. Além desses textos foram produzidas apresentações, também em equipes, para a socialização dos resultados. Essas apresentações foram gravadas e depois transcritas em textos. Os textos e a transcrição do audiovisual gerado com a gravação das apresentações remotas foram analisadas por meio da análise de conteúdo, que segundo Bardin (2016) é um conjunto de técnicas em aperfeiçoamento que se aplica a discursos e conteúdos diversos. Bardin (2016) define como Unidade de registro como uma unidade base, utilizada para a codificação e para a contagem de frequência. Nesse trabalho as unidades de registros são todos os documentos escritos pelos participantes e os textos decorrentes da transcrição da fase de socialização dos resultados, que foi oral. Segundo Bardin (2016, p.137) “a unidade de contexto serve de unidade de compreensão para codificar a unidade de registro”. Aqui a unidade de contexto considerada foi a produção de cada item (hipótese, objetivos e

planejamentos) no caso das produções anteriores à atividade experimental, os parágrafos no caso das produções posteriores, que são as conclusões e os parágrafos dos textos das transcrições das apresentações de socialização dos resultados. Esse critério foi utilizado porque nas produções anteriores aos experimentos poucos itens passaram de um parágrafo. Foram criadas quatro categorias, e três rubricas, em uma das categorias. As rubricas são “um conjunto coerente de critérios sobre o trabalho a ser realizado pelos estudantes que inclui a descrições de níveis de desempenho” (MENDONÇA; COELHO, 2018, p. 109). As categorias e rubricas estão listadas e descritas a seguir:

*Quadro 6 - Definição das categorias utilizadas na análise de conteúdo.*

Categoria	Descrição	
01	Hipótese, objetivo, planejamento ou parágrafo que cita a Bobina como sensor para o melhoramento dos sistemas da automação.	Essa categoria trata de hipóteses que se atem à função da bobina como mera ferramenta nos sistemas de automação.
02	Hipótese, objetivo, planejamento ou parágrafo genérico.	Texto sem riqueza de detalhes. Com frases soltas do tipo: identificar componentes, montar, programar e testar. Ou hipóteses e objetivos que se limitam a reescrever partes do problema proposto.
03	Hipótese, objetivo, planejamento ou parágrafo ligados ao fenômeno físico estudado.	Texto que trata da bobina eletromagnética, somente citando ou descrevendo o seu funcionamento por meio dos conceitos envolvidos.

Quadro 6 - Definição das categorias utilizadas na análise de conteúdo (conclusão).

04	Hipótese, objetivo ou planejamento que associa a bobina como acionadora de mudança de estado do Código.	Textos que consideram a função de sensor indutivo da bobina como ferramenta de mudança de estado do código programado. Essa categoria também desconsidera o fenômeno.
05	Planejamento detalhado.	Roteiro que explica com mais riqueza de detalhes. Com descrição do sistema e dos componentes utilizados, do sistema de automação.

FONTE: Dados do autor.

Com o propósito é verificar a aprendizagem por meio da exploração e compreensão do fenômeno físico estudado e dos conceitos relacionados, conforme o quadro 4, a categoria 3 foi dividida em três Rubricas. São as seguintes:

Quadro 7 - Rubricas referentes aos conceitos estudados.

Rubrica	Descrição
Inadequado	Enquadra as unidades de contexto que somente citam o fenômeno.
Domínio Parcial	Enquadra as unidades de contexto que descrevem o fenômeno parcialmente.
Adequado	Enquadra as unidades de contexto que descrevem o fenômeno de maneira completa, por vezes em detalhes e/ou com citações e explicações dos conceitos físicos por trás do fenômeno.

FONTE: Dados do autor.

A seguir as tabelas e gráficos resultantes da contagem de frequência de cada categoria e das rubricas das produções feitas pela turma 01, com 6 participantes.

As categorias referentes às produções individuais anteriores à atividade experimental, atividade 1, foram contadas conforme a frequência das categorias e organizadas conforme as duas tabelas abaixo:

*Tabela 6 - Frequência das categorias para a atividade 1 da turma 01*

<b>Atividade 1</b>	<b>Frequência</b>	<b>Frequência/total de unidades</b>	<b>Frequência %</b>
Categoria 01	3	3/14	21
Categoria 02	6	6/14	43
Categoria 03	2	2/14	14
Categoria 04	2	2/14	14
Categoria 05	1	1/14	7

Fonte: Dados do autor.

As categorias referentes às produções em grupos anteriores à atividade experimental, atividade 2, foram contadas conforme a frequência das categorias e organizadas conforme as duas tabelas abaixo:

*Tabela 7 - Frequência das categorias para a atividade 2 da turma 01.*

<b>Atividade 2</b>	<b>Frequência</b>	<b>Frequência/total de unidades</b>	<b>Frequência %</b>
Categoria 01	3	3/12	25
Categoria 02	3	3/12	25
Categoria 03	3	3/12	25
Categoria 04	1	1/12	8
Categoria 05	2	2/12	17

Fonte: Dados do autor.

As categorias referentes às produções em grupos posteriores à atividade experimental, atividade 3, foram contadas conforme a frequência das categorias e organizadas conforme as duas tabelas abaixo:

*Tabela 8 - Frequência das categorias para a atividade 3 da turma 01.*

<b>Atividade 3</b>	<b>Frequência</b>	<b>Frequência/total de unidades</b>	<b>Frequência %</b>
Categoria 01	2	2/8	25
Categoria 02	0	0	0
Categoria 03	6	6/8	75
Categoria 04	0	0	0
Categoria 05	0	0	0

Fonte: Dados do autor.

A análise da frequência das categorias na produção da socialização dos resultados, atividade 4, que foi feita por meio de uma apresentação oral das equipes, gerou os seguintes resultados.

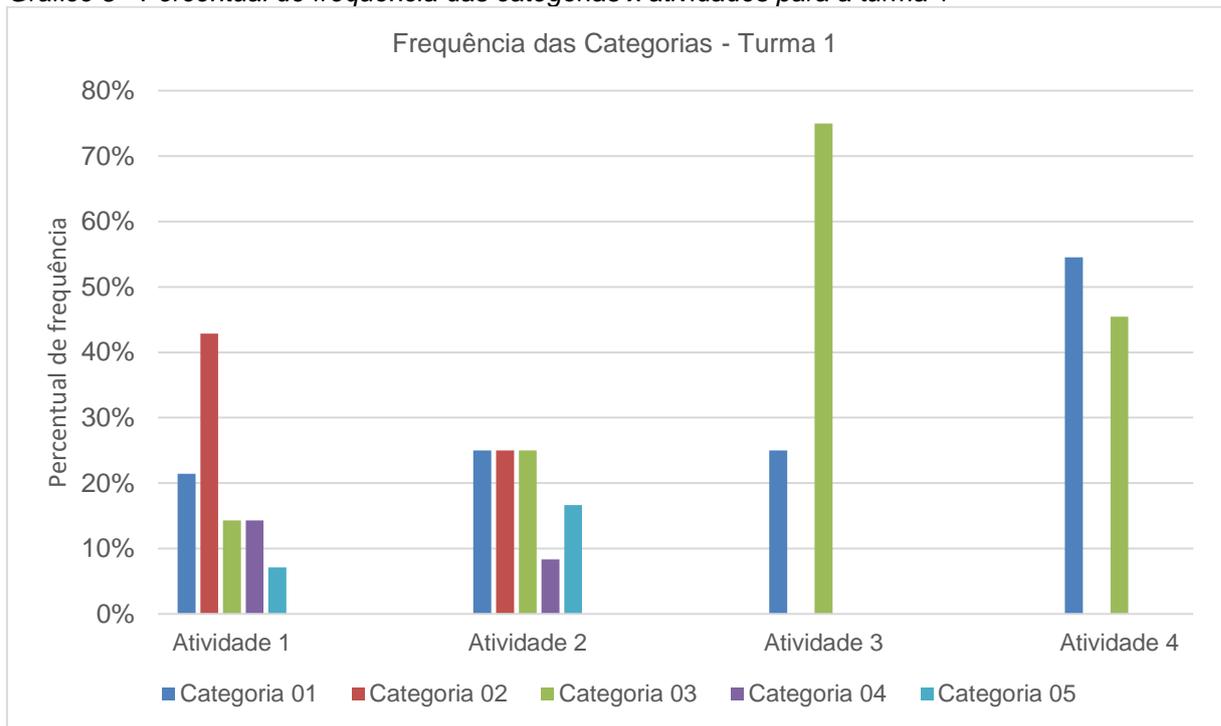
*Tabela 9 - Frequência das categorias para a atividade 4 da turma 01.*

<b>Atividade 4</b>	<b>Frequência</b>	<b>Frequência/total de unidades</b>	<b>Frequência %</b>
Categoria 01	6	6/11	55
Categoria 02	0	0	0
Categoria 03	5	5/11	45
Categoria 04	0	0	0
Categoria 05	0	0	0

Fonte: Dados do autor.

É possível verificar nas tabelas que houve um acréscimo significativo de frequência da categoria 03. É possível ver também um aumento de frequência da categoria 5, na atividade 4. Para evidenciar mais o acréscimo dessas duas categorias, foi elaborado o gráfico abaixo:

Gráfico 5 - Percentual de frequência das categorias x atividades para a turma 1



Fonte: Dados do autor.

No gráfico fica clara a evolução da categoria 03. O que coaduna com os objetivos da pesquisa, que estão ligados ao estudo por meio de um contado com o fenômeno físico.

A frequência das rubricas da categoria 03 para a turma 01 geraram os dados apresentados nas tabelas a seguir:

Os resultados da turma 1, da produção individual (pré-experimento), atividade 1:

Tabela 10 - Frequência das rubricas para a atividade 1 da turma 01.

Atividade 1	Frequência	Frequência/total de unidades	Frequência %
Inadequado	1	$\frac{1}{2}$	50
Domínio parcial	1	$\frac{1}{2}$	50
Adequado	0	0	0

Fonte: Dados do autor.

Os resultados da turma 1 em grupo (pré-experimento), atividade 2:

Tabela 11 - Frequência das rubricas para a atividade 2 da turma 01.

<b>Atividade 2</b>	<b>Frequência</b>		<b>Frequência/total de unidades</b>	<b>Frequência %</b>
Inadequado	3		$\frac{3}{4}$	75
Domínio parcial	1		$\frac{1}{4}$	25
Adequado	0		0	0

Fonte: Dados do autor.

Os resultados da turma 1 em grupo (pós-experimento), atividade 3:

Tabela 12 - Frequência das rubricas para a atividade 3 da turma 01.

<b>Atividade 3</b>	<b>Frequência</b>	<b>Frequência/total de unidades</b>	<b>Frequência %</b>
Inadequado	2	2/6	33
Domínio parcial	2	2/6	33
Adequado	2	2/6	33

Fonte: Dados do autor.

Os resultados da turma 1 em grupo na socialização dos resultados, apresentações orais (pós-experimento), atividade 4:

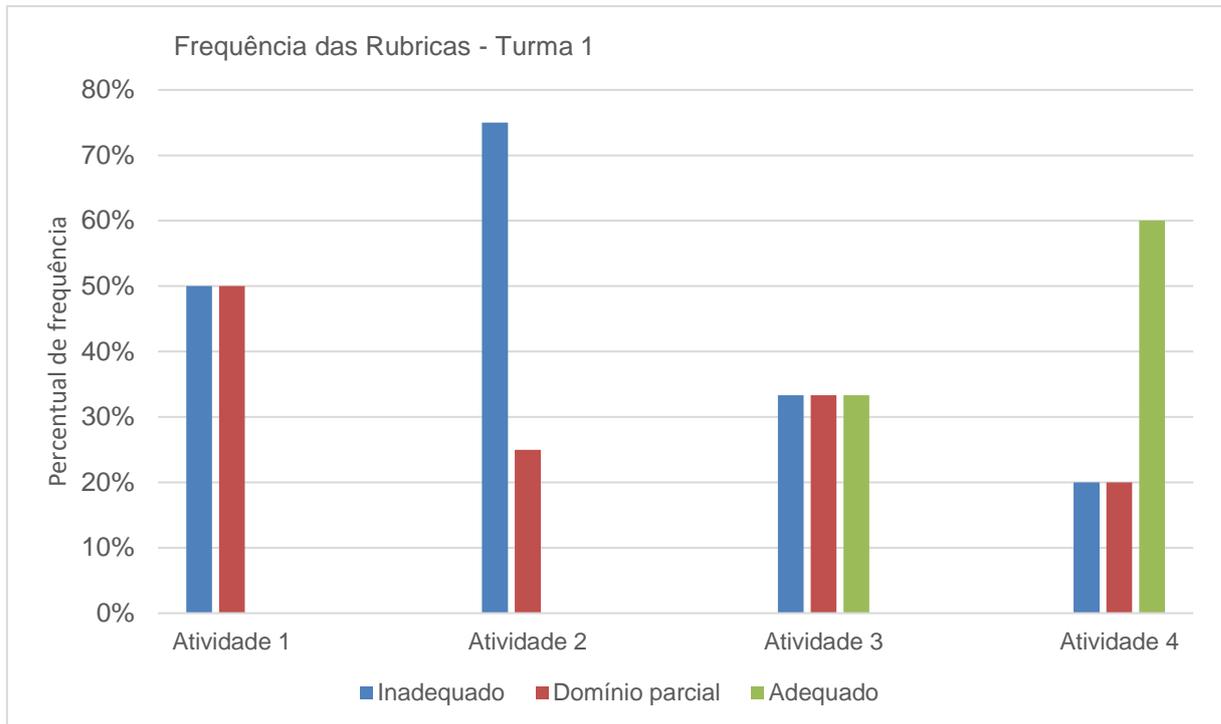
Tabela 13 - Frequência das rubricas para a atividade 4 da turma 01.

<b>Atividade 4</b>	<b>Frequência</b>	<b>Frequência/total de unidades</b>	<b>Frequência %</b>
Inadequado	1	1/5	20
Domínio parcial	1	1/5	20
Adequado	3	3/5	60

Fonte: Dados do autor.

É possível verificar um aumento significativo da rubrica “adequado” nas atividades executadas após a atividade experimental. Foi construído o gráfico a seguir para uma melhor visualização dessa evolução.

Gráfico 6 - Frequências das rubricas x atividade da turma 1



Fonte: Dados do autor.

O gráfico evidencia que houve considerável acréscimo da rubrica “adequado” à medida que as atividades avançaram. Na verdade, essa rubrica sequer aparece nas duas primeiras atividades, que são anteriores à fase de execução do experimento. Como essa rubrica está ligada à qualidade da descrição do fenômeno e dos conceitos bases relacionados ao fenômeno e como a rubrica “adequado” representa maior qualidade nesse sentido, esse resultado evidencia que a atividade proporcionou um ambiente de estudo favorável a aprendizagem dos fenômenos relacionados à bobina eletromagnética.

Essa mesma contagem das frequências das categorias e rubricas foi feita para a turma 2.

As categorias referentes às produções individuais anteriores à atividade experimental, atividade 1, foram contadas conforme a frequência das categorias e organizadas conforme as duas tabelas abaixo:

Tabela 14 - Frequência das categorias para a atividade 1 da turma 02.

<b>Atividade 1</b>	<b>Frequência</b>	<b>Frequência/total de unidades</b>	<b>Frequência %</b>
Categoria 01	17	17/43	40
Categoria 02	12	12/43	28
Categoria 03	13	13/43	30
Categoria 04	1	1/43	2
Categoria 05	0	0	0

Fonte: Dados do autor.

As categorias referentes às produções em grupos anteriores à atividade experimental, atividade 2, foram contadas conforme a frequência das categorias e organizadas conforme as duas tabelas abaixo:

Tabela 15 - Frequência das categorias para a atividade 2 da turma 02.

<b>Atividade 2</b>	<b>Frequência</b>	<b>Frequência/total de unidades</b>	<b>Frequência %</b>
Categoria 01	7	7/16	44
Categoria 02	1	1/16	6
Categoria 03	3	3/16	19
Categoria 04	2	2/16	13
Categoria 05	3	3/16	19

Fonte: Dados do autor.

As categorias referentes às produções em grupos posteriores à atividade experimental, atividade 3, foram contadas conforme a frequência das categorias e organizadas conforme as duas tabelas abaixo:

Tabela 16 - Frequência das categorias para a atividade 3 da turma 02.

<b>Atividade 3</b>	<b>Frequência</b>	<b>Frequência/total de unidades</b>	<b>Frequência %</b>
Categoria 01	3	3/9	33
Categoria 02	1	1/9	11
Categoria 03	5	5/9	56
Categoria 04	0	0	0
Categoria 05	0	0	0

Fonte: Dados do autor.

A análise da frequência das categorias na produção da socialização dos resultados para a turma 2, atividade 4, que foi feita por meio de uma apresentação oral das equipes, gerou os seguintes resultados.

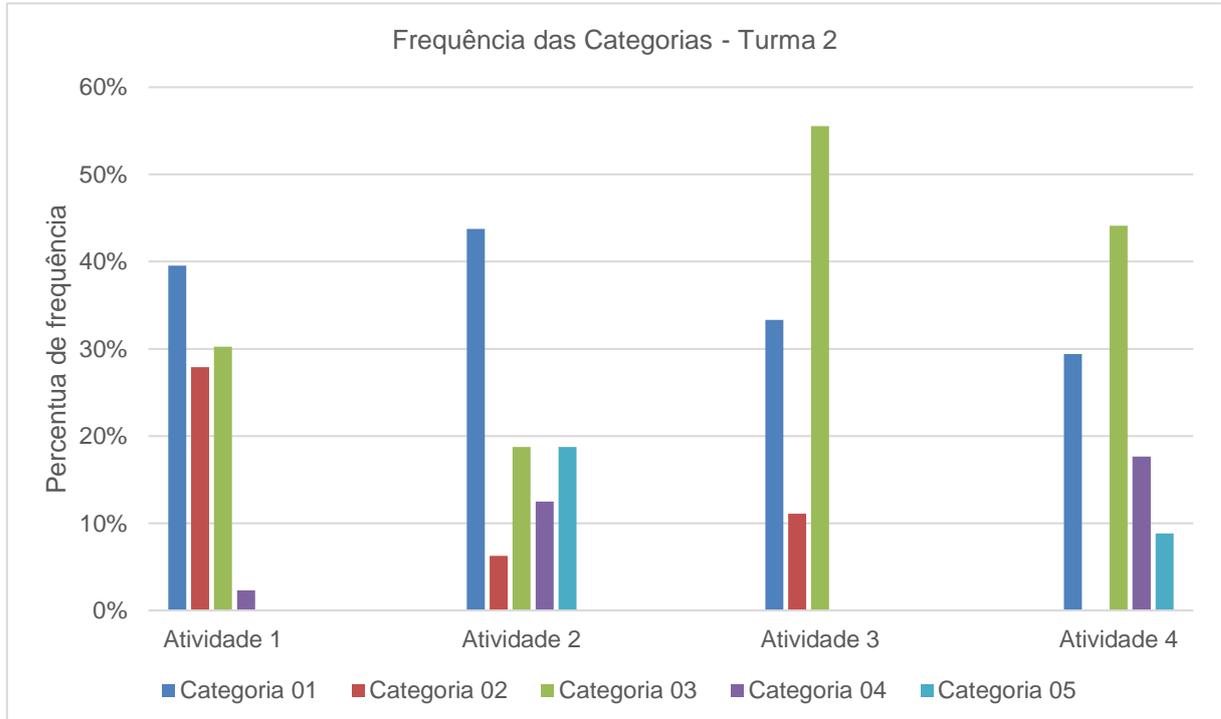
*Tabela 17 - Frequência das categorias para a atividade 4 da turma 02.*

<b>Atividade 4</b>	<b>Frequência</b>	<b>Frequência/total de unidades</b>	<b>Frequência %</b>
Categoria 01	10	10/34	29
Categoria 02	0	0	0
Categoria 03	15	15/34	44
Categoria 04	6	6/34	18
Categoria 05	3	3/34	9

Fonte: Dados do autor.

Houve um aumento significativo de incidência da categoria 03 nas atividades pós atividade experimental. Foi construído o gráfico abaixo para ilustrar melhor os dados apresentados nas tabelas.

*Gráfico 7: Percentual de frequência das categorias x atividades para a turma 2*



É fácil perceber no gráfico um aumento considerável da categoria 03 se compararmos as duas atividades pós-experimento, atividades 3 e 4, com as duas atividades pré-experimento. Isso é um indicativo de que à medida que as atividades

avançavam os participantes estavam mais envolvidos com o fenômeno estudado e com os conceitos relacionados ao fenômeno.

Para a turma 2 também foi feita a contagem das rubricas da categoria 03. Os resultados da turma um individual, (pré-experimento), atividade 1:

*Tabela 18 - Frequência das rubricas para a atividade 1 da turma 02.*

<b>Atividade 1</b>	<b>Frequência</b>	<b>Frequência/total de unidades</b>	<b>Frequência %</b>
Inadequado	7	7/12	58
Domínio parcial	5	5/12	42
Adequado	0	0	0

Fonte: Dados do autor.

Os resultados da turma em grupo (pré-experimento), atividade 2:

*Tabela 19 - Frequência das rubricas para a atividade 2 da turma 02.*

<b>Atividade 2</b>	<b>Frequência</b>	<b>Frequência/total de unidades</b>	<b>Frequência %</b>
Inadequado	2	2/3	67
Domínio parcial	0	0	0
Adequado	1	1/3	33

Fonte: Dados do autor.

Os resultados da turma em grupo (pós-experimento), atividade 3:

*Tabela 20 - Frequência das rubricas para a atividade 3 da turma 02.*

<b>Atividade 3</b>	<b>Frequência</b>	<b>Frequência/total de unidades</b>	<b>Frequência %</b>
Inadequado	2	2/5	40
Domínio parcial	1	1/5	20
Adequado	2	2/5	40

Fonte: Dados do autor.

Os resultados da turma em grupo na socialização dos resultados, na apresentação oral (pós-experimento), Atividade 4:

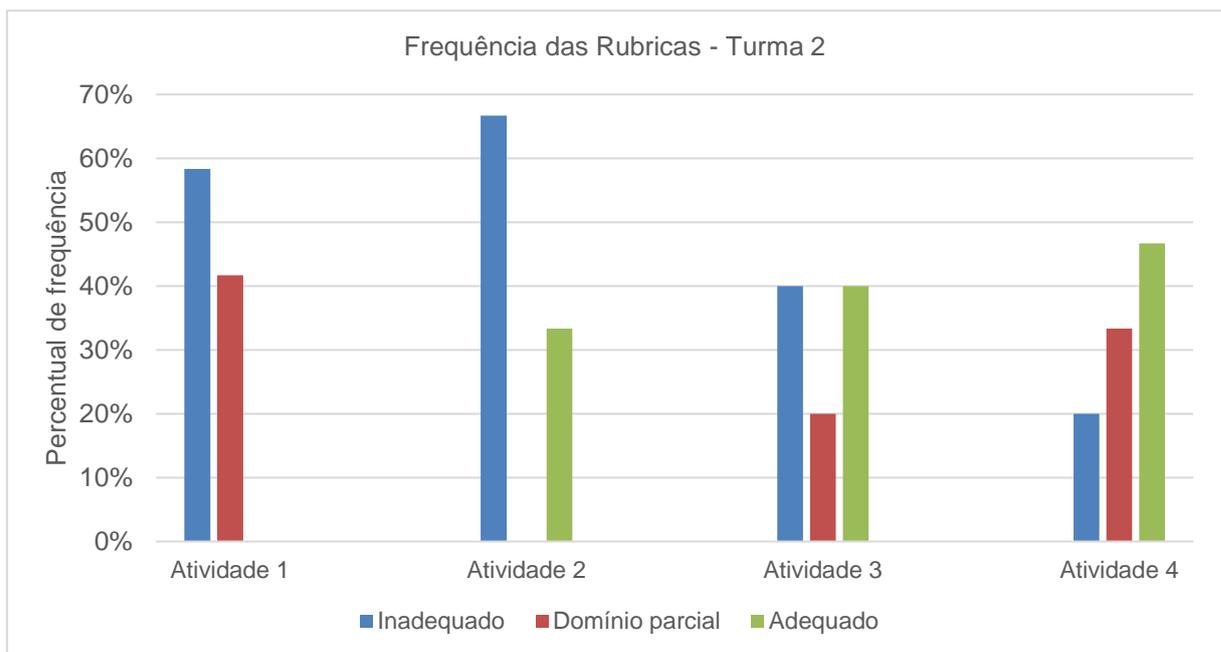
Tabela 21 - Frequência das rubricas para a atividade 4 da turma 02.

Atividade 4	Frequência	Frequência/total de unidades	Frequência %
Inadequado	3	3/15	20
Domínio parcial	5	5/15	33
Adequado	7	7/15	47

Fonte: Dados do autor.

Houve um aumento da rubrica Inadequado. Como é possível ver no gráfico a seguir:

Gráfico 8 - Frequências das rubricas x atividade da turma 2



Fonte: Dados do autor

O gráfico evidencia bem um aumento da rubrica "adequado", o que indica uma melhora na qualidade dos textos relativos ao fenômeno estudado, cada vez mais, com o avanço das atividades, os participantes produziram materiais que descreviam o fenômeno em detalhes e que explicavam os conceitos relacionados.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A estratégia de ensino e aprendizagem, apoiada na atividade experimental investigativa com uso de automação, foi avaliada por meio dos dois instrumentos já citados no capítulo anterior. O primeiro foi uma tradução do teste conceitual “Conceptual Survey of Electricity and Magnetism (CSEM)”, um teste com 32 questões sobre eletricidade e magnetismo, que foi avaliado e possui evidências de validação na sua versão original. A segunda foi uma análise de conteúdo a partir dos textos e apresentações orais produzidos pelos participantes da pesquisa. A atividade foi aplicada em duas turmas da disciplina “Prática de ensino em Física III” do curso de Física de uma universidade pública na cidade de Manaus. Na primeira turma, turma 1, houve 6 participantes e na segunda turma, turma 2, houve 19 participantes. Para os resultados do CSEM, os dados das duas turmas foram analisados juntos. A análise de conteúdo foi feita de maneira separada.

A pontuação média no teste conceitual CSEM aumentou, no pós-teste com relação ao pré-teste, de 38% para 44% dos acertos. E quando se analisa somente as questões de 21 a 32, que são as questões mais próximas ao conteúdo estudado, houve um aumento de 33% para 40% de acertos, o que representa um acréscimo de 11,7% nos acertos, enquanto no resultado que considera todas as questões o acréscimo foi de 10,7%. Dessa forma houve um acréscimo de nota maior nas questões relacionadas ao conteúdo que se pretendia estudar com a atividade. Porém, segundo a classificação de Hake(1998), esses resultados representam um baixo ganho. Dessa forma a estratégia de ensino aplicada pode ser considerada uma estratégia de baixo impacto quando consideramos a utilização do teste conceitual CSEM como ferramenta para a avaliação dos conhecimentos dos estudantes acerca dos conceitos relativos à bobina eletromagnética.

Também foi avaliada a porcentagem de participantes que acertaram cada item no pré-teste e no pós-teste. Não houve nenhuma melhora significativa. As questões que tratavam dos conceitos que podem ser relacionados foram as que mais tiveram acréscimo, porém foram acréscimos baixos.

Além da análise dos resultados no pré-teste e do pós-teste, a atividade também foi avaliada a partir de uma análise de conteúdo dos textos produzidos pelos participantes e das transcrições das gravações das apresentações orais na fase de socialização dos resultados. Para essa análise a sequência didática investigativa foi

dividida em quatro atividades. Foi fornecido um problema para as turmas, e a partir desse problema foram produzidos textos individuais, atividade 1, e em grupo, atividade 2, antes da atividade experimental e, após a atividade experimental, um texto de conclusão em grupo, atividade 3 e por fim uma apresentação oral para a socialização dos resultados, atividade 4.

Das categorias criadas, a categoria 3 denota um maior aprendizado do conteúdo estudado, pois essa categoria aponta unidades de contexto relacionadas ao fenômeno estudado. E dessa categoria foram criadas três rubricas, e a rubrica “adequado” é a que representa maior aprendizado, pois representa descrições mais completas do fenômeno a partir dos conceitos apontados no quadro 4.

Para a turma 1, com 6 participantes, na atividade 1, a atividade individual, anterior a atividade experimental, houve uma frequência de 21% da categoria 1, de 43% da categoria 2, de 14% da categoria 3, de 14% da categoria 4 e de 7% da categoria 5. Há aqui uma alta incidência da categoria 2, que é a categoria ligada a um texto sem nenhuma informação sobre o fenômeno e baixa incidência da categoria 3, justamente a categoria que denotaria um maior conhecimento do conteúdo em questão.

Na atividade 2, a atividade em grupo, anterior a atividade experimental, houve uma frequência de 25% da categoria 1, de 25% da categoria 2, de 25% da categoria 3, de 8% da categoria 4 e de 17% da categoria 5. A incidência da categoria 3 aumentou um pouco em relação a atividade 1.

Na atividade 3, texto de conclusão em grupo, posterior a atividade experimental, houve uma frequência de 25% da categoria 1, de 0% da categoria 2, de 75% da categoria 3, de 0% da categoria 4 e de 0% da categoria 5. Nessa atividade a incidência da categoria 3 aumentou consideravelmente.

Na atividade 4, a socialização dos resultados, houve uma frequência de 55% da categoria 1, de 0% da categoria 2, de 45% da categoria 3, de 0% da categoria 4 e de 0% da categoria 5.

É possível notar um aumento significativo da frequência da categoria 3, o que significa que após a atividade experimental as produções tiveram maior incidências da categoria mais ligada à produção de conhecimento referente ao fenômeno estudado na atividade.

Porém a categoria 3 inclui também unidades de contexto que somente citam o fenômeno. Para um aprofundamento da análise, como já foi citado, foram criadas

rubricas da categoria 3, onde a rubrica “adequado” indica descrições mais completas dos fenômenos, envolvendo inclusive os conceitos por trás do fenômeno, a “inadequado” uma mera citação do fenômeno e a “domínio parcial” uma descrição parcial.

Então, ainda para a turma 1, com os 6 participantes, para a atividade 1, houve uma frequência de 50% da rubrica “inadequado”, de 50% da rubrica “domínio parcial”, e de 0% da rubrica “adequado”. Para a atividade 2, houve uma frequência de 75% da rubrica “inadequado”, de 25% da rubrica “domínio parcial”, e de 0% rubrica “adequado”. Para a atividade 3, houve uma frequência de 33% da rubrica “inadequado”, de 33% da rubrica “domínio parcial”, e de 33% da rubrica “adequado”. Para a atividade 4, houve uma frequência de 20% da rubrica “inadequado”, de 20% da rubrica “domínio parcial”, e de 60% da rubrica “adequado”.

É fácil notar um aumento gradativo da frequência da rubrica “adequado”, o que é muito bem ilustrado no gráfico 5 do capítulo anterior. Quando se considera a primeira e a última atividade o acréscimo de frequência da rubrica “adequado” foi significativo, de 0% para 60%.

O aumento da categoria 3 e da rubrica “adequado”, nas últimas atividades indica uma evolução na compreensão do fenômeno e no entendimento dos conceitos relacionados ao fenômeno. É interessante notar que nas atividades 1 e 2 não houve incidência da rubrica “adequado”, ou seja, ou o fenômeno era meramente citado ou descrito parcialmente. Nas atividades 3 e 4 a incidência foi de 33% e 60% respectivamente. Em resumo, com o avanço das atividades os textos produzidos se tornaram mais “adequados” aos conceitos estudados, conforme o quadro 4.

Para a turma 2, com 19 participantes, na atividade 1, a atividade individual, anterior a atividade experimental, houve uma frequência de 40% da categoria 1, de 28% da categoria 2, de 30% da categoria 3, de 2% da categoria 4 e de 0% da categoria 5.

Na atividade 2, a atividade em grupo, anterior a atividade experimental, houve uma frequência de 44% da categoria 1, de 6% da categoria 2, de 19% da categoria 3, de 13% da categoria 4 e de 19% da categoria 5.

Na atividade 3, texto de conclusão em grupo, posterior a atividade experimental, houve uma frequência de 33% da categoria 1, de 11% da categoria 2, de 56% da categoria 3, de 0% da categoria 4 e de 0% da categoria 5.

Na atividade 4, a socialização dos resultados, houve uma frequência de 29% da categoria 1, de 0% da categoria 2, de 44% da categoria 3, de 18% da categoria 4 e de 9% da categoria 5.

A incidência da categoria 3 aumenta significativamente nas duas últimas atividades, o que fica bem evidente no gráfico 7 do capítulo anterior.

Ainda para a turma 2 foram analisadas as frequências das rubricas da categoria 3, com o propósito de uma verificação mais profunda da construção do conhecimento acerca do fenômeno da bobina eletromagnética.

Para a atividade 1, houve uma frequência de 58% da rubrica “inadequado”, de 42% da rubrica “domínio parcial”, e de 0% da rubrica “adequado”. Para a atividade 2, houve uma frequência de 67% da rubrica “inadequado”, de 0% da rubrica “domínio parcial”, e de 33% da rubrica “adequado”. Para a atividade 3, houve uma frequência de 40% da rubrica “inadequado”, de 20% da rubrica “domínio parcial”, e de 40% da rubrica “adequado”. Para a atividade 4, houve uma frequência de 20% da rubrica “inadequado”, de 33% da rubrica “domínio parcial”, e de 47% da rubrica “adequado”.

É possível ver um aumento da frequência da rubrica “adequado” e uma diminuição da rubrica “inadequado”, com o avanço das atividades, como ilustra o gráfico 8 do capítulo anterior. Isso demonstra um amadurecimento do entendimento acerca do fenômeno e dos conceitos relacionados ao fenômeno.

Outro aspecto importante a ser avaliado é a influência das atividades em grupo para a construção do conhecimento. O fator social é um aspecto importante da aprendizagem, “cada relação entre indivíduos (a partir de dois) acaba efetivamente por modificá-lo” (PIAGET, 2013, p.221) e “sem o intercâmbio do pensamento, nem cooperação com os outros, o indivíduo não conseguiria agrupar suas operações em um todo coerente” (PIAGET, 2013, p.230). Essa influência do meio social e das atividades colaborativas aparece nos resultados da análise de conteúdo. O gráfico 5, mostra que na turma 1, já há um acréscimo da categoria 3, que é a categoria que indica textos que descrevem ou citam o fenômeno, já na primeira atividade em grupo a atividade 2. Isso indica que a discussão e o intercâmbio de pensamento, antes mesmo da execução da atividade experimental, uma evolução na abordagem dos estudantes.

A evolução das categorias fica mais evidenciada nas atividades pós-experimento. O gráfico 7, relativo à turma 2, mostra uma diminuição da categoria 03 na primeira atividade em grupo, atividade 2, quando comparada a atividade individual,

atividade 1, porém o gráfico 8 mostra que a incidência a incidência da rubrica “inadequado” prevalece na atividade 1, o que quer dizer que a maior parte dos textos trazia uma mera citação do fenômeno. E não há na atividade 1 sequer uma incidência da rubrica “adequado”. Já na atividade 2, há 30% de frequência da rubrica “adequado”. O que quer dizer que houve uma diminuição de unidades de contexto que tratam do fenômeno, mas houve uma melhora na qualidade dos textos produzidos pelos participantes na atividade em grupo.

Quando se fala em qualidade da informação dos textos produzidos isso reflete o aumento da categoria “adequado” com o passar das atividades. Fato que se deve incidência no texto de conceitos relacionados a bobina eletromagnética, conforme o quadro 4. Surgiram nesses textos conceitos importantes como Lei de Lenz, correntes de Foucault, lei da indução de Faraday. Além dos conceitos mais básicos como, corrente elétrica, corrente elétrica contínua e alternada, campo magnético e campo magnético variável.

A pesquisa tem como pressuposto teórico o pensamento de Jean Piaget acerca da aprendizagem e o fundamento que esse pensamento traz para a atividade experimental investigativa, quando Piaget (2015) fala sobre como os experimentos devem ser feitos com mais independência, onde os estudantes devem ficar livres para testar por si mesmos hipóteses que eles mesmos criaram. E a aprendizagem como uma transformação do indivíduo, mais precisamente transformação das estruturas cognitivas. A partir dessa ótica é possível verificarmos, com base nos resultados, como a execução das atividades descritas respondem as questões da pesquisa.

A primeira questão norteadora é “Como estabelecer uma sequência de ensino investigativa do Eletromagnetismo que possibilite um ambiente favorável à aprendizagem?”. A estratégia aqui aplicada trouxe para a sequência de ensino investigativa o uso de experimento com automação por meio remoto. Como os resultados do teste conceitual CSEM e da análise de conteúdo não apontam para os mesmos resultados, o entendimento aqui é que a estratégia carece de ajustes.

Como as tecnologias de automação fazem parte do cotidiano dos estudantes e como a física é base para a maioria dessas tecnologias, o trabalho aqui apresentado pode servir de base para a construção de uma estratégia que possibilite esse ambiente favorável. Pode-se pensar na utilização dessas tecnologias para o estudo de conceitos bem específicos, já que na atividade aplicada houve a pretensão de estudo de todos os conceitos possíveis em torno do funcionamento da bobina eletromagnética e do seu uso em um sensor indutivo, conforme

o quadro 4, o que trouxe muitos conceitos para serem estudados. Claro que nesse caso seria necessário o uso de um teste mais adequado ao conceito estudado, já que os conceitos verificados pelo teste conceitual CSEM são muito amplos. Nesse caso pode-se utilizar algumas questões das 32 dessa ferramenta. Para trabalhos em língua portuguesa, essa dissertação pode contribuir no sentido em que o autor traduziu a ferramenta e fez o teste de discriminação dos itens do instrumento. Nesse caso é aconselhável que se utilize somente os itens com índice de discriminação maiores que 30%.

A segunda questão norteadora é “como a compreensão dos fenômenos referentes a bobina eletromagnética pode viabilizar a construção de novas estruturas cognitivas adequadas aos conceitos?”. A análise de conteúdo, principalmente nas atividades executadas em grupo, apresentou boas perspectivas quanto a construção de novas estruturas à medida que as atividades avançavam, pois, a rubrica “adequado” referente as unidades de contexto mais adequadas aos conceitos estudados, conforme o quadro 4, teve um bom acréscimo. Porém quanto a utilização dessas estruturas para a resolução das questões do teste conceitual CSEM aplicado, não foi verificada melhora significativa.

Como, apesar de Piaget ressaltar a importância dos fatores sociais da aprendizagem, a construção das estruturas cognitivas se dá no indivíduo, não é possível afirmar que a estratégia de ensino e aprendizagem utilizada aqui tenha possibilitado essa construção. Pode-se pensar, como aprimoramento da estratégia, na construção do sensor indutivo, apesar de tornar a atividade muito mais trabalhosa, o estudante tem contato com a bobina, já que na atividade aplicada foi utilizado um sensor indutivo industrial, que encerra a bobina em uma capsula de aço sem possibilidade de visualização da bobina. Possivelmente isso traria mais sentido físico a atividade.

A terceira questão norteadora é “como ensino do Eletromagnetismo com foco na exploração do fenômeno pode influenciar no desenvolvimento das concepções acerca dos conceitos?”. Essa questão está relacionada ao terceiro objetivo específico, que é “analisar o desenvolvimento das concepções dos participantes acerca dos conceitos do eletromagnetismo”. Essa análise passa pelos dois instrumentos utilizados, que mais que o desempenho dos participantes, avalia, é claro, a efetividade da estratégia de ensino e aprendizagem baseada na sequência de ensino investigativa aplicada. A evolução das rubricas criadas para avaliação da adequação das unidades de contextos, nesse caso os parágrafos produzidos pelos estudantes nas 4 atividades indicadas no capítulo 5 desse trabalho, apontaram um melhoramento nos textos, o que poderia ser visto como uma evolução na concepção acerca dos conceitos. Porém a aplicação do teste conceitual CSEM não trouxe

a mesma percepção, pois os incrementos de desempenho no pós-teste com relação ao pré-teste.

Como esse instrumento tem a função de acessar o conhecimento sobre conceitos relativos a eletricidade e magnetismo e vários desses conceitos são os objetivos da sequência de ensino aplicada, é possível notar que não houve uma evolução individual com relação à concepção dos conceitos estudados. Assim, essa avaliação nos leva ao entendimento de que não houve um desenvolvimento significativo referente a essas concepções, pois o uso dos dois métodos para a avaliação da sequência didática investigativa baseada na atividade experimental com automação por meio remoto não mostrou uma convergência dos resultados.

O problema de pesquisa foi formulado da seguinte forma: Como uma estratégia de ensino e aprendizagem de Eletromagnetismo baseado na exploração e compreensão dos fenômenos físicos pode possibilitar a construção do conhecimento dos conceitos? A estratégia traz elementos tecnológicos importantes para o ambiente de ensino e aprendizagem. Porém nas perspectivas dos resultados obtidos por meio dos dois instrumentos utilizados não houve convergência no sentido de um resultado que corroborasse que a atividade pudesse possibilitar a construção do conhecimento dos conceitos abordados, conforme o quadro 4. Em resumo, as respostas às questões norteadoras, apresentadas nos parágrafos anteriores, também respondem ao problema de pesquisa. Apesar dos resultados apontados, o trabalho traz como contribuição uma estratégia que pode ser aprimorada e testada com algumas adequações. Além dos aprimoramentos já citados, outra possibilidade é a aplicação do trabalho de maneira presencial.

Como contribuição que o trabalho traz a tradução de um instrumento teste amplamente utilizado na pesquisa em Ensino de Física em língua inglesa, o teste conceitual CSEM. Como o teste foi avaliado em outro contexto, parte do trabalho aqui realizado foi voltado à avaliação do instrumento por meio da verificação da qualidade de cada item, com o cálculo do índice de discriminação e do índice de correlação ponto-bisserial. Dos 32 itens, 27 apresentaram resultado de item bom para avaliação dos conceitos envolvidos. A ferramenta pode ser utilizada em outras pesquisas e pode ser aprimorada, inclusive com uma revisão de tradução das 5 questões consideradas inadequadas para novo teste.

## REFERÊNCIAS

- AMARAL, A.; HENNING, E.; KNÜPFER, R. E. N. Análise Clássica de Testes: Uma proposta de análise de desempenho dos estudantes na primeira fase da OBMEP. **Colbeduca**, [S. l.], v. 1, 9 nov. 2016. II COLBEDUCA.
- ANGOTTI, J.A.P. **Ensino de Física com TDIC**. Florianópolis: UFSC/EAD/FCM/CED, 2015. p. 125. Disponível em: [http://ppgect.ufsc.br/files/2016/01/Ensino\\_FSC\\_TDIC\\_1215.pdf](http://ppgect.ufsc.br/files/2016/01/Ensino_FSC_TDIC_1215.pdf).
- BARDIN, Laurence. **Análise de Conteúdo**. Tradução de Luís Antero Reto. 1. ed. São Paulo: Edições 70, 2016.
- BECKER, F. **Educação e construção do conhecimento**. [recurso eletrônico] / Fernando Becker. – 2. ed. – Dados eletrônicos– Porto Alegre: Penso, 2012
- BECKER, F. **O caminho da aprendizagem em Jean Piaget e Paulo Freire: Da ação à operação**. 2. Ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2011.
- BECKER, F. O que é construtivismo? **Revista de Educação AEC**, Brasília, v. 21, n.83, p. 7-15, abr./jun. 1992.
- BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de Ciências. **Caderno Brasileiro de ensino de Física**. v. 19, n.3: p.291-313, dez. 2002.
- BRANDÃO, R. V.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. A modelagem científica de fenômenos físicos e o ensino de Física. **Física na Escola**. São Paulo, v.9, n.1, 2008.
- BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, 2018.
- BRITO, L.C.C. **Adolescência, sociabilidade e a construção do conhecimento**. Manaus: Valer, 2018. p. 284.
- BUONGIORNO, D., MICHELINI, M. & SANTI, L. A vertical path proposal on magnetic and electromagnetic phenomena and superconductivity based on hands-on experiments. **Junior College multi-disciplinary conference: research, practice and collaboration: Breaking Barriers: annual conference**, Malta. 2018. 149-168.
- CARLETO, N. Uma proposta metodológica para o ensino e aprendizagem da física: a importância da relação entre a teoria e a prática. **Revista Interface Tecnológica**, [S. l.], v. 3, n. 1, p. 83-92, 2006. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/index.php/interfacetecnologica/article/view/408>. Acesso em: 15 jul. 2020.
- CATTANI, M.; VANNUCCI, A. Correntes de Foucault: Aspectos básicos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [S. l.], v. 36, n. 2, p. 2-8, 3 jul. 2014. DOI <https://doi.org/10.1590/S1806-11172014000200011>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/PZdXCvLyyCkzWnRcRDkCBqw/?lang=pt>. Acesso em: 22 ago. 2021.
- CHIQUETTO E PARADA. **Física eletricidade**: volume 3. São Paulo: Scipione, 1992. Contraponto, 1995.

COSTA, M. A. F; COSTA, M. F. B. **Projeto de Pesquisa: entenda e faça**. 6. Ed. Rio de Janeiro: Vozes: 2015;

DOCKTOR, J.L.; MESTRE, J. P. Synthesis of discipline-based education research in physics. **Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res.**, [S. l.], v. 10, p. 1-58, 16 set. 2014. DOI <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.10.020119>. Disponível em: <https://journals.aps.org/prper/abstract/10.1103/PhysRevSTPER.10.020119>. Acesso em: 8 ago. 2021.

ETKINA, Eugenia. Pedagogical content knowledge and preparation of high school physics teachers. **Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res.**, [S. l.], v. 6, p. 1-26, 31 ago. 2010. DOI <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.6.020110>. Disponível em: <https://journals.aps.org/prper/abstract/10.1103/PhysRevSTPER.6.020110>. Acesso em: 8 ago. 2021.

FEYNMAN, R. **Só pode ser brincadeira, sr. Feynman**. Trad. de Donaldson M. Garschagen, Renata Guerra. - 1. Ed. - Rio de Janeiro: Intrínseca, 2019.400 p.

FREIRE, P., et al. **Pedagogia da solidariedade**. 1. ED. São Paulo: Paz e Terra, 2014.

FURIÓ, C.; GUIASOLA, J. Difficulties in Learning the Concept of Electric Field. **Science Education**, [S. l.], p. 511-526, 7 dez. 1998. DOI [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(199807\)82:4<511::AID-SCE6>3.0.CO;2-E](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(199807)82:4<511::AID-SCE6>3.0.CO;2-E). Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Jenaro> . Acesso em: 9 set. 2021.

FURIÓ, C.; GUIASOLA, J., C. Dificultades De Aprendizaje De Los Conceptos De Carga Y De Campo Eléctrico En Estudiantes De Bachillerato Y Universidad, Enseñanza De Las Ciencias, **ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS**, 1998,16 (I), 131-146.

GIBIN, G.B; SOUZA, M.P. **Atividades experimentais investigativas em física e química: uma abordagem para o ensino médio**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2016.

GIRARDI, M. SILVEIRA, S. **Desenvolvimento de um kit experimental com Arduino para o ensino de Física Moderna no Ensino Médio**. Rev. Bras. Ensino Fís., 2017, vol.39, no.4. ISSN 1806-1117.

GUIASOLA, J., et al. Dificultades de aprendizaje de los estudiantes universitarios en la teoría del campo magnético y elección de los objetivos de enseñanza. **Enseñanza De Las Ciencias**, 2003, 21 (1), 79-94.

GUIASOLA, J., et al. Teaching Electromagnetism: Issues and changes. **Discussion Workshops**. 2007. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/228571202>

HAKE, R. R., Interactive-engagement vs. traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. Am. J. **Phys**, v. 66 n. 1, p. 64-74,1998.

KARAM, R. Framing the structural role of mathematics in physics lectures: A case study on electromagnetism. **PHYSICAL REVIEW SPECIAL TOPICS - PHYSICS EDUCATION RESEARCH**, [S. l.], p. 1-23, 28 maio 2014.

MACEDO, R. A. **Uso de materiais de baixo custo para o ensino de eletromagnetismo no ensino médio**. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física). Universidade Federal Fluminense. Volta Redonda, 2016. 121p.

MALONEY, D. P. *et al.* Surveying students' conceptual knowledge of electricity and magnetism. **Phys. Educ. Res., Am. J. Phys.**, [S. l.], ano 2001, v. 69, p. S12-S23, 20 jun. 2021. DOI <https://doi.org/10.1119/1.1371296>. Disponível em: <https://aapt.scitation.org/doi/10.1119/1.1371296>. Acesso em: 8 ago. 2021

MARTINS, J. E. M. P. Automation experiments in physics laboratories. **Phys. Educ.** 53 055009. P.1-9. setembro, 2018;

MATOS, A. A. Fundamentos da teoria piagetiana: esboço de um modelo. **Revista Ciências Humanas**, 1(1),2008. <https://doi.org/10.32813/2179-1120.2008.v1.n1.a192>

MAUTNER, T. **Dicionário de Filosofia**. Trad. De Victor Guerreiro, Sérgio Miranda e Desidério Murcho. Lisboa: EDIÇÕES 70, 2011.

MCNEIL, J. A. The metal detector and faraday's law. **The physics teacher**, vol. 42, P.8-12. Setembro, 2004

MENDONÇA, A. P.; COELHO, I. M. W. S. **Rubricas e suas contribuições para a avaliação de desempenho dos estudantes**. In: SOUZA, A. C. R. Souza *et al.* **Formação de Professores e Estratégias de Ensino: Perspectivas Teórico-Práticas**. 1. ed. Curitiba: Appris, 2018. cap. IX, p. 109-123.

MORETTO, V. P. **Eletricidade e eletromagnetismo: física hoje**. 3. ed. São Paulo: Ática, 1989.

MUSSOI, F. L. R. **Fundamentos de Eletromagnetismo**. Florianópolis: Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), 5 ed., 145 p. 2016.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física básica**. 1. ed. São Paulo: Blücher, 1997. 323 p. v. 3. ISBN 85-212-0134-6.

OLIVEIRA, H. A. **Sistema de reconhecimento de padrões para a identificação de porte de veículos através de análise de perfil magnético**. 2011. 83 f. Trabalho de conclusão de curso (Mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

PIAGET, J. **A psicologia da inteligência**. Trad. de Guilherme João de Feitas, Petrópolis, RJ: Vozes, 2013.

PIAGET, J. **Para onde vai a educação?** Trad. de Ivette Braga. 22. Ed. Rio de Janeiro: José Olympio, 2015.

PIETROCOLA, M. A matemática como estruturante do conhecimento físico. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v.19, n.1, p. 89-109,

2002. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/9297>>. Acesso em: 8 jun. 2016.

PINTO, J. A. F.; SILVA, A. P. B.; FERREIRA, E. J. B. Laboratório desafiador e história da ciência: um relato de experiência com o experimento de Oersted. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 34, n. 1, p. 176-196, maio 2017. ISSN 175-7941. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2017v34n1p176>>. Acesso em: 15 jul. 2020. doi:<https://doi.org/10.5007/2175-7941.2017v34n1p176>.

RABELO, M. **Avaliação Educacional: Fundamentos, Metodologia e Aplicações no Contexto Brasileiro**. Rio de Janeiro. SBM, 2013.

REZENDE, F.; OSTERMANN, F. A prática do professor e a pesquisa em ensino de física: novos elementos para repensar essa relação. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 22, n. 3: p. 316-337, dez. 2005;

RODRIGUES, J. **O ensino de eletromagnetismo por meio da integração entre atividades experimentais e computacionais: contribuições para o entendimento da indução eletromagnética**. 2016. 171 f. Dissertação (Mestrado), Centro Universitário Univates, Lageado, 2016.

SILVA, D. G. **Estudo comparativo entre osciladores para sensores indutivos de proximidade no projeto de circuitos integrados**. 2013. Trabalho de conclusão de curso (Mestrado) - Instituto Nacional de Telecomunicações, [S. l.], 2013. DOI <https://tede.inatel.br:8080/tede/handle/tede/36>. Disponível em: <http://tede.inatel.br:8080/jspui/handle/tede/36?mode=simple>. Acesso em: 22 ago. 2021.

STEVAN JR, S. L.; SILVA, R. A. **Automação e instrumentação industrial com arduíno: teoria e projetos**. São Paulo: Erica, 2015. 296p.

STREHER, I. T.; STRIEDER, D. M. **A contribuição do estudo dos fenômenos naturais na alfabetização científica**. 2009. Disponível em <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/2359-8.pdf>

TORRES, F. C. **Uma aplicação da teoria de resposta ao item em um simulado de matemática no modelo Enem**. 116 p. Dissertação (Mestrado em Matemática) - Programa de Mestrado Profissional. Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

VILARINHO, Ana Paula Lima. **Uma proposta de análise de desempenho dos estudantes e de valorização da primeira fase da OBMEP**. Dissertação (Mestrado Profissional em Matemática). Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. Trad. de Ernani F. da F. Rosa. Porto Alegre: Artmed, 1998.

ZHOU, S. et al. **Integrating effective pedagogies in science education with a design of alternative experiments on electromagnetics**. Eurasia journal of mathematics, science & technology education, 10(1), p. 13-21, 2013.

## **GLOSSÁRIO**

Esquema: “É uma estrutura cognitiva, com padrões organizados de comportamento” (MATOS, 2008, p.11). É uma estrutura cognitiva que se refere a uma classe semelhante de sequências de ação, as quais são totalidades fortes, integradas, e cujos elementos de comportamento estão intimamente interrelacionados (FLAVEL apud MATOS, 2008, p.11).

Esquema preliminares: Esquemas anteriores à assimilação e acomodação de um novo objeto.

Estrutura Cognitiva: São “às organizações mentais ou aptidões mentais” (MATOS, 2008, p.5) do indivíduo. Essas estruturas mudam com o desenvolvimento.

Assimilação: “Consiste na incorporação, pelo sujeito, de elementos do mundo exterior às estruturas do conhecimento já constituídas” (MATOS, 2008, p.10).

Acomodação: “É [...] processo de adaptação às exigências variadas que o mundo dos objetos impõe às pessoas” (MATOS,2008, p.10).

Desequilíbrio: É a condição do indivíduo “diante de uma situação nova, por não dispor de uma estrutura suficientemente desenvolvida que possibilite o seu completo entendimento” (MATOS,2008, p.7).

Assimilação: “Processo de modificação dos elementos do meio, de modo a incorporá-los à estrutura do organismo, [...], ou seja, os elementos são assimilados ao sistema” (MATOS,2008, p.7).

Ação Assimiladora: “Ação do sujeito sobre os objetos que o rodeiam, o que se dá mediante à aplicação de esquemas já constituídos anteriormente” (MATOS,2008, p.9).

Fenômeno: “É uma coisa (uma qualidade, uma relação, um estado de coisas um acontecimento, etc) tal como nos surge, tal como é percebida” (MAUTNER, 2011, p. 298).

## APÊNDICE A

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

O(A) Sr(a) está sendo convidado a participar do projeto de pesquisa Ensino e aprendizagem de eletromagnetismo baseado na exploração de fenômenos físicos, cujo pesquisador responsável é Jardson Braz da Silva. Os objetivos do projeto são Descrever uma estrutura didático-pedagógica de ensino e aprendizagem de Eletromagnetismo baseado na exploração e compreensão dos fenômenos naturais de modo a superar as dificuldades impostas pelo formalismo matemático; Identificar os principais modelos de ensino e aprendizagem de Eletromagnetismo; Criar uma estrutura didático-pedagógica baseada na exploração de fenômenos; Julgar a aplicabilidade de uma estrutura didático-pedagógica de ensino e aprendizagem com enfoque no fenômeno.

O(A) Sr(a) está sendo convidado porque tem o perfil necessário para a implementação da pesquisa (estudante de licenciatura em Física que já cursou ou esteja matriculado na disciplina de Física Geral III ou Prática de ensino em Física III).

O(A) Sr(a). tem de plena liberdade de recusar-se a participar ou retirar seu consentimento, em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma para o tratamento que recebe neste serviço de ensino da Universidade Federal do Amazonas.

Caso aceite participar sua participação consiste em responder questionários de cunho avaliativo referente ao conteúdo estudado, nada referente a questões socioeconômicas, e participar de uma atividade experimental investigativa com automação, com o uso de microcontroladores, sensores indutivos e outros componentes eletrônicos. Haverá orientações, por meio de manuais, referente a programação e montagem dos sistemas de automação que serão propostos na atividade. Haverá uma fase individual e outra em grupo, no final da fase em grupo cada equipe vai socializar os resultados com todos os outros participantes e o pesquisador e entregará para o pesquisador os textos referentes as atividades. Essa etapa será gravada em audiovisual. O material dessa fase será utilizado somente para a análise da produção dos participantes, não será divulgado ou compartilhado em nenhuma mídia ou rede social, e será destruído assim que os resultados da pesquisa

estejam prontos. Todas as atividades serão divididas em 6 encontros. Os riscos referentes aos componentes eletrônicos são mínimos por serem componentes que funcionam com baixa corrente elétrica e cada circuito montado será avaliado pelo pesquisador, não com o intuito de interferir nas ideias dos participantes, mas para evitar acidentes. E devido a pandemia do novo Corona vírus o pesquisador se compromete a fornecer máscaras e álcool em gel para a assepsia das mãos em todos os encontros. Os resultados da pesquisa serão apresentados sem qualquer menção aos nomes dos participantes e sem nenhuma imagem que possa levar a identificação de qualquer participante de forma que não ocorra qualquer tipo estigmatização ou prejuízo ao participante, inclusive em questões referentes autoestima, prestígio e ou aspectos econômicos e financeiros

Toda pesquisa com seres humanos envolve riscos aos participantes. Nesta pesquisa os riscos para o(a) Sr.(a) são de divulgação indevida das imagens dos participantes. Porém todos os arquivos estarão em posse do pesquisador que realizará a destruição deles assim que estiverem esgotadas as análises. Outro risco é o de acidentes com os materiais utilizados na atividade experimental, pois são materiais elétricos. Porém são circuitos de baixa corrente elétrica, ainda assim o pesquisador verificará a montagem dos dispositivos e se houver risco haverá interferência. Outro risco que não pode ser negligenciado no momento é a possibilidade de contaminação pelo novo Corona vírus. Porém a pesquisa somente será aplicada presencialmente se as autoridades sanitárias autorizarem a universidade pública ao retorno às atividades. E o pesquisador fornecerá máscaras e álcool em gel antisséptico para a desinfecção das mãos dos participantes ou providenciará meios para que as atividades possam ser executadas por reuniões remotas.

Também são esperados os seguintes benefícios: a possibilidade de um método que se apresente como uma alternativa para o ensino de eletromagnetismo, uma alternativa que mistura o enfoque no fenômeno e o contato com um processo de automação, responsável pelo funcionamento de uma tecnologia que faz parte de cotidiano dos estudantes. É uma abordagem que coloca os estudantes como indivíduos ativos na construção do próprio conhecimento. Desenvolve um estudo baseado no protagonismo e autonomia dos estudantes. Possibilita a inclusão de estudantes que são tidos como não habilitados em matemática no estudo de eletromagnetismo;

Se julgar necessário, o(a) Sr(a) dispõe de tempo para que possa refletir sobre sua participação, consultando, se necessário, seus familiares ou outras pessoas que possam ajudá-los na tomada de decisão livre e esclarecida.

Garantimos ao(à) Sr(a), e seu acompanhante quando necessário, o ressarcimento das despesas devido sua participação na pesquisa, ainda que não previstas inicialmente.

Também estão assegurados ao(à) Sr(a) o direito a pedir indenizações e a cobertura material para reparação a dano causado pela pesquisa ao participante da pesquisa.

Asseguramos ao(à) Sr(a) o direito de assistência integral gratuita devido a danos diretos/indiretos e imediatos/tardios decorrentes da participação no estudo ao participante, pelo tempo que for necessário.

Garantimos ao(à) Sr(a) a manutenção do sigilo e da privacidade de sua participação e de seus dados durante todas as fases da pesquisa e posteriormente na divulgação científica.

O(A) Sr(a). pode entrar em contato com os pesquisadores Jardson Braz da Silva e José Luiz de Souza Pio a qualquer tempo para informação adicional no endereço Av. General Rodrigo Otávio, 6.200. Coroado I. Manaus – AM (Ufam, Campus, ICE, ICOMP, 1º andar, sala do Professor José Luiz de Souza Pio), ou pelos telefones (92) 3223-4717 e (92) 992345162, ou, ainda pelo e-mail [jardsonbraz@gmail.com](mailto:jardsonbraz@gmail.com).

O(A) Sr(a). também pode entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal do Amazonas (CEP/UFAM) e com a Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP), quando pertinente. O CEP/UFAM fica na Escola de Enfermagem de Manaus (EEM/UFAM) - Sala 07, Rua Teresina, 495 – Adrianópolis – Manaus – AM, Fone: (92) 3305-1181 Ramal 2004, E-mail: [cep@ufam.edu.br](mailto:cep@ufam.edu.br). O CEP/UFAM é um colegiado multi e transdisciplinar, independente, criado para defender os interesses dos participantes da pesquisa em sua integridade e dignidade e para contribuir no desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos.

Este documento (TCLE) será elaborado em duas VIAS, que serão rubricadas em todas as suas páginas, exceto a com as assinaturas, e assinadas ao seu término pelo(a) Sr(a)., ou por seu representante legal, e pelo pesquisador responsável, ficando uma via com cada um.

CONSENTIMENTO PÓS-INFORMAÇÃO

Li e concordo em participar da pesquisa.

\_\_\_\_\_, \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Assinatura do Participante



IMPRESSÃO

\_\_\_\_\_  
Assinatura do Pesquisador Responsável

## APÊNDICE B

### TESTE CONCEITUAL PARA ACESSO AO CONHECIMENTO ACERCA DE ELETRICIDADE E MAGNETISMO. TRADUZIDO DE “Conceptual Survey of Electricity and Magnetism (CSEM)” (MALONEY et al, 2000). Para o Pré-teste e Pós-teste.

Em qualquer questão referente à corrente, será utilizada a corrente convencional (onde a corrente convencional é o fluxo de cargas positivas). Além disso, todos os efeitos devidos ao campo magnético da Terra serão tão pequenos que serão ignorados. Observe que o termo "partícula" se destina a ser um objeto sem tamanho ou estrutura.

1. Uma esfera de metal oca é eletricamente neutra (sem excesso de carga). Uma pequena quantidade de carga negativa é repentinamente colocada em um ponto P nesta esfera de metal. Se verificarmos este excesso de carga negativa alguns segundos depois, encontraremos uma das seguintes possibilidades:

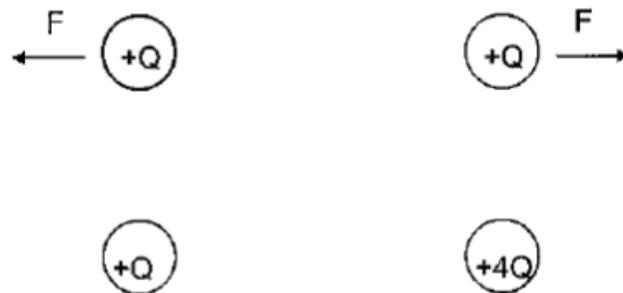
- a) Todo o excesso de carga permanece em torno de P.
- b) O excesso de carga distribuiu-se uniformemente sobre a superfície externa da esfera.
- c) O excesso de carga é distribuído uniformemente nas superfícies interna e externa.
- d) A maior parte da carga ainda está no ponto P, mas parte terá se espalhado pela esfera.
- e) Não haverá sobretaxa de excesso.

2. Uma esfera oca feita de material isolante elétrico é eletricamente neutra (sem excesso de carga). Uma pequena quantidade de carga negativa é repentinamente colocada em um ponto P do lado de fora desta esfera. Se verificarmos esse excesso de carga negativa alguns segundos depois, encontraremos uma das seguintes possibilidades:

- a) Todo o excesso de carga permanece em torno de P.
- b) O excesso de carga distribuiu-se uniformemente sobre a superfície externa de toda esfera.

- c) O excesso de carga é distribuído uniformemente nas superfícies interna e externa.
- d) A maior parte da carga ainda está no ponto P, mas parte terá se espalhado pela esfera,
- e) Não haverá carga em excesso.

Para as questões 3-5: Dois pequenos objetos, cada um com uma carga líquida de  $+Q$ , exercem uma força de magnitude  $F$  um sobre o outro. Nós Substituímos um dos objetos por outro cuja carga líquida é  $+4Q$ :



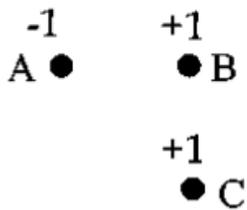
3. A magnitude original da força na carga  $+Q$  era  $F$ , qual é a magnitude da força no  $+Q$  agora?
- $16F$
  - $4F$
  - $F$
  - $F / 4$
  - outro;
4. Qual é a magnitude da força na carga  $+4Q$ ?
- $16F$
  - $4F$
  - $F$
  - $F / 4$
  - outro

Em seguida, movemos as cargas  $+Q$  e  $+4Q$  para ficarem 3 vezes mais distantes do que estavam:  $+4Q$  ( $D +$ )

5. Agora, qual é a magnitude da força no  $+4Q$ ?

- a)  $F / 9$
- b)  $F / 3$
- c)  $4F / 9$
- d)  $4F / 3$
- e) outro

6. Qual das setas está na direção da força resultante na carga B?



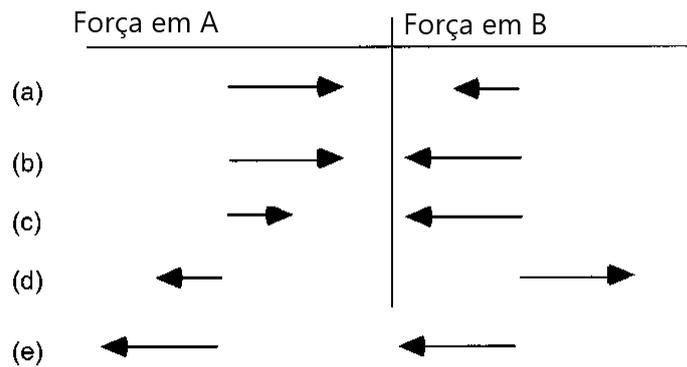
- a)
- b)
- c)
- d)
- e) nenhum



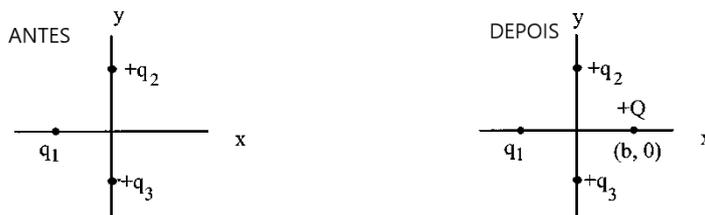
7. A imagem abaixo mostra uma partícula (rotulada B) que tem uma carga elétrica líquida de  $+1$  unidade. Vários centímetros à esquerda está outra partícula (rotulada A) que tem uma carga líquida de  $-2$  unidades.



Escolha o par de vetores de força (as setas) que comparam corretamente a força elétrica em A (causada por B) com a força elétrica em B (causada por A):



8. Na figura abaixo, as cargas positivas  $q_2$  e  $q_3$  exercem sobre a carga  $q_1$ , uma força elétrica líquida que aponta ao longo do eixo  $+x$ . Se uma carga positiva  $Q$  for adicionada em  $(b,0)$ , o que acontecerá agora com a força em  $q_1$ ? (Todas as cargas são fixas em seus locais.)



- Nenhuma mudança na intensidade da força resultante, pois  $Q$  está no eixo  $x$ .
- A intensidade da força resultante mudará, mas não a direção.
- A força resultante diminuirá e a direção pode mudar por causa da interação entre  $Q$  e as cargas positivas  $q_2$  e  $q_3$ .
- A força resultante aumentará e a direção pode mudar devido à interação entre  $Q$  e as cargas positivas  $q_2$  e  $q_3$ .
- Não é possível determinar sem saber a magnitude de  $q_1$  e / ou  $Q$ .

9. Na figura abaixo, o campo elétrico no ponto  $P$  é direcionado para cima ao longo do eixo  $y$ . Se uma carga negativa  $-Q$  for adicionada em um ponto no eixo  $y$  positivo, o que acontece com o campo em  $P$ ? (Todas as cargas são fixas na posição indicada.)



- a) Nada, pois  $-Q$  está no eixo  $y$ .
- b) A força aumentará porque  $-Q$  é negativo.
- c) A força diminuirá e a direção pode mudar devido às interações entre  $-Q$  e os dois  $q$ 's negativos.
- d) A força aumentará e a direção pode mudar devido às interações entre  $-Q$  e os dois  $q$ 's negativos.
- e) Não é possível determinar sem conhecer as forças que  $-Q$  exerce sobre os dois  $q$ 's negativos.

PARA AS PERGUNTAS 10-11 Uma carga positiva é colocada em repouso no centro de uma região do espaço na qual existe um campo elétrico tridimensional uniforme. (Um campo uniforme é aquele cuja força e direção são as mesmas em todos os pontos dentro da região.)

10. Quando a carga positiva é liberada do repouso no campo elétrico uniforme, qual será seu movimento subsequente?

- a) Ele se moverá a uma velocidade constante.
- b) Ele se moverá em movimento retilíneo uniforme.
- c) Ele se moverá em uma aceleração constante.
- d) Ele se moverá com uma aceleração de mudança linear.

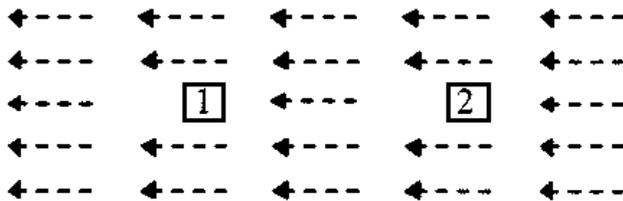
a) Permanecerá em repouso em sua posição inicial.

11. O que acontece com a energia potencial elétrica da carga positiva, depois que a carga é liberada do repouso no campo elétrico uniforme?

- a) Ele permanecerá constante porque o campo elétrico é uniforme.
- b) Ele permanecerá constante porque a carga permanece em repouso.

- c) Ele aumentará porque a carga se moverá na direção do campo elétrico.
- d) Ele diminuirá porque a carga se moverá na direção oposta do campo elétrico.
- e) Ele diminuirá porque a carga se moverá na direção do campo elétrico.

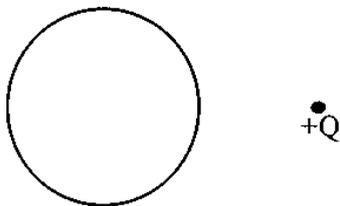
12. Uma carga positiva pode ser colocada em um dos dois locais diferentes em uma região onde existe um campo elétrico uniforme, conforme mostrado abaixo.



Como as forças elétricas na carga nas posições 1 e 2 se comparam?

- a) A força na carga é maior em 1.
- b) A força na carga é maior em 2.
- c) c) A força em ambas as posições é zero.
- d) A força em ambas as posições é a mesma, mas não zero.
- e) A força em ambas as posições tem a mesma magnitude, mas está em direções opostas.

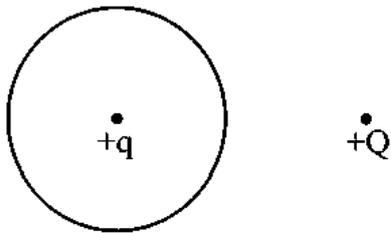
13. A figura abaixo mostra uma esfera oca de metal condutora que recebeu inicialmente uma carga positiva (+) uniformemente distribuída em sua superfície. Então uma carga positiva + Q foi trazida para perto da esfera, como mostrado. Qual é a direção do campo elétrico no centro da esfera depois que a carga positiva + Q é trazida para perto da esfera?



- a) Esquerda
- b) Direita
- c) Cima
- d) Baixo

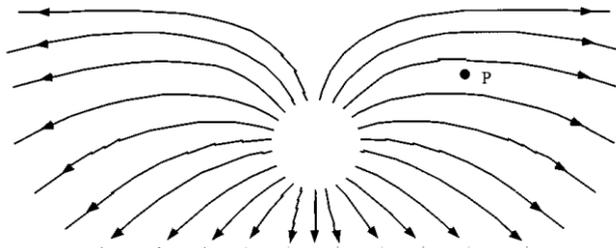
e) Campo zero

14. A figura abaixo mostra uma carga elétrica  $q$  localizada no centro de uma esfera oca de metal condutor sem carga. Fora da esfera está uma segunda carga  $Q$ . Ambas as cargas são positivas. Escolha a descrição abaixo que descreve as forças elétricas líquidas em cada carga nesta situação.



- a) Ambas as cargas experimentam a mesma rede de força dirigida uma da outra.
- b) Nenhuma força resultante é experimentada por nenhuma das cargas.
- c) Não há força em  $Q$ , mas uma nova força em  $q$ .
- d) Não há força em  $q$ , mas uma força resultante em  $Q$ .
- e) Ambas as cargas sofrem uma força resultante, mas são diferentes uma da outra.

Use o seguinte diagrama de campo elétrico para a questão 15.



15. Qual é a direção da força elétrica em uma carga negativa no ponto  $P$ ?

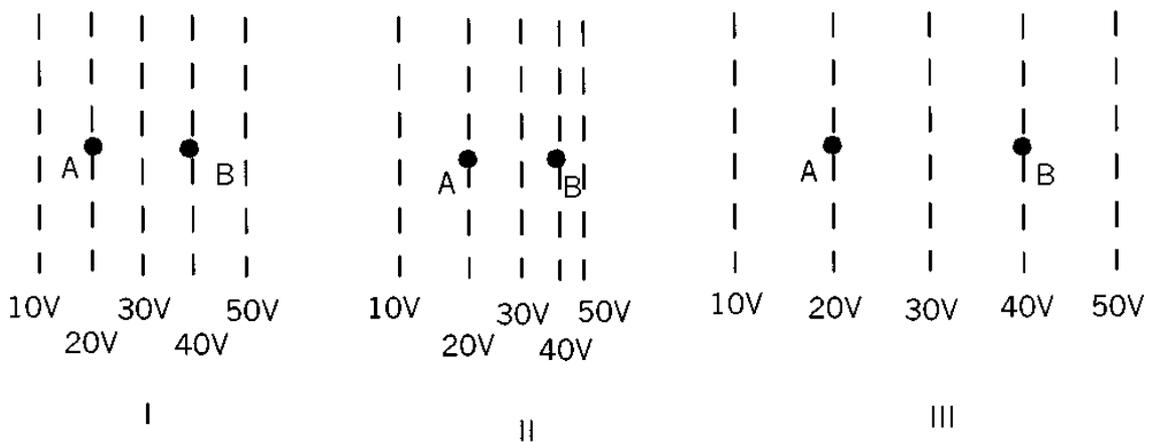
- (a) ←
- (b) ↙
- (c) →
- (d) ↗
- (e) A força é zero

16. Um elétron é colocado em uma posição no eixo  $x$  onde o potencial elétrico é  $+10$  V. Qual das ideias abaixo melhor descreve a formação futura do elétron?

- a) O elétron se moverá para a esquerda ( $-x$ ), pois está carregado negativamente.
- b) O elétron se moverá para a direita ( $+x$ ), uma vez que está carregado negativamente.

- c) O elétron se moverá para a esquerda (-x), pois o potencial é positivo.
- d) O elétron se moverá para a direita (+ x), pois o potencial é positivo.
- e) A moção não pode ser prevista com as informações fornecidas.

PARA AS PERGUNTAS 17-19 Nas figuras abaixo, as linhas pontilhadas mostram as linhas equipotenciais dos campos elétricos. (Uma carga se movendo ao longo de uma linha de potencial igual teria uma energia potencial elétrica constante.) Um objeto carregado é movido diretamente do ponto A para o ponto B. A carga no objeto é  $+1 \mu\text{C}$ .



17. Como a quantidade de trabalho necessária para mover esta carga se compara a esses três casos?

- a) Um maior trabalho exigida em I.
- b) Um maior trabalho exigida em II.
- c) Um maior do trabalho exigido em III.
- d) I e II exigem a mesma quantidade de trabalho, mas menos do que III.
- e) Todos os três exigiriam a mesma quantidade de trabalho.

18. Como se compara a magnitude do campo elétrico nos três casos?

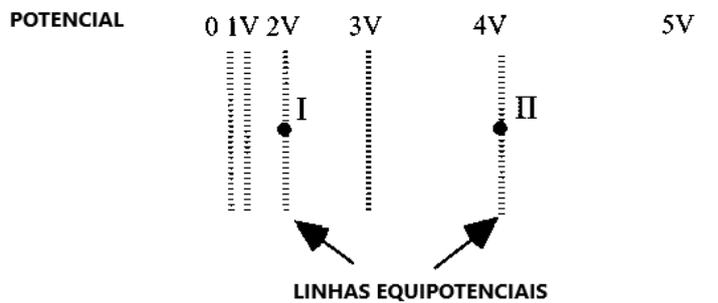
- a)  $I > III > II$
- b)  $I > II > III$
- c)  $III > I > II$
- d)  $II > I > III$

e) I = II = III

19. Para o caso três qual é a direção da força elétrica exercida pelo campo na carga de  $1 \mu\text{C}$ , quando a carga está em A e quando está em B?

- a) Para a esquerda em A e esquerda em B.
- b) Para a direita em A e direita em B.
- c) Para a esquerda em A e direita em B.
- d) Para a direita em A e esquerda em B.
- e) Não há força elétrica.

20. Um próton carregado positivamente é primeiro colocado em repouso na posição I e depois na posição II em uma região cujo potencial elétrico (voltagem) é descrito pelas linhas equipotenciais. Qual conjunto de setas melhor descreve as magnitudes e direções relativas da força elétrica exercida sobre o próton quando na posição I ou II?

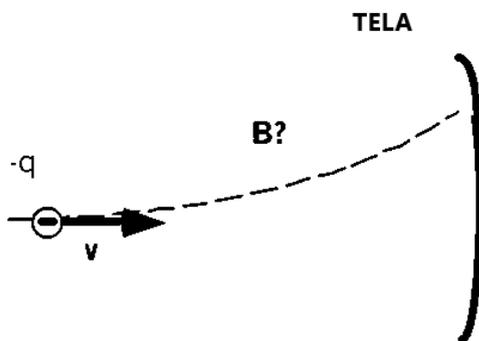


	Força em I	Força em II
(a)	→	→
(b)	→	→
(c)	←	←
(d)	←	←
(e)	0	0

21. O que acontece com uma carga positiva colocada em repouso em um campo magnético uniforme? (Um campo uniforme é aquele cuja força e direção são as mesmas em todos os pontos.)

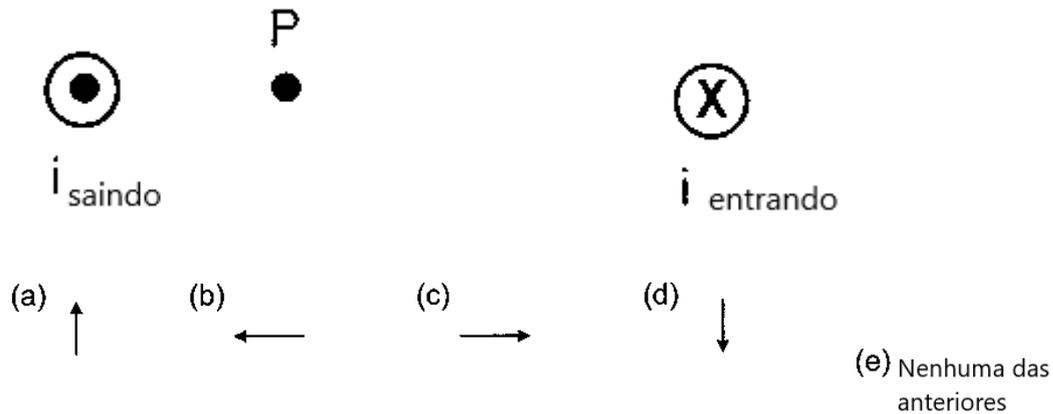
- a) Ele se move com uma velocidade constante, pois a força tem uma magnitude constante.
- b) Ele se move com uma aceleração constante, pois a força tem magnitude constante.
- c) Ele se move em um círculo a uma velocidade constante, pois a força é sempre perpendicular à velocidade.
- d) Acelera em círculo, pois a força é sempre perpendicular à velocidade.
- (e) Permanece em repouso já que a força e a velocidade inicial são zero.

22. Um elétron se move horizontalmente em direção a uma tela. O elétron se move ao longo do caminho mostrado por causa de uma força magnética causada por um campo magnético. Em que direção esse campo magnético aponta?

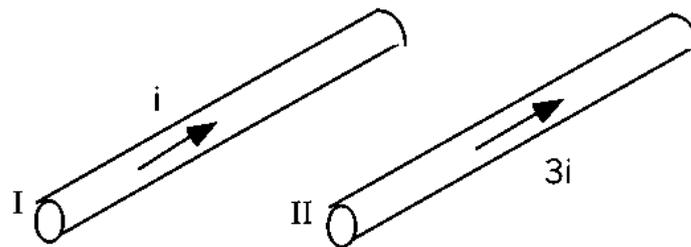


- (a) Para parte superior da página
- (b) Para parte inferior da página
- (c) Entrando na página
- (d) Saindo da página
- (e) O campo magnético está na direção do caminho curvo.

23. O fio 1 tem uma grande corrente  $i$  saindo da página ( $\bullet$ ), conforme mostrado no diagrama. O fio 2 tem uma grande corrente  $i$  fluindo para a página ( $\times$ ). Em que direção o campo magnético aponta para a posição P?

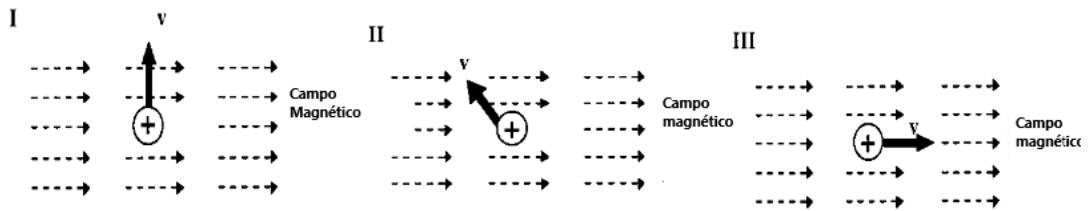


24. Dois fios paralelos I e II que estão próximos um do outro podem conter as correntes  $i$  e  $3i$ , ambos na mesma direção. Compare as forças que os dois fios exercem um sobre o outro.



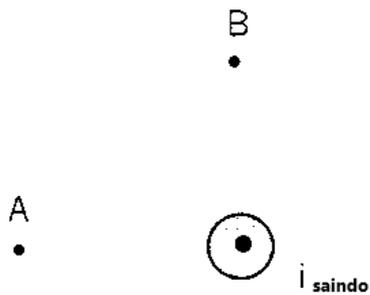
- (a) O fio I exerce uma força mais intensa no fio II do que II exerce sobre I.
- (b) O fio II exerce uma força mais intensa no fio I do que I exerce sobre II.
- (c) Os fios exercem forças de atração de mesma magnitude uns sobre os outros.
- (d) Os fios exercem forças repulsivas de mesma magnitude uns sobre os outros.
- (e) Os fios não exercem força uns sobre os outros.

25. As figuras abaixo representam partículas carregadas positivamente movendo-se no mesmo campo magnético uniforme. O campo é direcionado da esquerda para a direita. Todas as partículas têm a mesma carga e a mesma velocidade  $v$ . Classifique essas situações de acordo com as magnitudes da força exercida pelo campo na carga em movimento, da maior para a menor.



- a)  $I = II = III$
- b)  $III > I > II$
- c)  $II > I > III$
- d)  $I > II > III$
- e)  $III > II > I$

26. O diagrama mostra um fio percorrido por uma corrente elétrica  $i$  entrando no papel ( $\bullet$ ). Em qual direção seria o campo magnético nas posições A e B.



- (a) 

A	B
↓	←
- (b) 

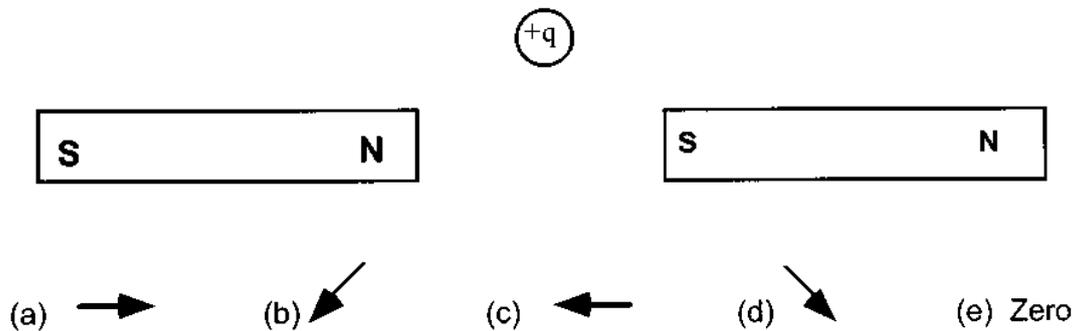
A	B
→	↓
- (c) 

A	B
↑	→
- (d) 

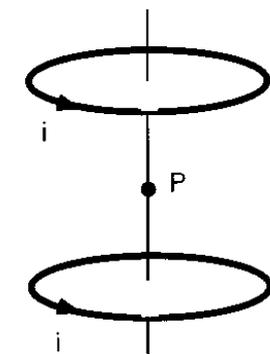
A	B
←	↑
- (e) Nenhuma das anteriores

27. Uma partícula carregada positivamente ( $+q$ ) está em repouso no plano entre duas barras magnéticas fixas, como mostrado. O ímã da esquerda é três vezes mais forte

que o ímã da direita. Qual das opções abaixo melhor representa a força MAGNÉTICA resultante exercida pelos ímãs na carga?



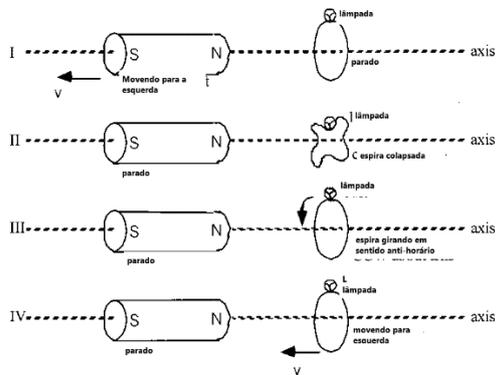
28. Duas espiras idênticas de fio percorridas por correntes idênticas  $i$ . As espiras estão localizadas conforme mostrado no diagrama. Qual seta representa melhor a direção do campo magnético no ponto P a meio caminho entre as espiras?



- (a) 
- (b) 
- (c) 
- (d) 
- (e) Zero

As cinco figuras separadas abaixo envolvem um ímã cilíndrico e uma pequena lâmpada conectada às extremidades de um laço de fio de cobre. Esses números devem ser usados próxima questão. O plano da espira de arame é perpendicular ao eixo de referência. Os estados de movimento do ímã e da espira do fio são indicados

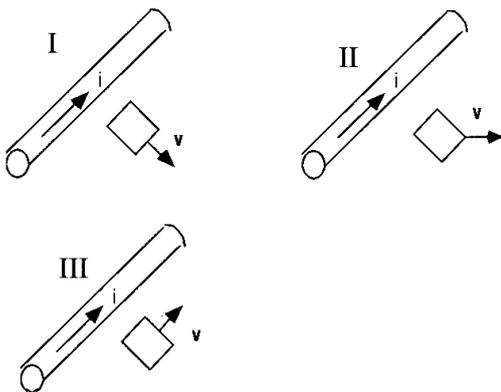
no diagrama. A velocidade será representada por  $v$  e CCW representa o sentido anti-horário.



29. Em qual das figuras a lâmpada vai acender?

- a) I, III, IV
- b) I, IV
- c) I, II e IV
- d) IV
- e) Nenhum dos casos.

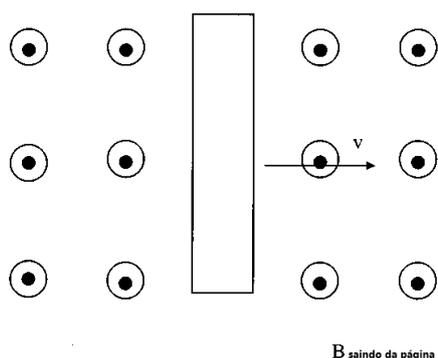
30. Um fio reto muito longo percorrido por uma corrente constante  $i$ . Espiras retangulares de metal, no mesmo plano do fio, movem-se com velocidade  $v$  nas direções mostradas. Quais das espiras terão corrente induzida?



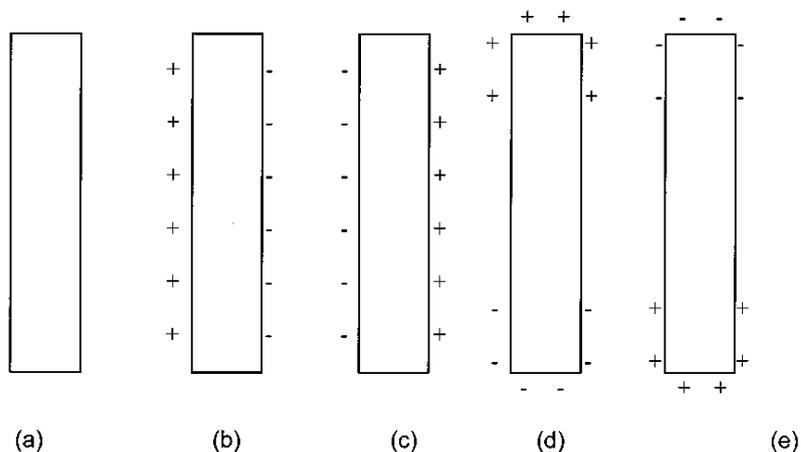
- (a) apenas I e II
- (b) apenas I e III
- (c) apenas II e III
- (d) todos os casos.

(e) nenhuma dos casos.

31. Uma barra de metal neutra está se movendo em velocidade constante  $v$  para a direita através de uma região onde há um campo magnético uniforme apontando para fora da página. O campo magnético é produzido por algumas bobinas grandes que não são mostradas no diagrama.

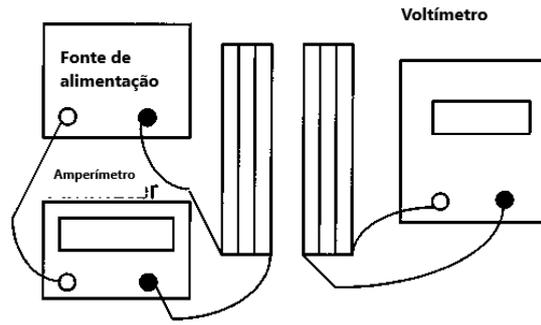
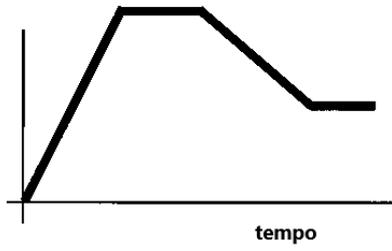


Qual dos seguintes diagramas descreve melhor a distribuição de carga na superfície da barra de metal?

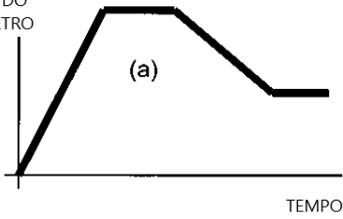


32. Uma fonte de alimentação variável é conectada a uma bobina e um amperímetro, e a dependência do tempo da leitura do amperímetro é mostrada. Uma bobina próxima é conectada a um voltímetro. Qual dos gráficos a seguir mostra corretamente a dependência do tempo da leitura do voltímetro?

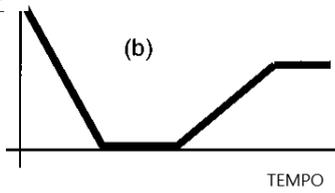
Leitura do Amperímetro



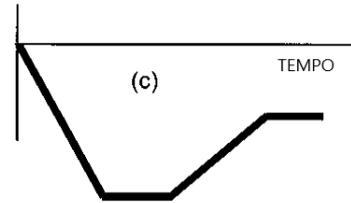
LEITURA DO VOLTÍMETRO



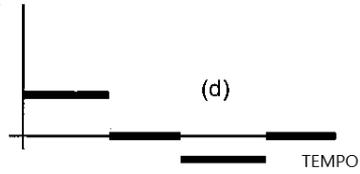
LEITURA DO VOLTÍMETRO



LEITURA DO VOLTÍMETRO



LEITURA DO VOLTÍMETRO



LEITURA DO VOLTÍMETRO



## **APÊNDICE C**

### **PLANO DE AULA**

#### **PRIMEIRO ENCONTRO:**

##### **Objetivos:**

Verificar os conhecimentos dos participantes acerca de temas de eletricidade e magnetismo.

##### **Conteúdo programático:**

Carga induzida; Distribuição de cargas em condutores/isolantes; Lei de Coulomb da força; Trabalho, potencial elétrico, campo elétrico e força elétrica; Força magnética; Campo magnético causado por uma corrente; Superposição de campo magnético; Lei de Faraday;

##### **Procedimentos de ensino:**

Aplicação do teste conceitual – CSEM (Conceptual Survey of Electricity and Magnetism) via Google Formulários.

##### **Recursos Didáticos:**

Dispositivos eletrônicos que possuem suporte para a ferramenta Google Formulários e para chamadas via Google Meet. Computadores ou smartphones.

**Duração:** 1 hora.

#### **SEGUNDO ENCONTRO:**

##### **Objetivos:**

Apresentar a atividade experimental investigativa; Discutir os conceitos e as tecnologias envolvidas na atividade.

##### **Conteúdo programático:**

Campo magnético; Corrente elétrica; Campo magnético devido a uma corrente; Corrente contínua; Corrente alternada; Força Magnética; Campo Magnético Variável; Superposição de campo magnético; Materiais condutores; Correntes parasitas ou correntes de Foucault; Indução Eletromagnética.

##### **Procedimentos de ensino:**

Apresentação em Power Point sobre a estrutura da atividade experimental investigativa. Apresentação de todo material a ser utilizado na atividade.

Apresentação de um pequeno vídeo sobre a bobina eletromagnética e de outros vídeos sobre as tecnologias envolvidas (Arduíno, sensor indutivo, servo motor e com alguns casos de programação). Discussão sobre os conceitos em torno do funcionamento da bobina eletromagnética e sobre seu funcionamento como sensor indutivo. No final os alunos devem ser instigados a pesquisarem mais sobre os temas tratados para o desenvolvimento das próximas atividades.

**Recursos Didáticos:**

Dispositivos eletrônicos que possuem para chamadas via Google Meet. Computadores ou smartphones.

Link dos vídeos:

Servo motor: <https://www.youtube.com/watch?v=y0C-YgzYGY8>.

Sensor indutivo: <https://www.youtube.com/watch?v=5RTN-i-OnCs>.

Display: <https://www.youtube.com/watch?v=GQQTlQKNYxc>.

Bobina: [https://www.youtube.com/watch?v=Q7N\\_e2vvg\\_o](https://www.youtube.com/watch?v=Q7N_e2vvg_o).

**Duração:** 2 horas.

**TERCEIRO ENCONTRO:****Objetivos:**

Instigar a solução de problemas por meio de criação de hipóteses e serem testadas em atividade planejadas pelos próprios estudantes.

**Conteúdo programático:**

Campo magnético; Corrente elétrica; Campo magnético devido a uma corrente; Corrente contínua; Corrente alternada; Força Magnética; Campo Magnético Variável; Superposição de campo magnético; Materiais condutores; Correntes parasitas ou correntes de Foucault; Indução Eletromagnética.

**Procedimentos de ensino:**

Apresentação do seguinte problema: Como uma bobina eletromagnética pode ser utilizada na construção de um sistema de automação de um semáforo inteligente/lombada eletrônica/cancela de estacionamento? E das seguintes questões: Como o campo magnético é gerado e como se comporta na bobina utilizada (sensor indutivo)? Por que a polaridade dos terminais da bobina utilizada é pré-estabelecida? Como se comporta a corrente elétrica na bobina eletromagnética utilizada? A partir disso solicita-se que os estudantes criem individualmente as hipóteses, os objetivos da atividade experimental e o planejamento da atividade experimental. Após essa fase os estudantes são divididos em grupos e solicita-se que

eles criem em grupo os mesmos elementos criados individualmente. Toda essa produção foi feita via google docs. Inclusive a parte em grupo, pois o aplicativo permite edição colaborativa.

**Recursos Didáticos:**

Dispositivos eletrônicos que possuem suporte para a ferramenta Google Docs e para chamadas via Google Meet. Computadores ou smartphones.

**Duração:** 2 horas.

**QUARTO ENCONTRO:****Objetivos:**

Montar e fazer funcionar os sistemas de automação do semáforo inteligente, da lombada eletrônica e da cancela de estacionamento.

**Conteúdo programático:**

Campo magnético; Corrente elétrica; Campo magnético devido a uma corrente; Corrente contínua; Corrente alternada; Força Magnética; Campo Magnético Variável; Superposição de campo magnético; Materiais condutores; Correntes parasitas ou correntes de Foucault; Indução Eletromagnética.

**Procedimentos de ensino:**

Os circuitos são montados pelo professor com a colaboração dos estudantes, em uma chamada pelo Google Meet, a partir dos planejamentos escritos pelos estudantes. Os códigos também são montados pelo professor a partir do planejamento dos estudantes. Salvo nos caso de alguma equipe que consiga produzir essa parte. Após as montagens os dispositivos são testados. O processo é filmado para que os estudantes possam usar depois em suas apresentações. Ao final os estudantes elaboram de forma colaborativa, no Google Docs, uma conclusão sobre a atividade.

**Recursos Didáticos:**

Dispositivos eletrônicos que possuem suporte para a ferramenta Google Docs e para chamadas via Google Meet. Computadores ou smartphones. Uma placa de Arduíno Uno, um protoboard, dois sensores indutivos, um servo motor, um display de LCD, resistores, leds e jumpers.

**Duração:** 2 horas.

**QUINTO ENCONTRO:****Objetivos:**

Proporcionar a comunicação dos resultados e os debates

**Conteúdo programático:**

Campo magnético; Corrente elétrica; Campo magnético devido a uma corrente; Corrente contínua; Corrente alternada; Força Magnética; Campo Magnético Variável; Superposição de campo magnético; Materiais condutores; Correntes parasitas ou correntes de Foucault; Indução Eletromagnética.

**Procedimentos de ensino:**

Nessa aula os estudantes apresentam os seus resultados para os outros alunos e para o professor. A forma de apresentação é de livre escolha das equipes.

**Recursos Didáticos:**

Dispositivos eletrônicos que possuem suporte para a ferramenta Google Docs e para chamadas via Google Meet. Computadores ou smartphones.

**Duração:** 2 horas.

**SEXTO ENCONTRO:****Objetivos:**

Verificar os conhecimentos dos participantes acerca de temas de eletricidade e magnetismo.

**Conteúdo programático:**

Carga induzida; Distribuição de cargas em condutores/isolantes; Lei de Coulomb da força; Trabalho, potencial elétrico, campo elétrico e força elétrica; Força magnética; Campo magnético causado por uma corrente; Superposição de campo magnético; Lei de Faraday;

**Procedimentos de ensino:**

Aplicação do teste conceitual – CSEM (Conceptual Survey of Electricity and Magnetism) via Google formulários.

**Recursos Didáticos:**

Dispositivos eletrônicos que possuem suporte para a ferramenta Google formulários e para chamadas via Google Meet. Computadores ou smartphones.

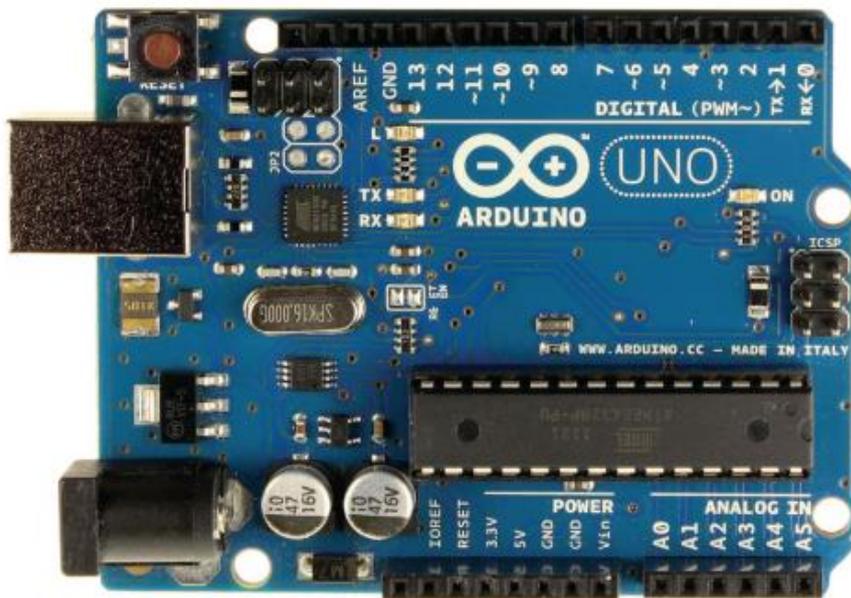
**Duração:** 2 horas.

## ANEXO A

### MATERIAIS UTILIZADOS NA MONTAGENS DOS SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO

#### Placa de Arduino (Placa com microcontrolador utilizado no projeto):

Figura 19 - Placa de Arduino UNO.



Fonte: <<https://www.distrelec.biz/>>

#### Características da placa Arduino:

Figura 20 - Especificações do Arduino UNO.

Microcontrolador	ATmega328 ou ATmega168
Tensão operacional	5 V
Tensão de alimentação (recomendada)	7-12 V
Tensão de alimentação (limites)	6-20 V
Pinos I/O digitais	14 (dos quais 6 podem ser Saídas PWM)
Pinos de entrada analógica	6
Corrente contínua por pino I/O	40 mA
Corrente contínua para o pino 3.3 V	50 mA
Memória flash	32 KB (2KB usados para o bootloader) / 16KB
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Frequência de clock	16 MHz

Fonte: <<http://www.eletrica.ufpr.br/>>

## SENSOR INDUTIVO INDUSTRIAL

*Figura 21 - Sensor Indutivo Industrial.*



Fonte: <<http://lideraut.com.br>>

## SERVO MOTOR

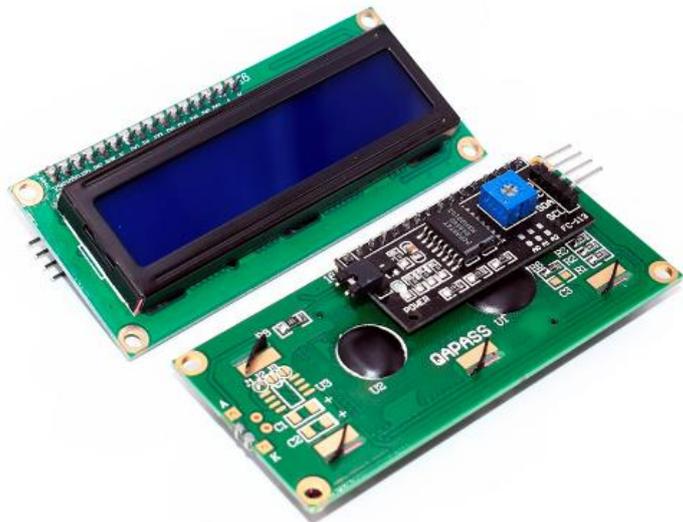
*Figura 22 - Servo Motor.*



Fonte: <<https://www.vidadesilicio.com.br>>

## DISPLAY DE LCD

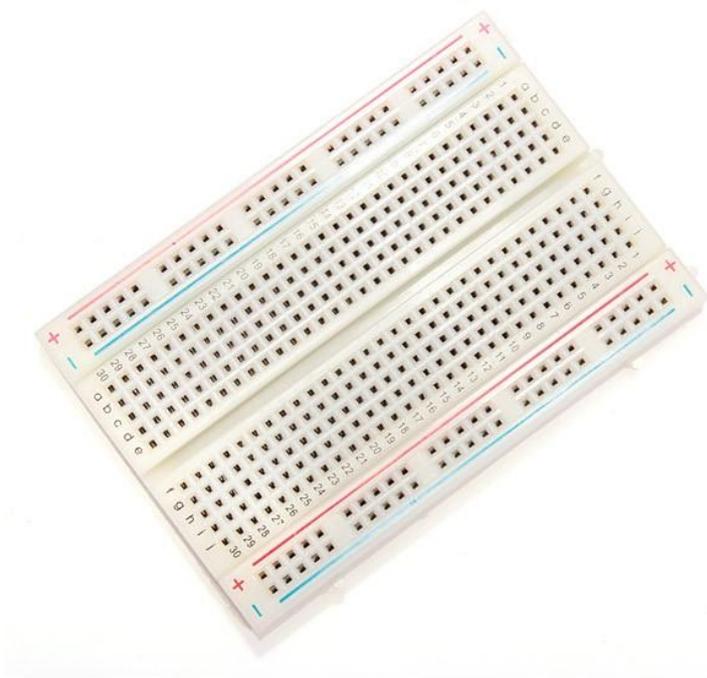
*Figura 23 - Display LCD com módulo I2c.*



Fonte: <<http://www.vladcontrol.com.br>>

## PLACA PROTOBOARD

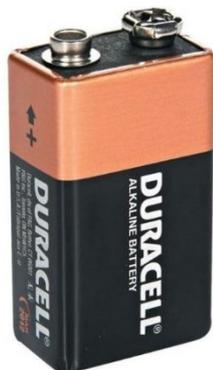
*Figura 24 - Placa Protoboard.*



Fonte: <<https://www.filipeflop.com>>

## BATERIA DE 9 VOLTS

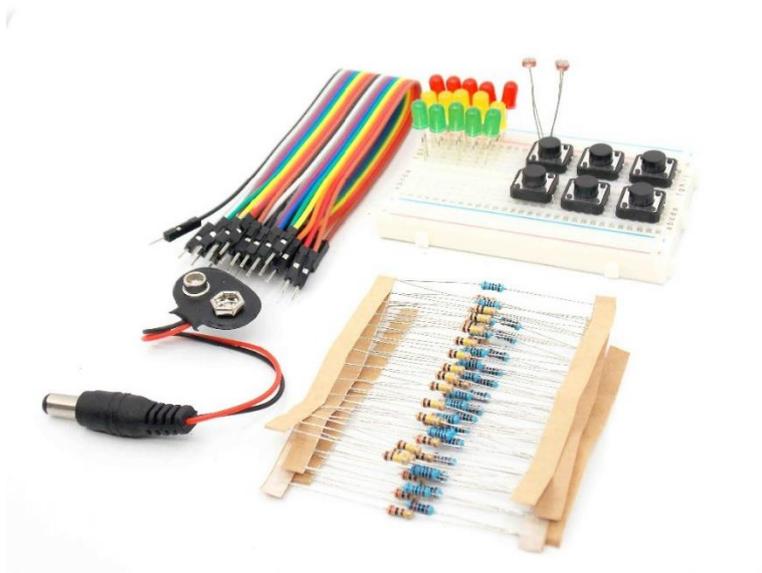
*Figura 25 - Bateria de 9 V*



Fonte: <<https://www.multisom.com.br>>

## KIT COM RESISTORES, LEDS, BOTÕES E FIOS JUMPERS

*Figura 26 - Resistores diversos, leds, botões e fios jumpers.*



Fonte: <<https://shopee.com.my>>