



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS BLUMENAU
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

César Augusto Ribeiro

**O ENSINO DO ELETROMAGNETISMO A PARTIR DA DISCUSSÃO DO
FUNCIONAMENTO E DA CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO DE UM CARRO
ELÉTRICO.**

Blumenau

2022

CÉSAR AUGUSTO RIBEIRO

**O ENSINO DO ELETROMAGNETISMO A PARTIR DA DISCUSSÃO DO
FUNCIONAMENTO E DA CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO DE UM CARRO
ELÉTRICO.**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Santa Catarina – Campus Blumenau no curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Cristiano da Silva
Teixeira

Blumenau

2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Ribeiro, César Augusto
O ENSINO DO ELETROMAGNETISMO A PARTIR DA DISCUSSÃO DO
FUNCIONAMENTO E DA CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO DE UM CARRO
ELÉTRICO. / César Augusto Ribeiro ; orientador, Cristiano
da Silva Teixeira, 2022.
184 p.

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade
Federal de Santa Catarina, Campus Blumenau, Programa de Pós
Graduação em Ensino de Física, Blumenau, 2022.

Inclui referências.

1. Ensino de Física. 2. 1. Ensino de Física. 2.
Aprendizagem Baseada em Projetos.. 3. 3. Eletromagnetismo.
I. Teixeira, Cristiano Silva. II. Universidade Federal de
Santa Catarina. Pós-Graduação em Ensino de Física. III.
Título.. I. Teixeira, Cristiano da Silva. II. Universidade
Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em
Ensino de Física. III. Título.

César Augusto Ribeiro

TÍTULO: O ENSINO DO ELETROMAGNETISMO A PARTIR DA DISCUSSÃO DO FUNCIONAMENTO E DA CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO DE UM CARRO ELÉTRICO.

O presente trabalho em nível de Mestrado foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Dr. Cristiano da Silva Teixeira

Instituição: Universidade Federal de Santa Catarina - Blumenau

Prof. Dr. Daniel Girardi

Instituição: Universidade Federal de Santa Catarina - Blumenau

Prof. Dr. Claudio Michel Poffo

Instituição: Universidade Federal de Santa Catarina – Araranguá

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Prof. Dr. Lucas Natálio Chavero

Coordenador do Programa de Pós-Graduação

Prof. Dr. Cristiano da Silva Teixeira

Orientador

Blumenau, 2022.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr. Cristiano Teixeira, pela pronta disponibilidade, companheirismo e dedicação ao me orientar no decorrer desta dissertação;

À coordenação do Mestrado Profissional em Ensino de Física que possibilitou a realização do curso;

Aos demais professores do curso, pelo empenho, dedicação e comprometimento com a causa da educação;

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) - pelo apoio financeiro a este programa de mestrado.

A Cátia Inez Buzzi Ribeiro, por seu amor e companheirismo durante toda a nossa jornada juntos;

Aos colegas de turma, que durante o curso proporcionaram momento de descontração, alegria e crescimento pessoal e intelectual;

A todos os alunos que participaram do projeto pelo empenho, dedicação e comprometimento;

À Direção do Colégio João Widemann que aceitou prontamente a aplicação do produto didático na instituição.

RESUMO

Esta dissertação apresenta uma proposta de produto didático, baseada em projetos, em que estudantes de ensino médio, por meio de pesquisa e execução, realizaram a construção de um pequeno protótipo de carro elétrico.

Para essa proposta, as atividades são desenvolvidas em uma sequência em que os estudantes primeiro pesquisam separadamente os vários aspectos do funcionamento de um carro elétrico e, depois, reproduzem experimentos eletromagnéticos, que contribuem para a compreensão dos vários fenômenos elétricos e magnéticos que fazem parte da estrutura de funcionamento desses carros. Ao final, com base nas pesquisas e na reprodução dos experimentos, os estudantes constroem o seu pequeno protótipo de carro elétrico.

O projeto foi aplicado em uma turma de terceiro ano de ensino médio e a avaliação foi realizada de acordo com dois eixos: o primeiro relacionado a questões atitudinais e o segundo relacionado com as pesquisas e os relatórios apresentados no decorrer do projeto. Durante a realização do projeto foi possível perceber o empenho da maioria dos alunos para desenvolverem a atividade, bem como sua participação ativa na construção dos pequenos protótipos de carro elétrico apresentados ao final.

Palavras-chave: Educação baseada em projetos. Eletromagnetismo. Protótipo de Carro Elétrico.

ABSTRACT

This dissertation presents a proposal for a didactic product, based on projects, in which high school students, through research, design and execution, executed the construction of an electric car prototype.

To this purpose, the activities are developed in such a sequence that students research separately the various aspects of the functioning of the electric car and reproduce electromagnetic experiments, which contribute to the understanding of the various magnetic and electric phenomena that are part of the structure of the electric car's operation. At the end, based on the research and the experiments made by the students, they build their own prototype of an electric car.

The project was developed in a third-year high school class, the assessment was carried out based on the analysis of the reports presented through the project development. During the project, it was possible to notice the commitment of most students to develop the activity, as well as their active participation in the construction of the electric car prototypes presented at the end.

Keywords: Project-based education. Electromagnetism. Electric Car prototype.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Esquema método ABP que relaciona motivação e aprendizagem	22
Figura 02: Esquema método ABP que dão significativa aprendizagem	26
Figura 03: Fluxograma que demonstra a função do professor	36
Figura 04: Dipolo elétrico e dipolo magnético	40
Figura 05: Dipolo elétrico e dipolo magnéticos cortados ao meio	41
Figura 06: Linhas de força ao redor de um ímã e de uma corrente circular	43
Figura 07: Campo magnético H gerado por bobina cilíndrica	44
Figura 08: O spin, o momento dipolar magnético de spin	49
Figura 09: Configuração de dipolos atômicos para material diamagnético	53
Figura 10: Configuração de dipolos atômicos para material paramagnético	54
Figura 11: Configuração de dipolos atômicos para material ferromagnético	56
Figura 12: Domínios magnéticos em um material ferromagnético	57
Figura 13: Curvas de Histerese de uma substância ferromagnética	58
Figura 14: Elemento de corrente produz um elemento de campo magnético	59
Figura 15: Linhas de campo magnético produzidas por corrente elétrica	62
Figura 16: Limalha de ferro formando círculos concêntricos ao fio	63
Figura 17: Vetor campo magnético em um ponto gerado por corrente	64
Figura 18: Regra da mão direita para determinar o sentido do campo	64
Figura 19: Linhas de campo magnético em uma espira circular	65
Figura 20: Limalhas de ferro produzindo linhas de campo ao redor da espira	66
Figura 21: Fio com forma de circunferência com centro no ponto C	67
Figura 22: Linhas de campo magnético produzidas por um solenoide	70

Figura 23: Limalha de ferro alinhadas com o campo magnético do solenoide	70
Figura 24: Aplicação lei de Ampère a um solenoide ideal	71
Figura 25: Corrente elétrica percorrendo o fio para cima	73
Figura 26: Força magnética atuando sobre o condutor	74
Figura 27: Elementos de um motor elétrico	75
Figura 28: Primeira locomotiva elétrica apresentada pela Siemens & Halske	80
Figura 29: Primeiro motor trifásico de Dolido Dobrowolsky	81
Figura 30: Carrinhos usados no projeto	89
Figura 31: Desmonte dos carrinhos pelos alunos durante a aula 1	90
Figura 32: Momento de experimentação em sala durante a aula 2	93
Figura 33: Processo construtivo do eletroímã durante a aula 2	95
Figura 34: Um dos eletroímãs construídos durante a aula 2	95
Figura 35: Um dos motores construídos durante a aula 3	98
Figura 36: Pequeno circuito construído com placas solares	101
Figura 37: Uma das aulas usadas para construção do projeto	107
Figura 38: Carrinho construído pela equipe 2	110
Figura 39: Carrinho construído pela equipe 4	110
Figura 40: Carrinho construído pela equipe 3 com propulsão em duas rodas	111
Figura 41: Carrinho construído pela equipe 3 visto de perfil	112
Figura 42: Construção do carrinho movido a energia solar pela equipe 1	112
Figura 43: Carrinho movido a energia solar construído pela equipe 1	113

QUADROS

QUADRO 1: Parâmetros avaliativos relacionados a processos atitudinais.	32
QUADRO 2: Parâmetros avaliativos relacionados a pesquisa e relatórios experimentais.	33
QUADRO 3: Esquematização da sequência didática recomendada para a aplicação do projeto.	83
QUADRO 4: Distribuição quantitativa da análise atitudinal dos alunos durante a realização do projeto.	116
QUADRO 5: Distribuição quantitativa da análise das atividades de pesquisa e relatórios apresentados durante a realização do projeto.	118

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO	14
2 – METODOLOGIAS DE ENSINO – APRENDIZAGEM BASEADA EM PROJETOS	19
2.1 – EDUCAÇÃO PARA O SÉCULO XXI	19
2.2 – EDUCAÇÃO E A NECESSIDADE DE MOTIVAÇÃO	21
2.3 – EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS – FÍSICA	22
2.4 – EDUCAÇÃO ATRAVÉS DA ABP	24
2.5 – PRINCIPAIS ASPECTOS PARA ABP	26
2.5.1 – ESCOLHA DO TEMA DO PROJETO	27
2.5.2 – O QUE SE DESEJA ALCANÇAR COM O PROJETO	28
2.5.3 – PADRÕES DE APRENDIZAGEM QUE SE DESEJA ALCANÇAR COM O PROJETO	29
2.6 – MÉTODOS AVALIATIVOS	30
2.6.1 – MÉTODO AVALIATIVO COM BASE EM OBSERVAÇÕES ATITUDINAIS	31
2.6.2 – MÉTODO AVALIATIVO COM BASE EM PESQUISAS E RELATÓRIOS REALIZADAS	33
2.7 – O PAPEL DO PROFESSOR DURANTE A APLICAÇÃO ABP	34
3 – ASPECTOS TEÓRICOS SOBRE O ELETROMAGNETISMO	38
3.1 – MAGNETISMO NA MATÉRIA	38
3.2 – MAGNETIZAÇÃO DA MATÉRIA	42
3.2.1 – DIPOLOS MAGNÉTICOS	43
3.2.2 – VETORES DO CAMPO MAGNÉTICO	44
3.2.3 – ORIGEM DOS MOMENTOS MAGNÉTICOS	46
3.2.4 – MOMENTO DIPOLAR MAGNÉTICO DE SPIN	47
3.2.5 – MOMENTO DIPOLAR MAGNÉTICO ORBITAL	50

3.3 – PROPRIEDADES MAGNÉTICAS DA MATÉRIA	52
3.3.1 – DIAMAGNETISMO	53
3.3.2 – PARAMAGNETISMO	54
3.3.3 – FERROMAGNETISMO	55
3.4 – CORRENTE ELÉTRICA GERANDO CAMPO MAGNÉTICO	59
3.4.1 – CAMPO MAGNÉTICO PRODUZIDO PELA CORRENTE ELÉTRICA EM UM FIO LONGO E RETILÍNEO	61
3.4.2 – CAMPO MAGNÉTICO PRODUZIDO PELA CORRENTE ELÉTRICA EM UM FIO EM FORMA DE ARCO CIRCUNFERÊNCIA	65
3.4.3 – LEI DE AMPÈRE.	66
3.4.4 – CAMPO MAGNÉTICO PRODUZIDO PELA CORRENTE ELÉTRICA AO CIRCULAR UM SOLENOIDE.	69
3.5 – FORÇA MAGNÉTICA AGINDO SOBRE CONDUTOR PERCORRIDO POR CORRENTE ELÉTRICA	73
3.6 – TORQUE EM UMA ESPIRA PERCORRIDA POR CORRENTE ELÉTRICA NO INTERIOR DO CAMPO MAGNÉTICO	75
3.7 – MOTORES ELÉTRICOS: UMA BREVE HISTÓRIA	77
4 – CONCEPÇÃO E CONSTRUÇÃO DO PRODUTO DIDÁTICO APLICAÇÃO, DISCUSSÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	82
4.1 – APLICAÇÃO DO PRODUTO DIDÁTICO	88
PRIMEIRA AULA	88
SEGUNDA AULA	91
TERCEIRA AULA	96
QUARTA AULA	100
QUINTA AULA	104
SEXTA AULA	106
SETIMA E OITAVA AULAS	108
4.2 – DISCUSSÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS DO PROJETO	114

4.2.1 – ENVOLVIMENTO E PARTICIPAÇÃO DOS ALUNOS DURANTE O PROJETO	114
4.2.2 – A PRODUÇÃO DO CONHECIMENTO E APRENDIZAGEM DOS ALUNOS DURANTE O PROJETO.	116
4.2.3 – A VISÃO DOS ALUNOS A RESPEITO DA REALIZAÇÃO DO PROJETO.	119
5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	122
REFERÊNCIAS	125
ANEXO – COMENTÁRIO DE ALUNOS SOBRE O PROJETO	128
APÊNDICE – PRODUTO DIDÁTICO	132

1 – INTRODUÇÃO

A nova reforma do Ensino Médio vem com o objetivo de criar caminhos formativos em que o aluno é protagonista de parte de sua formação, escolhendo o que deseja estudar, antecipando assim parte de sua futura formação profissional. Nesse sentido, a Lei nº 13.415/2017 alterou a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional e estabeleceu uma mudança na estrutura do Ensino Médio, oferecendo diferentes possibilidades de escolhas aos estudantes, os itinerários formativos, com foco em áreas de conhecimento e na formação técnica e profissional. A mudança tem como objetivo garantir a oferta de educação de qualidade a todos os jovens brasileiros e aproximar as escolas à realidade dos estudantes de hoje, considerando as novas demandas e complexidades do mundo do trabalho e da vida em sociedade (MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, 2017).

Nesta nova modalidade de ensino médio é necessário repensar o ensino de ciências, mais propriamente o ensino de Física, que hoje está quase que exclusivamente direcionado em preparar o aluno para resolver questões de vestibular. Este processo educativo muitas vezes sem qualquer conexão com realidade do aluno e frequentemente inapto em demonstrar a importância do desenvolvimento da Física para a vida moderna.

No ensino do eletromagnetismo esses descompassos entre sala de aula e vivência dos estudantes ficam ainda mais evidentes, pois o tema é tratado apenas ao final do ciclo do Ensino Médio, muitas vezes relegado em segundo plano, abordado de forma muito superficial e sem a devida importância. Para ser mais exato, o ensino do eletromagnetismo se dá, quase que exclusivamente, com a apresentação de teorias e equações, que são posteriormente aplicadas a exercícios com o objetivo claro de memorização, mas sem uma abordagem interativa e significativa do tema. Tal situação espelha um problema maior no âmbito do ensino de física, sobre o qual disserta Moreira:

Em resumo, o ensino de Física na educação contemporânea é desatualizado em termos de conteúdos e tecnologias, centrado no docente, comportamentalista, focado no treinamento para provas e aborda a Física como uma ciência acabada, tal como apresentada em um livro de texto. (MOREIRA, 2017, p.03)

As palavras de Moreira podem ser aplicadas de forma direta para o ensino do eletromagnetismo, um dos grandes temas da Física, uma vez que nos livros e textos mais utilizados pelos professores para ministrarem suas aulas, as teorias eletromagnéticas não são acompanhadas de qualquer contextualização e os exercícios apresentados para serem resolvidos são desconectados de qualquer realidade próxima a dos estudantes. Além disso, as poucas aplicações cotidianas que aparecem nos livros texto geralmente são apresentadas em forma de anexos em somente uma ou duas páginas do capítulo.

As referências que os livros fazem sobre circunstâncias concretas costumam mencionar aparelhos que se utilizam dos conceitos tratados no capítulo, sem, no entanto, possibilitar uma verdadeira discussão entre o funcionamento do aparelho e as teorias tratadas. Soma-se a isso o fato de os professores muitas vezes relegarem tais informações a um segundo plano, seja por falta de tempo para tratar o tema, seja por falta de preparo técnico para buscar as perguntas e as inquietações dos alunos sobre o funcionamento destes equipamentos. Há, enfim, pouca margem para que os docentes explorem o eletromagnetismo para além da aplicação de exercícios e provas, circunstância limitadora segundo o pensamento de Rubem Alves, quando afirma que:

Não existe nada mais fatal para o pensamento que o ensino das respostas certas. Para isso existem as escolas: não para ensinar as respostas, mas para ensinar as perguntas. As respostas nos permitem andar sobre a terra firme. Mas somente as perguntas nos permitem entrar pelo mar desconhecido (ALVES, 2015, p. 56).

Refletindo sobre a citação, é possível compreender que um dos grandes problemas do ensino de Física, em especial do ensino do eletromagnetismo, encontra-se na dificuldade dos professores de permitirem que os alunos sejam os protagonistas na produção do conhecimento, formulando suas perguntas e buscando as respostas. Isto se dá, porque os docentes na maioria das vezes, estão mais preocupados em ensinar o eletromagnetismo visando capacitá-los a simplesmente responderem as perguntas dos testes e vestibulares, tal situação está associada a cobrança dos gestores e da sociedade em geral, para que os alunos sejam preparados para os vestibulares.

Outra questão que merece ser abordada a respeito da dificuldade do ensino de Física e, mais propriamente do ensino do eletromagnetismo, relaciona-se com o desinteresse dos alunos no estudo do tema. Tal situação se dá pela falta de motivação do aluno, gerada principalmente pelo distanciamento entre os conceitos apresentados e a sua visão de mundo.

Além dos motivos citados até o momento, podemos elencar mais um, relacionado a quantidade de temas que devem ser abordados no terceiro ano do Ensino Médio. Neste contexto, o professor se encontra encurralado entre a obrigação de vencer o cronograma de temas programáticos e a necessidade de desenvolver estratégias de ensino que permitam ao educando, ser protagonista na produção do conhecimento. Preso nesse dilema, é comum que o professor conclua ser melhor seguir o caminho de vencer os conteúdos e preparar o aluno para os vestibulares e concursos.

Diante de toda essa realidade se faz necessária uma nova abordagem no processo de ensino aprendizagem da Física, em especial no ensino do eletromagnetismo, com maior ênfase na experimentação e a execução de projetos, que serão realizados pelos acadêmicos com a colaboração do professor.

Tendo em vista esse horizonte possível, tornam-se ainda mais relevantes e atuais as propostas relacionadas com a execução de projetos aplicáveis no decorrer da formação básica, buscando engajar os alunos no tema proposto e possibilitando que sejam partícipes da produção do conhecimento. Adequando assim, o ensino de Física a nova proposta do Ensino Médio, que ocorrerá com a implantação definitiva, a partir de 2021, da reforma proposta pela lei nº 13.415/2017, responsável por alterar a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional.

Haja vista o aprofundamento necessário do vínculo entre Física e outras formas pedagógicas eficazes, convém mencionar a noção de “aprender fazendo”, a qual tem profundas raízes teóricas nos estudos de “educadores como John Dewey, que descreveram os benefícios da aprendizagem experimental, pratica e dirigida pelos alunos” (BUCK INSTITUTE FOR EDUCATION, 2008). A Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP) tem evoluído desde então como uma abordagem instrucional que aborda o conteúdo principal através de aprendizagem prática e relevante – desafiando os alunos a resolver problemas do "mundo real". Nessa direção, a opção por

implementar perguntas abertas leva em conta o estímulo que produzem, uma vez que os alunos devem trabalhar de forma colaborativa para pesquisar ou construir suas próprias soluções (BUCK INSTITUTE FOR EDUCATION, 2008).

Com base nessa perspectiva de ensino de Física, este trabalho busca desenvolver um projeto de ensino dos principais tópicos do eletromagnetismo, alicerçado na Aprendizagem Baseada em Projetos. Como um dos pontos relevantes na Aprendizagem Baseada em Projetos, consiste na escolha de temas significativos para o estudante, foi escolhido o tema que envolve o novo modelo de mobilidade humana, que consiste nos carros movidos a eletricidade. Hoje, essa transição de automóveis movidos a combustão interna por automóveis movidos por motores elétricos, seja no transporte individual ou transporte público é, objeto de planejamento a nível mundial, especialmente entre países ricos, onde há uma intenção maior e mais declarada de substituir carros convencionais por carros elétricos.

Dentro desse contexto as principais montadoras de automóveis buscam desenvolver carros elétricos que permitam, em um curto espaço de tempo, suceder, de forma economicamente viável, os carros com motor a combustão interna. Esse objetivo tecnológico e econômico pode ser observado, por exemplo, na reportagem feita na revista PESQUISA FAPESP.

Recentemente, autoridades francesas e britânicas anunciaram a intenção de proibir a venda de modelos a gasolina ou diesel a partir de 2040. Na Noruega, onde 37% dos carros novos vendidos em janeiro deste ano eram movidos a eletricidade, e na Holanda, a proibição da comercialização deve ocorrer ainda mais cedo, em 2025, enquanto na Alemanha o banimento está previsto para 2030. Do lado da indústria, as maiores fabricantes já oferecem modelos elétricos e híbridos. A Volvo anunciou que a partir de 2019 todos os seus carros terão motores elétricos: A montadora de carros sueca Volvo fez um anúncio ousado no último mês. Segundo a empresa, até 2020 todos os veículos produzidos por ela serão elétricos ou híbridos, ela não produzirá mais carros a gasolina (REVISTA PESQUISA FAPESP, 2019).

Diante desse contexto e da relevância do tema, esta dissertação buscou desenvolver um produto didático, que utiliza a metodologia ativa da Aprendizagem Baseada em Projetos, possibilitando aos alunos serem ativos na produção do conhecimento por meio de pesquisas e atividades experimentais realizadas sobre os principais temas do eletromagnetismo.

Este processo construtivo do conhecimento tem como propósito final dotar os alunos do embasamento teórico que os possibilitará compreender o funcionamento do carro elétrico, e, ao final, construir um pequeno protótipo de um carro elétrico.

É importante ressaltar que o ensino do eletromagnetismo associado à experimentação e à execução de projetos objetiva ainda contribuir no aprimoramento dos seguintes fatores: o engajamento dos alunos e sua participação nas aulas; o raciocínio lógico; a capacidade de liderança dos alunos e seu empoderamento; a capacidade dos alunos de trabalhar em grupo e entender as transformações sociais e tecnológicas da atualidade, criando os fundamentos para que os estudantes sejam agentes de transformação da sociedade futura.

2 – METODOLOGIAS DE ENSINO – EDUCAÇÃO BASEADA EM PROJETOS

O ensino de Física no Novo Ensino Médio deverá utilizar as metodologias ativas para possibilitar aos alunos uma educação interativa, que possibilite o desenvolvimento acadêmico, o desenvolvimento pessoal e o desenvolver atitudinal.

A metodologia de Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP), pode cumprir este papel motivador, porque promove um ensino mais dinâmico, em que o aluno é um sujeito ativo e pode propor questionamentos além dos elencados pelo educador e ajudar a resolvê-los (ALMEIDA; SHINGUE, 2021).

2.1 – Educação para o século XXI

A educação para o século XXI deve desenvolver nos alunos habilidades relacionadas a aprendizagem, o protagonismo, a capacidade de análise, o pensamento crítico e a capacidade de tomar decisões.

Para municiar os alunos com as competências exigidas na sociedade do século XXI, as práticas educativas devem ter foco na prática, em modelos e estratégia ativas, que contribuam para aprendizagem efetiva de conceitos e de suas aplicações, através do desenvolvimento da autonomia do estudante na busca do conhecimento.

Nesse sentido, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) sugere que o professor deixe de ser o centro da fonte do conhecimento, adotando metodologias de ensino que possibilitem ao aluno desenvolver sua capacidade plena de aprendizagem. Assim, a BNCC estabelece que a educação deve desenvolver:

Competências e habilidades essenciais para formar o estudante de maneira integral, a fim de não apenas transferir conhecimento, mas buscar meios para tornar o estudante protagonista de sua aprendizagem, capaz de construir seu próprio projeto de vida (BRASIL, 2019).

Desse modo, A BNCC vai ao encontro a proposta de educação para o século XXI da UNESCO, que sugere que a educação deve ter como objetivo desenvolver no aluno a capacidade de aprender a conhecer, aprender a fazer, aprender a ser e aprender a conviver. Convém então detalhar o que significada cada uma das formas de aprendizagem citadas acima.

O aprender a conhecer está associado a uma cultura geral ampla o suficiente e “que possibilite o estudante a aprofundar um número reduzido de assuntos, ou seja, aprender a aprender, para beneficiar-se das oportunidades oferecidas pela educação ao longo da vida” (UNESCO, 2010).

Já o aprender a fazer está relacionado com a capacidade de

tornar a pessoa apta a enfrentar numerosas situações e a trabalhar em equipe. Além disso esta habilidade está relacionada com as diversas experiências sociais ou de trabalho oferecidas aos jovens e adolescentes, seja espontaneamente na sequência do contexto local ou nacional, seja formalmente, graças ao desenvolvimento do ensino alternado com o trabalho (UNESCO, 2010).

O aprender a conviver está concatenado com o desenvolvimento e a “compreensão do outro e a percepção das interdependências, na realização de projetos comuns, no gerenciamento de conflitos, no respeito pelos valores do pluralismo, da compreensão mútua e da paz” (UNESCO, 2010).

E por último, mas não menos importante, o aprender a ser que está ligado ao desenvolvimento da personalidade do estudante, tornando-o capaz de “agir com uma capacidade cada vez maior de autonomia, discernimento e responsabilidade pessoal” (UNESCO, 2010).

É justo apontar que a Aprendizagem Baseada em Projetos (doravante ABP) se encaixa perfeitamente na perspectiva promovida pela UNESCO, uma vez que é uma prática de ensino que busca confrontar os alunos com problemas e questões do mundo real, possibilitando assim, o desenvolvimento de competências e atitudes que são primordiais as necessidades educacionais do século XXI. Diferente do que ocorre na chamada educação tradicional, em que o foco da aula é o professor, na ABP a ênfase passa a estar nos alunos, pois eles se tornam os elaboradores do conhecimento, o qual será a base para realização do projeto. Ao fim, todo este movimento de produção do conhecimento oportuniza “o desenvolvimento de competências socioemocionais reconhecidas atualmente como essenciais para o futuro de uma vida profissional exitosa” (MOTTA, 2021), nas novas relações de trabalho que aparecem no dia a dia no século XXI.

2.2 – Educação e a necessidade de motivação

No processo educacional se faz necessário cada vez mais motivar os alunos a apreender, em especial quando se toma consciência de que no século XXI a informação não é mais exclusividade do professor. Pelo contrário, ela está cada vez mais acessível aos alunos através da rede mundial de computadores, a qual muitos jovens conseguem acessar sem o intermédio de docentes.

Desse modo, faz-se necessário uma revisão da prática educativa, modificando o papel do educador, que deixará de ser a fonte do conhecimento, para ser orientador, “criando estratégias que possibilitem um ensino dinâmico e desafiador, promovendo situações que estimulem a curiosidade e o interesse, expondo como o conteúdo a ser apreendido pode ser relevante e útil” (COLL, MARCHESI, PALACIUS, 2004).

Uma das maneiras de motivar os alunos a ter vontade e autonomia para apreender são as metodologias ativas de educação. Dentre as várias opções, a ABP se destaca por abordar o ensino através de projetos, que estão associados a situações, a temas e problemas presentes na sociedade.

Neste contexto o uso da ABP como fonte de motivação dos alunos se justifica principalmente por promover um ensino dinâmico e interativo, que pode ser compreendido pelo esquema da Figura 1, em que o fator “motivação” é ressaltado como central ao processo de aprendizagem, pois tanto favorece a aprendizagem, como é retroalimentada por ela: “em outros termos, se o estudante estiver motivado, mais chance terá de aprender, e se conseguir aprender, se sentirá mais motivado” (ALMEIDA, SHINGUE, 2021).

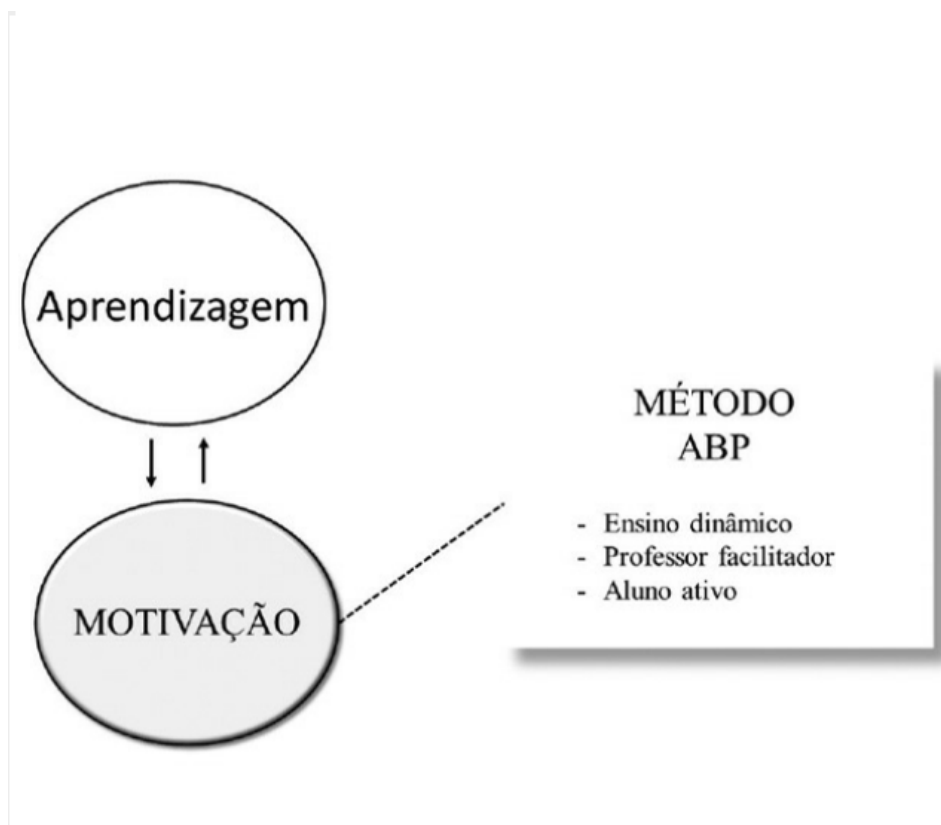


Figura 1. Esquema método ABP como fator motivador para a aprendizagem (ALMEIDA, SHINGUE, 2021).

A relação motivação-aprendizagem proporciona o desenvolvimento da autonomia do estudante na busca do conhecimento, pois à medida que aprende surge a necessidade de complementar sua aprendizagem. Ao longo desse processo, o estudante começa a buscar o conhecimento por conta própria, desenvolvendo assim a autonomia intelectual para produzir o conhecimento, que facilitará a resolução de problemas e situações da vida cotidiana.

2.3 – Educação em ciências - Física

A educação em ciências busca desenvolver no estudante a compreensão do que é Ciência, a alfabetização científica e a autonomia na busca do conhecimento científico, com vistas a tornar o estudante apto a utilizar o conhecimento adquirido para resolver problemas do cotidiano. No ensino médio, o estudo das Ciências da Natureza, que engloba as disciplinas de Física, Química e Biologia, deve continuamente fomentar “o desenvolvimento de habilidades em levantar problemas,

hipóteses, definir metodologias de investigação, coletar e analisar dados, tirar conclusões e comunicar de alguma forma seus estudos” (SANTA CATARINA, 2021).

Nesta mesma visão, a BNCC propõe que o ensino de Ciências da Natureza deve “promover o protagonismo dos estudantes na aprendizagem e na aplicação de processos, de práticas e procedimentos, a partir dos quais o conhecimento científico e tecnológico é produzido” (BRASIL, 2019). Propõe ainda que o ensino de Ciências da Natureza deve “organizar situações desafiadoras, que despertem a curiosidade do estudante, aumentando o interesse pela ciência, sendo capaz de resolver problemas de seu cotidiano, levando em consideração o aprendizado científico” (BRASIL, 2019).

A visão de ensino de Ciências da Natureza proposta pelos documentos federais e estaduais de educação pode ser alcançada por meio da aplicação da ABP, que, como se demonstrou até aqui, utiliza-se da investigação, da experimentação, do desenvolvimento de projetos como forma de ensino, contribuindo para o desenvolvimento cognitivo do aluno, possibilitando seu desenvolvimento criativo, que, com certeza, trará benefícios para toda sociedade como ensina Piaget:

[...] se pretendemos formar indivíduos criativos e capazes de transformar a sociedade do amanhã, é evidente que educação baseada na descoberta ativa da verdade é superior a uma educação que se limita a transmitir verdades e conhecimento acabados (PIAGET, 1969. p.45).

Diante das propostas governamentais para o ensino de Ciências da Natureza, fazendo o direcionamento para o ensino de Física, a aplicação ABP é uma promissora estratégia de ensino para alcançar os objetivos desejados na disciplina. No entanto, é pertinente advertir que a ABP não deve ser a única metodologia utilizada no processo de ensino aprendizagem na disciplina de Física. Para além dela, os professores devem:

utilizar sua experiência e seu conhecimento para combinar projetos e métodos convencionais de ensino formadores de um todo integrado que ofereça aos alunos uma rica combinação de conteúdo, habilidades e oportunidades de crescimento acadêmico e pessoal (BUCK INSTITUTE FOR EDUCATION, 2008, p.8).

2.4 – Educação através da Aprendizagem Baseada em Projetos - ABP

Em um primeiro momento, a educação com base em projetos parece ser uma metodologia ativa de educação muito nova, que surge para dar respostas as necessidades educacionais do século XXI. No entanto, o uso de projetos no âmbito educacional não é recente e “reporta ao emprego desse recurso ao final do século XIX, provindo das convicções de John Dewey em 1897” (MOURA; BARBOSA, 2013).

Apesar desta metodologia de ensino ter surgido no final do século XIX, foi retomada nas últimas décadas, como parte de uma estratégia educacional que visa aplicar metodologias que tornem mais eficaz o processo de ensino e aprendizagem. Isso é imprescindível diante dos avanços tecnológicos por meio dos quais os estudantes têm cada vez mais acesso à informação, dado que o conhecimento pode ser obtido através de buscas na rede mundial de computadores, tornando as aulas expositivas e dialogadas desmotivadoras e pouco desafiadoras para os estudantes.

Aprender se torna irrelevante ao estudante frente a essa prática de ensinar, pois não há envolvimento dos estudantes com os conteúdos, cujas temáticas poucas vezes se conectam ao cotidiano. Quando muito, o estudante é capaz de memorizar os assuntos, não sendo capaz, portanto, de refletir e apresentar argumentos, desmotivando-se e perdendo o interesse pelo conteúdo (ALMEIDA, SHINGUE, 2021).

Com base nessas observações sobre as dificuldades em manter os alunos motivados durante aulas clássicas, focadas somente no método expositivo e dialogado, é que o ABP tem ganhado espaço nas discussões educacionais, uma vez que ao aplicar um projeto “o estudante passa a ser um sujeito ativo do seu próprio aprendizado e o educador tem um papel de mediador que orienta o estudante e não somente transmite os conteúdos do currículo” (ALMEIDA, SHINGUE, 2021).

Um dos pilares da ABP está relacionado exatamente a mudança na função do professor que deixa de ser o detentor e o transmissor do conhecimento, para ser o mediador e orientador dos estudantes na busca do conhecimento. Assim, mais do que fazer com que os alunos aprendam um dado tópico, os processos promovidos pela ABP permitem que o professor contribua para que os estudantes aprendam a aprender. Este processo autônomo de aprendizagem melhora a qualidade da aprendizagem, uma vez que ao surgir “do esforço pessoal do próprio estudante acaba

sendo mais duradoura do que as informações transmitidas por outras pessoas” (BUCK INSTITUTE FOR EDUCATION, 2008).

A busca do conhecimento de forma autônoma é uma das qualidades fundamentais para o mundo do trabalho do século XXI, que além dessa característica, exige que os indivíduos saibam “aplicar seu conhecimento, resolver problemas, planejar, monitorar e avaliar seu desempenho e comunicar suas ideias a públicos variados” (BUCK INSTITUTE FOR EDUCATION, 2008). A aplicação da ABP possibilita o desenvolvimento intelectual do estudante, tornando-o apto a buscar o conhecimento, aplicar o conhecimento, desenvolver projetos de forma autônoma e colaborativa objetivando a construção de projetos.

Dentro dessa perspectiva a aplicação de projetos com base na ABP, “é um método de ensino rigoroso, relevante e envolvente que justifica investigações autênticas e aprendizagem autônoma dos alunos” (BUCK INSTITUTE FOR EDUCATION, 2008). Assim, a ABP contribui de forma inequívoca para que os estudantes se desenvolvam intelectualmente, sendo beneficiados por mudanças em suas atitudes perante a aprendizagem como um todo. Tais mudanças capacitam os estudantes a enfrentarem os desafios ligados ao mundo do trabalho e das relações sociais no século XX.

Abaixo, a Figura 2 apresenta de forma esquemática, as principais características da ABP, que contribui de forma efetiva para elevar o grau de motivação dos estudantes, durante as aulas, além de contribuir para o desenvolvimento da autonomia dos estudantes na busca pelo conhecimento, fazendo com que “a aprendizagem ocorra de forma efetiva e tenha significado” (ALMEIDA, SHINGUE, 2021).

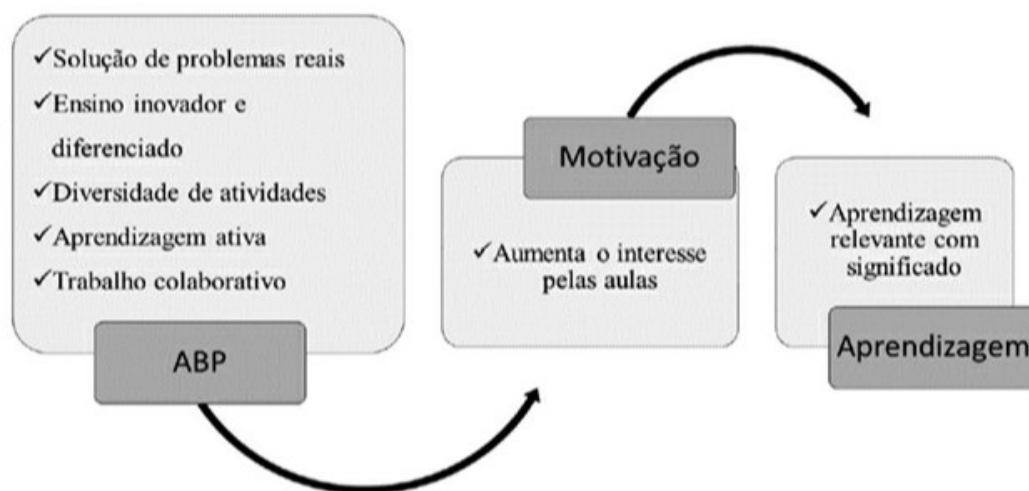


Figura 2. Esquema relacionando características do método ABP, com a motivação e a aprendizagem significativa. (ALMEIDA, SHINGUE, 2021).

Durante a aplicação da metodologia ativa ABP os estudantes devem ser estimulados através de projetos relacionados com situações reais que “proporcionam bons motivos para que os alunos queiram realizar o projeto” (BENDER, 2015). Quando é apresentada uma situação real que possa ser analisada a partir de aspectos teóricos, aspectos experimentais e através do desenvolvimento de protótipos, é possível obter uma aprendizagem efetiva.

Ademais, as metodologias ativas como a ABP permitem trabalhos em grupos com elevado grau de partilha dos conteúdos a serem estudados, das tarefas durante a execução do projeto, o que contribui para desenvolver nos estudantes a liderança, a cooperação, o trabalho em equipe e a capacidade de solução de conflitos, qualidades essenciais no mercado de trabalho e na sociedade do século XXI.

2.5 – Principais aspectos da Aprendizagem Baseada em Projetos – ABP

Em uma síntese esquemática, pode-se dizer que o planejamento de um projeto utilizando a metodologia ativa de educação ABP deverá ter um projeto com tema previamente definido; com objetivos claros a respeito dos temas acadêmicos a serem estudados e aprendidos; uma metodologia avaliativa previamente definida que

possibilite analisar os resultados obtidos no decorrer do projeto, tudo com o objetivo criar um ambiente ideal de aprendizagem.

2.5.1 – Escolha do tema do projeto

O tema do projeto é uma escolha importante, porque contribuirá para o engajamento dos estudantes. Por esse motivo, para o presente trabalho foi escolhido como tema do projeto os carros elétricos, tema que possibilita discutir a grande mudança na forma de propulsão dos automóveis, ônibus e caminhões, que deixarão de ser movidos por motores a combustão interna, passando a ser movidos por motores elétricos. Essa referência a uma situação concreta, cada vez mais observável, possibilita aos estudantes estudar os principais tópicos do eletromagnetismo a partir do funcionamento do motor elétrico.

O projeto do carro elétrico possibilitou uma forma diferente de estudar o eletromagnetismo. Uma vez que os alunos envolvidos na proposta desta dissertação foram estimulados a pesquisar sobre: as substâncias ferromagnéticas, o experimento de Oersted, a lei de Ampère, a força magnética que surge nos condutores percorridos por corrente elétrica e o funcionamento dos motores elétrico.

Durante os encontros em sala de aula, foram realizados experimentos sobre os temas pesquisados, tais experimentos já foram aplicados em outros produtos didáticos, e são amplamente conhecidos e apresentadas nos livros didáticos. No entanto, o projeto do carro elétrico, que consiste em construir um pequeno protótipo de carro elétrico (que será chamado daqui para frente de protótipo), conferiu um sentido contextualizado e empírico ao ensino de Física, uma vez que ao final do projeto todas as equipes apresentaram protótipo.

Este tema ainda poderia ter sido explorado por seu caráter ambiental uma vez que a troca da matriz energética dos derivados do petróleo para a energia elétrica, tem como objetivo diminuir a emissão de gases de efeito estufa, diminuindo assim, os níveis de CO₂ na atmosfera. Outro ponto relevante sobre tema, são as questões sociais, uma vez que a mudança do carro movido a combustão interna para o carro elétrico deve diminuir a quantidade de mão de obra na produção de automóveis, uma vez que a quantidade de peça para produzir um carro convencional é 6 vezes maior,

que quantidade de peças usadas na produção do carro elétrico. “A mudança para carros elétricos pode custar 410.000 empregos somente na Alemanha até 2030, publicou o diário Handelsblatt citando fontes governamentais” (ALKOUSAA, 2020). Fica claro, portanto, o grau de relevância do tema para as próximas décadas, e para as futuras gerações.

Pela combinação desses motivos, o projeto envolvendo o carro elétrico foi escolhido, pois no ensino de física possibilitou que os estudantes adquirissem conhecimento sobre os principais conceitos do eletromagnetismo a partir de suas pesquisas, suas realizações experimentais e pela construção do protótipo. Mas, ao mesmo tempo, o projeto possibilitou que os estudantes tivessem outros olhares sobre o processo de eletrificação da frota automotiva, e como este processo pode alterar questões sociais e ambientais.

2.5.2 – O que se deseja alcançar com o projeto

Um ponto muito significativo na ABP está associado ao que se deseja alcançar com a aplicação do projeto, no caso do projeto do protótipo, o escopo se vincula aos principais conceitos do eletromagnetismo que estão interligados com o funcionamento do carro elétrico. Por essa razão, o projeto foi usado para substituir as unidades que tratam do eletromagnetismo, que deixaram de ser estudadas através do método tradicional, para serem estudadas através da aplicação da ABP.

Esta mudança de método de ensino, busca dar motivação aos estudantes para que possam, de forma autônoma, construir o conhecimento, e aplicá-lo durante a construção do protótipo. Essa autonomia se concretiza à medida que o ensino do eletromagnetismo constitui um vínculo com elementos da vida real, deixa de ser apresentado de forma desconexa da realidade, e principalmente porque os estudantes são os grandes responsáveis pela produção do conhecimento.

Não se deve esquecer que esta metodologia ativa de aprendizagem necessita uma mudança na forma como o professor atua, “em vez de servir como fornecedor de informações, na ABP o professor deve atuar como facilitador e orientador educacional, à medida que os alunos avançam em suas atividades do projeto” (BENDER, 2015).

Sendo assim, para que o objetivo seja alcançado pelos alunos, deve o professor se adequar à nova forma de ensino, deve estar aberto a ouvir os alunos e deve “permitir que os alunos sugiram novas soluções para o projeto e desempenhem um papel mais ativo na definição do modo como o projeto vai se desdobrar (BUCK INSTITUTE FOR EDUCATION, 2008). Por isso, durante a parte do projeto associada à construção do protótipo, os alunos tiveram autonomia para escolher como iriam construir o protótipo.

Já nos quatro primeiros encontros os alunos foram orientados a pesquisar temas específicos sobre os conceitos do eletromagnetismo, conceitos relacionados ao funcionamento do carro elétrico, e foram incentivados a socializar com os outros grupos as descobertas realizadas. Ambos o processo de descoberta dos principais conceitos do eletromagnetismo e a sua aplicação no funcionamento do protótipo, fazem parte do propósito do projeto.

2.5.3 – Padrões de aprendizagem que se deseja alcançar com o projeto

O padrão de aprendizagem é um outro aspecto importante na ABP, uma vez que a aplicação do projeto busca aumentar a participação dos estudantes, deixando-os mais motivados para que tendam “a adquirir uma postura autônoma no desenvolvimento dos saberes, bem como buscam agir de forma cooperativa, ajudando o grupo na construção do projeto” (FERNANDES, 2010).

Toda metodologia necessita estabelecer padrões de aprendizagem dos estudantes a respeito do tema estudado. Para o presente caso do projeto relacionado ao pequeno protótipo de um carro elétrico, trata-se de possibilitar o aprendizado dos principais conceitos associados ao eletromagnetismo. É necessário, portanto, estabelecer com clareza os padrões que devem ser avaliados no decorrer da execução do projeto, a fim de manter nítido de que maneiras particulares “o produto construído durante a execução do projeto permite que os estudantes demonstrem o que aprenderam (BUCK INSTITUTE FOR EDUCATION, 2008).

No caso do projeto do protótipo, os temas mais significativos que devem ser aprendidos pelos estudantes estão relacionados às propriedades magnéticas da matéria, à capacidade de geração de campo magnético através da corrente elétrica e,

ao surgimento da força magnética sobre condutores percorridos por corrente elétrica no interior do campo magnético.

O projeto possibilitou aos alunos pesquisarem sobre os temas citados, entregarem pesquisas escritas sobre o tema e relatórios dos experimentos realizados. Essas pesquisas e relatórios foram realizadas durante os quatro primeiros encontros do projeto, que tinham duração de 1 hora e 30 minutos. Todas as atividades realizadas nos primeiros quatro encontros tiveram como objetivo preparar o arcabouço teórico para a parte final do projeto, que consiste na construção do protótipo.

Durante a construção do protótipo, foi possível identificar a compreensão que os alunos tiveram dos principais conceitos do eletromagnetismo, através das soluções concretas apresentadas para problemas que surgiram durante a finalização do projeto. A última atividade realizada durante o projeto foi precisamente a apresentação dos protótipos, e a explicação das escolhas realizadas para a construção do protótipo.

Além dos padrões acadêmicos de aprendizagem, espera-se alcançar através da ABP padrões de aprendizagem relacionados a criatividade; ao trabalho em equipe; ao espírito de iniciativa; a competências comunicativas e ao pensamento crítico (FERNANDES, 2010). Entre as habilidades apresentadas acima, convém destacar, pelo fato de as atividades terem sido realizadas em grupos, a capacidade de trabalhar coletivamente para resolver problemas, considerada por Bender (2015) “uma das mais importantes habilidades adquiridas na ABP, já que se trata de uma habilidade crucial para praticamente todos os trabalhos do século XXI”.

Em suma, o que se busca através da ABP, no caso do projeto envolvendo o protótipo, é um elevado padrão acadêmico na disciplina de física com foco no eletromagnetismo, e um elevado padrão atitudinal, principalmente na autonomia do estudante na busca do conhecimento e na capacidade de solucionar problemas através do trabalho em equipe.

2.6 – Métodos avaliativos

A verificação da aprendizagem dos estudantes foi realizada através de processos avaliativos, que foram realizados no decorrer do projeto da construção do protótipo, com base em duas estratégias avaliativas. A primeira delas se associa a

observações atitudinais dos estudantes no decorrer do desenvolvimento do projeto que culmina com a entrega do protótipo. A segunda, por sua vez, diz respeito às pesquisas realizadas sobre os principais temas relacionados ao eletromagnetismo, e ainda com apresentação dos relatórios sobre os experimentos realizados durante a execução do projeto.

Nas duas estratégias avaliativas se busca coletar dados sobre a evolução acadêmica e relacional dos alunos que participam do projeto, através de roteiros avaliativos, que possibilitem ao aluno compreender o que se espera dela durante a execução do projeto. Tendo em vista esses objetivos, e a partir dos modelos propostos pelo *Buck Institute for Education*, foram criados dois quadros que definem pontos que devem ser avaliados nas duas estratégias avaliativas utilizadas no decorrer da aplicação do projeto de construção do protótipo.

2.6.1 – Método avaliativo com base em observações atitudinais

Ao longo da execução do projeto as atitudes dos estudantes foram observadas em conversas entre os integrantes das equipes, em conversas dos integrantes da equipe com o professor e, por fim, na resolução de problemas que surgiram no decorrer do projeto.

Ao início de cada uma das quatro primeiras jornadas as equipes eram incentivadas a compartilhar suas descobertas sobre os temas pesquisados. Durante esse período inicial os estudantes trocavam ideias, informações e o conhecimento adquirido. Nesse processo foi possível identificar o engajamento dos estudantes, sua dedicação aos temas pesquisados e como se portavam durante as conversas.

Tais observações foram colocadas em um quadro que foi construído a partir de modelos fornecidos no manual criado pelo *Buck Institute for Education*, para aplicação da metodologia ativa ABP, como forma de produzir dados que embasem a atribuição de uma nota relacionada as observações atitudinais dos estudantes.

O método ABP afasta professores e alunos das tradicionais provas com lápis e papel e os aproxima de práticas de avaliação mais autênticas. Além do conteúdo didático, os objetivos de ensino estão associados ao uso de conhecimentos e habilidades durante a atividade de resolução de problemas. Isso exige avaliações de

desempenho que analisem as habilidades necessárias para pensamento de ordem superior, as tarefas necessárias para que os alunos produzam um produto de qualidade. A ABP requer ainda um método de investigação disciplinada por meio do qual os alunos integrem conteúdo e processos para produzir conhecimento útil (BUCK INSTITUTE FOR EDUCATION, 2008). O quadro 1 foi criado com base em quadros sugeridos pelo *Buck Institute for Education*, com adequações para a realidade educacional dos alunos da Escola Básica Estadual Professor João Widemann, situada no bairro Itoupava Norte, na cidade de Blumenau.

Quadro 1 – Parâmetros avaliativos relacionados a processos atitudinais

	INSUFICIENTE	REGULAR	BOM	ÓTIMO
Contribui de forma construtiva com as apresentações do grupo				
Cumpre tarefas dentro do prazo com diligência e precisão				
Trabalha de maneira independente sem supervisão				
Participou ativamente da construção do protótipo				

Durante o processo avaliativo atitudinal o professor além de atuar como mediador do conhecimento, deve atuar como observador atento da participação dos alunos no processo de construção do conhecimento e de construção do protótipo.

Os primeiros momentos das quatro primeiras aulas foram muito ricos para o processo avaliativo, pois permitiram identificar as mudanças acadêmicas que as pesquisas realizadas produziram, bem como, possibilitaram identificar o

comportamento dos alunos na busca do conhecimento. Nos três encontros finais ocorreu o processo construtivo dos protótipos, momentos de extrema importância pois permitiram ao professor observar os estudantes trabalhando em equipe, participando do processo construtivo de forma colaborativa.

2.6.2 – Método avaliativo com base em relatórios de pesquisas realizadas

A segunda maneira de avaliar os estudantes durante a aplicação do projeto se deu através da entrega dos relatórios de pesquisas realizadas sobre os principais temas do eletromagnetismo associados ao funcionamento do carro elétrico.

Os estudantes tiveram que entregar até o final dos quatro primeiros encontros um relatório de pesquisa sobre os temas pesquisados no decorrer do projeto. A avaliação realizada a respeito dos relatórios de pesquisas foi feita com base em um roteiro analítico com quatro critérios, sendo eles: conteúdo apresentado; organização conceitual; profundidade e qualidade da pesquisa; qualidade da redação apresentada. O quadro 2 foi criado com base em quadros sugeridas pelo *Buck Institute for Education*, com adequações para a realidade educacional dos alunos da Escola Básica Estadual Professor João Widemann, situado no bairro Itoupava Seca, na cidade de Blumenau.

Quadro 2 – Parâmetros avaliativos dos relatórios de pesquisa

	INSUFICIENTE	REGULAR	BOM	ÓTIMO
Conteúdo apresentado na pesquisa.				
Organização conceitual.				
Profundidade e qualidade da pesquisa.				
Qualidade da redação apresentada				

Com base nos critérios apresentados, os estudantes foram avaliados por suas contribuições acadêmicas no decorrer do projeto, o que proporcionou mais segurança ao processo avaliativo. Os critérios também garantem para os alunos maior clareza nos critérios adotados no processo avaliativo. Desse modo, os roteiros avaliativos na metodologia ativa ABP:

buscam aumentar o senso de justiça dos estudantes em relação a nota reduzindo assim, a objeção a elas. Os roteiros reconhecem a subjetividade das notas e ao mesmo tempo fornecem uma ferramenta mais precisas e objetiva para o retorno (BUCK INSTITUTE FOR EDUCATION, 2008, p. 66).

É notável como roteiros avaliativos contribuem de forma significativa para a atribuição de nota aos estudantes. Tais roteiros são eficazes porque permitem aos alunos entenderem os critérios avaliativos, fazendo com que possam durante o processo de escrita, irem adequando o documento com os parâmetros avaliativos.

2.7 – O papel do professor durante a aplicação ABP

Uma das grandes dúvidas dos professores durante a aplicação ABP está relacionada com o seu papel durante este processo de ensino e aprendizagem, ou seja, o questionamento de qual realmente será sua nova função neste novo desenho do processo ensino aprendizagem. A dúvida se instala uma vez que, com a ABP seu papel tradicional de fonte do conhecimento, e principal responsável por apresentar os conceitos aos alunos deixa de existir. Tal mudança acarreta nos professores e, principalmente naqueles que já possuem uma longa jornada na docência, incertezas que devem ser encaradas com naturalidade.

Dentro desta perspectiva deve-se deixar claro desde o início que todas as “habilidades de ensino aprimoradas e refinadas ao longo de muitos anos em sala de aula serão muito relevantes para o ensino dentro da metodologia ativa ABP” (BENDER, 2015). Embora outras ou novas habilidades sejam necessárias, os professores as desenvolverão à medida que avançam nas técnicas de ABP.

Por essa razão, todos “os professores devem começar o ensino com base ABP com assuntos e ideias que os deixem em sua zona de conforto, e, a partir daí, possam adotar técnicas de ensino mais novas” (BENDER, 2015). Assim, os professores que

estão iniciando abordagens educacionais com base ABP, “podem realizar facilmente projetos com duração de até nove semanas” (BENDER, 2015).

Nesse sentido, ao se adotar a metodologia ativa ABP, também é crucial “escolher tópicos que refletem as ideias e os conceitos mais importantes em seu programa de ensino e incorpore-os ao projeto” (BUCK INSTITUTE FOR EDUCATION, 2008). Isso é significativamente relevante, uma vez que ao escolher os principais tópicos do programa para serem estudados no decorrer do projeto, o professor atribui aos estudantes grande responsabilidade, exigindo assim, o envolvimento comportamental e acadêmico dos mesmos. A nova forma de distribuir responsabilidade de acordo com a metodologia ativa ABP implica que grandes protagonistas no processo ensino aprendizagem são os estudantes, responsáveis por realizar pesquisas sobre os temas abordados, apresentar os resultados e aplicá-los na execução final do projeto.

Durante o processo construtivo do conhecimento as salas e aula acabam sendo “descritas como ambientes caóticos ou confusos” (BUCK INSTITUTE FOR EDUCATION, 2008), o que na realidade não descreve de forma correta o ambiente, uma vez que “um projeto bem estruturado apenas pareça desorganizado, trata-se do ambíguo processo de resolução de problemas que está em curso” (BUCK INSTITUTE FOR EDUCATION, 2008). O ambiente aparentemente caótico é um dos grandes entraves para aplicação ABP por professores, pois muitos não se sentem “à vontade com os alunos andando pela sala de aula ou com a ambiguidade que caracteriza este processo de aprendizagem mais aberto” (BUCK INSTITUTE FOR EDUCATION, 2008).

Uma das formas que o “professor pode utilizar para abrandar a sensação de inquietação que pode sentir em relação ao controle da sala de aula, à medida que adotam ABP” (BENDER, 2015), está relacionada com “desenvolver completa e cuidadosamente o plano do projeto antecipadamente, utilizando muitas técnicas de ensino” (BENDER, 2015). Ações como essa possibilitam maior segurança ao professor durante todo processo.

À medida que acontece a aplicação da metodologia ativa ABP, o professor se sente mais à vontade com a mudança na sua forma de atuar como docente, em que já não age como fonte do conhecimento, pois converte-se, antes de mais nada, em um orientador, isto é, em um líder que “facilita a resolução de problemas em um grupo,

ajudando o grupo a encontrar suas próprias soluções” (BUCK INSTITUTE FOR EDUCATION, 2008).

Do outro lado, os alunos, à medida que reúnem dados através das pesquisas, avançam na resolução de problemas e constroem o protótipo, encontram obstáculos e oportunidades:

Neste contexto a ABP bem-sucedida está diretamente relacionada com a capacidade que o professor tem, em dar apoio e orientação aos alunos ou inversamente, a sua capacidade de deixá-los trabalhar com um problema ou informação enquanto buscam respostas e soluções (BUCK INSTITUTE FOR EDUCATION, 2008, p. 22).

Tendo em conta seu papel de orientador, com a aplicação ABP o professor deve utilizar ao máximo suas “habilidades interpessoais e comunicativas, assim como a capacidade de definir a agenda da aula e levar um projeto a uma efetiva conclusão” (BUCK INSTITUTE FOR EDUCATION, 2008). Tudo deve ser feito sem atuar como o protagonista durante o projeto, atuando, isto sim, como orientador, como o líder que permite aos estudantes serem os verdadeiros protagonistas no processo de produção do conhecimento e aprendizagem. Dentro desta perspectiva o fluxograma abaixo busca demonstrar estas relações.



Figura 3. Fluxograma para demonstrar a função do professor e sua relação com o aluno durante a execução do projeto com base ABP (Fonte: O Autor).

Vale salientar ainda que o professor, ao aplicar a metodologia ativa ABP, permite aos alunos desenvolverem além de aptidões acadêmicas, aptidões sociais e

relacionais que são a peça fundamental para a maioria dos empregos do século XXI, contribuindo assim para uma educação inclusiva e libertadora.

3 – ASPECTOS TEÓRICOS SOBRE O ELETROMAGNETISMO

Como já abordado anteriormente no capítulo 2 a proposta da ABP busca uma participação ativa dos alunos na construção do conhecimento. Sendo importante esclarecer que uma parte das atividades experimentais desenvolvidas no decorrer do projeto, já foram aplicadas em outros produtos didáticos, e são amplamente conhecidas e apresentadas nos livros didáticos.

No entanto, cabe argumentar que a proposta da construção de um protótipo de carro elétrico, confere um novo significado aos experimentos e as pesquisas realizadas sobre o eletromagnetismo pelos participantes do projeto. Diante desse cenário, este capítulo abordará os principais conceitos do eletromagnetismo que serão usados na aplicação do produto didático desenvolvido nesta dissertação. Os conceitos são tópicos que constam do currículo do terceiro ano do ensino médio das escolas públicas do Estado de Santa Catarina.

3.1 – Magnetismo na matéria

Os primeiros indícios sobre efeitos de origem magnética, remontam a relatos gregos do século VI a.C., sobre pequenas pedras que tinham a capacidade de se atraírem ou repelirem, bem como atrair pedaços de ferro. No século VI, o grego Tales de Mileto, filósofo pré-socrático, matemático e astrônomo, foi o primeiro a utilizar a expressão “magnético”, para se referir a estas pedras. Inclusive, “a origem da palavra magnetismo vem de uma região na Ásia Menor conhecida com Magnésia onde estas pedras forma encontradas” (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2016).

Apesar de nenhum dos escritos de Tales de Mileto terem chego até nós, tal fato foi citado na obra *De Anima* escrita por Aristóteles, segundo Kramer em sua obra de 1933. Na obra *De Anima*, Aristóteles dá a entender que Tales de Mileto, quando tentou explicar esse tipo de fenômeno, afirmou que a pedra possuiria uma espécie de alma, que poderia comunicar vida ao ferro.

Além dos gregos, há indícios de que os chineses já conheciam o fenômeno por volta do século VII a.C. e que, por volta do século XI d.C., também os chineses usavam

os ímãs para se orientar, pois já sabiam que os polos dos ímãs se alinham em relação aos polos magnéticos da Terra, e, por consequência, com polos geográficos.

No entanto, foi William Gilbert, em 1600, que deu um passo decisivo na consolidação científica do assunto quando:

publicou um importante tratado sobre o magnetismo, o livro *De Magnete*, considerado um dos primeiros trabalhos científicos sobre o assunto, tornando-se um clássico da literatura científica, neste livro o autor foi capaz de explicar o funcionamento da bússola, ao propor, pela primeira vez que a Terra, atua com um grande ímã (NUSSEZVEIG, 1997.p 136).

A partir dos estudos de William Gilbert vários físicos contribuíram para desenvolver e explicar os mecanismos fundamentais dos fenômenos magnéticos. Uma vez que tais fenômenos eram encontrados naturalmente na magnetita e provocados por campo magnéticos externos no ferro, no níquel, no cobalto e em algumas ligas metálicas após serem submetidos a estes campos magnéticos.

É importante esclarecer a abrangência do magnetismo ultrapassa determinados materiais, pois se sabe hoje “que todas as substâncias são influenciadas em menor ou maior grau pela presença de um campo magnético” (CALLISTER, 2016).

Nessa direção, convém esclarecer as origens do campo magnético, discutir os parâmetros magnéticos e os fenômenos do diamagnetismo, paramagnetismo e do ferromagnetismo.

Todas as substâncias quando magnetizadas permanentemente ou temporariamente, são dipolos magnéticos, possuindo sempre dois polos magnéticos, que são inseparáveis, um denominado polo norte magnético (N) e o outro denominado polo sul magnético (S), como ensina NUSSEZVEIG.

[...] a experiência mostra que não é possível separar um do outro os polos N e S de um ímã. Se o partimos em dois, cada um deles continuará tendo polos N e S. Em anos recentes, fez-se grande esforço experimental para verificar se existem partículas com carga magnética, que seriam polos N e S isolados, monopolos magnéticos. Nenhum jamais foi encontrado (NUSSEZVEIG, 1997, p. 136).

Esta é uma grande diferença entre os campos elétricos e magnéticos, uma vez que para os primeiros é possível obter o campo elétrico a partir de uma única partícula elétrica isolada, o que não é possível no campo magnético, como explica Halliday.

Cada vez que tentamos dividir um dipolo magnético em polo norte e sul isolados, criamos um novo par de polos. Seria como querer cortar um pedaço de corda, que tem duas pontas, para obter dois pedaços com apenas uma ponta! Este efeito ocorre microscopicamente até o nível de átomos individuais (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 1996, p. 197).

Na representação artística apresentada na Figura 4, é possível observar os campos elétricos e magnéticos produzidos por dipolos elétricos e dipolos magnéticos respectivamente, bem como as superfícies Gaussianas que representam respectivamente os campos elétricos e os campos magnéticos.

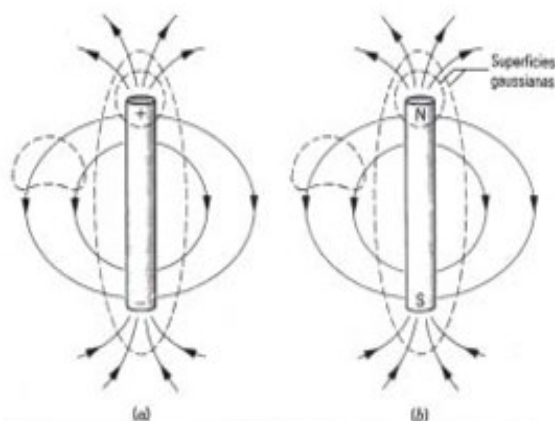


Figura 4. (a) - Um dipolo elétrico constituído por cargas elétricas positivas e negativas. (b) - Um dipolo magnético, constituído de uma barra imantada com polo norte numa extremidade e um polo sul na outra (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 1996).

Na representação artística apresentada abaixo na Figura 5 é possível notar que ao separarmos dipolos elétricos obtemos polos isolados. Contudo, quando tentamos isolar os polos magnéticos isso não é possível.

Podemos então concluir que a diferença entre o comportamento do dipolo elétrico e do dipolo magnético quando são quebrados, consiste no fato que o dipolo elétrico pode ser separado, ao passo que o dipolo magnético é inseparável.

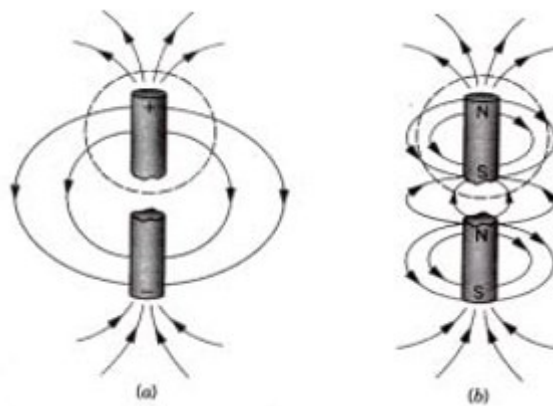


Figura 5. (a) – Quando o dipolo elétrico é cortado ao meio aparecem dois polos. (b) – Quando o dipolo magnético é cortado ao meio aparece um novo par de polos norte e sul. (HALLIDAY, RESNICK , WALKER , 1996).

A diferença entre o campo magnético e elétrico é também demonstrada matematicamente a partir da análise das equações na forma da lei Gauss para representar o campo elétrico e o campo magnético, nas diferentes superfícies gaussianas.

$$\text{Campo Elétrico} \tag{01}$$

$$\Phi_e = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = q/\epsilon_0$$

$$\text{Campo Magnético} \tag{02}$$

$$\Phi_B = \oint \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0$$

Pode-se considerar que a equação descreve de forma precisa os campos magnéticos que aparecem na natureza, em particular porque, como atenta Halliday, os monopolos magnéticos:

não existem, e assim a equação é exata e universalmente válida, ou então, no caso de existirem, que sejam tão raros que a equação é uma aproximação bastante precisa (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 1996, p. 198).

3.2. – Magnetização da matéria

Sobre a magnetização da matéria, NUSSEZVEIG explica que:

após a descoberta dos efeitos magnéticos das correntes elétricas, foi sugerido por Ampère que a magnetização de meios materiais como ímãs permanentes deveria originar-se de correntes microscópicas, que foram denominadas correntes de Ampère; assim todos os fenômenos magnéticos seriam gerados por correntes (NUSSEZVEIG, 1997, p. 231).

Nesse sentido, nota-se que as correntes microscópicas podem ser observadas nas “minúsculas espiras de corrente, que correspondem à circulação do elétron no átomo, possuindo a corrente atômica um momento de dipolo magnético” (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2016).

No entanto, experimentos realizados possibilitaram concluir que somente os

dipolos magnéticos do átomo não eram suficientes para explicar as propriedades observadas. Foi necessário introduzir outra espécie de momento magnético para o elétron, chamado de momento magnético intrínseco também conhecido como Spin (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 1992, p. 199).

Desse modo, é possível considerar que “as características magnéticas observadas macroscopicamente estão relacionadas ao movimento individual do elétron” (CALISTER, 2016).

3.2.1 – Dipolos magnéticos

Podemos considerar os dipolos magnéticos como pequenos ímãs que possuem seu polo norte e seu polo sul, que são influenciados por campos magnéticos externos de maneira semelhante aos dipolos elétricos que também são influenciados por campos elétricos externos. Quando se submetem os dipolos a um campo magnético “a força magnética do próprio campo exerce um torque que tende a orientar os dipolos em relação ao campo. Um exemplo familiar disso é a maneira como a agulha de uma bússola magnética alinha-se com o campo magnético da Terra” (CALLISTER, 2016).

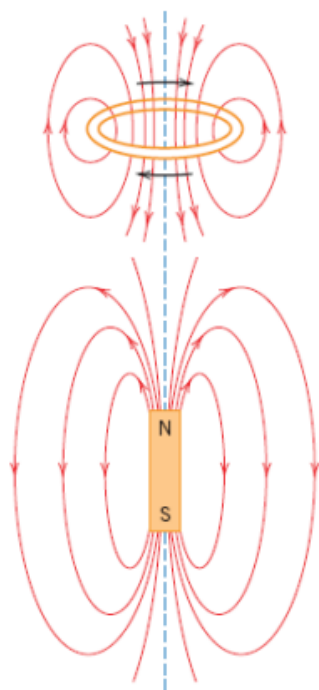


Figura 6. Linhas de força ao redor de uma corrente circular e de um ímã (CALLISTER, 2016).

3.2.2 – Vetores do campo magnético

É importante, além de discutir os momentos magnéticos que dão origem macroscopicamente ao campo magnético dos materiais sólidos, descrever o vetor do campo magnético gerado de outras formas. Neste sentido podemos apresentar a intensidade do campo magnético representada pela letra H, como por exemplo

o campo magnético gerado por meio de uma bobina cilíndrica ou solenoide, formado por N espiras de espaçamento compacto, com comprimento l, que conduz uma corrente elétrica de magnitude I (CALLISTER, 2016, p. 842).

Podemos então afirmar que a intensidade do campo magnético é diretamente proporcional à intensidade de I, diretamente proporcional ao número de espira e inversamente proporcional ao tamanho da bobina.

Da Intensidade do campo magnético no interior da bobina. (03)

$$H = \frac{I \cdot N}{l}$$

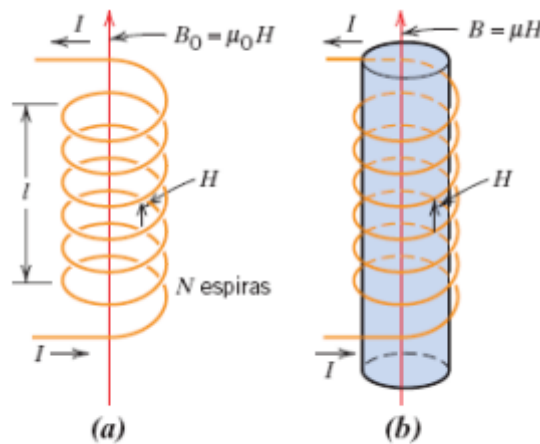


Figura 7. (a) – O campo magnético H gerado por uma bobina sem nada do núcleo e (b) com um sólido em seu interior (CALLISTER, 2016).

A indução magnética, ou densidade do fluxo magnético, indicado por B, representa a magnitude do campo interno de uma substância que está sujeita a um

campo H. A unidade para B é o tesla ou Weber/ m². Tanto B quanto H são vetores do campo, caracterizado não apenas por sua magnitude, mas também por sua direção no espaço. A intensidade do campo magnético e a densidade do fluxo estão relacionadas de acordo com a equação abaixo (CALLISTER, 2016).

Da densidade do fluxo magnético em um material. (04)

$$B = \mu \cdot H$$

A permeabilidade magnética do meio é uma propriedade da matéria no qual H passa e B é medido. A unidade da permeabilidade magnética do meio é T/ m . A

Densidade do fluxo magnético no vácuo. (05)

$$B = \mu_0 \cdot H$$

Outro parâmetro que pode ser utilizado para descrever as propriedades magnéticas dos sólidos, é a permeabilidade relativa dada pela razão entre permeabilidade de um material e a permeabilidade magnética no vácuo conforme a equação 6.

Definição de permeabilidade relativa. (06)

$$\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0}$$

A permeabilidade relativa de um material é uma medida do grau segundo o qual o material pode ser magnetizado, ou da facilidade pela qual um campo B pode ser induzido na presença de um campo externo H. Outra grandeza de campo, M, denominada magnetização do sólido, é definida pela expressão abaixo (CALLISTER, 2016).

Densidade do fluxo magnético como função da intensidade do campo magnético e da de um magnetização material. (07)

$$B = \mu_0 \cdot H + \mu_0 \cdot M$$

Na presença de um campo H, os momentos magnéticos no interior de um material tendem a ficar alinhados com o campo e a reforçá-lo em virtude de seus campos magnéticos; o termo $\mu_0 \cdot M$ é a medida dessa contribuição (CALLISTER, 2016).

Magnetização de um material está dependente da relação da suscetibilidade e a intensidade do campo magnético. (08)

$$M = x_m \cdot H$$

A suscetibilidade (x_m) é um dos parâmetros adicionais no processo magnetização.

Relação entre suscetibilidade magnética e permeabilidade magnética relativa. (09)

$$x_m = \mu_r - 1$$

3.2.3 – Origem dos momentos magnéticos

Quando cargas elétricas se movimentam nos condutores produzem nas proximidades do fio um campo magnético. Esse conceito pode ser utilizado em escala atômica para explicar a capacidade magnética da magnetita e de ligas metálicas produzidas artificialmente que se comportam como ímãs.

Os elétrons podem produzir campos magnéticos por dois outros mecanismos, ambos relacionados a momentos dipolares magnéticos (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2016).

Um desses mecanismos está associado ao movimento orbital ao redor do núcleo do átomo; sendo uma carga em movimento, um elétron pode ser considerado um pequeno circuito circular com corrente, que gera um campo magnético ao longo do seu eixo de rotação (CALLISTER, 2016).

O segundo mecanismo de produção do campo magnético está associado ao movimento de giro do elétron ao redor do seu eixo de rotação, que produz outro momento magnético. A combinação vetorial deste momento magnético é responsável pelas propriedades magnéticas da matéria.

3.2.4 – Momento dipolar magnético de Spin

O elétron possui o momento angular de spin ou simplesmente spin representado por \vec{s} , e o momento dipolar magnético de spin representado pela letra \vec{u}_s . Os dois momentos são intrínsecos, porque podem ser considerados como propriedades básicas do elétron, assim como massa e carga elétrica (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2016).

Relaciona os vetores \vec{s} e \vec{u}_s . (10)

$$\vec{u}_s = - \frac{e}{m} \vec{s}$$

Cumpramos ressaltar que $e = 1,6 \times 10^{-19}$ C é a carga elétrica elementar, $m = 9,1 \times 10^{-31}$ kg é a massa do elétron e o sinal negativo na operação representa que os vetores \vec{s} e \vec{u}_s possuem sentido opostos.

Dois características são importantes de serem lembradas a respeito do momento angular de spin \vec{s} :

- 1- O momento de spin não pode ser medido; apenas sua componente em relação a um eixo qualquer pode ser medida.
- 2- A componente medida de \vec{s} é quantizada, podendo assumir somente dois valores que diferem apenas pelo sinal.

*Medida dos valores da componente do Momento Angular
spin em relação ao eixo z.* (11)

$$s_z = m_s \frac{h}{2\pi} \quad \text{para } m_s = \pm \frac{1}{2}$$

Sendo:

m_s – Número quântico magnético de spin.

h – Constante de Planck ($h = 6,63 \times 10^{-34}$ J. s).

s_z – Momento angular de spin em relação ao eixo z.

Os sinais que aparecem na equação estão relacionados ao sentido de s_z em relação ao eixo z, quando $m_s = + \frac{1}{2}$ spin está para cima e quando $m_s = - \frac{1}{2}$ spin está para baixo.

*Medida dos valores da componente do Momento
Dipolar magnético de spin em relação ao eixo z.* (12)

$$\mu_{sz} = - \frac{e}{m} s_z$$

Substituindo s_z por seu valor e m_s por $+ \frac{1}{2}$, obtemos a equação que representa o magnéton de Bohr (μ_B), pois aproximadamente $|\mu_{sz}| = \mu_B$.

Representa o magnéton de Bohr e o seu valor. (13)

$$\mu_{sz} = \pm \frac{eh}{4\pi m} = \mu_B = 9,27 \times 10^{-24} \text{ J/T}$$

É importante estabelecer que o magnéton de Bohr (μ_B) é o momento magnético mais fundamental.

Quando um elétron é submetido a um campo magnético externo \vec{B}_{ext} , uma energia U pode ser associada à orientação do momento dipolar magnético de spin \vec{u}_s do elétron, podendo a energia de orientação do elétron ser equacionada em função de \vec{u}_s e do \vec{B}_{ext} (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2016).

Energia associada ao momento dipolar magnético. (14)

$$U = \vec{u}_s \cdot \vec{B}_{ext} = \mu_{sz} \cdot B_{ext}$$

Quando (como na figura 8 abaixo) consideramos a aproximação de um

elétron como uma esfera microscópica (o que não corresponde à realidade), podemos representar o spin \vec{s} , o momento dipolar magnético de spin \vec{u}_s e o campo magnético associado ao momento dipolar magnético (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 1996, 199).

Os prótons e os nêutrons também possuem momento angular intrínseco chamado de spin e um momento dipolar magnético de spin associado, mas não foram objeto de estudo, uma vez que sua contribuição para em termos magnéticos é 1000 vezes menor que a contribuição do elétron.

Outro ponto que merece ser observado diz respeito a palavra “spin”, que em tradução livre do inglês significa rodopio, movimento que o elétron não realiza objetivamente. No entanto, o elétron gera momento angular sem girar, explicação que só pode ser fornecida ao nível da mecânica quântica, circunstância que foge do objetivo do presente trabalho e que, por essa razão, não será abordada neste capítulo.

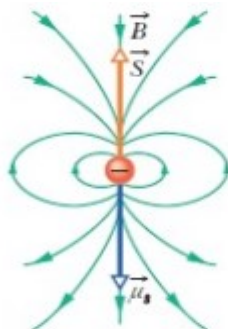


Figura 8. O spin \vec{s} , o momento dipolar magnético de spin \vec{u}_s e o campo dipolar magnético de um elétron representado como uma esfera microscópica (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2016).

3.2.5 – Momento dipolar magnético orbital

Os átomos que constituem toda a matéria contêm elétrons em movimento, que formam espiras de corrente que produzem campos magnéticos. Na maioria dos materiais, essas espiras de corrente estão orientadas aleatoriamente e não produzem qualquer campo magnético resultante. Certos materiais, no entanto, possuem uma fração dessas espiras de corrente alinhadas. Já em outros materiais é possível alinhar estas espiras de corrente através de um forte campo magnético externo.

Quando faz parte de um átomo, o elétron possui um momento angular adicional que recebe o nome de momento angular e é representado pelo símbolo \vec{L}_{orb} . Associado a \vec{L}_{orb} existe um momento magnético dipolar orbital \vec{u}_{orb} (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2016). A relação entre as duas grandezas é representada na Equação 15.

Relação entre o momento angular e o momento magnético dipolar orbital. (15)

$$\vec{u}_{orb} = - \frac{-e}{2m} \vec{L}_{orb}$$

É importante se lembrar de duas características a respeito do momento angular orbital \vec{L}_{orb} :

- 1- O momento angular orbital \vec{L}_{orb} não pode ser medido; apenas sua componente que é quantizada pode ser medida.
- 2- O sinal negativo significa que o momento angular orbital \vec{L}_{orb} e o momento magnético dipolar orbital \vec{u}_{orb} tem sentido contrários.

A componente do momento angular orbital segundo um eixo Z. (16)

$$L_{orb_z} = m_l \frac{h}{2\pi} \text{ para } m_l = \pm 1, \pm 2 \dots \pm(\text{limite}).$$

Sendo:

m_l – Número quântico magnético orbital.

Limite – Valor máximo permitido para m_l .

Os sinais que aparecem na equação representam o sentido do momento angular orbital \vec{L}_{orb} em relação ao eixo z.

O momento magnético dipolar orbital \vec{u}_{orb} de um elétron não pode ser medido, sendo possível somente medir uma componente, que é quantizada. Escrevendo a Equação 15 para uma componente segundo o mesmo eixo z que o momento angular orbital \vec{L}_{orb} e substituindo o valor por L_{orb_z} dado pela equação 16, podemos escrever a componente z do momento magnético dipolar orbital (μ_{orb_z}) (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2016). A componente em z é representada na Equação 17.

$$\begin{aligned} & \text{Medida dos valores da componente do Momento} & (17) \\ & \text{Dipolar magnético orbital em relação ao eixo z.} \end{aligned}$$

$$\mu_{orb_z} = -m_l \frac{eh}{4\pi m}$$

Podemos escrever o momento magnético dipolar orbital em z (μ_{orb_z}) em função do magnéton de Bohr.

$$\begin{aligned} & \text{Medida dos valores da componente do Momento} & (18) \\ & \text{Dipolar magnético orbital em relação ao eixo z} \end{aligned}$$

$$\mu_{orb_z} = -m_l m_b$$

Na presença de um campo magnético B_{ext} , os elétrons de um átomo possuem energia U que depende da orientação do momento dipolar magnético em relação ao

campo (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2016). O valor dessa energia é dado pela Equação 19 em que o eixo z é tomado com a direção do B_{ext} .

$$\begin{aligned} & \text{Medida dos valores da componente do Momento} & (19) \\ & \text{Dipolar magnético orbital em relação ao eixo z} \end{aligned}$$

$$U = - \vec{u}_{orb} \cdot \vec{B}_{ext} = - \mu_{orbz} \cdot B_{ext}$$

Cumpramos observar que embora a palavra “orbital” possa remeter à órbita planetária ao redor do sol, os movimentos dos elétrons em relação ao núcleo não são orbitais. Mesmo assim, o elétron possui momento angular, mas explicação para isso só pode ser dada pela mecânica quântica, o que foge do objetivo do presente trabalho, além de não trazer qualquer dificuldade a aplicação do produto didático fruto desta dissertação.

3.3 – Propriedades magnéticas da matéria

As propriedades magnéticas da matéria estão associadas ao movimento orbital do elétron e ao movimento de rotação no seu próprio eixo, chamado de movimento spin, ao produzirem respectivamente o

momento dipolar magnético orbital e o momento dipolar magnético de spin que se combinam vetorialmente. A resultante dessas duas grandezas vetoriais se combina vetorialmente com as resultantes de outros elétrons do átomo, e a resultante de cada átomo se combina vetorialmente com as resultantes dos outros átomos em uma amostra de um material (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2016, p. 741).

A combinação vetorial destes momentos magnéticos, produz as propriedades magnéticas da matéria, que podem ser classificadas em paramagnetismo, diamagnetismo e ferromagnetismo.

3.3.1 – Diamagnetismo

Os materiais diamagnéticos apresentam uma forma muito fraca de magnetismo, que só acontece quando o material está submetido a um campo magnético externo. O diamagnetismo é encontrado em todos os materiais, entretanto, por ser fraco, ele só pode ser observado quando os outros tipos de magnetismo estão totalmente ausentes. Esta forma de magnetismo não possui muitas aplicações práticas (CALLISTER, 2016).

São chamados de materiais diamagnéticos, aqueles que só apresentam propriedade diamagnéticas, que são induzidos

por uma mudança no movimento orbital dos elétrons causada pela aplicação de um campo magnético. A magnitude do momento magnético induzido é extremamente pequena e ocorre em uma direção oposta à do campo magnético aplicado (CALLISTER, 2016, p. 844).

Nessa perspectiva se deve considerar que, “em um átomo de um material diamagnético, cada elétron pode girar apenas no sentido horário, ou no sentido anti-horário” (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2016). Logo, existe um equilíbrio entre o número de elétrons que giram em um sentido e o número de elétrons giram no sentido oposto, tornando o momento dipolar magnético total seja zero.

Deste modo quando aplicamos “um campo magnético externo não uniforme (B_{ext}), fazemos com que o átomo seja submetido a uma força total diferente de zero; além disso, a força aponta para longe da região em que o campo magnético é mais intenso” (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2016).

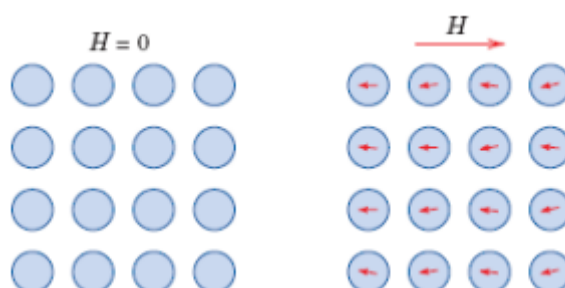


Figura 9. Configuração do dipolo atômico para um material diamagnético com e sem presença de um campo magnético. (CALLISTER, 2016).

Sendo assim, quando uma substância diamagnética fica sujeita ao campo magnético externo (B_{ext}), sofrerá a ação de uma leve força magnética \vec{dF} repulsiva, que provocará o afastamento do material diamagnético da fonte de campo magnético.

3.3.2 – Paramagnetismo

Os materiais paramagnéticos são aqueles que contêm elementos da família dos metais de transição, da família das Terras raras ou da família dos actinídeos. Os átomos desses elementos possuem momentos dipolares magnéticos totais diferentes de zero, mas, como esses momentos estão orientados aleatoriamente, o campo magnético resultante é zero (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2016). Assim, na falta de um campo magnético externo que oriente os momentos magnéticos da substância, esta não apresenta nenhuma magnetização macroscópica resultante.

Entretanto, um campo magnético externo (B_{ext}) pode alinhar parcialmente os momentos dipolares magnético atômicos, fazendo com que o material apresente um campo magnético resultante no mesmo sentido que o campo externo que desaparece quando B_{ext} é removido (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2016). Como os dipolos magnéticos se alinham com o campo magnético externo eles o aumentam. Isso se dá porque os dipolos estão livres para girar, para se alinharem de alguma maneira preferencial, por rotação, com um campo externo, como está representado na Figura 10. Tais dipolos são acionados individualmente, sem nenhuma interação mútua entre os dipolos adjacentes (CALLISTER, 2016).

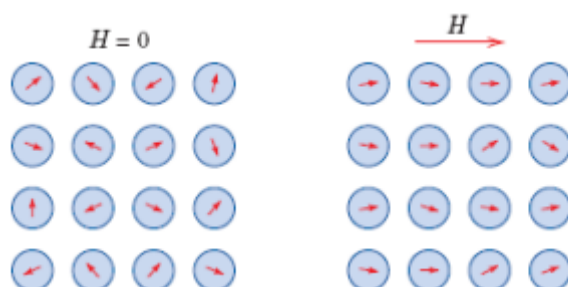


Figura 10. Configuração do dipolo atômico sem e com um campo magnético externo para um material paramagnético (CALLISTER, 2016).

Todo material paramagnético sofre a influência da temperatura na sua capacidade de magnetização, uma vez que o aumento da “agitação térmica, provoca um maior número de colisões entre os átomos que perturbam esse alinhamento e reduzem o momento magnético total da amostra” (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2016). Logo, pode-se concluir que os materiais paramagnéticos sofrem o mesmo tipo de atração ou repulsão que os ímãs. No entanto, quando o campo magnético é removido, surge o rompimento do alinhamento magnético.

3.3.3 – Ferromagnetismo

No dia a dia utilizamos substâncias com propriedades magnéticas em várias situações, tais como: na porta da geladeira, nos fechos de bolsas e mochilas, em enfeites de cozinha, em tampas de perfumes, considerando nessa lista os exemplos mais visíveis.

Todas as substâncias utilizadas nos exemplos citados são conhecidas como materiais ferromagnéticos, tais como: o ferro, o cobalto, o níquel, e algumas terras raras, tal como gadolínio. São substâncias que “apresentam um momento magnético permanente na ausência de um campo externo, e manifestam magnetizações muito grandes e permanentes” (CALLISTER, 2016). As substâncias ferromagnéticas possuem “um magnetismo intenso e permanente, e não um magnético fraco e temporário como os materiais diamagnéticos e paramagnéticos” (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2016).

As propriedades magnéticas de todas as substâncias ferromagnéticas e as

ligas que contém estes elementos são consequência de um efeito quântico, conhecido como acoplamento de cambio, que faz os spins dos elétrons de um átomo interagirem fortemente com os spins dos elétrons dos átomos vizinhos (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2016, p. 749).

Como resultado deste processo estas substâncias apresentam os momentos dipolares magnéticos dos átomos alinhados, este alinhamento proporciona aos materiais um forte campo magnético permanente. Os momentos permanentes são resultado dos momentos magnéticos atômicos causados pelos spins dos elétrons que não são cancelados em consequência da estrutura eletrônica. Existe também uma

contribuição do momento magnético orbital, que é pequena em comparação ao momento causado pelo spin (CALLISTER, 2016).

Nos materiais ferromagnéticos, “o acoplamento de interações faz com que os momentos magnéticos de spin resultantes de átomos adjacentes se alinhem uns com os outros, mesmo na ausência de um campo externo” (CALLISTER, 2016). Tal configuração dos dipolos magnéticos está representada graficamente na Figura 11.

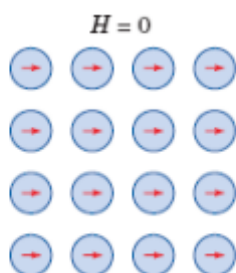


Figura 11. Ilustração esquemática do alinhamento mútuo de dipolos atômicos para um material ferromagnético (CALLISTER, 2016).

Vale indicar que os acoplamentos magnéticos não são compreendidos por completo “mas acredita-se que ele surja na estrutura eletrônica do metal. Este alinhamento mútuo de spins existe ao longo de regiões do volume do cristal relativamente grandes, denominada domínios” (CALLISTER, 2016).

Quando uma substância ferromagnética é aquecida e permanece submetida a temperaturas superiores a um valor crítico “conhecido como temperatura de Curie, a agitação térmica prevalece sobre o acoplamento de cambio, e o material se torna paramagnético” (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2016). Isso significa que o material só terá seus dipolos magnéticos alinhados quando submetido a um campo magnético externo.

O processo de magnetização das substâncias ferromagnéticas que se encontram abaixo da temperatura de Curie está associado também à formação de um domínio magnético, que “é composto por regiões de pequeno volume nas quais há um alinhamento mútuo de todos os momentos de dipolos magnéticos em uma mesma direção” (CALLISTER, 2016).

As regiões denominadas domínios magnéticos estão magnetizadas até a sua magnetização de saturação. Os domínios adjacentes estão separados por contornos ou paredes de domínio, através dos quais a direção de magnetização varia gradualmente (CALLISTER, 2016), conforme é possível observar na Figura 12.



Figura 12. Representação esquemática de domínios em um material ferromagnético ou ferrimagnético (CALLISTER, 2016).

Sendo microscópicos os domínios magnéticos, um pequeno grão contém mais de um domínio magnético. Desse modo, uma amostra macroscópica será formada por um grande número de domínios magnéticos que podem estar orientados de forma diferente, fazendo com que a soma vetorial dos domínios magnéticos, se cancelam mutuamente. O que explica por exemplo, “porque objetos de ferro, como um prego, nem sempre se comportem como ímãs permanentes” (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2016).

Uma substância ferromagnética, ao ser submetida a um campo magnético externo (B_{ext}) gerado por corrente elétrica, sofre um processo de magnetização à medida que aumentamos o campo magnético externo, chegando rapidamente ao ponto de saturação. Quando diminuimos o campo magnético externo, a substância permanece magnetizada em um nível menor que o nível de saturação.

Quando invertemos o sentido da corrente elétrica, a substância ferromagnética atinge novamente o ponto de saturação em sentido oposto. Por sua vez, quando reduzimos a corrente a substância permanece magnetizada em um nível menor que o nível de saturação.

O comportamento descrito está representado graficamente na Figura 13, em que **c** e **e** representam os pontos em que a substância ferromagnética permanece magnetizada. As curvas **dcb** e **deb**, representam o processo de magnetização levado até o ponto de saturação, sendo possível percorrer estas linhas repetidamente. Tal comportamento é chamado de histerese.

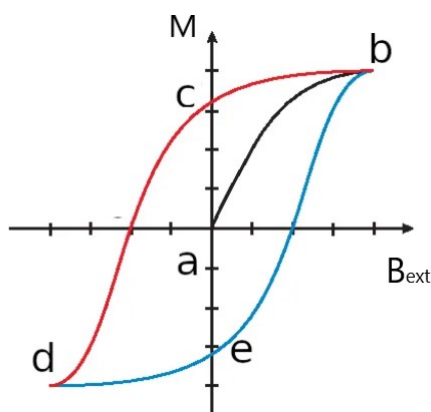


Figura 13. Representação esquemática de curvas de histerese de uma substância ferromagnético ou ferrimagnético (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2016).

A substância ferromagnética se lembra do modo que se tornou magnetizada, sendo esta memória importante nas operações de armazenamento magnético de informações, por exemplo nos discos de computador e HD magnéticos.

No processo de magnetização de um material ferromagnético, através da aplicação de um campo magnético externo (B_{ext}) que aumenta gradualmente, conforme descrito, acontecem dois efeitos que, juntos, produzem a magnetização (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2016).

O primeiro dos efeitos é o aumento do tamanho dos domínios que estão orientados paralelamente ao campo magnético externo (B_{ext}) aplicado, enquanto os domínios com outras orientações diminuem de tamanho. O segundo consiste em uma mudança da orientação dos dipolos dentro de um domínio magnético, no sentido de

se aproximarem da direção do campo magnético externo (B_{ext}) (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2016).

Nessas condições, o acoplamento de câmbio e o movimento dos domínios magnético fazem com que o material ferromagnético submetido a um grande campo magnético externo (B_{ext}) adquira um grande momento dipolar magnético na direção do campo magnético externo (B_{ext}).

3.4 – Corrente elétrica gerando campo magnético

Em 1819, o físico dinamarquês Hans Cristian Oersted, procurando observar se uma corrente elétrica atuaria sobre um ímã, colocou uma bússola perpendicular a um fio retilíneo por onde passava uma corrente, e não observou nenhum efeito. Entretanto, descobriu, que a bússola, quando colocada paralelamente ao fio, sofria uma deflexão, acabando por orientar-se perpendicularmente a ele (NUSSEZVEIG, 1997).

Isso significa que uma corrente elétrica também produz um campo magnético. Esse aspecto do *eletromagnetismo*, que é o estudo combinado dos efeitos elétricos e magnéticos, foi uma surpresa para os cientistas na época em que foi descoberto. Surpresa ou não, ele se tornou extremamente importante para a vida cotidiana, já que constitui a base para um número imenso de dispositivos eletromagnéticos (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2016).

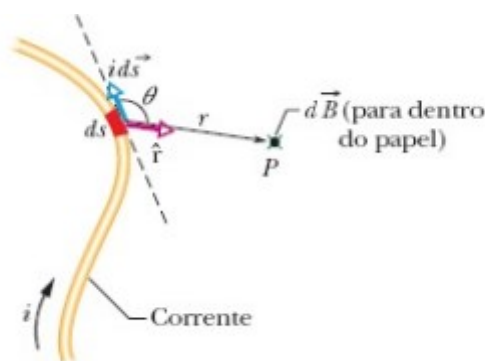


Figura 14. Um elemento de corrente $i \vec{ds}$ produz um elemento de campo magnético \vec{dB} no ponto P. (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2016).

O campo magnético gerado em um ponto P, devido à corrente elétrica que percorre o circuito elétrico, pode ser calculado por meio da Lei de Biot-Savart, a qual permite “determinar o campo devido a cada elemento de corrente, e, então somando (integrando) ao longo de todos os elementos de corrente do circuito” (TIPLER; MOSCA, 2006).

Desse modo, o cálculo do campo magnético produzido no ponto P por um elemento de corrente típico $i \vec{ds}$. Os experimentos mostram que os campos magnéticos, como os campos elétricos, podem ser somados para determinar o campo total. Assim, podemos calcular o campo magnético total \vec{B} no ponto P somando, por integração, as contribuições \vec{dB} de todos os elementos de corrente (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2016).

No entanto, o processo da soma dos campos magnéticos em relação ao ponto P é, mais complexo do que a soma dos campos elétricos no ponto P. Isso se dá pela diferença de natureza entre os elementos de carga típicos dq e os elementos de corrente típicos $i \vec{ds}$, visto que os primeiros são escalares e os segundos, vetoriais.

O módulo do campo magnético produzido no ponto P por um elemento de corrente $i \vec{ds}$ é dada pela Equação 20, que é a forma escalar da equação de Biot-Savart.

Forma escalar da lei de Biot-Savart. (20)

$$dB = \frac{\mu_0 i ds \sen \theta}{4\pi r^2}$$

Sendo:

dB – Módulo do campo magnético gerado no ponto P.

$i ds$ – Corrente elétrica na direção ds .

θ – Ângulo formado entre as direções \vec{ds} e \hat{r} , um vetor unitário que aponta de ds para o ponto P.

μ_0 – Permeabilidade magnética do meio que envolve os geradores de campo magnético, que tem valor para o vácuo de $4\pi \times 10^{-7} \frac{T}{mA}$.

A orientação do campo magnético dB , que é para dentro do papel conforme representado na Figura 14, é a do produto vetorial $d\vec{s} \times \hat{r}$, dada pela Equação 21, que representa a forma vetorial da lei de Biot-Sarvart.

Forma vetorial da lei de Biot-Sarvart. (21)

$$dB = \frac{\mu_0 I d\vec{s} \times \hat{r}}{4\pi r^2}$$

A equação vetorial bem como a sua forma escalar, serão utilizadas para calcular o campo magnético total \vec{B} produzido em um ponto por fios de várias geometrias.

3.4.1 – Campo magnético produzido pela corrente elétrica em um fio longo e retilíneo.

A partir da equação de Biot-Sarvat, é possível deduzir uma equação para calcular o campo magnético em um ponto P, perpendicular ao fio, percorrido por corrente constante.

O módulo do campo magnético será dado pela Equação 22, que define o campo magnético sobre um fio retilíneo, como sendo diretamente proporcional à corrente elétrica, e inversamente proporcional à distância tomada perpendicularmente entre o fio e o ponto P.

*Para determinar o campo magnético gerado por fio retilíneo
longo em um ponto perpendicular ao fio.* (22)

$$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi r}$$

As linhas de campo magnético, ao redor do fio, são circunferências concêntricas em torno do fio, conforme é possível observar na representação da Figura 15. Nesta representação gráfica é possível observar

o aumento do espaçamento das linhas com o aumento da distância ao fio, reflete o fato de que o módulo do campo magnético \vec{B} é inversamente proporcional a R. Os comprimentos dos dois vetores que aparecem na figura também mostram que B diminui quando aumenta a distância entre o ponto e o fio (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2016, p. 509).

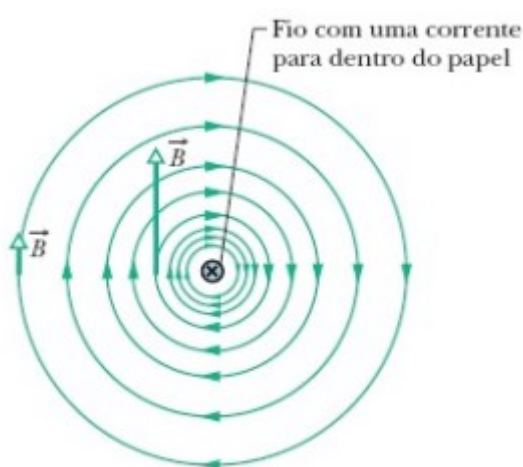


Figura 15. As linhas de campo magnético produzidas por uma corrente em um fio retilíneo longo são círculos concêntricos em torno do fio. (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2016).

Além da representação gráfica da Figura 15, é possível apresentar o campo magnético gerado por um fio retilíneo através da imagem de um experimento realizado com limalha de aço espalhada sobre uma cartolina em uma área ao redor de um fio retilíneo e longo, percorrido por corrente elétrica constante, conforme a Figura 16.

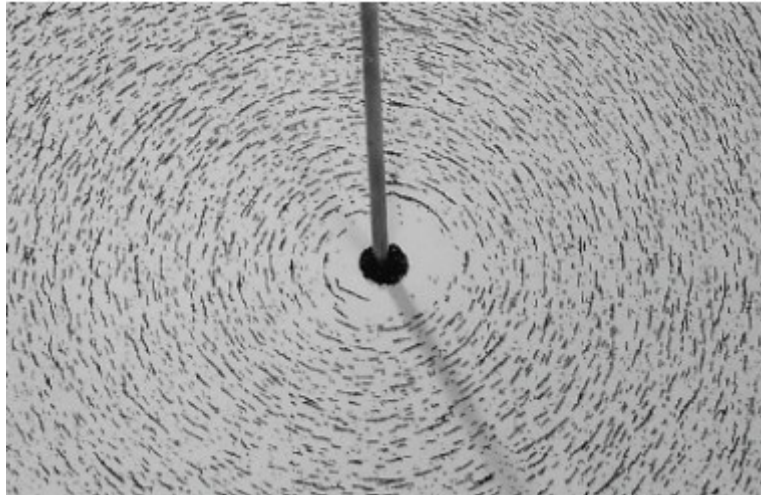


Figura 16. A limalha de ferro em um pedaço de cartolina forma círculos concêntricos quando uma corrente atravessa o fio central, representando as linhas de campo magnético (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2016).

A partir das linhas de campo magnético produzidas pela corrente elétrica ao redor do fio, pode-se determinar o sentido do vetor campo elétrico em um ponto P da linha de campo magnético:

Como as linhas de campo formam circunferências em torno de um fio longo e o campo magnético é tangente às linhas de campo magnético, é evidente que a direção do campo magnético é perpendicular à reta perpendicular ao fio que passa pelo ponto dado (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2016, p. 509).

Sabendo que a direção do campo magnético é perpendicular às linhas de força, é possível concluir que haverá dois sentidos possíveis para o campo magnético, conforme se pode observar na Figura 17.

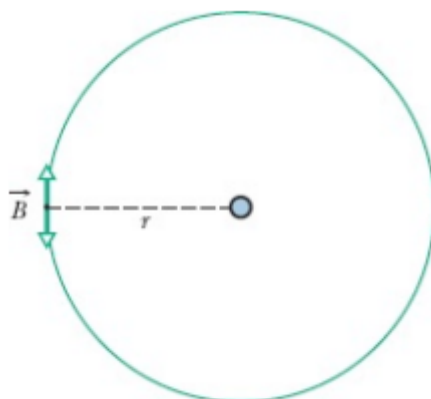


Figura 17. O vetor campo magnético em um ponto é perpendicular à reta perpendicular ao fio (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2016).

Para responder qual o sentido correto, faz-se necessário aplicar a regra da mão direita, que define o sentido do campo magnético em um ponto P das linhas de campo magnética, conforme representado na Figura 18.

A aplicação da regra da mão direita deve seguir o seguinte procedimento:

- Segure o fio na mão direita, com o polegar estendido apontando no sentido da corrente. Os outros dedos mostram a orientação das linhas de campo magnético produzidas pela corrente no fio (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2016).

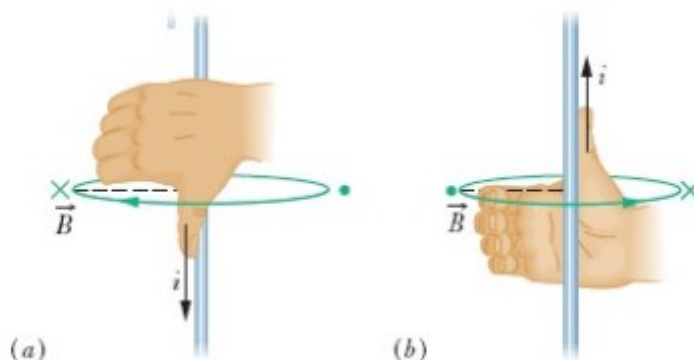


Figura 18. Regra da mão direita para determinar a direção e o sentido do campo magnético devido a um fio reto longo transportando corrente. (TIPLER; MOSCA, 2006).

A aplicação da regra da mão direita deve seguir o seguinte procedimento:

- Segure o fio na mão direita, com o polegar estendido apontando no sentido da corrente. Os outros dedos mostram a orientação das linhas de campo magnético produzidas pela corrente no fio (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2016).

Utilizando a equação para fio reto longo percorrido por corrente elétrica e aplicando a regra da mão direita, pode-se definir a intensidade, a direção e o sentido do campo magnético gerado no ponto P perpendicular ao fio.

3.4.2 – Campo magnético produzido pela corrente elétrica em um fio em forma de arco de circunferência.

O campo magnético produzido pela corrente elétrica ao percorrer um fio curvo na forma de uma espira, pode ser representado conforme a Figura 19, que apresenta uma representação gráfica das linhas de campo magnético geradas pela espira circular.

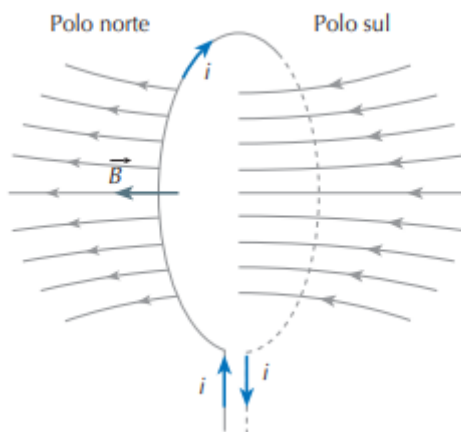


Figura 19. Linhas de campo magnético de uma espira circular com corrente (TIPLER; MOSCA, 2006).

A Figura 20 representa uma espira circular percorrida por corrente elétrica em região com limalha de ferro, que, ao ser submetida ao campo magnético gerado pela espira, alinha-se formando as linhas de campo magnético, delimitando, assim, o campo magnético na região.



Figura 20. Linhas de campo magnético de uma espira circular com corrente indicadas por limalha de ferro (TIPLER; MOSCA, 2006).

Para o fio que forma um arco de circunferência, e com o objetivo de determinar o campo magnético no centro da circunferência gerado por um elemento de corrente $i \vec{ds}$ de uma espira com corrente de raio R e vetor unitário \hat{r} que é direcionado do elemento para o centro da espira (TIPLER; MOSCA, 2006), o campo magnético será definido pela Equação 20 que corresponde a de Biot-Sarvart em sua forma escalar conforme apresentada acima.

O campo magnético devido à toda a corrente é encontrado pela integração ao longo de todos os elementos de corrente na espira (TIPLER; MOSCA, 2006). Uma vez que R é o mesmo para todos os elementos, temos a Equação 23.

Integração ao longo de todos os elementos de corrente na espira. (23)

$$B = \int dB = \frac{\mu_0 i}{4\pi} \int \frac{ds \sin \theta}{r^2}$$

O resultado da “integral de ds em torno de toda a espira fornece o comprimento total $2\pi R$, a circunferência da espira, logo o campo magnético devido por toda a espira” (TIPLER; MOSCA, 2006) é dado pela Equação 24.

Para determinar o campo magnético gerado no centro da espira (24)
percorrida por corrente elétrica.

$$B = \frac{\mu_0 i}{2 r}$$

O sentido e a direção do campo magnético no centro da espira serão definidos pela regra da mão direita, conforme podemos observar na Figura 21.

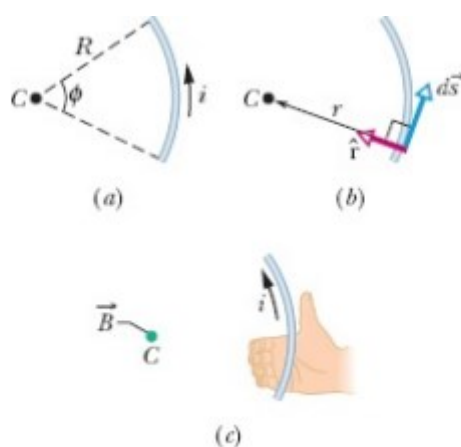


Figura 21. (a) – Um fio em forma de arco de circunferência com centro no ponto C e percorrido por uma corrente elétrica i . (b) – Para qualquer elemento de comprimento ao longo do arco, o ângulo entre as direções \vec{ds} e \hat{r} é 90° . (c) – Determinação da direção do campo magnético produzido pela corrente no ponto C (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2016).

Utilizando a equação para espira circular percorrida por corrente elétrica e aplicando a regra da mão direita, fica definida a intensidade, a direção e o sentido do campo magnético gerado no centro da espira.

3.4.3 – Lei de Ampère.

A lei de Ampère relaciona a componente tangencial B_t , do campo magnético somada (integrada) em torno de uma curva fechada C com a corrente I_C que passa através de qualquer superfície limitada por C. Ela pode ser usada para obter uma

expressão para o campo magnético nas situações que apresentam um elevado nível de simetria (TIPLER; MOSCA, 2006).

A lei de Ampère na forma matemática é apresentada pela Equação 25.

A lei de Ampère. (25)

$$\oint B_t ds = \oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 I_c$$

Sendo:

B_t – Componente tangencial do campo magnético somado.

I_c – Corrente elétrica líquida que penetra em qualquer superfície S.

μ_0 – Permeabilidade magnética do meio. que envolve os geradores de campo magnético, que tem valor para o vácuo de $4\pi \times 10^{-7} \frac{T}{mA}$.

A lei de Ampère é válida para qualquer curva C, desde que as correntes elétricas não variem no tempo e que a carga elétrica não esteja sendo acumulada em nenhum lugar. A lei de Ampère é útil no cálculo do campo magnético \vec{B} em situações que possuem elevado nível de simetria, de tal modo que a integral $\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{s}$, que pode ser escrita como $B \oint_C ds$ (o produto de B e alguma distância). A integral $\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{s}$ é chamada especificamente de circulação em \vec{B} em torno da curva C (TIPLER; MOSCA, 2006).

A aplicação mais simples da lei de Ampère é encontrar o campo magnético de um fio reto infinitamente longo transportando corrente. Assumindo que o campo magnético é tangente ao círculo formado ao redor do fio, que os campos magnéticos estão na mesma direção de $d\vec{s}$ e que o campo tem o mesmo módulo de B em qualquer ponto sobre o círculo (TIPLER; MOSCA, 2006).

Sendo assim, aplicando a lei de Ampère apresentada na equação 25 e considerando $B = B_t$, tirando B dá integral e considerando que a integral de $d\vec{s}$ é

2ΠR, obtém-se a Equação 22 para fio retilíneo infinitamente logo percorrido por corrente elétrica.

A lei de Ampère é útil para calcular a intensidade do campo magnético quando existe uma corrente elétrica permanente e um elevado grau de simetria, porém, fora dessas condições a lei de Ampère apresenta limitações e, por consequência, em algumas situações leva a resultados incorretos. Para esclarecer essa ressalva, convém apresentar como exemplos duas situações em que a lei de Ampère ao ser aplicada não produz resultados satisfatórios.

A primeira situação consiste em um fio finito de comprimento S submetido à corrente elétrica, “a aplicação direta da lei de Ampère fornece o mesmo resultado encontrado para um fio infinitamente longo, uma vez que os mesmos argumentos de simetria se aplicam (TIPLER; MOSCA, 2006). No entanto, os resultados obtidos pela lei de Ampère “não concordam com os resultados obtidos da lei de Biot-Sarvart, que depende do comprimento do segmento de corrente e que concorda com os experimentais” (TIPLER; MOSCA, 2006). Isso significa que a lei de Ampère é válida nesta situação, mas não pode ser usada por não haver simetria suficiente, o que acarreta um resultado errado.

A segunda situação consiste em um pequeno condutor esférico carregado com carga inicial $+Q$ e outro carregado com carga $-Q$. Quando eles são conectados existe uma corrente elétrica I no segmento por um curto instante, até que as esferas sejam descarregadas (TIPLER; MOSCA, 2006). Mesmo existindo simetria suficiente para usar a lei de Ampère e calcular o campo magnético em P , está não é válida porque a corrente elétrica não é contínua no espaço.

Uma vez que obedeça, as modificações propostas por Maxwell, a lei de Ampère pode ser satisfatoriamente aplicada para todas as condições de corrente elétrica.

3.4.4 – Campo magnético produzido pela corrente elétrica ao circular um solenoide.

O solenoide é um fio enrolado em uma helicóide com as voltas próximas umas das outras. O campo magnético produzido pela corrente elétrica, ao percorrer o solenoide, pode ser representado conforme a Figura 22, que apresenta uma

representação gráfica das linhas de campo magnético geradas pelo solenoide em seu interior.

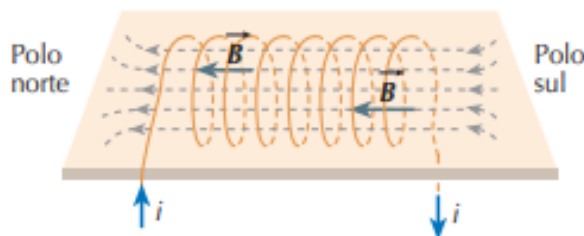


Figura 22. Representação das linhas de indução do campo magnético percorrido por corrente elétrica (RAMALHO, NICOLAU, TOLEDO, 2009).

Em seguida, a Figura 23 representa um solenoide percorrido por corrente elétrica em uma região com limalha de ferro, que, quando submetida ao campo magnético gerado pelo solenoide, alinha-se formando as linhas de campo magnético internas ao solenoide, delimitando assim, o campo magnético na região.

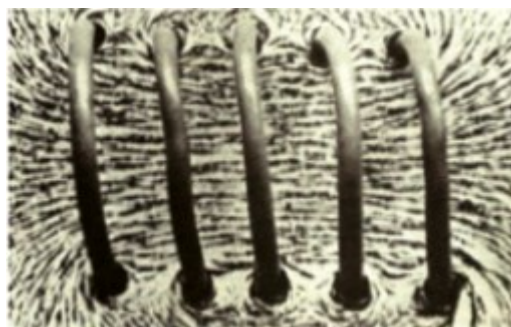


Figura 23. Representação com limalha de ferro, de um campo magnético no interior de um solenoide percorrido por corrente elétrica (RAMALHO, NICOLAU, TOLEDO, 2009).

Dentro do solenoide, as linhas de campo são aproximadamente paralelas ao eixo e são próximas e uniformemente espaçadas, indicando um campo magnético forte e uniforme. Fora do solenoide, as linhas são muito menos densas indicando um campo externo muito fraco (TIPLER; MOSCA, 2006).

As linhas de campo magnético divergem em uma das extremidades o que define está como polo norte, e convergem para outra extremidade o que define está como polo sul.

Considerando um solenoide de comprimento L , formado por N voltas de fio transportando uma corrente elétrica I , quer-se determinar a intensidade do campo magnético no interior do solenoide, sabendo que na região interna o campo magnético é intenso e uniforme em toda a região, enquanto o campo externo é muito fraco.

Considerando um solenoide ideal em que o campo magnético é uniforme do lado de dentro e zero do lado de fora do solenoide, podemos aplicar a Lei de Ampère Equação 26 para determinar a intensidade do campo magnético do solenoide.

Para determinar o campo magnético gerado no interior do solenoide. (26)

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 I_c$$

Sabendo que o campo magnético de dentro é uniforme, usando a amperiana retangular $abcd$ que pode ser observada na Figura 24.

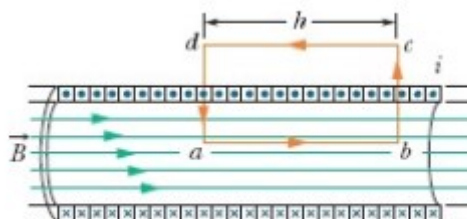


Figura 24. Aplicação da lei de Ampère a um solenoide ideal percorrido por uma corrente I . A amperiana é o retângulo $abcd$ (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2016).

Nestas condições é possível escrever o campo magnético como a soma de quatro integrais, uma para cada segmento de amperiana, conforme representado na Equação 27.

Soma das quatro integrais para cada segmento de amperiana. (27)

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \int_a^b \vec{B} \cdot d\vec{s} + \int_b^c \vec{B} \cdot d\vec{s} + \int_c^d \vec{B} \cdot d\vec{s} + \int_d^a \vec{B} \cdot d\vec{s}$$

A primeira integral do lado direito é Bh , em que B é o módulo do campo uniforme \vec{B} no interior do solenoide, e h é o comprimento arbitrário do segmento ab . A segunda e a quarta integrais são nulas porque, para elementos ds desses segmentos, \vec{B} é perpendicular a ds ou é zero, e, portanto, o produto escalar $\vec{B} \cdot d\vec{s}$ é zero. A terceira integral, que envolve um segmento do lado de fora do solenoide também é nula, porque $B = 0$ em todos os pontos externos do solenoide (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2016).

O solenoide ideal percorrido por uma

corrente elétrica I envolvida pela amperiana retangular da Figura 24 não é igual à corrente i nas espiras do solenoide porque as espiras passam mais de uma vez pela amperiana. Seja N o número de espiras por unidade de comprimento do solenoide; nesse caso, a amperiana envolve Nh espiras (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2016, p.531)

Para esse caso, e de acordo com a lei de Ampère, a amperiana é determinada conforme a Equação 28

Campo magnético gerado por um solenoide ideal. (28)

$$B = \mu_0 \cdot I \cdot N$$

Utilizando a equação para um solenoide ideal percorrida por corrente elétrica e aplicando a regra da mão direita, fica definida a intensidade, a direção e o sentido do campo magnético gerado no centro do solenoide.

3.5 – Força magnética agindo sobre condutor percorrido por corrente elétrica

Um fio condutor, ao ser percorrido por corrente elétrica no interior do campo magnético, pode sofrer a ação da força magnética, pois o campo magnético exerce “uma força lateral sobre os elétrons que se movem em um fio. Essa força, naturalmente é transmitida para o fio, já que os elétrons não podem deixar o fio” (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2016)

Quando um fio condutor está imerso no campo magnético e não é percorrido por corrente elétrica ele não sofre a ação da força magnética. No entanto, quando submetido à corrente elétrica, poderá sofrer a ação da força magnética, que entortará o fio, dependendo do sentido do campo magnético e da corrente elétrica.

Conforme se pode observar na Figura 25, a força magnética surge porque um “trecho de fio de comprimento L , após um intervalo de tempo t tem todos os elétrons de condução passando pelo plano xx' . Assim nesse intervalo de tempo uma carga elétrica atravessa a região xx' do fio” (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2016).

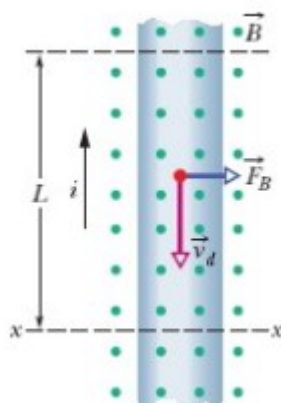


Figura 25. Vista ampliada do fio da Figura 26. (b). O sentido da corrente é para cima, o que significa que a velocidade de deriva dos elétrons aponta para baixo. (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2016).

A intensidade da força magnética sobre o condutor pode ser definida através da relação entre a força magnética sobre cargas elétricas e a carga elétrica que percorre o condutor relacionada à velocidade de deriva dos elétrons, representadas pelas Equações 29 e 30.

Força magnética sobre uma carga elétrica imersa no campo magnético. (29)

$$\vec{F} = q \cdot \vec{v} \cdot \vec{B} \cdot \text{sen } \alpha$$

Carga elétrica que percorre o condutor devido a corrente elétrica. (30)

$$q = I \frac{L}{V}$$

Após relacionar as Equações 29 e 30, será possível obter a equação sobre o fio condutor percorrido por corrente elétrica no interior do campo magnético, definida conforme a equação 31.

Força magnética sobre um fio condutor conduzindo corrente elétrica. (31)

$$F = B \cdot I \cdot L \cdot \text{sen } \alpha$$

O sentido e a direção da força magnética sobre o fio condutor são definidos de acordo com regra da mão direita, segundo a qual o polegar representa o sentido da corrente elétrica, os dedos restantes, o sentido do campo magnético e a palma da mão, a força magnética, conforme é possível observar na figura 26.

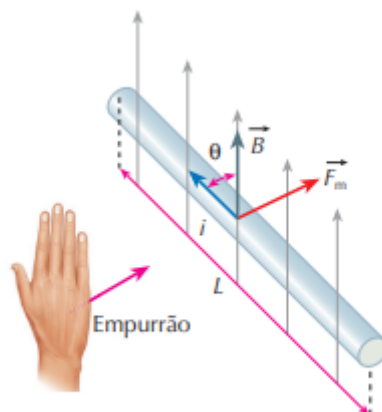


Figura 26. Força magnética atuando em condutor retilíneo percorrido por corrente elétrica em um campo magnético uniforme (RAMALHO, NICOLAU, TOLEDO, 2009).

A força magnética que surge sobre fio condutor percorrido por corrente elétrica imerso no campo magnético tem grande aplicação prática, haja vista que boa parte do esforço feito por máquinas, principalmente no setor industrial é realizado por motores elétricos.

3.6 – Torque em uma espira percorrida por corrente elétrica no interior do campo magnético.

Os motores elétricos são a principal força motriz nas sociedades contemporâneas. Todo o trabalho realizado pelos motores elétricos, está relacionado as forças magnéticas. Tais forças surgem quando um fio condutor está imerso em um campo magnético, que age perpendicularmente à corrente elétrica.

Um motor simples é constituído por uma espira percorrida por uma corrente e submetida a um campo magnético \vec{B} . As força magnéticas \vec{F} e $-\vec{F}$ produzem um torque na espira que tende a fazê-la girar em torno do eixo central (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2016).

Embora alguns detalhes tenham sido omitidos, a Figura 27, mostra de forma simplificada o funcionamento de um motor elétrico.

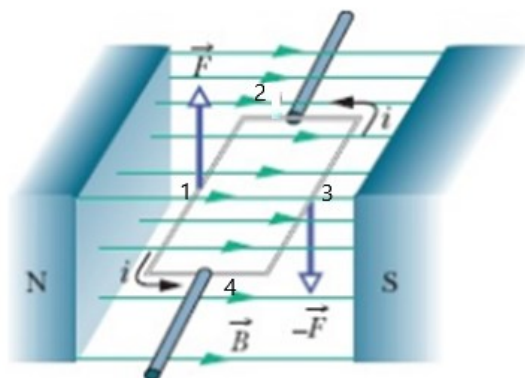


Figura 27. Os elementos de um motor elétrico. (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2016).

Na figura 27 a espira está sendo percorrida por uma corrente elétrica I sendo submetida a um campo magnético uniforme. A espira se encontra no campo magnético de tal forma que os lados mais compridos, 1 e 3, estejam sempre perpendiculares ao campo magnético. Mas o mesmo não acontece com os lados curtos, 2 e 4 (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2016).

Para definir o sentido da força magnética nos fios mais compridos, deve-se aplicar a regra da mão direita que ficou demonstrada na Figura 26. Assim, conhecendo o sentido da força magnética sobre os fios maiores, pode-se identificar o sentido de giro do motor.

A força total que age sobre as espiras é a soma vetorial das forças que agem sobre os quatro lados. No caso dos lados 2 e 4 as forças que surgem são de sentido oposto e se anulam. Além disso, o torque produzido por elas é zero, dado que as forças agem sobre o eixo de rotação. A intensidade da força magnéticas sobre os fios 2 e 4 é calculado usando as Equação 32.

Força magnética sobre os fios 2 e 4 no motor elétrico da Figura 30. (32)

$$F = IbB \text{sen}(90^\circ - \theta) = IbB \cos \theta$$

Os lados 1 e 3 se encontram em uma situação diferente, pois nesse caso \vec{L} é perpendicular ao vetor \vec{B} o módulo das forças \vec{F}_1 e \vec{F}_3 é IaB , independente do valor de θ . Como as duas forças têm o mesmo módulo e atuam em sentidos opostos, não tendem a mover a espira para cima e para baixo (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2016).

Como é possível observar na Figura 27, as duas forças não agem sobre a mesma reta, portanto o torque associado a essas forças não é zero. O torque tende a fazer a espira girar em um sentido tal que o vetor normal \vec{N} se alinha com a direção do campo magnético. Esse torque tem braço de alavanca definido por $(b/2)\text{sen}\theta$ em relação ao eixo da espira (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2016). O módulo do torque realizado sobre a espira é definido pela Equação 33.

Torque sobre a espira do motor elétrico da Figura 29. (33)

$$\tau' = \left(IaB \frac{b}{2} \text{sen}\theta \right) + \left(IaB \frac{b}{2} \text{sen}\theta \right) = IabB \text{sen}\theta$$

Em uma bobina que consiste em um sistema formado por N espiras, que estão enroladas tão juntas que todas têm a mesma dimensão e estão no mesmo plano, cada espira sofre a ação da força magnética, que se somam e produzem um torque total sobre a bobina, conforme demonstrado na equação 34.

Torque total sobre uma bobina formada por N espiras. (34)

$$\tau = N\tau' = NIabB \text{sen}\theta = (NIA)B \text{sen}\theta$$

Sendo:

$A = ab$ – Área limitada pela Bobina.

N – Número de espiras da bobina.

I – Corrente elétrica que percorre a espiras.

τ – Torque total sobre as bobinas.

τ' – Torque sobre uma espira.

3.7 – MOTORES ELÉTRICOS: UMA BREVE HISTÓRIA.

O desenvolvimento dos equipamentos que geram eletricidade e dos equipamentos que transformam energia elétrica em energia mecânica são o resultado de “pelo menos três séculos de experiências e descobertas que desembocam na invenção do gerador de corrente contínua auto-induzido pelo cientista berlinense Werner Siemens, em 1866” (WOLLF, 2004), podendo ser considerado este o ano do nascimento do motor elétrico.

A trajetória de invenções de máquinas que usam a eletricidade para gerar movimento teve início com o cientista alemão Otto Guericke, que inventou em 1663 a primeira máquina eletrostática, constituída de uma esfera de enxofre apoiada sobre um eixo. Foi no final do século seguinte que se demonstrou o princípio da máquina eletrostática “usada para transformar trabalho mecânico em energia elétrica, também, era válido em sentido contrário, ou seja, para transformar energia eletrostática em mecânica e fazer movimentar o mundo com muito menos esforço” (WOLLF, 2004).

Mesmo ocorrendo várias descobertas a respeito dos fenômenos elétricos e magnéticos, somente no século XVIII surgiu uma verdadeira ciência da eletricidade, o norte-americano Benjamin Franklin em 1752 através de seu experimento com uma pipa constatou que a eletricidade poderia ser captada e transmitida por fio. Seus estudos deram origem ao para-raios.

Por sua vez, o anatomista italiano Luigi Galvani, professor de medicina e anatomia, “ao fazer experimentos com rãs, observou que as coxas apresentavam contrações musculares depois de separadas de seus corpos e penduradas numa grade de ferro, concluiu que se tratava de eletricidade animal” (WOLLF, 2004).

Alessandro Volta, outro italiano, ao verificar que dois metais diferentes que se encontram num líquido condutor de corrente criam tensão elétrica. Com base nessa descoberta, ele desenvolveu, em 1799, o primeiro elemento galvânico ao construir uma fonte de Tensão denominada coluna de Volta (WOLLF, 2004).

Em 1820 Hans Christian Oersted ao realizar experimentos com a corrente elétrica percebeu que um fio ao ser percorrido por corrente elétrica, pode produzir a declinação da agulha magnética da bússola, o que demonstrou uma íntima relação entre corrente elétrica e campo magnético.

De posse da descoberta de Oersted,

as experiências de dois outros ingleses, William Sturgeon e Michael Faraday abriram caminho para o surgimento do motor elétrico. Em 1825 Sturgeon, constata que um núcleo de ferro, dentro de um condutor elétrico, se transforma num ímã ao lhe ser aplicado uma corrente elétrica, com isso o sapateiro-cientista inventa o eletroímã (WOLLF, 2004, p.23).

Em 1831, Faraday descobre o fenômeno da indução eletromagnética, uma das mais importantes descobertas sobre a produção de eletricidade, uma vez que através

desta teoria é possível transformar energia mecânica em energia elétrica, provando que campos magnéticos variáveis podem gerar corrente elétrica.

Durante a década de 1830, as primeiras máquinas elétricas girantes começam a ser desenvolvidas. O inglês W. Ritchie foi responsável pela invenção de uma peça-chave, o comutador, o que quer dizer que, para a rotação completa de um motor, a polaridade do eletroímã era modificada a cada meia volta, quando então através do comutador, a corrente de excitação passava ser alternada (WOLLF, 2004). Além disso,

o mecânico parisiense H. Pixii, construiu um gerador em que um ímã em forma de ferradura girava diante de duas bobinas fixas com um núcleo de ferro. Este núcleo, utilizado pela primeira vez, permitiu um aumento do fluxo magnético e da tensão de indução. Como resultado, a tensão alternada das bobinas era transformada pelo comutador em uma tensão contínua pulsante (WOLLF, 2004, p. 25).

No final da mesma década, o arquiteto e professor de física alemão, Moritz Hermann Von Jacobi, deu um objetivo para a nova invenção, instalando um motor movido a pilhas galvânicas dentro de uma lancha e transportando 14 pessoas durante algumas horas, mostrando que a energia elétrica podia ser utilizada a favor do trabalho mecânico.

Em 1866, o cientista alemão Werner Von Siemens criou um dínamo de corrente elétrica de alta tensão a preços módicos. Este dínamo, porém, não funciona apenas como gerador de eletricidade, podendo ser operado como motor. Desse modo, quando era acionado por uma roda d'água fornecia energia elétrica; quando era alimentado com energia elétrica funcionava como motor. Não demorou muito para que fossem definitivamente substituídos os velhos cataventos e a força animal (WOLLF, 2004).

No ano de 1879, a firma Siemens & Halske apresentou na feira de Berlim a primeira locomotiva, acionada por um motor elétrico de 2 quilowatts, a qual pode ser observada na Figura 28.



Figura 28. Primeira locomotiva elétrica apresentada pela Siemens & Halske (WOLLF, 2004).

No entanto, como é natural na longa duração do processo científico, os primeiros motores de corrente contínua tinham limitações e alto custo de produção, além de uma escassa confiabilidade em serviço, devido ao complicado dispositivo do comutador. Essas dificuldades demandaram as atenções dos cientistas para o desenvolvimento de equipamentos mais baratos, robustos e resistentes (WOLLF, 2004).

Três cientistas diferentes trabalhando de forma isolada buscavam desenvolver não somente um motor mais barato, robusto e resistente, mas também um sistema que usasse a corrente alternada de forma direta para produzir movimento.

Em 1880, Galileo Ferraris, constrói um motor de corrente alternada de duas fases com um cilindro de cobre como rotor. No entanto, apesar de ter inventado o motor de campo gigante, houve um equívoco ao relatar que uma máquina com base nestes conceitos teria um rendimento de no máximo 50%.

Já em 1882, Nikola Tesla estava desenvolvendo um sistema de transmissão de eletricidade sem emprego de comutadores, resultando, cinco anos depois, em um pequeno protótipo de motor de indução de duas fases, que também não apresentava um rendimento satisfatório. A empresa Westinghouse comprou o direito a patente da Tesla por um milhão de dólares, poucos anos depois sua viabilidade econômica não se verificaria.

O cientista russo radicado na Alemanha, Mikhail Dolivo-Dobrowolsky, em 1889, registra a patente de um motor trifásico cuja a potência contínua era de 80 Watts com

uma eficiência de 80%. Mais do que isso, o motor apresentava uma ótima partida, era muito silencioso, mais simples e de alta resistência, além de ser livre de interferência de corrente parasitas, exigir pouca manutenção e ser bastante seguro em operação. Em suma, Dobrowolsky acabara de criar a máquina ideal para o acionamento de indústrias e oficinas, representada na Figura 29.



Figura 29. Primeiro motor trifásico de Dolivo-Dobrowolsky (WOLLF, 2004).

O desenvolvimento dos motores elétricos após a versão de corrente alternada pôde se concentrar no aprimoramento associado a questões como aumento de potência, melhor rendimento do aparelho, maior durabilidade e economia. Como se sabe, os motores elétricos foram difundidos e hoje são usados em larga escala por terem baixo custo de fabricação, grande aplicabilidade, por serem versáteis, de modo que podem ser usados para as mais diversas aplicações com alto rendimento, tornando-se fundamentais na sociedade contemporânea.

4 – CONCEPÇÃO E CONSTRUÇÃO DO PRODUTO DIDÁTICO; APLICAÇÃO, DISCUSSÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

A concepção do produto didático surgiu da necessidade de uma nova abordagem no ensino do eletromagnetismo, buscando através da ABP discutir e pesquisar sobre os principais conceitos do eletromagnetismo, de uma forma interativa, onde o aluno é o grande protagonista da produção do conhecimento.

Neste processo educativo baseado ABP o professor passa a ser um mediador, que possibilita aos alunos o desenvolvimento: da autonomia na busca pelo conhecimento, da capacidade de trabalharem em equipe e ainda a da capacidade de liderança – qualidades indispensáveis na sociedade moderna. Pensando neste novo olhar foi que surgiu a ideia de um produto didático utilizando a metodologia da aprendizagem baseada em projetos, que possibilita aos alunos uma nova experiência educacional.

O produto didático desenvolvido – e que consta na íntegra ao final da dissertação, na seção de apêndices – consiste em projetar, elaborar e executar a construção de um protótipo de carro elétrico, o qual foi desenvolvido após a realização de pesquisas e pequenos experimentos sobre ímãs encontrados naturalmente, bem como ímãs industriais produzidos com substâncias ferromagnéticas, sobre a relação entre corrente elétrica e campo magnético, sobre as fontes de energia que alimentam o carro elétrico e sobre a força magnética.

Todas as atividades realizadas antes da construção do protótipo têm como objetivo possibilitar aos alunos a compreensão dos principais conceitos que envolvem o funcionamento do carro elétrico. O envolvimento dos alunos na construção dos experimentos possibilitou a compreensão do funcionamento de cada parte do carro elétrico, contribuindo assim para o objetivo final do projeto, que consiste na construção de um protótipo.

É importante considerar ainda que este produto didático não tem o objetivo de se apresentar como completo, ou seja, como acabado em sua plenitude, e sim ser fonte de inspiração para o professor que eventualmente o buscar, podendo ser adaptado para realidade da sala de aula de cada professor.

O produto didático foi aplicado em uma turma de terceiro ano do ensino médio, do turno vespertino com 17 alunos, na escola Estadual Básica Professor João Widemann que possui aproximadamente 2.000 alunos situada no bairro Itoupava Norte, na cidade de Blumenau em Santa Catarina. Essa turma conta com a participação de dois alunos com necessidades especiais, que necessitam de auxílio constante de uma segunda professora para realizarem suas atividades, e, portanto, durante toda a aplicação do projeto a segunda professora acompanhou os alunos em suas descobertas e nos experimentos que realizaram.

A turma de terceiro ano do ensino médio foi escolhida para aplicar o produto didático, por ser neste período que se ensina e se discute o eletromagnetismo. Dessa forma, a aplicação do produto didático contribuiu com o ensino do eletromagnetismo através de uma nova abordagem.

Vale também registrar, que esta turma tem como professor de Física o senhor Lins Vasconcelos de Souza, colega de profissão do autor desta dissertação e que permitiu que o produto fosse aplicado como parte ativa do ensino do eletromagnetismo, uma vez que o autor do projeto, que também é efetivo nesta instituição, só possui turmas de segundo ano do ensino médio e no período noturno.

Certamente o produto didático poderia ser aplicado em uma turma de segundo ano do ensino médio, mas o eletromagnetismo não faz parte do planejamento anual da turma, motivo pelo qual se optou por aplicar o produto didático na turma de terceiro ano do ensino médio.

O quadro abaixo apresenta um resumo da estrutura do produto didático, idealizado para ser realizado em 6 semanas, com encontros semanais de 90 minutos, o que corresponde exatamente à carga horária semanal da disciplina de Física nos terceiros anos das escolas públicas do estado de Santa Catarina.

Quadro 3 – Esquematização da sequência didática recomendada para a aplicação

Aula	Descrição da atividade	Tempo
	Introdução do tema demonstrando sua importância e atualidade.	5 min.

1		
	Apresentação de um vídeo sobre a evolução do carro elétrico no mundo.	15 min.
	Momento de discussão sobre o tema	10 min.
	Entrega do carrinho elétrico para ser desmontado e ter suas partes separadas em: partes mecânicas, partes elétricas e sistema de alimentação.	45 min.
	Encaminhamentos para o próximo encontro, indicando que a pesquisa a ser realizada deveria ser sobre ímãs, materiais magnéticos e eletroímãs.	10 min.
	Organização da sala para ser entregue ao próximo professor.	5 min.
2	Momento para que os alunos realizem um <i>Brainstorming</i> , compartilhando as informações pesquisadas sobre ímãs, tipos de materiais e sobre o eletroímã.	20 min.
	Realização de experimentos com ímãs e diversos materiais.	15 min.
	Construção do eletroímã a partir do roteiro experimental entregue pelo professor.	40 min.

	Encaminhamentos para o próximo encontro, indicando que a pesquisa a ser realizada deve ser sobre motores elétricos.	10 min.
	Organização da sala para ser entregue ao próximo professor.	5 min.
3	Tempo para o compartilhamento das informações sobre os vários tipos de motores elétricos.	20 min.
	Construção do motor elétrico a partir do roteiro experimental entregue pelo professor.	55 min.
	Encaminhamentos para o próximo encontro, indicando que o tema da pesquisa para próxima aula deve ser sobre fontes de energia.	10 min.
	Organização da sala para ser entregue ao próximo professor.	5 min.
	Instante para o compartilhamento das informações sobre as principais fontes de energia.	20 min.
	Construção de pequenos circuitos elétricos utilizando diferentes fontes de energia.	55 min.

4	Encaminhamentos para o próximo encontro, indicando que será o início do processo construtivo do protótipo de carro elétrico.	10 min.
	Organização da sala para ser entregue ao próximo professor.	5 min.
5	Momento para que os grupos realizem um <i>Brainstorming</i> , compartilhando os projetos de carro elétrico que irá construir.	20min.
	Início do processo de construção do protótipo de carro elétrico.	65 min.
	Organização da sala para ser entregue ao próximo professor.	5 min.
6	Continuação do processo construtivo do protótipo do carro elétrico pelos grupos.	65 min.
	Apresentação dos protótipos de carros elétricos.	10 min.
	Organização da sala para ser entregue ao próximo professor.	5 min.

Conforme demonstrado no quadro acima, o produto didático foi originalmente idealizado para ser aplicado em 6 semanas, mas ao longo a aplicação do produto didático, foi necessário que o projeto fosse prorrogado por mais duas semanas, pois a montagem dos protótipos de carro elétrico tomou mais tempo do que o previsto. Com isso, a experiência aqui relatada, contempla um período de 8 semanas, as duas

semanas a mais foram usadas no processo construtivo do protótipo. Essa prorrogação na aplicação do projeto foi realizada em concordância com o professor da turma e com o orientador do mestrado e tal situação, inicialmente não prevista, serviu para realizar uma reflexão sobre alguns pontos do produto didático.

4.1 – APLICAÇÃO DO PRODUTO DIDÁTICO

Conforme descrito anteriormente, o produto didático foi aplicado durante 8 semanas com encontros de duas aulas por semana, encontros esses com duração de 90 minutos, os quais serão descritos abaixo e discutidos de forma detalhada nas seções abaixo.

Primeira Aula

Na primeira aula de aplicação do produto didático, nos primeiros 15 minutos, foi apresentado um vídeo sobre o funcionamento do carro elétrico, que possibilitou a abertura de uma discussão sobre esse novo modo de impulsionar o carro.

O vídeo abriu uma discussão sobre o carro elétrico, situação em que vários alunos manifestaram suas dúvidas sobre esse tipo de carro, enquanto outros demonstraram que aquele era o seu o primeiro contato com o tema, o que na realidade foi algo inesperado, uma vez que o tema aparentemente seria de conhecimento público. Nesse momento se percebe que o tema a princípio considerado de conhecimento público, não era conhecido por muitos alunos, que ficaram espantados com os carros elétricos e a possibilidade real da substituição dos carros a combustão interna, por carros elétricos na próxima década.

A partir daí várias dúvidas surgiram, tais como:

- ❖ Os carros elétricos utilizam motores elétricos com características semelhantes, aos usados nos demais equipamentos elétricos?
- ❖ Quantos quilômetros os carros elétricos podem se deslocar sem necessidade de uma nova carga?
- ❖ Quanto tempo demora para que a bateria do carro elétrico seja totalmente carregada?
- ❖ De que são feitas as baterias do carro elétrico?
- ❖ Será possível usar as tomadas de nossas casas para carregar o carro elétrico?

Algumas das dúvidas que surgiram foram tratadas de forma superficial durante a exibição do vídeo, o que deixou alguns alunos sem respostas. Essa situação gerou os primeiros temas para pesquisa, obrigando assim os alunos, a buscarem as

respostas para as suas dúvidas. Assim, a apresentação do vídeo gerou uma mobilização na busca do conhecimento, o que demonstrou como é relevante atividades que possibilitem ao aluno ser agente no processo de aprendizagem.

A duração total desta da primeira etapa da primeira aula, que estava inicialmente programada para 30 minutos, acabou sendo concluída em 40 minutos, o que não significou de forma alguma um grande problema.

O segundo momento da primeira aula, foi reservado para a divisão dos alunos em grupos divididos da seguinte forma: 3 grupos de 4 alunos, 1 grupo com três alunos e 1 grupo formado por dois alunos com necessidade especiais e a segunda professora. Nesse segundo momento, foi realizada a atividade prática, que consistia no desmonte de pequenos carros elétricos movidos a pilha, alguns acionados por controle remoto, e outros acionados por um controle ligado por um fio ao carro elétrico.



Figura 30. Foto dos carrinhos que foram usados na primeira aula para serem desmontados (Fonte: do autor).

Esse momento foi o ponto ápice da primeira aula, uma vez que cada aluno recebeu um pequeno carro elétrico para desmontar e separar seus componentes, em partes mecânicas e elétricas, totalizando 17 carros elétricos que foram desmontados pelos alunos. Durante o desmonte do carro, cada equipe além de desmontar os carros elétricos, desmontou dois motores elétricos completamente, para observarem no que consiste o motor elétrico. Tal momento rendeu algumas expressões de espanto,

principalmente quando constataram que no interior do motor havia ímãs, e que a bobina era formada por longas camadas de fios de cobre, tudo ligado a uma fonte de energia. Foi um momento mágico, afinal a totalidade dos alunos nunca tinha visto um motor elétrico, mesmo que simples, aberto daquela maneira.

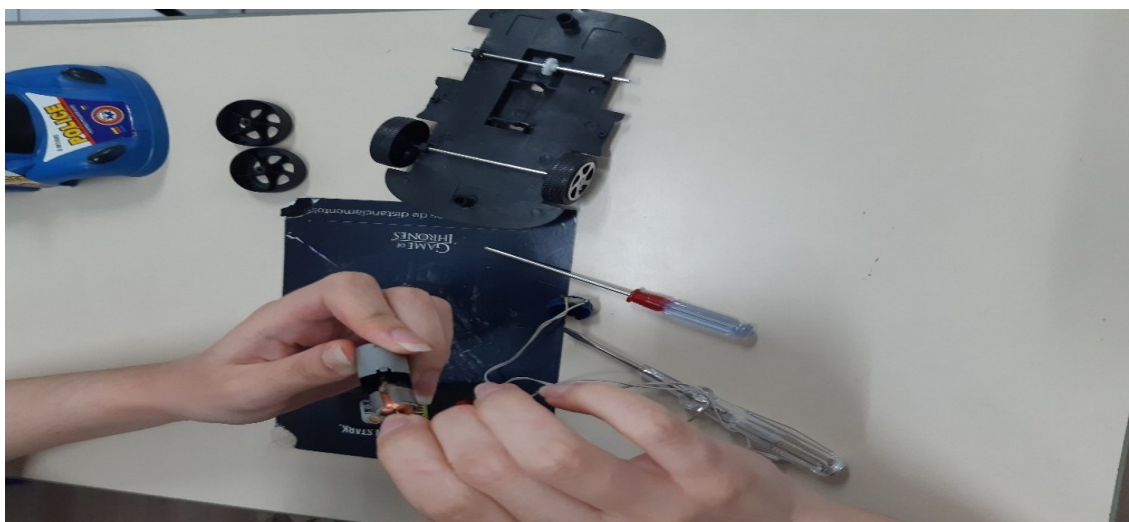


Figura 31. Foto do desmonte dos carrinhos pelos alunos durante a primeira aula (Fonte: do autor).

Durante este processo de descoberta os alunos foram orientados a anotar suas dúvidas, para posteriormente poderem pesquisar sobre o tema, transformando assim dúvidas em conhecimento.

Todo o processo de desmonte dos carros elétricos foi de aproximadamente 40 minutos, restando em torno de 10 minutos para as considerações finais e para os encaminhamentos para o próximo encontro. Nos minutos finais da aula que um aluno proferiu a seguinte observação:

“Professor, em todo o meu ensino médio, foi a primeira vez que realizei uma atividade, em que coloquei a mão na massa, em uma disciplina que não fosse educação artística ou educação física”.

Esse comentário ao final do primeiro dia da aplicação do produto didático deve servir para uma reflexão sobre as práticas docentes aplicadas durante o ensino médio, pautadas principalmente e aulas expositivas e dialogadas, com ênfase na resolução de exercícios muitas vezes fora de contexto e da vida cotidiana do aluno.

Claro que é possível fazer este raciocínio também para a aplicação deste produto didático, uma vez que para muitos alunos o tema do carro elétrico ainda não fazia parte de seu foco de interesse, e muito menos de sua vida cotidiana. O estímulo dado através dos vídeos usados para apresentar o projeto, no entanto, contribuiu para o engajamento efetivo da maioria dos alunos.

Nos últimos 10 minutos da primeira aula, foi acordado com os alunos que eles fariam uma pesquisa sobre ímãs naturais e artificiais, bem como sobre o experimento de Hans Cristian Oersted, que demonstrou que a corrente elétrica é capaz de gerar um campo magnético. Além do experimento de Oersted, foi indicado aos alunos que pesquisassem sobre a lei de Ampère, que demonstra matematicamente a relação entre corrente elétrica e campo magnético.

Importante esclarecer que durante o desmonte do motor, apareceram os ímãs que estavam em seu interior, o que gerou mais motivação a respeito da pesquisa sobre ímãs, pois os alunos perceberam que o ímã é um componente importante para o funcionamento do motor.

Também foi apresentada aos alunos a necessidade de trazerem um roteiro para realizar experimentos que demonstram a relação entre corrente elétrica e a criação de campos magnéticos.

Ainda nos minutos finais, organizou-se um grupo de *WhatsApp*, com a finalidade de tornar a comunicação entre o professor e os alunos ágil, principalmente pela necessidade dos grupos de indicar ao professor os materiais que deveria providenciar no decorrer da semana, para serem usados pelos alunos na realização dos experimentos nas próximas aulas. O *WhatsApp* foi o meio de comunicação escolhido entre os alunos e o professor por ser ágil, e principalmente porque todos os alunos possuem celular com acesso ao aplicativo, circunstância que, no entanto, não deve ser considerada generalizável quando o assunto é acesso a celulares, a computadores, providos ainda de internet residencial.

Segunda Aula

Conforme acordado na aula anterior, esperava-se que os estudantes, nos 15 minutos iniciais da aula, apresentassem suas descobertas sobre os temas sugeridos

na primeira aula de relatórios de pesquisa, o que não ocorreu como esperado. Alguns alunos apresentaram suas descobertas sobre os temas propostos de forma bastante superficial e, além disso, os roteiros experimentais não foram apresentados.

Foi necessária então uma intervenção para chamar a atenção dos alunos a propósito da importância das pesquisas para o desenvolvimento do projeto e, sobre como é importante o compartilhamento das descobertas nos momentos iniciais da aula como forma de socialização do conhecimento. Após essas observações, coube apresentar alguns pontos importantes sobre os aspectos teóricos, como forma de complementar o conhecimento dos alunos sobre os temas da segunda aula.

Ao término da primeira etapa, que levou 25 minutos – tempo superior ao que foi previamente estabelecido no produto didático – foram apresentados aos alunos os experimentos a serem realizados durante a segunda aula. Os roteiros experimentais foram trazidos pelo professor como garantia, para que fossem aplicados aos alunos caso eles não trouxessem de casa roteiros experimentais como ficou acordado no final da primeira aula.

Os roteiros foram preparados pelo professor, porque durante a semana o grupo de *WhatsApp* que criado para facilitar a comunicação entre o professor e os alunos praticamente não foi utilizado. A ausência de respostas permaneceu mesmo após um pedido do professor para que os grupos enviassem a lista de materiais a serem utilizados na segunda aula, na construção dos experimentos escolhidos por cada grupo. Graças à essa falta de comunicação dos alunos com professor durante a semana, foi necessário fazer uma adaptação do produto didático, levando assim roteiros experimentais previamente elaborados para serem aplicados na segunda aula.

Um dos roteiros apresentado durante a segunda aula, tinha como objetivo desenvolver a compreensão a respeito do funcionamento dos ímãs, ou seja, dos materiais ferromagnéticos. O experimento consistia em trabalharem com vários tipos materiais ferromagnéticos, paramagnéticos e diamagnéticos, aproximando estes materiais de ímãs naturais e artificiais. Nesses experimentos foi possível para os alunos observar quais as substâncias eram atraídas pelos ímãs, e quais substâncias não eram atraídas, sendo possível assim catalogar os diversos tipos de materiais.

Essa atividade foi elaborada para ter duração de 20 minutos, que foram usados para realizar pequenos experimentos envolvendo os ímãs e vários materiais.



Figura 32. Momentos de experimentação em sala com pequenos ímãs durante a segunda aula (Fonte: do autor).

Foi interessante observar a realização dos experimentos que, por mais simples que sejam, produziu verdadeiros momentos de admiração por parte dos alunos, pois a grande maioria pouco contato teve com ímãs, e muito menos teve a oportunidade de observar o comportamento dos ímãs perante algumas substâncias. Tal situação pode ser percebida através do tipo de comentário realizado pelos alunos durante a realização dos experimentos, conforme transcrito abaixo.

“Alguns ímãs são mais fortes que os outros, este que tem cor de prata é muito forte”.

“Olha só que bacana o alumínio não é atraído pelo ímã”.

“O prego ao ser atraído pelo ímã e ficar grudado nele, atrai o Clips também, o prego está funcionando como um ímã também”.

A aplicação dos experimentos conseguiu atrair a atenção dos alunos e motivá-los a pensar sobre o tema proposto. Também as conversas e comentários entre os alunos são verdadeiros momentos de aprendizado, pois criam dúvidas que exigem a busca de informações na literatura que trata do tema. Aliás, este é um dos objetivos da educação baseada em projetos, possibilitar que o aluno desenvolva autonomia para a busca do conhecimento.

Ficou estabelecido que algumas dúvidas que surgiram durante a aplicação do experimento, seriam motivo de pesquisa no decorrer da semana para serem apresentadas no início da terceira aula.

O terceiro momento da segunda aula foi a apresentação do segundo roteiro experimental, que consiste na construção de um eletroímã. Para essa atividade foi estipulado o tempo de 30 minutos, deixando assim 10 minutos para as orientações do próximo encontro.

A fim de que os alunos efetivassem a atividade, a eles foram distribuídos pedaços de fios de cobre com aproximadamente 2 metros, pregos de aproximadamente 12 centímetros, conectores, suportes para pilhas de tamanhos AA, D e C. De posse deste material cada aluno começou a construção de seu próprio eletroímã. Foi então que surgiram várias perguntas a respeito da construção do eletroímã, mesmo tendo cada aluno um roteiro do experimento em mãos.

As perguntas mais comuns a respeito da construção do eletroímã foram:

“Quantas voltas devo dar de fio no prego?”

“Os fios não irão produzir um curto circuito, já que não estão encapados?”

“Posso passar duas camadas de fio no prego?”

“Posso passar três camadas de fio no prego?”

“Quanto deixo de fio nas extremidades?”

“Tenho que raspar as extremidades por quê?”

“Que tipo de pilha uso para ligar o meu eletroímã?”

“Se usar uma pilha maior o eletroímã fica mais forte?”

Durante o processo de construção do eletroímã, houve grande movimentação dos alunos trocando ideias uns com os outros e com o professor, buscando entender a relação entre o número de voltas no prego, a corrente elétrica e a intensidade do campo magnético gerado pelo eletroímã.



Figura 33. Processo construtivo do eletroímã durante a segunda aula (Fonte: do autor).

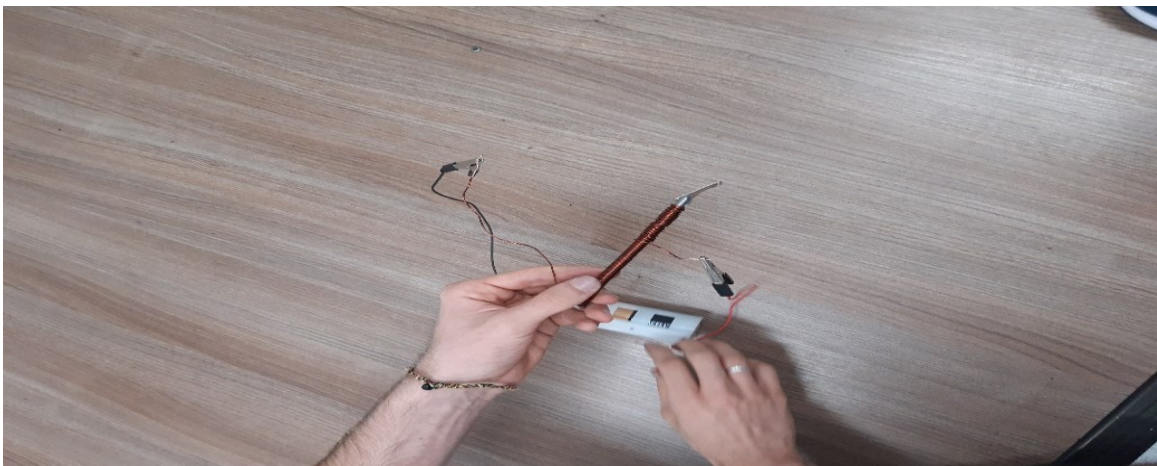


Figura 34. Um dos eletroímãs construído durante a segunda aula (Fonte: do autor).

Alguns alunos tiveram maior facilidade na construção do eletroímã, outros não conseguiram terminar no intervalo de tempo estipulado. Aproximadamente 6 alunos não conseguiram terminar o eletroímã, ficando assim com esta atividade para ser apresentada na aula três.

Nos 10 minutos finais da segunda aula, foi acordado com os alunos que eles fariam uma pesquisa sobre o conceito de força magnética, agindo sobre fio condutor percorrido por corrente elétrica no interior de um campo magnético. Além disso, foi indicado que fizessem uma pesquisa sobre quais são os principais tipos de motores elétricos e quais são os mais usados na indústria automobilística.

Ficou ainda acordado que os alunos que não terminaram o eletroímã, terminariam em casa e durante o decorrer da aula três apresentariam o eletroímã para a turma e o professor.

Terceira aula

Conforme acordado na aula anterior, os 15 minutos iniciais da aula foram o momento para que os alunos apresentem suas descobertas sobre o tema sugerido na segunda aula. Assim, alguns alunos apresentaram informações sobre a força magnética que surge sobre fios conduzindo corrente elétrica, demonstrando também a equação que determina a força magnética que surge sobre fios retilíneos conduzindo corrente elétrica.

Além da pesquisa sobre a força magnética, vários alunos trouxeram informações sobre os tipos de motores elétricos, utilizados em situações cotidianas, e sobre os tipos de motores utilizados na construção dos carros elétricos. Essas informações foram apresentadas na forma de relatórios de pesquisa, os quais foram entregues por dois componentes de cada equipe, de maneira que ao final do projeto, cada aluno teve que entregar ao menos um relatório, que foi utilizado para atribuir uma nota relacionada a produção do conhecimento, através da correção do relatório de pesquisa pelo professor.

As informações contidas no relatório de pesquisa, foram compartilhadas durante o momento de troca de informações sobre os temas pesquisados. Nesse momento, foram necessárias pequenas intervenções do professor, com o objetivo de complementar as informações apresentadas. Essas intervenções se devem às imprecisões na apresentação sobre o tema, ou ainda, porque vários alunos possuem dificuldades de se expressar perante a turma, principalmente porque não dominam o tema completamente.

Podemos ainda justificar a dificuldade dos alunos em apresentar suas pesquisas, pela falta de prática em ser o protagonista na elaboração do conhecimento, pois durante boa parte de sua vida escolar agem de modo passivo na sala de aula, somente recebendo as informações, sem a necessidade de um efetivo engajamento no processo ensino aprendizagem.

O processo de troca de informações foi elaborado para ocorrer em um intervalo de tempo de 15 minutos, porém toda a primeira etapa da aula tomou aproximadamente 23 minutos, o que acarretou pequenos atrasos no início da atividade experimental.

Ao final do processo de troca de informações da terceira aula, foi apresentado para os alunos um roteiro de experimento para construção de um pequeno motor elétrico, contribuindo assim, para complementar através da experiência os conceitos estudados sobre corrente elétrica, campo magnético e o surgimento da força magnética.

Vale salientar que essa foi outra mudança realizada durante a aplicação do projeto, tendo em vista que inicialmente os alunos deveriam trazer o roteiro da atividade experimental. A opção original se mostrando pouco eficaz, uma vez que os alunos deixavam de comunicar no grupo os materiais necessários para a realização do experimento que escolheram.

Sendo assim, foi realizado este pequeno ajuste no projeto, que consiste em entregar aos alunos os roteiros experimentais a serem desenvolvidos, facilitando à aquisição do material das atividades experimentais, bem como padronizar os experimentos a serem realizados em cada encontro.

Os materiais utilizados para a realização da atividade foram entregues aos alunos, sendo eles: pedaços de fios de cobre com aproximadamente 1,5 metros, pequenos blocos de MDF para serem utilizados como a base, pedaços de arame rígido para serem utilizados suportes do eixo do motor, conectores, fios para ligação, suportes para pilhas de tamanhos AA, D e C, conectores para baterias, pilhas e baterias.

Antes do início da atividade foi apresentado um pequeno vídeo, para ajudar os alunos na construção do seu pequeno motor elétrico, vídeo disponível no *YouTube* no canal conhecido como *O manual do mundo*, cujos dados e o endereço eletrônico estão disponíveis nas referências bibliográficas.

A apresentação do vídeo com duração de 6 minutos e 15 segundos foi muito importante, pois facilitou a compreensão da atividade pelos alunos, tornando mais fácil a tarefa dos alunos, durante o processo construtivo que foi programado para ser realizado em 50 minutos.

Durante a execução da atividade se fez necessário dar suporte aos alunos, principalmente mostrando como enrolar a bobina, ajudando a furar a tábua que foi usada como suporte para o motor. A maior dificuldade dos alunos durante a construção consistia na falta de habilidade dos alunos com as atividades manuais como: furar, pregar, enrolar e conectar as pilhas ao pequeno motor elétrico.

Durante a segunda aula, alguns alunos já demonstraram algumas dificuldades para realizar as atividades manuais, mas as dificuldades ficaram mais evidentes na aula três, uma vez que o processo de construção do pequeno motor era um pouco mais elaborado. A dificuldade dos adolescentes em realizar atividades experimentais pode ser compreendida pela falta de processos educativos em que o aluno coloca “a mão massa”, que envolvam, portanto, além da teoria, a elaboração e execução de atividades experimentais.

No decorrer da terceira aula, foi possível observar que os alunos participaram de forma ativa e colaborativa na realização do experimento. Os alunos que possuem mais facilidade na realização de atividades manuais ensinaram aos demais alunos como realizar alguns dos processos necessários para obter ao final um pequeno motor elétrico funcionando.

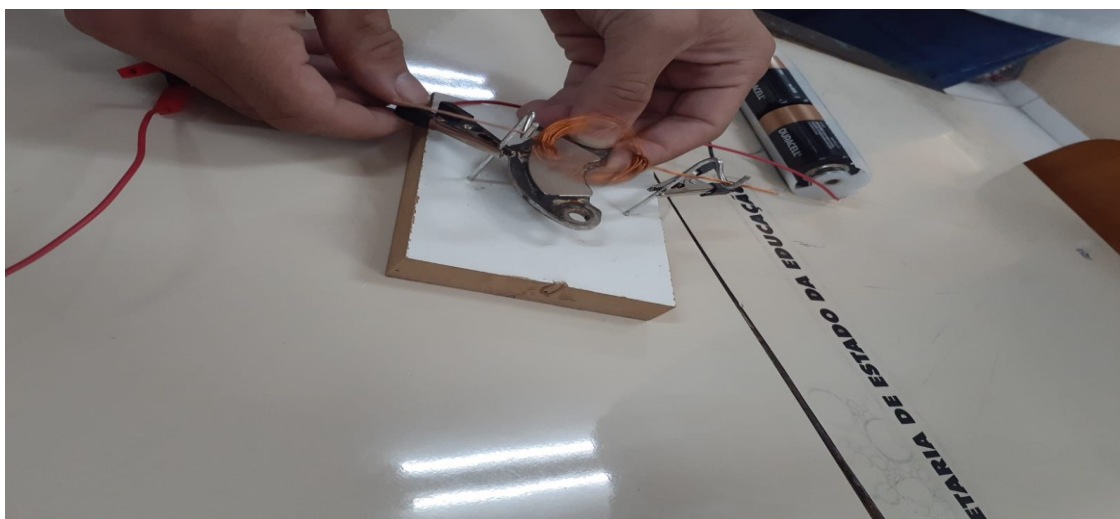


Figura 35. Um dos motores construído durante a terceira aula (Fonte: do autor).

Nessa aula foi possível perceber que um local um pouco mais estruturado para realização da atividade experimental facilitaria aos alunos a realização da atividade. Sendo importante ressaltar, que tal situação não inviabiliza a realização do projeto,

porque a falta de um laboratório próprio para a atividade foi suprida pela caixa de ferramentas e materiais, que foi disponibilizada durante toda a realização do projeto pelo professor.

Neste contexto é possível observar que a falta de um laboratório pode ser contornada utilizando a sala de aula com criatividade, demonstrando ser possível realizar projetos em que os alunos colocam a mão na massa, mesmo não havendo o local ideal.

Encerrado o tempo de 50 minutos que foi previsto para realização da atividade, alguns alunos não conseguiram terminar de forma adequada o motor elétrico, ficando acordado que terminariam em casa, apresentando o resultado na aula quatro. Nesse momento final, algumas perguntas sobre o experimento foram compartilhadas pelo professor com os estudantes para que eles refletissem sobre a teoria que envolve o funcionamento dos motores elétricos.

1 - Quais as três grandezas físicas que envolvem o funcionamento do motor elétrico?

2 - Quando é aumentada a tensão fornecida ao circuito elétrico do motor, o que ocorre com a velocidade de rotação?

3 - Quando ímãs de diferentes intensidades de campo magnético são utilizados, o que acontece com a velocidade de rotação do motor?

4 - Quando invertemos a polaridade da fonte, o que acontece com o sentido de rotação do motor elétrico?

Os 11 minutos finais da terceira aula foram utilizados para refletir sobre as quatro perguntas realizadas e para dar encaminhamentos sobre a pesquisa a ser realizada doravante, principalmente sobre formas de carregar as baterias que impulsionam o carro elétrico.

Quarta aula

Conforme acordado na aula anterior, os 15 minutos iniciais da aula são o momento para que os alunos apresentem pontos significativos do relatório de pesquisas que fizeram sobre as fontes de energia usadas para carregar os carros elétricos. Surgiram então algumas informações sobre os pontos de recarga das baterias dos carros elétricos, informações sobre o carregamento dos carros através do sistema elétrico da própria casa dos proprietários de carros elétricos. Houve ainda um aluno que trouxe informações sobre a possibilidade da utilização da energia solar para carregar o carro elétrico, revestindo a própria estrutura do carro com placas fotovoltaicas.

As informações apresentadas e suas discussões tomaram 20 minutos da quarta aula. No mesmo período, também foram entregues os relatórios de pesquisa referentes aos temas pesquisados para quarta aula. Cada equipe entregou um relatório de pesquisa, que faz parte do processo avaliativo durante a realização do projeto. Estes relatórios foram analisados pelo professor gerando uma nota relacionada ao desempenho acadêmico do aluno.

Foi apresentado aos alunos um roteiro sobre a utilização de pilhas, baterias, placas solares e outras formas de obtenção de energia elétrica, para montagem de pequenos circuitos elétricos, envolvendo LEDs (diodos emissores de luz), resistores, motores elétricos e lâmpadas.

Em seguida, os materiais utilizados para a realização da atividade foram entregues aos alunos, sendo eles: pedaços de fios de cobre com aproximadamente 20 centímetros, pequenos blocos de MDF para serem utilizados como a base, suportes para pilhas de tamanhos AA, D e C, conectores para baterias, pilhas, baterias, LEDs, resistores, motores elétricos, e lâmpadas.

Além dos materiais entregues aos alunos, foi disponibilizado um ferro de solda e um multímetro para realizar medições nos circuitos elétricos. O processo de utilização do ferro de solda foi, com certeza, uma das grandes dificuldades da atividade, uma vez que somente um aluno do grupo de 17 alunos já tinha utilizado um ferro de solda. Houve ainda uma preocupação com os dois alunos com necessidades especiais, que também queriam utilizar o ferro de solda, neste momento foi importante

a presença da segunda professora auxiliando os alunos na atividade e na realização do experimento.

Durante a quarta aula houve também a retomada por alguns alunos da construção do motor elétrico, bem como a tentativa de ligar o motor elétrico construído por eles utilizando a placa solar. Experimento que não foi bem-sucedido pela necessidade de um número maior de placas solares ou por falta de intensidade luminosa suficiente.

Muitos alunos optaram por fazer experimentos envolvendo LEDs, ou seja, para o caso em questão, experimentos com motor elétrico tirado do carrinho, que foi desmontado durante a primeira aula, ligando este pequeno circuito a uma bateria de 9 Volts. Outros alunos construíram um pequeno circuito envolvendo resistores, LEDs várias pilhas e o motor elétrico.

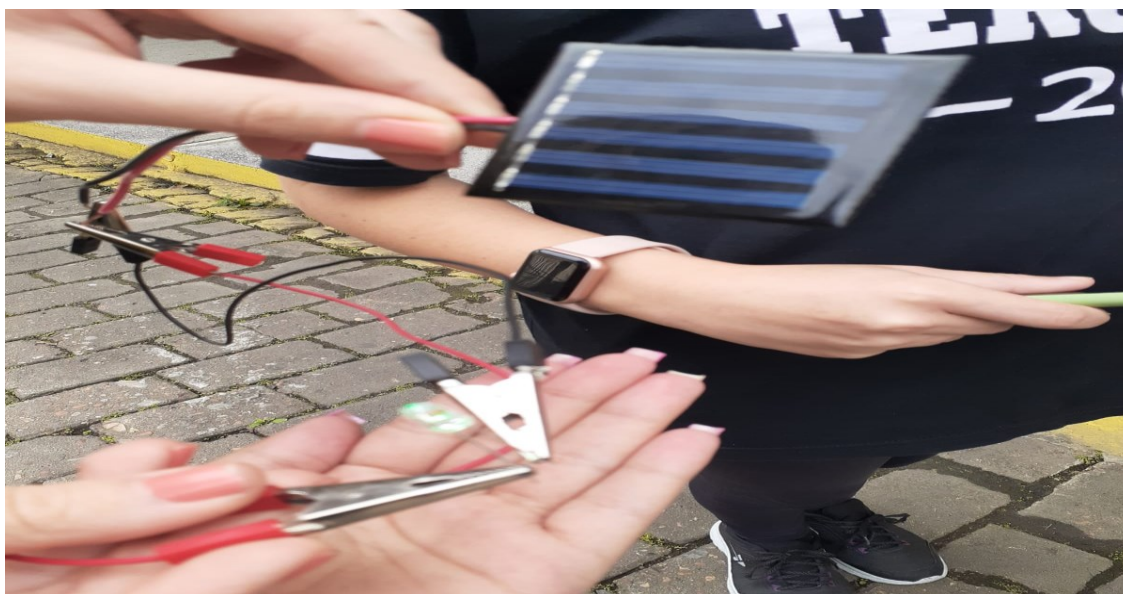


Figura 36. Foto de um pequeno circuito com placas solares durante a quarta aula (Fonte: do autor).

Em todos os casos os estudantes utilizaram o multímetro para medir a tensão fornecida aos elementos do circuito. Durante esta atividade foi possível registrar algumas conversas entre os alunos do grupo sobre a construção dos circuitos elétricos.

“Os resistores são utilizados para gerar calor. Lembro dessa explicação durante as aulas sobre resistores”.

“Agora que entendi o que significa um circuito em série”

Em dado momento um aluno de um dos grupos perguntou:

“Como ligo o voltímetro?”.

O prontamente foi respondido pelo aluno do grupo ao lado, da seguinte forma:

“Você deve ligar em paralelo.”

Além da resposta, o aluno se dirigiu ao grupo do lado e explicou como fazer a ligação do voltímetro de modo correto.

Ficou evidente que os alunos, apesar de não terem previamente realizado nenhuma atividade prática sobre a montagem de circuitos elétricos, apresentavam conhecimento sobre o tema, uma vez que o professor da turma já havia explicado e resolvido vários exercícios sobre a associação de resistores em série e em paralelo.

É importante ressaltar que o objetivo da construção do circuito elétrico para o produto didático consiste em reconhecer as várias fontes de energia, possibilitando ao aluno identificar aquela que mais se aplica ao protótipo que será desenvolvido pelo grupo.

Outro ponto importante da atividade proposta foi a troca de informações entre os elementos dos vários grupos formados para a elaboração do projeto e o papel de protagonismo de alguns alunos ao contribuírem para o aprendizado do grupo. Segundo ensina Motta, a educação baseada em projetos tem como um de seus focos o desenvolvimento da capacidade colaborativa que é fundamental na sociedade moderna

por meio do desenvolvimento de competências, habilidades e atitudes que sejam aderentes às demandas do século XXI, privilegiando a aprendizagem,

o protagonismo discente e a evolução em termos de capacidade de análise, pensamento crítico e tomada de decisão (MOTTA, 2021, p. 6)

A atividade da quarta aula transcorreu de forma bastante tranquila, onde a grande maioria dos alunos continuava motivado, pelo fato de estarem participando de uma atividade diferente do que habitualmente realizam na escola. Na quarta aula aconteceram em maior intensidade momentos de dispersão dos alunos, que muitas vezes podem atrapalhar o andamento das atividades, momentos em que se faz necessária a intervenção do professor.

Tais situações merecem a atenção do professor, que deve mediar as discussões, as trocas de informação, as dispersões e a apresentação dos resultados, conforme afirma Bender:

Certamente, cada vez que uma reunião de grupo é realizada, o professor deve participar e oferecer feedback verbal sobre qual planejamento o grupo cumpriu, o que foi concluído e o que ainda falta fazer. Além disso os professores devem ficar atentos ao desenvolvimento do protótipo (BENDER, 2015, p. 52).

No final da quarta aula, foram utilizados 15 minutos para realizar o fechamento da primeira parte do projeto, que consistia em realizar experimentos envolvendo os principais conceitos que regem o funcionamento do carro elétrico. Após o término dessa etapa, os alunos foram orientados a apresentar na quinta aula o seu projeto do carro elétrico, para que pudessem iniciar a construção do protótipo do carro elétrico. Tal projeto consiste em descrever de forma clara e objetiva a forma como construiriam o protótipo do carro elétrico, bem como apresentarem os materiais que utilizariam no processo construtivo.

Ficou ainda acordado que os alunos informariam no decorrer da semana, suas necessidades materiais para a construção do pequeno protótipo de carro elétrico, no grupo de *WhatsApp* do projeto, possibilitando assim ao professor, providenciar os materiais necessários. Nesse mesmo momento ficou estabelecido que os alunos entregariam no início da quinta aula um pequeno texto, que poderia ser anônimo, com considerações sobre as atividades realizadas até o momento.

Quinta aula

No início da aula, os alunos entregaram um pequeno texto anônimo, com suas observações sobre as atividades realizadas até a quarta aula, alguns fragmentos destes textos foram colocados na forma de um anexo ao final da dissertação. Tais textos seriam utilizados durante a discussão e análise dos resultados da aplicação do produto didático. Após a entrega dos textos, foi aberto espaço para comentários sobre o projeto do carro elétrico que os alunos deveriam apresentar na quinta aula.

O que não ocorreu porque os grupos não trouxeram o projeto que utilizariam para construir o protótipo, conforme acordado na aula anterior. Diante dessa situação a parte inicial da aula foi usada para uma conversa franca com os alunos sobre a importância da participação deles no projeto, e como isso contribui para a sua própria formação. Afinal, além dos conceitos físicos estudados, a participação no projeto contribui para desenvolver o espírito de grupo, a capacidade de liderança, a responsabilidade, a capacidade de solucionar problemas e, sobretudo, a autonomia.

Alguns alunos justificaram a falta da apresentação do projeto por excesso de atividades durante a semana, outros afirmaram que esperavam ter tempo durante a quinta aula para pesquisarem e elaborarem o projeto, apesar de o combinado ter sido que a realização da pesquisa sobre como construir o pequeno protótipo de carro elétrico deveria ser feita no decorrer da semana. Ainda assim, tal momento inicial acabou se provando rico, pois possibilitou ajustar alguns pontos sobre a fase de construção do pequeno protótipo de carro elétrico, tirar algumas dúvidas e capacitar alguns ajustes na conduta dos participantes do projeto.

Tal período inicial da aula foi programado para ser realizado em 15 minutos, no entanto, nessa aula acabou tomando 35 minutos, tempo usado para uma conversa franca entre os alunos e o professor. Após esse período, o restante da aula foi usado para apresentar um vídeo sobre um dos modelos de carro elétrico da fábrica de automóveis da Tesla, *disponível no YouTube* no canal Automobile Engineering, Como funciona um carro elétrico?— os dados e o endereço eletrônico estão disponíveis nas referências bibliográficas.

Na segunda parte da aula, foi realizada de forma expositiva e dialogada uma retomada dos principais conceitos relacionados ao funcionamento do carro elétrico, estudados durante as quatro primeiras aulas do projeto.

Neste momento aos alunos apresentaram algumas dúvidas a respeito dos temas tratados durante as quatro primeiras aulas. A seguir, apresento algumas perguntas que surgiram e as respostas dadas, algumas dadas pelos próprios alunos.

“O ímã atrai todos os metais?”.

A pergunta acima foi respondida por um dos alunos do grupo dizendo:

“Nem todos os metais são atraídos pelo ímã, lembra, dos experimentos realizados durante a segunda aula”.

Quando foi apresentada a equação de Ampère que determina o campo magnético em uma bobina circular, surgiu a seguinte pergunta:

“Como determino os polos de um eletroímã?”.

Neste momento o professor apresentou a regra da mão direita, que determina a direção e o sentido do campo magnético em um eletroímã, determinando assim a polaridade do eletroímã.

“A força magnética gerada pela corrente elétrica surge sempre que percorrer um condutor?”.

A pergunta foi respondida por um aluno do grupo da seguinte forma:

“Não... Lembra no experimento da aula 3 nós construímos um motor elétrico, que só começa a girar, quando tinha um ímã nas proximidades, acho que é preciso de um campo magnético”.

Durante a exposição dos conceitos outros comentários foram realizados pelos alunos, produzindo uma sinergia durante o processo de ensino aprendizagem.

Após o término desta etapa, novamente os alunos foram orientados a trazerem para sexta aula o seu projeto de carro elétrico, para que iniciarem a construção do protótipo do carro elétrico. Ficou ainda acordado, que os alunos informariam no decorrer da semana, suas necessidades de materiais para a construção do protótipo de carro elétrico, no grupo de *WhatsApp* do projeto, possibilitando assim ao professor, providenciar os materiais necessários.

Sexta aula

Nos minutos iniciais dessa aula os alunos dos quatro grupos apresentaram para os demais como iriam construir o pequeno protótipo de carro elétrico e os materiais que utilizariam. Dois grupos optaram por utilizar um modelo obtido na internet, que utilizava palitos de picolé, tampas de garrafa pet, canudinhos, elástico de dinheiro, cola quente, motor elétrico, fios de ligação, suporte de pilhas, pilhas e materiais diversos. O terceiro grupo optou por construir um carrinho elétrico também inspirado na internet, só que com mudanças: a proposta foi de colocar dois motores elétricos, sendo que cada motor seria usado para girar uma roda.

Os alunos desse último grupo afirmaram que tal ideia surgiu após assistirem vídeos sobre carros elétricos, em que se percebia que uma das marcas possuía um modelo de carro elétrico cuja propulsão se dá por dois motores elétricos, um em cada roda, conforme pode ser visto no vídeo que os inspirou que se encontra disponível no *YouTube no canal Veículos Elétricos Brasil* – os dados e o endereço eletrônico estão disponíveis nas referências bibliográficas do produto didático.

O terceiro grupo utilizou como materiais uma latinha de refrigerante dois motores elétricos, rodinhas, dois suportes de pilhas, quatro pilhas, fios ligação, resistores e materiais diversos. Por sua vez, o quarto grupo optou por construir o pequeno protótipo de carro elétrico utilizando como fonte de energia um sistema de geração fotovoltaica, diferente, portanto, dos demais grupos que utilizaram o sistema de pilha como fonte de energia. O quarto grupo utilizou como base do carro uma pequena estrutura metálica com espaço para colocar placas solares. Além da

estrutura metálica, foram utilizados controle remoto, lâmpadas LED, fios de ligação, resistores, rodinhas, placas solares, um motor elétrico e diversos materiais.

Durante os minutos iniciais da aula, os alunos apresentaram a maneira como iriam construir seu pequeno protótipo de carro elétrico e interagiram com os outros grupos trocando ideias sobre os modelos que iriam construir – mais uma vez, foi um momento enriquecedor.

Transcorridos 25 minutos, os grupos iniciaram a construção de seus pequenos protótipos de carros elétricos. Cada grupo pegou as peças que necessitavam do material, o qual foi providenciado no decorrer da semana pelo professor. A partir de então todos os grupos iniciaram a construção de seu pequeno protótipo de carro elétrico e a sala de aula se transformou em uma pequena oficina, onde os alunos dividem suas tarefas.



Figura 37. Uma das aulas utilizadas para construção do protótipo do carro elétrico, com a presença do professor orientador (Fonte: do autor).

Junto aos grupos foi possível perceber que alguns alunos tomavam a frente na montagem da estrutura do carro, enquanto outros ficavam responsáveis pela parte elétrica, e outros ainda auxiliavam na confecção das peças. De fato, a grande maioria dos alunos estava empenhada na construção do protótipo.

Durante o primeiro dia de construção do protótipo, uma das principais dúvidas que foi apresentada pelos alunos em suas conversas com o professor foi:

“Como estancar fios de ligação e conectores para ligar o circuito?”

A dúvida foi sanada pelo professor, que demonstrou como utilizar o ferro de solda, não sem deixar, é claro, de chamar atenção sobre os cuidados que devem ser tomados durante a sua utilização, uma vez que, por se tratar de um equipamento que funciona em alta temperatura, seu uso pode provocar queimaduras.

O primeiro dia da construção do protótipo transcorreu com os alunos trabalhando de modo intenso, trocando informações entre os grupos e o professor. Os minutos finais da sexta aula foram utilizados para organizar a sala, guardar todo o material que se usava na construção do pequeno protótipo de carro elétrico em caixas, providenciadas pelo professor de modo que cada grupo dispusesse de uma separada. Enfim, ficou acordado com os alunos que caso necessitassem de algum material extra, entrariam em contato no decorrer da semana através do grupo de *WhatsApp* solicitando o material necessário.

Sétima e oitava aulas

As atividades realizadas durante a sétima e oitava aula, serão descritas sequencialmente nesta seção, por se tratar de um mesmo momento do projeto, que consiste na construção do pequeno protótipo de carro elétrico, que ao final da oitava semana estava pronto, para ser apresentado pelas equipes ao professor e demais alunos que participaram do projeto.

No início da sétima aula foram entregues aos grupos algumas peças requeridas durante a semana através do grupo de *WhatsApp*. Após a entrega das peças, os grupos retomaram a construção do pequeno protótipo do carro elétrico. Vale ressaltar que nessa aula não houve o período inicial de 15 minutos para troca de informações, por considerar que durante a construção é mais importante usar o tempo letivo para a construção do protótipo do que novamente reservar parte do tempo total à troca de experiências. Na realidade, pode-se dizer que, mesmo sem tempo à parte para o compartilhamento de experiências, tal processo não deixa de acontecer, apenas se ocorre de forma mais dispersa no decorrer da própria atividade de montagem, tanto entre professor e alunos, quanto entre os alunos eles mesmos.

Durante a construção do protótipo, cada equipe teve necessidades diferentes, que foram supridas ora pelo professor, ora por colegas de outras equipes em um processo colaborativo. Podemos afirmar que esse é precisamente um dos objetivos da educação baseada em projetos, qual seja, contribuir para o desenvolvimento do trabalho em equipe e da capacidade de solucionar problemas. Tudo isso foi observado durante o período de construção do protótipo, uma vez que os alunos buscavam resolver os problemas em conjunto um ajudando o outro.

Já o professor, durante a construção do protótipo, foi o orientador, tirando dúvidas a respeito de como realizar as ligações elétricas, de como soldar os conectores, indicar caminhos para resolver problemas no funcionamento do protótipo e outras dúvidas que se apresentaram. Mais uma vez, prova-se frutífero indicar algumas situações que foram observadas em cada equipe durante a construção do protótipo de carro elétrico.

As equipes 2 e 4 construíram carrinhos iguais e tiveram problemas muito parecidos, que foram resolvidos pelos alunos com auxílio do professor. Abaixo consta a lista dos principais problemas encontrados e as fotos dos dois carrinhos.

- 1) Um dos problemas enfrentados pelas equipes foi construir a base de palitos e conectar o eixo à base;
- 2) O segundo problema de um dos carrinhos foi que a roda, quando girava, não produzia tração, girando, portanto, no mesmo lugar;
- 3) Outro problema que surgiu foi a dificuldade em ajustar o motor ao eixo, condição para que ocorra a transferência de torque entre o motor e o eixo.

Tais problemas foram resolvidos nas conversas entre os membros das equipes e o professor, que nesses instantes teve reafirmada sua importância como orientador da atividade.

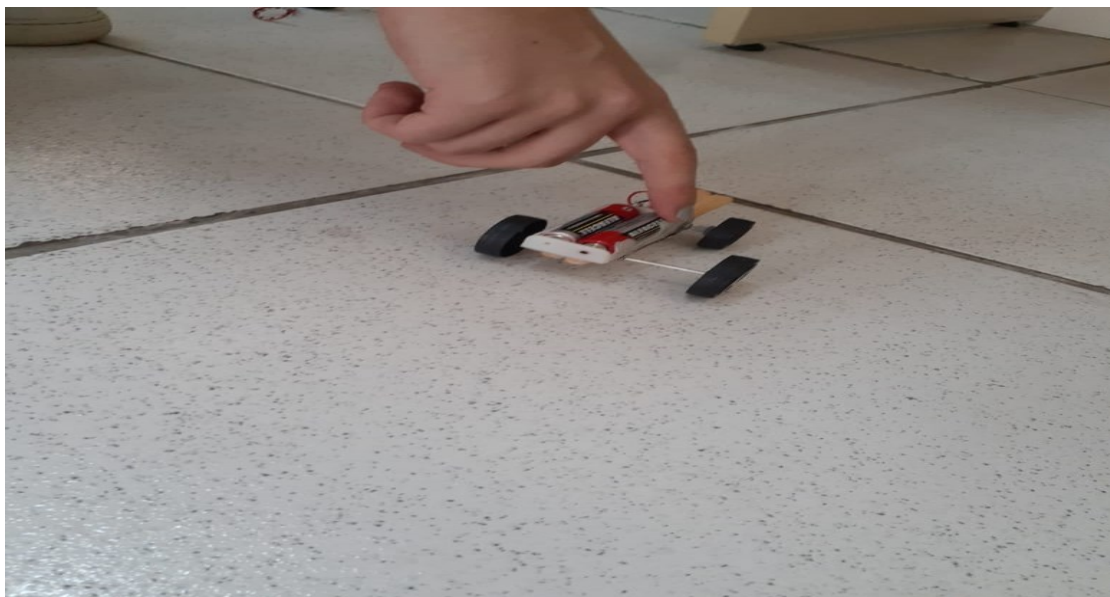


Figura 38. Carrinho elétrico construído pela equipe 2 (Fonte: do autor).

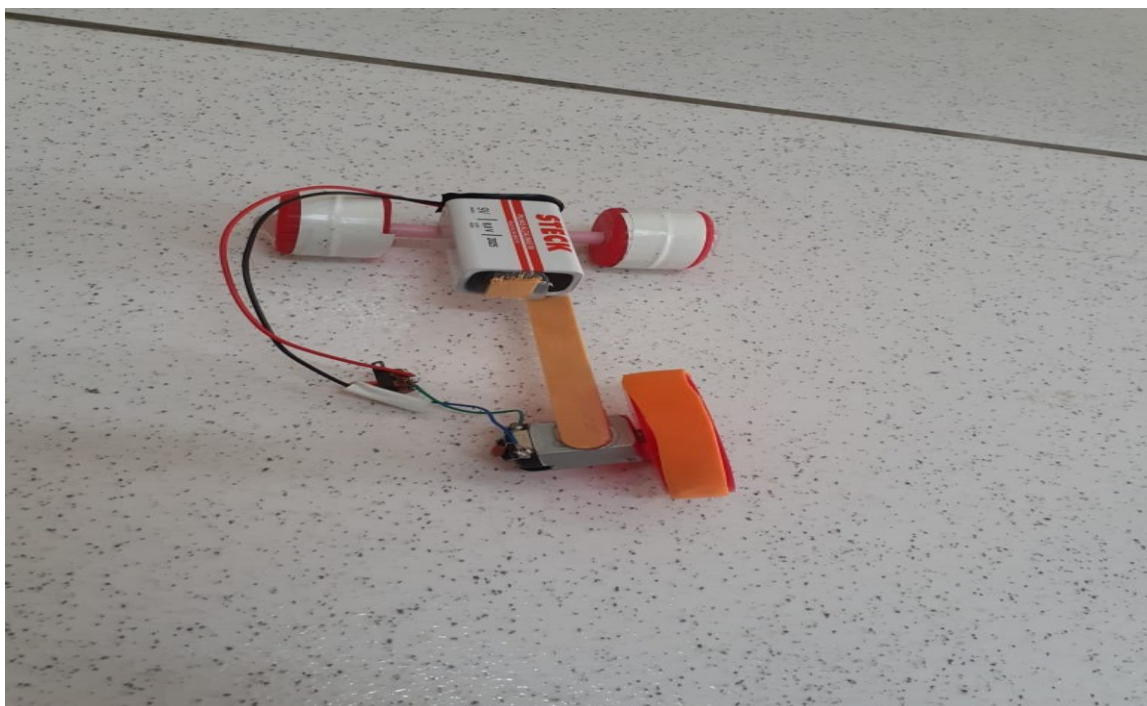


Figura 39. Carrinho elétrico construído pela equipe 4 (Fonte: do autor).

A equipe 3 construiu um protótipo um pouco mais elaborado, com dois motores, cada motor propulsionando uma roda. Ao longo da construção alguns problemas surgiram e foram resolvidos, através da união dos alunos e o professor. Abaixo os principais problemas encontrados pela equipe 3 e as fotos do seu carrinho.

Um dos problemas enfrentado por esta equipe foi como colocar o motor diretamente ligado à roda. Em um primeiro momento, os estudantes colocavam o motor conectado fora do centro da roda, o que provocava o mal funcionamento do carro. Tal situação foi resolvida após os alunos e o professor trocarem ideias sobre o projeto. Outro problema dizia respeito a como ligar a fonte de energia aos motores. A primeira tentativa consistia em colocar duas pilhas ligadas aos motores que se encontravam associados em paralelo. Após um diálogo, foi decidido que cada motor teria o seu conjunto de pilhas para tocar o motor. A decisão proposta teve como objetivo aumentar a autonomia do carro.

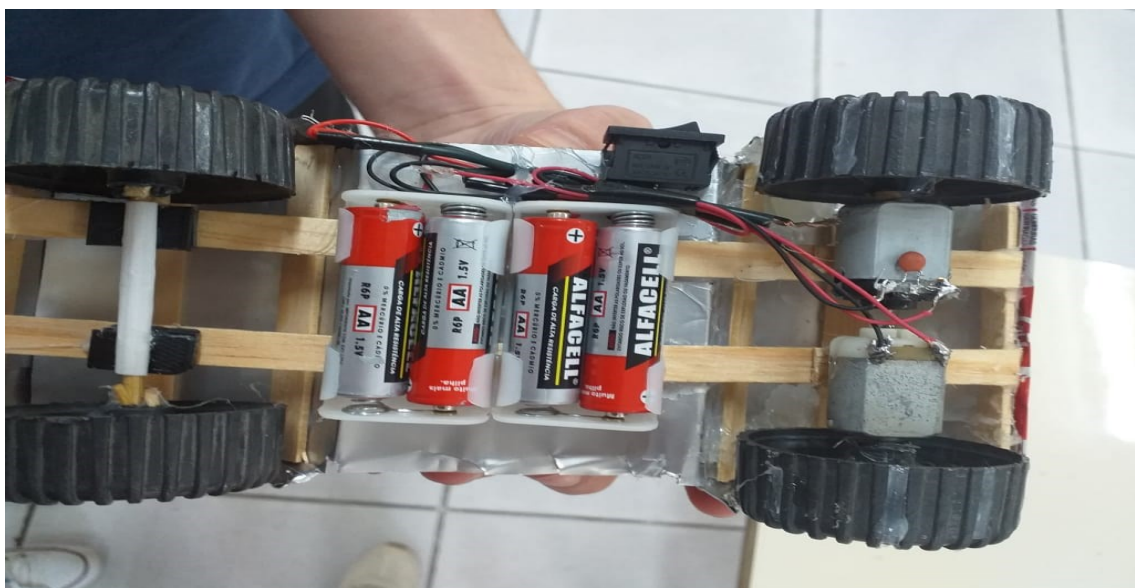


Figura 40. Carrinho elétrico construído pela equipe 3, com propulsão realizada com dois motores ligados diretamente as rodas (Fonte: do autor).



Figura 41. Carrinho elétrico construído pela equipe 3 (Fonte: do autor).

Por fim, a quarta equipe construiu um pequeno protótipo de carro elétrico movido a energia solar, o que foi um grande diferencial, já que as demais equipes utilizaram baterias como fonte de energia. Para a propulsão foi utilizado um motor elétrico ligado a uma engrenagem de transmissão. Abaixo seguem os principais problemas encontrados pela equipe e as fotos do carrinho.

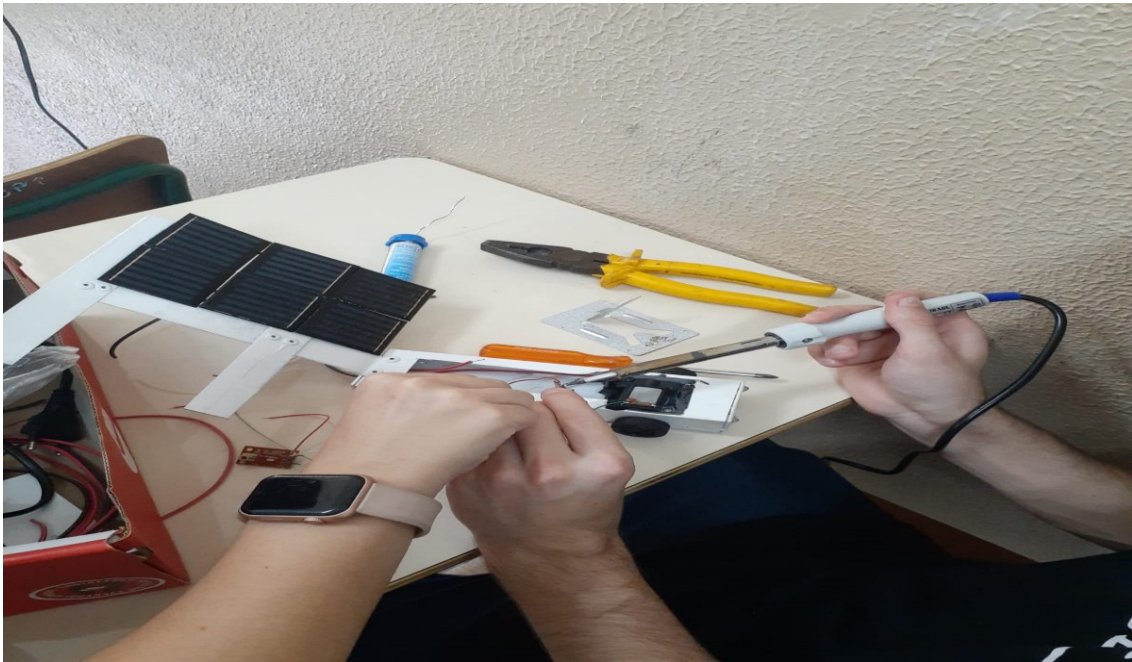


Figura 42. Construção do protótipo movido a energia solar pela equipe 1 (Fonte: do autor).

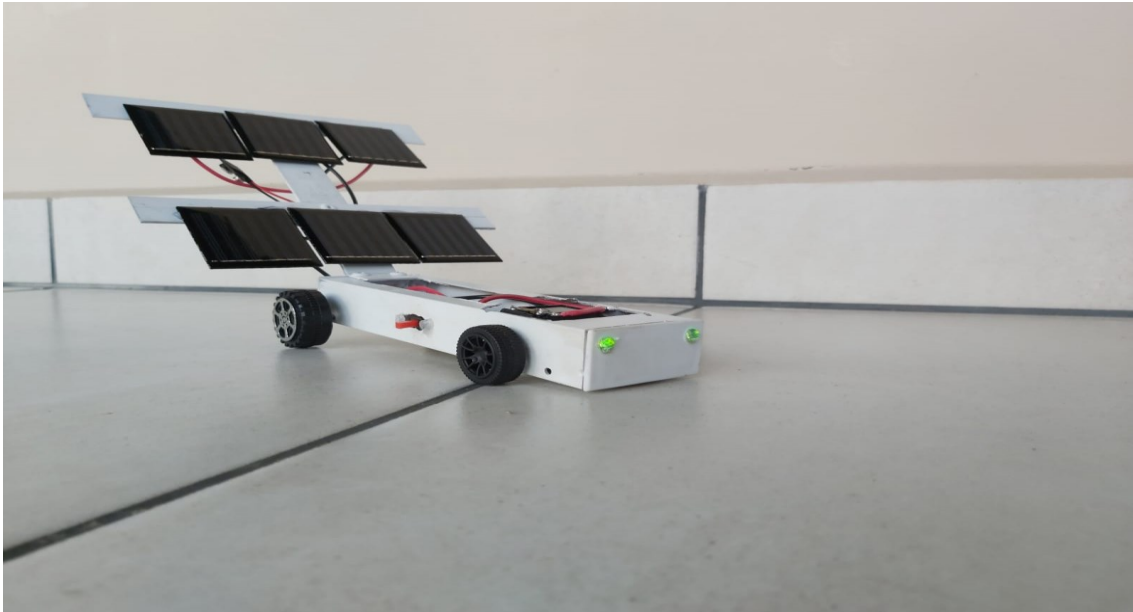


Figura 43. Teste realizado pelo protótipo movido a energia solar pela equipe 1 (Fonte: do autor).

A quarta equipe teve como maior problema descobrir a melhor maneira de ligar as placas solares. Esse obstáculo foi resolvido quando, em conversa com os alunos, o professor explicou que as placas deveriam ser associadas em série, ligando o polo positivo ao negativo da nova placa. Outro problema que o grupo encontrou está relacionado com a quantidade de placas que devem ser usadas para conseguir movimentar o protótipo. Tal problema foi resolvido ampliando o número de placas solares de 3 para 6 placas.

O processo construtivo do carro elétrico durante as aulas seis, sete e oito foi muito dinâmico. De fato, a maioria dos alunos demonstrou interesse e participaram ativamente da construção dos pequenos protótipos do carro elétrico. No final da oitava aula, as equipes apresentaram seus carrinhos elétricos, fazendo pequenas demonstrações do funcionamento dos mesmos, levando assim o encerramento da atividade.

4.2 – DISCUSSÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS DO PROJETO

Conforme foi descrito na seção anterior, a aplicação do produto didático foi realizada num período de 8 semanas, com carga letiva de duas aulas por semana, totalizando noventa por encontro. Durante a atividade foi possível observar o empenho e o desempenho dos estudantes na realização do projeto, nesta seção será discutida a importância da aplicação do projeto na construção do conhecimento.

4.2.1 – Envolvimento e participação dos alunos durante o projeto

A maioria dos alunos que participaram do projeto se mantiveram motivados e empenhados durante toda a realização da atividade. Foi possível perceber que o projeto mexeu com os alunos, permitindo-os fazer algo diferente, que os deixasse participar de forma ativa durante a aula. A motivação pareceu estar diretamente relacionada com as transformações ocorridas na sala de aula, que havia deixado de ser o local de aulas expositivas e dialogadas, centradas no professor, para se tornar o local da interação, da prática, onde o aluno é protagonista na construção do conhecimento.

O aluno na ABP ao ser o protagonista durante as atividades educativas, é corresponsável pela produção do conhecimento, o que o torna figura central na sala de aula, motivando-o a pesquisar e buscar o conhecimento em livros, em vídeos e em artigos diversos disponíveis na rede mundial de computadores.

Foi possível perceber ainda que os alunos, durante a aplicação do projeto, buscaram o conhecimento através da pesquisa, sendo agentes transmissores e produtores de conhecimento. Tal situação produz um efeito motivador, pois torna importante o local de fala do aluno.

Desde a primeira atividade até o final projeto, a maioria dos alunos manteve o entusiasmo. É claro que ocorreram alguns problemas, principalmente no que diz respeito ao cumprimento de alguns prazos, o que acarretou algumas mudanças na aplicação do projeto. Tais eventos não necessariamente estavam relacionados com falta de motivação ou comprometimento com a atividade. Na verdade, as dificuldades

emergiram da falta de prática dos alunos com atividades em que eles são os verdadeiros protagonistas na produção do conhecimento.

Nos momentos de adversidade foi necessário conversar com os alunos, deixando claro que na realização de um projeto é ele, o aluno, a figura central na atividade, de forma que sem suas contribuições o projeto estagnar, e todo o processo de construção do conhecimento ficará prejudicado. Quando foram indispensáveis, conversas como essas foram feitas de forma franca e objetiva, indicando aos alunos que nesse novo formato da sala de aula há pouco espaço para atitudes simplesmente passivas dos alunos, já que devem se converter na figura central na sala de aula. Nota-se também que essas conversas tiveram um efeito revitalizante, pois reacendiam a motivação dos grupos na realização das atividades propostas no projeto.

É importante ainda esclarecer que a participação dos alunos nas atividades do projeto foi objeto constante de avaliação, de modo os alunos foram informados que suas atitudes e a maneira de se portarem durante a realização do projeto seriam avaliados dentro de critérios previamente definidos.

Essa dimensão atitudinal não exercia apenas um papel de manter disciplinados os estudantes ao longo das atividades. Longe disso, a observação de comportamentos serve como uma ferramenta intrínseca à ABP, cujo um dos objetivos é precisamente desenvolver nos alunos habilidades para solucionar problemas, bem como desenvolver hábitos mentais associados com a aprendizagem contínua e responsabilidade perante o grupo, qualidades que são extremamente importantes na sociedade do século XXI.

Os parâmetros adotados para atribuir as notas individuais dos alunos em relação as suas atitudes foram apresentados anteriormente no Quadro 1. Com base nesses critérios, foi construído o Quadro 4, preenchido com a distribuição quantitativa a respeito da análise atitudinal dos 17 alunos que participaram da realização do projeto.

Quadro 4 – Distribuição quantitativa da análise atitudinal dos alunos durante a realização do projeto.

	INSUFICIENTE	REGULAR	BOM	ÓTIMO
Contribui de forma construtiva com as apresentações do grupo		Dois alunos	Dez alunos	Cinco alunos
Cumpre tarefas dentro do prazo com diligência e precisão		Oito alunos	Quatro alunos	Cinco alunos
Trabalha de maneira independente sem supervisão		Dois alunos	Dez alunos	Cinco alunos
Participou ativamente da construção do protótipo		Dois alunos	Dez alunos	Cinco alunos

Através do Quadro 4 foi possível quantificar a participação dos alunos durante a realização do projeto. Identifica-se, assim, que a maioria dos alunos participou ativamente do projeto como um todo. Vale apontar, porém, que durante última etapa proposta, a saber, a construção do protótipo, todos os alunos participaram ativamente.

4.2.2 – A produção do conhecimento e aprendizagem dos alunos durante o projeto.

Um dos pontos mais importantes na educação baseada em projetos consiste no fato de que a produção do conhecimento passa a ser responsabilidade dos alunos, que devem, através de relatórios de pesquisa, apresentarem os principais conceitos físicos necessários para a realização do projeto.

Foi possível perceber que os questionamentos realizados pelos alunos sobre os conceitos físicos que envolvem o funcionamento de ímãs, motores e eletroímãs,

surgiram desde a primeira atividade, que foi o desmonte do carro elétrico e de seu motor. Nas aulas seguintes os alunos foram orientados a pesquisar sobre os principais conceitos envolvidos no funcionamento do carro elétrico, relacionados com o eletromagnetismo. Foi nesta etapa que ocorreu uma mudança no projeto, uma vez que além de pesquisarem sobre os conceitos, os grupos formados pelos alunos deveriam trazer roteiros de experimentos para serem realizados em sala.

No entanto essa parte da pesquisa acabou negligenciada pelos alunos, que focaram mais na pesquisa sobre os conceitos físicos envolvidos no processo do que propriamente os roteiros experimentais. Diante dessa realidade, o orientador do projeto optou por fornecer os roteiros experimentais para atividades realizadas em sala, o que também facilitou a aplicação do projeto, pois uniformizou as atividades, possibilitando otimizar os materiais empregados nos experimentos.

Os experimentos apresentados pelo orientador são amplamente conhecidos e muito provavelmente já foram utilizados em várias metodologias de ensino. No entanto, para os alunos envolvidos tais experimentos eram novidades, algo perceptível em suas falas e na motivação durante a realização e construção dos experimentos. Além da motivação durante a construção dos experimentos, ficou evidente também o sentimento de realização ao conseguirem fazer os experimentos funcionarem.

Todo o processo experimental contribuiu para conectar o conhecimento teórico com sua aplicação prática, permitindo aos alunos dar sentido aos conceitos físicos, reforçando, portanto, a importância do conhecimento teórico. Foi possível perceber nas conversas com alunos, nas trocas de informação entre as equipes, e nas discussões sobre como realizar determinada atividade, que o conhecimento teórico se consolidava à medida que as atividades experimentais se realizavam.

É importante esclarecer que os conceitos teóricos sobre o eletromagnetismo relacionados ao funcionamento de um carro elétrico foram objeto de pesquisa dos alunos durante as quatro primeiras semanas do projeto. Tais pesquisas eram realizadas nos dias que antecediam a realização das atividades experimentais. As pesquisas eram entregadas na forma de um relatório de pesquisa feito pelas equipes ao orientador do projeto, o professor.

A entrega dos relatórios de pesquisa possibilitou alcançar dois objetivos: o primeiro, fazer com que o aluno escrevesse de forma estruturada o conhecimento físico, objeto da pesquisa; o segundo objetivo estava relacionado com a atribuição de uma avaliação formal aos alunos durante a realização do projeto. Alguns relatórios de pesquisa podem ser conferidos nos anexos da dissertação.

Os critérios adotados para realizar a avaliação dos relatórios de pesquisas, foi especificado anteriormente no Quadro 2, construído com base em sugestões obtidas no manual para ABP desenvolvido pelo *Buck Institute for Education*. Com base no Quadro 2 foi construído o Quadro 5, com a distribuição quantitativa dos 17 alunos que participaram do projeto, em cada um dos itens analisados nos relatórios de pesquisa realizados pelos alunos.

Quadro 5 – Distribuição quantitativa da análise das atividades dos relatórios de pesquisa apresentados pelos alunos durante a realização do projeto.

	INSUFICIENTE	REGULAR	BOM	ÓTIMO
Conteúdo apresentado na pesquisa.		Um aluno	Treze alunos	Três alunos
Organização conceitual.		Um aluno	Quatorze alunos	Dois alunos
Profundidade e qualidade da pesquisa.		Um aluno	Quatorze alunos	Dois alunos
Qualidade da redação apresentada		Um aluno	Treze alunos	Dois alunos

A análise dos relatórios de pesquisas realizados possibilitou identificar que o processo de aprendizagem ocorreu de forma efetiva, isto é, que os alunos compreenderam os principais conceitos associados ao eletromagnetismo e sua aplicabilidade no cotidiano.

Além do conhecimento físico assimilado pelos alunos durante a aplicação do projeto, é possível observar o desenvolvimento das habilidades atitudinais e socioemocionais, sendo a última muito importante na sociedade contemporânea,

conforme ensina no best-seller *21 lições para o século 21* do historiador Yuval Harari sobre o tema:

[...] apesar da dificuldade de prever o amanhã, há certas garantias de que o mundo sofrerá mudanças tão radicais quanto as que sofreu nas últimas décadas. O que exigirá repetidas fases de reinvenção. O mais importante de tudo será a habilidade para lidar com mudanças, aprender coisas novas e preservar seu equilíbrio mental em situações que não lhe são familiares (HARARI, 2018, p. 232).

Nessa perspectiva é possível identificar que durante a realização do projeto, os alunos, além de desenvolverem o conhecimento acadêmico através das pesquisas realizadas, desenvolveram habilidades relacionadas à capacidade de comunicação, à capacidade de trabalhar em equipe, à responsabilidade e à solução de problemas, demonstrando assim que a ABP pode ser viável para contribuir com a formação integral dos alunos.

4.2.3 – A visão dos alunos a respeito da realização do projeto.

Durante o projeto de construção do protótipo do carro elétrico, foi importante ler e ouvir algumas observações realizadas pelos alunos a respeito de sua participação no projeto. Nessa escuta foi possível identificar uma convergência nas observações dos alunos. A maioria de suas observações se associava com a transformação que ocorreu na aula, que deixou de ser expositiva e dialogada para ser uma aula de interação e prática, onde o aluno era o grande responsável pelo desenvolvimento da aula.

Os próprios alunos, ao escreverem suas percepções sobre o projeto, deixam claro como é importante a interatividade da aula e como isso contribui para desenvolver várias habilidades do estudante, conforme é possível ler em suas considerações.

“Acredito que o aprender seja sobre praticar algo e tirar proveito disso. O fato de aprendermos física nos desperta em muito a curiosidade sobre o assunto, e conseqüentemente se aprende. As atividades em sala sempre são cheias de diálogos sobre o assunto, descobertas e trocas de dicas, o que ajuda a compreendermos melhor o projeto e trocar experiências e pontos de vista” (Estudante da equipe A).

“[...] estou gostando muito da aula de Física sobre o carro elétrico, pois é uma aula diferente que nem todo mundo tem a oportunidade de ter, uma experiência maravilhosa e grandes descobertas” (Estudante da equipe D).

“O projeto está sendo dinâmico e interativo, onde todos participam e colaboram de algum modo” (estudante da equipe B).

*“O projeto está sendo muito importante para mim, pois colocar a **mão na massa** me faz aprender muito mais fácil. Só penso que para aprender mais detalhadamente, teriam que ser mais aulas”* (Estudante da equipe D).

“Eu apenas fico sem palavras pois tenho que agradecer a todos que deram a oportunidade de estarmos dentro de uma atividade tão diferente e intuitiva, que instigasse nossa criatividade, raciocínio, realização prática de estudos” (Estudante da equipe D).

“Eu gostei muito da experiência pois foi algo diferente em nossas aulas estamos acostumados a só copiar do quadro esse projeto veio para diferenciar as aulas” (Estudante da equipe A).

Como foi possível identificar por meio dos depoimentos realizados pelos alunos, a realização do projeto possibilita uma maior interação entre os alunos instiga a curiosidade e desenvolve habilidades, mobilizando os alunos na busca pelo conhecimento. Essas atividades, conforme foi possível observar durante sua realização, possibilitaram aos alunos momentos de alegria pelas descobertas realizadas e momentos de protagonismo na sala de aula, o que não é normal na sala de aula, já que na quase que totalidade das aulas os alunos são agentes passivos no processo.

Durante a aplicação do projeto os alunos apontaram problemas ao realizarem a atividade, sendo que, os dois que mais apareceram durante o desenvolvimento das atividades foram: a falta de tempo para realizar todas as atividades e a falta de prática nas atividades manuais que foram necessárias durante a realização do projeto. É possível perceber uma relação de causa e efeito entre as duas dificuldades mais relatadas pelos alunos, uma vez que a falta de prática na realização de atividades manuais impacta diretamente no tempo necessário para executar as atividades propostas no projeto.

Também é possível buscar nestas observações uma das justificativas pelo atraso no término do projeto, que inicialmente foi elaborado para ser realizado em 6 semanas, mas acabou tendo duas semanas a mais, somando um total de 8 semanas. Podemos identificar que uma semana de atraso se deu pela falta do projeto do carro elétrico, que as equipes deveriam ter trazido na quinta semana, já a segunda semana de atraso se deu por falta de experiência na realização de atividades práticas e experimentais por dificuldades inerentes às atividades manuais necessárias à execução do projeto.

5 – Considerações finais

O professor, durante sua formação acadêmica para o exercício do magistério, tem pouco contato com metodologias ativas nas quais ele passa a ser o orientador o mediador no processo educacional e em que os alunos são os verdadeiros protagonistas. Nesse sentido, torna-se difícil para o professor assumir esse novo papel na sala de aula, principalmente porque durante boa parte da sua trajetória docente, ele era a principal fonte do conhecimento depois do livro didático.

Por esse motivo, a educação baseada em projetos é um desafio para o professor, uma vez que deixa de ser o centro da atividade da aula para assumir um papel periférico na aula, não menos importante, mas certamente diferente, pois sua função passa a ser de mediador dos alunos na busca pelo conhecimento.

Nesse contexto se encontra a grande dificuldade da aplicação das metodologias ativas pelo professor, pois ele deve lembrar que sua função é a de orientador, de mediador, não sendo possível durante o processo dar as perguntas e nem as respostas prontas – tal tarefa agora cabe aos alunos. Ao professor fica reservada a função de orientador dos alunos na busca do conhecimento e, em algumas situações que devem ser pontuais, ser o responsável por corrigir alguma informação conceitualmente errada que possa ser apresentada.

A aplicação do projeto para o professor e para os alunos é um desafio transformador, pois permite que a educação se dê através de uma intensa troca de experiências entre os alunos e o professor. A educação deixa de ser vertical, em que o conhecimento parte do professor para o aluno. Ele passa a ser mais horizontal, ocorrendo de forma colaborativa, possibilitando ao aluno desenvolver a autonomia na busca pelo conhecimento.

Dentro dessa perspectiva, a aplicação do projeto muda radicalmente a forma de trabalho do professor, tornando obrigatório a reformulação do que é a docência, uma vez que a sala de aula passa a ser mais dinâmica, interativa e possibilitando que se desenvolva a autonomia do aluno na busca do conhecimento.

Toda essa mudança produz uma renovação na prática docente, algo que não é fácil, pois mudar a forma de agir em sala é um grande exercício intelectual, ainda mais quando toda a sua experiência em sala se deu no método tradicional. Na

realidade, pode-se aventar que a experiência docente excede o período profissional, pois pode incluir todo tipo de fruto de suas experiências na sala de aula, em um primeiro momento ainda como aluno (já que esta etapa dura em torno de 18 anos) no segundo momento, através de suas próprias experiências como professor.

Assim, sair de uma aula mais tradicional onde tudo está centrado no professor, para uma aula onde o centro passa a ser o aluno e o professor passa a ser o orientador é muito empolgante, mas ao mesmo tempo desafiador. Os alunos também são desafiados, pois devem deixar de agir de forma passiva, para serem os protagonistas da produção do conhecimento e responsáveis pela realização do projeto. Tampouco para eles isso é fácil, mas parece que os estudantes tendem a ser mais receptivos às mudanças, uma vez que as aulas passam a ser mais dinâmicas, onde as trocas entre os diversos grupos de alunos, torna a aula mais estimulante.

Além disso, as pesquisas realizadas em conjunto com os experimentos executados foram a fonte do conhecimento utilizado para construir o pequeno protótipo de carro elétrico ao final do projeto. Foi possível perceber a empolgação, o empenho e a alegria durante a construção do protótipo.

Em termos acadêmicos, pode-se também observar que houve um claro crescimento conceitual sobre o eletromagnetismo, fruto das pesquisas realizadas sobre o tema, dos experimentos realizados, e das trocas de informação entre os próprios estudantes, e entre os estudantes e o professor, bem como da construção do pequeno protótipo de carro elétrico.

A aplicação da ABP com foco na construção de um pequeno protótipo de carro elétrico conseguiu atingir quase todos os alunos de forma significativa, pois todos participaram de alguma forma do processo construtivo. Parece justo afirmar que, em termos de participação ativa dos estudantes, a metodologia ativa ABP é mais eficaz que o método tradicional de ensinar os conceitos do eletromagnetismo.

Outro ponto que pôde ser observado durante a aplicação da metodologia ativa ABP está relacionado com o desenvolvimento nos estudantes da capacidade de trabalhar em equipe e de resolver problemas e conflitos, duas qualidades que são extremamente valorizadas no mercado de trabalho do século XXI.

Com base em todos estes pontos, é possível concluir que a ABP é uma metodologia ativa que possibilita uma revolução no processo de ensino e

aprendizagem. Ela transforma a sala de aula em um local de aprendizagem acadêmica, de aprendizagem relacional, de aprendizagem para solucionar problemas, preparando, portanto, os estudantes não só para resolver questões sobre um tema específico, mas para se posicionarem de forma ativa na vida em sociedade e na vida profissional.

Em síntese, o projeto apresentado neste trabalho busca inspirar outros professores a utilizarem Aprendizagem Baseada e Projetos como forma de revolucionar a sala de aula, sempre deixando claro que o objetivo deste projeto é somente contribuir para que os professores busquem novos processos educativos, de modo que possam também contribuir com as ideias e os procedimentos aqui aplicados à medida que fazem correções e adaptações de acordo com a realidade que vivenciam nas diferentes salas de aula.

6 – Referências

ALVES, Rubem. **Conversas sobre educação**. 12ª edição. Campinas: Versus Editora, 2015.

ALKOUSAA, Riham. **Veículos elétricos deixam 410 mil empregos alemães em risco, diz jornal**. *In*: UOL, 13 jan. 2020. Disponível em: <<https://www.uol.com.br/carros/noticias/reuters/2020/01/13/veiculos-eletricosdeixam-40-mil-empregos-alemaes-em-risco-diz-jornal.htm>> Acesso em: 26 mar. 2022.

ALMEIDA, Patrícia; SHINGUE, Carlos. **Aprendizagem baseada em projetos: contribuições para o ensino de ciências na educação básica**. 1ª edição. Curitiba: Appris, 2021.

BRASIL. Ministério da Educação. **Novo ensino médio perguntas e respostas**. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/component/content/article?id=40361>>. Acesso em: 11 maio 2019.

BENDER, Willian. **Aprendizagem baseada em projetos: educação diferenciada para o século XXI**. 1ª edição. Porto Alegre: PENSO, 2014.

BUCK INSTITUTE FOR EDUCATION. **Educação baseada em projetos**. Disponível em: <<https://studentsatthecenterhub.org/resource/buck-institute-for-education-bie/>>. Acesso em: 11 maio 2019.

BUCK INSTITUTE FOR EDUCATION. **Aprendizagem Baseada em Projetos: guia para professores de ensino fundamental e médio**. 2ª edição. Porto Alegre: Artmed, 2008.

CALISTER, William. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução**. 9ª edição. Rio de Janeiro: LTC, 2018.

COLL, César; MARCHESI, Álvaro.; PALACIUS, Jésus. **Desenvolvimento psicológico e educação: psicologia da educação escolar**. 9ª edição. Porto Alegre: Artmed, 2004.

AUTOMOBILE ENGINEERING, **Como funciona um carro elétrico?** [S.l.: s. n.], 20 out. 2020 1 vídeo (10 min e 39 s). Publicado pelo canal Automobile Engineering. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=-j50dgnR8eA&list=PLVHjr2f6-DtCieqOePVrHq92BQNAc16FB&index=4> Acesso em: 20 setembro de 2022.

FERNANDES, Sandra Raquel. **Aprendizagem baseada em Projetos no Contexto do Ensino Superior**: avaliação de um dispositivo pedagógico no Ensino de Engenharia. Tese (Doutoramento em Ciências da Educação, Especialidade de Desenvolvimento Curricular), Instituto de Educação, Universidade do Minho, Braga, 2010.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do Oprimido**. 42ª edição. São Paulo: Editora Paz e Terra, 2005.

FEYNMANN, Richard. **Lições de física de Feynmann**. Volume 2: Eletromagnetismo e matéria; tradução: Adriana Válio Roque da Silva. 1ª edição. Porto Alegre: Bookman, 2019.

HARARI, Yuval. **21 lições para o século 21**. São Paulo: Companhia das letras, 2018.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física**. Volume 3: eletromagnetismo; tradução Ronaldo Sérgio de Biasi. 4ª edição. Rio de Janeiro: LTC, 1996.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física**. Volume 3: eletromagnetismo; tradução Ronaldo Sérgio de Biasi. 10ª edição. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

MOREIRA, Marco Antônio; LEVANDOWSKI, Carlos Erneste **Diferentes abordagens ao ensino de laboratório**. Porto Alegre, Edição da Universidade, UFRGS, 1983.

MOREIRA, Marco Antônio. **Teorias de aprendizagem**. 2ª edição. São Paulo: EPU, 2011.

MOREIRA, Marco Antônio. **Grandes desafios para o ensino da Física na Educação Contemporânea**. Revista do Professor de Física. Brasília, vol. 1, n. 1, 2017.

MOTTA, José Filho. **Ensino por projetos**: Formando profissionais do futuro. São Paulo: DREAMSHARP, 2021.

NUSSEZVEIG, Herch Moysés. **Curso de Física básica**. Volume 3: Eletromagnetismo, 1ª edição. São Paulo: Blucher, 1997.

PIAGET, Jean. **Tratado de psicologia experimental: aprendizagem e memória**. Tradução. Agnes cretella. Rio de Janeiro: Forence, Volume 4, 1969.

RAMALHO JUNIOR, Francisco. **Os fundamentos da física**. Volume 3: Eletromagnetismo. 10ª edição. São Paulo: Moderna, 2009.

REVISTA PESQUISA FAPESP. **A ascensão dos elétricos**. Número 258 – edição de agosto de 2017. Disponível em: <<https://revistapesquisa.fapesp.br/2017/08/15/a-ascensao-dos-eletricos/>>. Acesso em: 11 jun. 2019

SANTA CATARINA. SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO. **Currículo base do ensino médio do território catarinense**: caderno 2 – formação geral básica. Secretaria de Estado da Educação. Florianópolis, Gráfica Coan, 2021.

TIPLER, Paul; MOSCA, Gene. **Física para cientistas e engenheiros**, volume 2: eletricidade e magnetismo, óptica; tradução e revisão técnica Naira Maria Balzaretto. 1ª edição. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

UNESCO. **Programa Mundial para a Educação em Direitos Humanos: Plano de Ação**. Brasília: UNESCO, 2010.

WOLLF, Joca. **O motor elétrico**: uma história de energia, inteligência e trabalho; Jaraguá do Sul: Editora UNERJ, 2004.

O FUTURO DOS CARROS

Neste experimento, abordamos o funcionamento de um carro elétrico, no qual nos envolvemos de forma íntegra para desenvolver nosso próprio projeto.

A atividade abordada foi essencial em nossa caminhada escolar, pois nossa geração pode ser a pioneira a dirigir carros elétricos, desta forma, é importante sabermos o funcionamento de um.

Os principais resultados obtidos nesse experimento foram o funcionamento completo do carrinho elétrico, por meio da energia solar.

Para desenvolver o projeto, nosso grupo precisou se fazer inúmeras perguntas: de que forma montaremos o carrinho? Que estrutura devemos usar? Em que direção vão os fios? Qual a fonte de energia vamos utilizar? Em meio a tantas perguntas, conseguimos achar a solução para elas. Como resultado, decidimos utilizar a energia solar como fonte de energia, sustentando 16 placas solares em sua estrutura feita de madeira. Escolhemos essa fonte de energia pois conforme nossas pesquisas, é uma das formas menos nocivas ao meio ambiente.

Como resultado do nosso projeto, nosso carrinho elétrico funcionou de forma eficiente, movido a energia solar, que tem como principal função mover-se através do efeito fotovoltaico, provando que é possível fabricar carros eficientes e não poluentes no futuro.

A atividade realizada nos possibilitou ter um maior entendimento sobre a estrutura e o funcionamento de um carro elétrico, como dito pelo professor César, é muito melhor ter as ferramentas em mãos e entender seu funcionamento na prática, do que ficar só na teoria. Por isso, essa atividade impactou de forma positiva em meu aprendizado, pois me mostrou que sou capaz de fazer coisas que jamais imaginei fazer.

E.K.P. Professor João Widemann

Disciplina: Física

Professor: Cesar

Aluna: Nathália Cristine Hanschel

Turma: 306

Data: 23.09.21

Relatório de Satisfação

Projeto de desenvolvimento de um carro elétrico

Acho muito inovadora a ideia de praticar o que já aprendemos em sala de aula. Acredito que o aprender seja sobre praticar algo e tirar proveito disso. O fato de aprendermos Física na prática desperta, em muitos, a curiosidade sobre o assunto, e, conseqüentemente, o aprender. As atividades em sala sempre são cheias de diálogos sobre o assunto, descobertas, e trocas de dicas, o que ajuda a compreendermos melhor o projeto e trocar experiências e pontos de vista. O professor Cesar, sempre se importando com a turma, dando atenção, tirando dúvidas, explicando o assunto. O projeto está ocorrendo de forma leve e produtiva, onde sempre saímos com uma experiência nova, algo novo para contar em casa.

Relatório Física

Carro Elétrico

Estou gostando muito e tirando bem proveito das aulas, pois não é sempre que temos atividades diferentes na escola, gosto muito da explicação do professor e da dedicação e paciência que ele tem com todos nós, sei que nossa turma não é muito fácil de se trabalhar mas o professor sempre está lá se esforçando para dar um aula boa nós dando todas as informações possíveis de um carro elétrico, acho que o professor podia trazer mais vídeos trazendo informações de como fazer explicando tudo em passo-a-passo como na última do vídeo do motor elétrico, tirando isso estou gostando muito das aulas são muito divertidas e dinâmicas professor, poderia fazer um desafio na última aula para sabermos qual carrinho é mais rápido e também acho que o professor deveria passar mais nas mesas dos alunos para saber a dúvida de cada um individualmente.

Conclusão

Acredito que o projeto tenha mudado a mente de muitos alunos, visto que foge dos métodos tradicionais de ensino. Pelo fato de aprendermos física na prática, pudemos ver e entender que física não se resume a um quadro com cálculos que muitas vezes não conseguimos compreender. Estivemos entretidos a todo momento, aprendendo novas coisas a toda hora. Para alguns, o que vimos foi muito fácil, e para outros uma descoberta única. A minha experiência foi de descoberta, entendi que a física pode ser legal, explicada e praticada da forma mais dinâmica possível. Nunca fui a favor dos métodos tradicionais de ensino, e esse projeto me fez acreditar ainda mais no fato de que um quadro cheio de conteúdo não satisfaz as necessidades de aprendizado de um aluno. A todo momento fomos estimulados a pensar, fazer, testar, trocar e repetir tudo de novo, e acabamos aprendendo muito mais em poucas aulas do que durante o ensino médio inteiro.

APÊNDICE



**UNIVERSIDADE FEDERAL
DE SANTA CATARINA**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS BLUMENAU
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

César Augusto Ribeiro

**PRODUTO DIDÁTICO – CONSTRUÇÃO DE UM PEQUENO PROTÓTIPO DE UM
CARRO ELÉTRICO.**

Física no Ensino Médio

Blumenau

2022

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Imagem esquemática de um carro elétrico	16
Figura 02: Imagem esquemática de um motor elétrico	22

QUADROS

QUADRO 1: Materiais para serem usados construção dos equipamentos	12
QUADRO 2: Materiais de suporte para construção dos equipamentos.	13
QUADRO 3: Plano de aula da aula 1.	14
QUADRO 4: Plano de aula da aula 2.	18
QUADRO 5: Plano de aula da aula 3.	21
QUADRO 6: Plano de aula da aula 4.	24
QUADRO 7: Plano de aula da aula 5.	26
QUADRO 8: Plano de aula da aula 6.	28
QUADRO 9: Parâmetros avaliativos relacionados a processos atitudinais.	31
QUADRO 10: Parâmetros avaliativos dos relatórios de pesquisa.	33
QUADRO 11: Parâmetros para o relatório de pesquisa que deve ser apresentado pelos alunos.	34

SUMÁRIO

1 – Público-Alvo	6
2 – Apresentação e Estrutura do Produto Didático	7
3 – Objetivos	10
3.1 Objetivo Geral	11
3.2 Objetivos Específicos	11
4 – Aplicação do produto didático	12
4.1 Lista de materiais	12
4.2 Primeira aula	14
4.3 Segunda aula	17
4.4 Terceira aula	20
4.5 Quarta aula	23
4.6 Quinta aula	26
4.7 Sexta aula	28
4.8 Sexta aula	30
5 – Processo avaliativo	30
5.1 – Processo avaliativo atitudinal	31
5.2 – Método avaliativo com base nos relatórios de pesquisa	32
5.3 – Pontos significativos do relatório	33
6 – Agradecimento	34
7 – Referências	36
8 – Anexos	38
8.1 Anexo 1	38
8.2 Anexo 2	40
8.3 Anexo 3	43
8.4 Anexo 4	46
8.5 Anexo 5	49

Caros(as) Professores(as)

Este material é o produto didático que acompanha a dissertação de mestrado desenvolvida no Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal de Santa Catarina de Blumenau.

Este material didático está organizado de modo que os alunos possam participar ativamente da produção do conhecimento, à medida que estudam os principais elementos que compõem um carro elétrico. Ao final deste produto didático, o aluno terá estudado as principais teorias do eletromagnetismo e, como resultado, construído um pequeno protótipo de carro elétrico.

É importante ressaltar que embora este produto didático apresente caminhos que podem ser seguidos por outros professores, ele permite, sobretudo, que os próprios professores realizem adaptações conforme entenderem necessário em seus próprios contextos a fim de que desenvolvam, de forma mais eficaz e compatível com suas realidades, os principais conceitos do eletromagnetismo, durante a construção do pequeno protótipo do carro elétrico.

1 – Público-Alvo

O produto didático tem como público-alvo os professores de Física que lecionam no terceiro ano do Ensino Médio que podem aplicar o produto didático, na forma de uma oficina no contra turno escolar, nas escolas que já possuem o ensino médio integrado, podendo ainda, ser aplicado também durante as aulas semanais de Física nas turmas de ensino médio regular. É possível também que este produto didático seja aplicado por professores de Física que atuam no primeiro e segundo ano do ensino médio. Neste caso pode ser aplicado na forma de uma oficina em horário extracurricular, com base na Aprendizagem Baseada em Projetos.

A UNESCO propôs que a educação do século XXI deve ter como objetivo desenvolver no aluno a capacidade de aprender a conhecer, aprender a fazer, aprender a ser e aprender a conviver. É com essa proposta que a educação por projetos se alinha, na esperança de contribuir para que os alunos aprendam a aprender, pois cabe também a eles buscar as informações e os conceitos que serão importantes para solucionar os problemas do projeto, nesse caso, um pequeno protótipo de carro elétrico que será melhor detalhado adiante. Além de aprenderem a fazer por meio das atividades manuais envolvidas no experimento, os estudantes aprendem a conviver, tendo em vista que o trabalho colaborativo evidenciado nas decisões conjuntas e na divisão de tarefas – uma das marcas da aprendizagem baseado em projetos. Enfim, os envolvidos aprendem a ser, tornando-se capazes de elaborar e construir o seu próprio projeto de vida.

O ensino por projetos consiste em permitir que o aluno se torne o principal agente da aprendizagem, responsável pelo seu próprio sucesso, privilegiando, assim, uma aprendizagem por descobertas pessoais do aluno, assessorada de forma colaborativa pelo professor. Leite, Malpique e Santos sugerem como compreender o processo de Aprendizagem Baseada em Projetos quando afirmam que:

o aluno só aprenderá quando tiver prazer em conhecer, ou seja, quando tiver uma curiosidade livre de bloqueios [...] O professor só conseguirá ensinar quando tiver prazer na sua ação catalisadora da curiosidade dos seus alunos,

mantendo, porém, a objetividade na apreciação que deles deverá fazer (LEITE; MALPIQUE; SANTOS, 1993, p. 68).

Este produto didático pode ser aplicado durante as aulas regulares de Física com todos os alunos da turma envolvidos no processo, mas também pode ser aplicado de forma extracurricular, buscando assim, trabalhar com um grupo de alunos que estejam muito interessados no tema. Neste caso cumpre notar que os alunos que participarão do projeto serão voluntários, como forma de sugestão, que em um primeiro momento, os convidados devem ser preferencialmente das turmas do terceiro ano do ensino médio. No caso da disponibilidade de vagas, poderiam ser convidados e aceitos alunos voluntários do segundo e do primeiro ano do ensino médio.

Sendo importante esclarecer, que a proposta de aplicar este projeto como atividade extracurricular está associado à nova forma de ensino médio, proposta na Lei 13.415 de 2017, cuja meta é possibilitar ao aluno a escolha de itinerários formativos, ligados principalmente aos seus interesses e ao projeto de vida do aluno. Nesse sentido, existe a necessidade de novas forma de interação entre o aluno e o educador e o assunto a ser estudado, o que torna a Aprendizagem Baseada em Projetos aplicada em uma atividade extracurricular, uma boa alternativa para as escolas.

2 – Apresentação e Estrutura do Produto Didático

As atividades do projeto serão aplicadas durante seis semanas, com encontros de uma hora e trinta minutos a cada semana, podendo ser estendido uma ou duas semanas, nos casos em que for necessário, para que fique completa a construção do protótipo de carro elétrico.

A aplicação do produto didático será feita na forma de projetos com basea na Aprendizagem Baseada em Projetos, o que possibilita aos alunos serem protagonistas na descoberta do conhecimento, através da pesquisa dos principais conceitos de eletromagnetismo que envolvem o funcionamento de um carro elétrico. Desse modo, é possível abordar o ensino do eletromagnetismo a partir de outra perspectiva, que

não a da aplicação de equações e conceitos, frequentemente desconectados da realidade do estudante, como lembra a educadora Claudia Três.

[...] o eletromagnetismo, presente no nosso dia a dia, tem suas múltiplas aplicações pouco exploradas no ensino praticado na maioria das escolas, com conteúdo abstratos e descontextualizados, dificultando ao aluno estabelecer as relações entre o que é ensinado e o seu cotidiano (TRÊS, 2016, p. 2).

Dentro dessa perspectiva, a educação baseada em projetos busca, além de possibilitar a aquisição do conhecimento pelos participantes, desenvolver a autonomia intelectual do estudante, bem como o gosto pela ciência e a construção do conhecimento. Durante o desenvolvimento do projeto a sala de aula se torna um local de experiências e aquisição do conhecimento através da aplicação prática da teoria, produzindo, assim, a aprendizagem de forma duradoura.

No decorrer do projeto o professor será o grande mediador, estimulando a pesquisa dos alunos e colaborando com o planejamento e a construção do protótipo de carro elétrico. O professor será o responsável pela organização do projeto, preparando os encontros, organizando os materiais que serão utilizados e planejando os momentos do encontro, que serão divididos em dois momentos:

- O primeiro momento da aula será aquele em que os alunos apresentarão suas pesquisas sobre temas selecionados no encontro anterior, as quais devem contribuir para compreensão dos conceitos que envolvem o funcionamento da parte escolhida do carro elétrico que será estudada. Além disso, essa parte da aula será usada para uma troca intensa de informações entre os alunos, bem como para o compartilhamento de ideias e sugestões para a construção do protótipo de carro elétrico de forma mais eficiente.
- O segundo momento da aula será aquele em que os alunos farão a parte operacional do projeto, analisando, verificando e construindo partes significativas do carro elétrico. Nesse momento, há a fusão entre os conceitos físicos pesquisados e estudados pelos alunos com cada elemento associado ao funcionamento do carro elétrico. Cada aula será usada para construir um dos elementos que constituem o carro elétrico no que se refere a fontes de energia, magnetismo e eletromagnetismo.

Quanto à organização da turma, os alunos poderão se reunir por afinidade formando grupos com quatro alunos, cujo objetivo final é a construção de um pequeno protótipo de carro elétrico, o que significa que ao final da aplicação do projeto haverá vários pequenos protótipos de carro elétrico. Cada equipe terá liberdade durante a realização do projeto para escolher o modelo e o tamanho do protótipo, bem como para selecionar qual tecnologia empregar no que diz respeito à fonte de energia e ao tipo de motor elétrico escolhido.

Durante a realização do projeto, as equipes terão como atribuição inicial socializar suas descobertas obtidas durante a pesquisa sobre os principais conceitos físicos relacionados ao eletromagnetismo, discutir sobre os experimentos realizados nos encontros anteriores e ainda trocarem informações sobre pontos relevantes associados ao funcionamento de carro elétrico. A seguir, no segundo momento da aula, as equipes trabalharão na construção de elementos que constituem o carro elétrico. Espera-se, nesse momento, que as equipes se ajudem para ultrapassar obstáculos que, com certeza, surgirão.

Tendo em vista que professor é o mediador dos encontros, cabe a ele fazer interferências pontuais para contribuir no processo educativo. Ao longo do primeiro momento aula, que trata das informações sobre os conceitos físicos envolvidos no projeto, as interferências serão feitas para:

- Esclarecer dúvidas;
- Fazer retificações sobre incorreções que sejam apresentadas;
- Trazer conceitos importantes que foram relegados;
- Complementar as informações que foram apresentadas de forma demasiadamente superficial.

Já no segundo momento da aula, o professor é o grande responsável pelo suporte na realização da atividade, pois é ele quem provê uma lista descritiva de insumos que podem ser encontrados pelos alunos principalmente em depósitos de sucata e em equipamentos domésticos que não funcionam e são descartados. Pode o professor

contribuir quando possível, na aquisição de um ou outro insumo para o projeto, quando este não é de fácil aquisição, ou ainda orientar os alunos como obter tais insumos.

Além de orientar os alunos na obtenção dos insumos para realização das atividades no segundo momento da aula, o professor será o orientador durante a construção de experimentos, que ajudam a entender os principais conceitos do eletromagnetismo, associados ao funcionamento do carro elétrico. No segundo momento do projeto o professor deverá orientar sobre dificuldades que surgirem, durante a construção do protótipo do carro elétrico. Dessa forma, o professor não será o protagonista durante a realização do projeto, e sim um coadjuvante cuja principal função é colaborar para a execução do projeto, aparando arestas, identificando incongruências, sanando dúvidas, auxiliando na construção do protótipo em si.

A escola, na estrutura do produto didático, terá a função de disponibilizar o espaço físico adequado, colaborar no contato entre família, alunos e o professor para possibilitar a implementação do projeto. Mais que isso, a escola será a ponte entre a própria comunidade escolar interna e externa, ponte efetivada na apresentação do projeto, na divulgação do projeto no decorrer de sua aplicação e na demonstração dos seus resultados práticos.

Nesse processo de estruturação do produto didático, o que fica claro é o quão importante é o engajamento dos responsáveis na execução do projeto, ou seja, a participação da escola, da comunidade escolar, do professor e dos alunos.

3 – Objetivos

No processo educativo em que se aplica a Aprendizagem Baseada em Projetos, a interação entre os alunos na busca do conhecimento e na solução de problemas é o ponto mais importante e fundamental, pois, por meio do projeto proposto, os alunos devem unir esforços para construir e desenvolver os conhecimentos necessários na realização da atividade. Tal processo de construção do conhecimento cria experiências em sala de aula, em que os estudantes são os

protagonistas do projeto, produzindo, assim, a aquisição do conhecimento de forma duradoura.

A interação entre os alunos possibilita desenvolver outras habilidades durante a aplicação do projeto, que estão associadas ao desenvolvimento: da capacidade do estudante em trabalhar em equipe e da autonomia no processo de aquisição do conhecimento, habilidades que, na sociedade atual, tornam-se cada vez mais valiosas no mercado de trabalho.

Assim, durante os processos de planejamento, elaboração e construção de um pequeno protótipo de carro elétrico (que será chamado daqui para frente de protótipo), os alunos através da pesquisa, da troca de informações e cooperação mútua incorporarão os principais conceitos relacionados ao eletromagnetismo.

Com base nos conceitos do eletromagnetismo, os estudantes desenvolverão o protótipo, visualizando assim, as aplicações do eletromagnetismo na estrutura de propulsão do carro elétrico, principalmente no funcionamento do motor elétrico.

3.1 - Objetivo geral

Diante do exposto, este produto didático tem como seu principal objetivo desenvolver o ensino de eletromagnetismo de forma proativa, utilizando a metodologia da Aprendizagem Baseada em Projetos, para instrumentalizar o estudante de autonomia para apreender e construir conhecimento físico, tendo como base a mobilidade elétrica em veículos automotores.

3.2 - Objetivos específicos

- * Possibilitar, por meio da educação baseada em projetos, que os alunos construam o conhecimento de forma autônoma;

- * Demonstrar aos alunos, através da construção do protótipo do carro elétrico, a importância do conhecimento teórico no desenvolvimento de tecnologias e equipamentos;
- * Oportunizar aos alunos, através da construção do protótipo do carro elétrico, a aplicação dos principais conceitos que regem o eletromagnetismo;
- * Identificar possíveis problemas durante a aplicação do projeto, com a finalidade de proporcionar sua correção e sua adequação à realidade vivida em sala de aula;
- * Proporcionar aos docentes um projeto que possa ser replicado e adaptado a outras realidades escolares.

4 – Aplicação do produto didático

Convém agora explicitar de forma detalhada os procedimentos a serem realizados durante a aplicação do produto didático, não como algo imutável que deve ser seguido à risca, e sim como sugestão, podendo ser adaptado para a realidade que cada professor possui em sua escola.

4.1 – Lista de materiais

O Quadro 1 apresenta os principais materiais que serão utilizados no decorrer do projeto. Vale advertir que esta listagem não é absoluta, mas tão somente uma sugestão e, como tal, aberta para que os professores façam substituições e alterações que acharem necessárias para o bom desenvolvimento do projeto. Por sua vez, o Quadro 2 indica os materiais que devem servir de suporte infraestrutural para a realização dos procedimentos ao longo da construção dos equipamentos.

Quadro 1 - Sugestão de materiais para serem usados na construção dos equipamentos.

Primeira aula	<ul style="list-style-type: none"> - Carrinhos a pilha para serem desmontados; - Pequenas caixas de papel para guardar as partes; dos carrinhos desmontados.
Segunda aula	<ul style="list-style-type: none"> - Fios de cobre (podem ser retirados de motores velhos); - Ímãs naturais e artificiais; - Vários tipos de materiais inclusos: ferromagnéticos, paramagnéticos e diamagnéticos; - Pregos e pedaços de metais (principalmente ferro) para construção de eletroímãs; - Pilhas e baterias; - Pequenos pedaços de madeira para servirem de suporte.
Terceira aula	<ul style="list-style-type: none"> - Fios de cobre; - Alicates; - Martelos; - Chaves de fenda; - Chaves estrela; - Pequenas placas solares; - Lâmpadas de LED.
Quarta aula	<ul style="list-style-type: none"> - Resistores; - LEDs; - Pilhas; - Baterias; - Fios de cobre; - Conectores; - Pequenos motores elétricos (aqueles retirados dos carrinhos).
Quinta aula	<ul style="list-style-type: none"> - Fios de cobre; - Fontes de energia; - Motores elétricos; - Estrutura do carrinho; - Conectores;
Sexta aula	<ul style="list-style-type: none"> - Carrinhos montados por cada uma das equipes para serem apresentados.

Quadro 2 – Sugestão de materiais de suporte para a construção dos equipamentos

Materiais de uso geral	<ul style="list-style-type: none"> - Chaves de fenda; - Chaves estrela.; - Alicates; - Martelos; - Clips, pregos, tachinhas, fita crepe, fita isolante, Durex; - Pedacos de ferro; - Pedacos de madeira; - Blocos de madeira; - Furadeira; - Serrote; - Soldador elétricos;
-------------------------------	--

4.2 – PRIMEIRA AULA

No plano de aula abaixo está apresentado de forma resumido a primeira aula, nos itens que se encontram depois do plano de aula, existe um detalhamento das atividades a serem realizadas durante a aula.

Quadro 3 – Plano de aula da aula 1.

Plano de Aula: Primeira Aula (90 minutos)
Dados de Identificação: Professor: Aplicador Disciplina: Física Turma: Terceiro ano
Tema: Introdução ao projeto sobre a construção de um protótipo de carro elétrico Desmonte de um carro a pilhas. Desmonte de um motor elétrico.
Objetivo geral: Reconhecer como funcionam os carros elétrico e o motor elétrico. Objetivos específicos: Identificar os principais elementos que possibilitam o funcionamento do carro elétrico.
Conteúdo: Eletromagnetismo

Recursos didáticos: Carrinhos a pilha. Ferramentas par fazer o desmonte dos carrinhos	
Descrição da atividade	Tempo
Introdução do tema demonstrando sua importância e atualidade.	10 min
Apresentação de um vídeo sobre a evolução do carro elétrico no mundo.	15 min
Momento de discussão sobre o tema	15 min
Entrega do carrinho elétrico para ser desmontado e ter suas partes separadas em: partes mecânicas, partes elétricas e sistema de alimentação.	40 min
Encaminhamentos para o próximo encontro, indicando que a pesquisa a ser realizada deveria ser sobre ímãs, materiais magnéticos e eletroímãs.	5 min
Organização da sala para ser entregue ao próximo professor.	5 min
Bibliografia: Vídeo sobre como os carros elétricos podem transformar a paisagem urbana em um futuro próximo, endereço eletrônico disponível na bibliografia.	

Professor – No primeiro momento da aula, através de uma pequena explanação que não deve durar mais do que 10 minutos, o professor apresenta o projeto para os alunos, demonstrando a atualidade do tema e seu grau de importância para sociedade. Haja vista que a gradual implementação de carros elétricos implica impactos à estrutura de mobilidade, o sistema de produção e consumo de automóveis e seus insumos relativos sofrerá uma grande mudança, a qual será acompanhada de desafios e oportunidade para todos na sociedade.

Professor – Para realizar a explanação sobre os carros elétricos e o novo paradigma a respeito da mobilidade que se aproxima, este produto didático disponibiliza dois textos sobre os carros elétricos (Cf. Anexos I e II), os quais, a critério do mediador, podem ser fornecidos também aos alunos. Após uma pequena explanação, o professor deve apresentar um vídeo rápido, com duração

de 15 minutos e 35 segundos, sobre o desenvolvimento do carro elétrico no mundo e sobre como, em poucas décadas, os carros elétricos substituirão completamente os carros a combustão interna.

- Vídeo sobre como os carros elétricos podem transformar a paisagem urbana em um futuro próximo:

<https://www.youtube.com/watch?v=OP4YzHJVXNg>



Figura 1 – Imagem esquemática de um carro elétrico da Tesla.

Alunos – Após o vídeo, os alunos terão 15 minutos da aula para abordarem os temas tratados no vídeo e na explanação inicial do professor, bem como podem e devem começar a traçar o plano de ação para realizar o projeto. Importante que durante as conversas, os alunos comecem a refletir sobre a importância do projeto, como essa experiência pode contribuir para sua formação e, como este projeto pode colaborar para que os alunos, compreendam as mudanças que ocorrerão, na forma de mobilidade urbana e por consequência na sociedade de modo geral.

Durante o momento de diálogo, devem fazer algumas anotações sobre os pontos discutidos, utilizando estas informações para criarem um painel sobre o tema.

Alunos – Ao término da primeira etapa os alunos começam o desmonte de pequenos carros elétricos utilizando ferramentas disponíveis na sala, separando as peças dos carros em:

- Parte relacionada à mecânica, o que envolve as transmissões;
- Parte relacionada à propulsão, o que envolve os motores elétricos;
- Parte relacionada à fonte de energia que alimenta o carro, o que envolve as pilhas ou outras fontes de energia.

Além do desmonte do carro, devem desmontar dois motores, para que possam identificar os elementos que possibilitam o funcionamento do motor, esta etapa tomará no mínimo 40 minutos do primeiro encontro.

Professor – Ao final do processo de desmonte dos carros elétricos, o professor deve utilizar os 10 minutos finais para dar os encaminhamentos sobre a próxima aula. É importante esclarecer que o próximo encontro enfatizará a apresentação dos diversos tipos de ímãs e dos diversos tipos de materiais ferromagnéticos, paramagnéticos e diamagnéticos, além de abranger o funcionamento do eletroímã e a maneira de sua construção.

Para assegurar a eficácia das aulas, é justo avisar os alunos sobre a necessidade de uma pesquisa prévia sobre os temas propostos. Comunica-se, então, aos grupos a necessidade da troca de informações entre eles e o professor no curso da pesquisa, para que o professor possa auxiliar na aquisição dos materiais necessários para a construção dos eletroímãs.

Alunos – Para os próximos encontros os alunos devem providenciar um pequeno painel, para que possam fazer anotações sobre os temas pesquisados, possibilitando, assim, a produção de um pequeno documento escrito que auxilie a estruturar o conhecimento adquirido durante as pesquisas. Uma sugestão seria usar uma grande folha de papel pardo, ou o quadro da sala de aula para que se esquematize visualmente os conceitos pesquisados.

Professor – O momento da sistematização do conhecimento no mural é também o seu momento como orientador, pois é importante que você faça intervenções sempre quando houver algum erro ou imprecisão nas informações lá colocadas. Lembre-se de que, por mais que você esteja possibilitando aos alunos o aprendizado através de projetos, sua função de mediador possibilita atuar quando se fizer necessário realizar algumas correções

4.3 – SEGUNDA AULA

No plano de aula abaixo está apresentado de forma resumido a segunda aula, nos itens que se encontram depois do plano de aula, existe um detalhamento das atividades a serem realizadas durante a aula.

Quadro 4 – Plano de aula da aula 2.

Plano de Aula: Segunda Aula (90 minutos)	
Dados de Identificação: Professor: Aplicador Disciplina: Física Turma: Terceiro ano	
Tema: Análise de materiais magnéticos; Lei de Àmper e funcionamento de eletroímãs.	
Objetivo geral: Reconhecer como funcionam os carros elétrico e o motor elétrico que os propulsiona. Objetivos específicos: Identificar os principais conceitos do eletromagnetismo associado ao funcionamento do carro elétrico.	
Conteúdo: Eletromagnetismo.	
Recursos didáticos: Pregos; Fios de ligação Fontes de energia Vários tipos de ímãs e vários tipos de materiais	
Descrição da atividade	Tempo
Momento para que os alunos realizem um <i>Brainstorming</i> , compartilhando as informações pesquisadas sobre ímãs, tipos de materiais e sobre o eletroímã.	20 min

Realização de experimentos com ímãs e diversos materiais.	15 min
Construção do eletroímã a partir do roteiro experimental entregue pelo professor.	40 min
Encaminhamentos para o próximo encontro, indicando que a pesquisa a ser realizada deve ser sobre motores elétricos.	10 min
Organização da sala para ser entregue ao próximo professor.	5 min
Bibliografia: Roteiro experimental para construção de um eletroímã, que se encontra no anexo 3. Roteiro experimental para análise da atração magnética entre ímãs e diversas substâncias Vídeo do canal manual do mundo sobre a montagem de um pequeno eletroímã, endereço eletrônico disponível na bibliografia.	

A segunda aula será dividida em três momentos distintos:

- O primeiro momento será a ocasião para a troca de informações entre os grupos sobre as pesquisas que realizaram acerca dos diversos tipos de ímãs, dos diversos tipos de materiais ferromagnéticos, paramagnéticos e diamagnéticos, e do eletroímã.
- O segundo momento da aula abrangerá a realização de pequenos experimentos com os diversos tipos de ímãs e com os materiais ferromagnéticos, diamagnéticos e paramagnéticos.
- O terceiro momento consistirá na construção de um eletroímã e na realização de pequenos experimentos com o mesmo.

Alunos – Os primeiros 20 minutos desta aula devem ser disponibilizados para que os grupos troquem informações sobre os diversos tipos de ímãs existentes, sobre os diferentes materiais e sobre o funcionamento dos eletroímãs.

Trata-se de um tempo para que os conceitos sejam socializados por todos os grupos, contribuindo assim para formação dos conceitos fundamentais sobre as fontes de energia.

Alunos – Nos próximos 15 minutos os alunos devem desenvolver experimentos sobre a interação dos diversos tipos ímãs com os diferentes materiais apresentados. Durante essa atividade, os grupos devem interagir trocando experiências sobre os tipos de ímãs e os tipos de materiais e sua relação com os ímãs. Ao final desta etapa, os alunos devem preencher o painel com anotações que permitam inferir conclusões gerais a respeito dos ímãs e das diferentes substâncias utilizadas e sua interação com os ímãs.

Professor – Durante a sistematização do conhecimento através do mural, fique atento para a necessidade de mediação, complementando ou corrigindo algumas informações. Não é supérfluo insistir que educação baseada em projetos não retira a importância do conhecimento do professor, mas simplesmente eleva a outro patamar o trabalho docente, tornando-o um mediador, um orientador, um consultor que, através da sua especialidade, ajuda aos alunos a construir o conhecimento.

Alunos – Nos próximos 40 minutos, os alunos após receberem um roteiro e separarem materiais necessários para realizar os experimentos, devem iniciar a construção do experimento. Durante a construção do eletroímã é muito importantes a interação entre os alunos para resolverem os problemas que surgirem.

Professor – Durante a construção você deve dar suporte aos alunos, percorrendo os espaços onde os diferentes grupos trabalham, trocando informações sobre o tema e os encorajando a compartilharem quaisquer dados que possam trazer de seus cotidianos ou de pesquisas próprias sobre o tema.

Alunos – Ao final dessa etapa devem continuar preenchendo o painel com anotações que permitam inferir conclusões gerais a respeito do funcionamento dos eletroímãs.

Professor – Nos últimos 15 minutos da segunda aula, antecipe aos estudantes que a terceira aula terá dois focos: a apresentação dos vários tipos de motores elétricos e a construção de motores elétricos pelos alunos. Aproveite o ensejo para lembrar os alunos sobre a necessidade de uma pesquisa prévia a propósito dos vários tipos de motores elétricos. Comunique ainda a necessidade da troca de informações entre os professores e os grupos durante a pesquisa, pois o diálogo entre docente e a turma é a condição básica para que o professor possa auxiliar no acesso aos materiais necessários para a construção dos motores elétricos.

4.4 – TERCEIRA AULA

No plano de aula abaixo está apresentado de forma resumido a terceira aula, nos itens que se encontram depois do plano de aula, existe um detalhamento das atividades a serem realizadas durante a aula.

Quadro 5 – Plano de aula da aula 3.

Plano de Aula: Terceira Aula (90 minutos)
Dados de Identificação: Professor: Aplicador Disciplina: Física Turma: Terceiro ano
Tema: Força magnética sobre condutor percorrido por corrente elétrica Funcionamento do motor elétrico
Objetivo geral: Reconhecer como funcionam os carros elétrico e o motor elétrico que os propulsiona. Objetivos específicos: Identificar os principais conceitos do eletromagnetismo associado ao funcionamento do carro elétrico.
Conteúdo: Eletromagnetismo
Recursos didáticos: Fios de ligação Fontes de energia Suportes de madeira Contatos elétricos Suportes para pinhas

Descrição da atividade	Tempo
Tempo para o compartilhamento das informações sobre os vários tipos de motores elétricos.	20 min
Construção do motor elétrico a partir do roteiro experimental entregue pelo professor.	55 min
Encaminhamentos para o próximo encontro, indicando que o tema da pesquisa para próxima aula deve ser sobre fontes de energia.	10 min
Organização da sala para ser entregue ao próximo professor.	5 min
Bibliografia: Roteiro experimental para construção de um motor elétrico, que se encontra nos anexos. Vídeo do canal manual do mundo sobre a montagem de um pequeno motor elétrico, endereço eletrônico disponível na bibliografia.	

A terceira aula será dividida em dois momentos bem distintos:

- O primeiro momento será a ocasião para a troca de informações sobre os vários tipos de motores elétricos existente, bem como para a apresentação desses tipos de motores pelos alunos.
- O segundo momento envolverá a construção de motores elétricos pelos alunos, possibilitando assim que no decorrer da construção sejam feitas as trocas de informação entre os grupos em relação aos diversos tipos de motores elétricos.

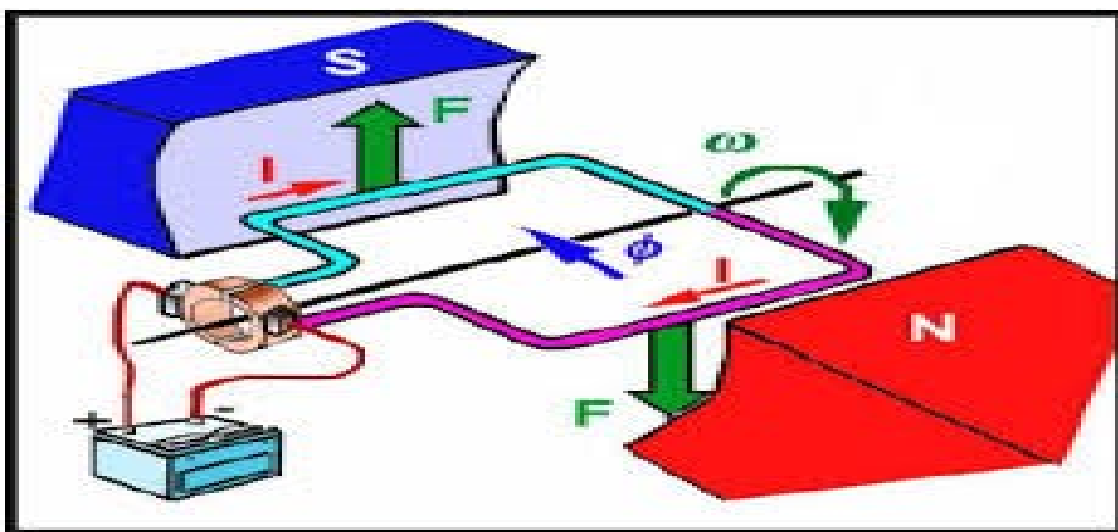


Figura 2: Imagem esquemática de um motor elétrico (Almeida, 2004).

Alunos – Nos primeiros 20 minutos do segundo momento os alunos devem trocar ideias sobre suas pesquisas, realizando um *brainstorming*, dinâmica de grupo que é usada em várias empresas como uma técnica para resolver problemas específicos, para desenvolver novas ideias ou projetos, para juntar informação e para estimular o pensamento criativo. Essa dinâmica permite que todos os grupos formados possam elaborar uma verdadeira construção de conceitos em conjunto, fazendo, durante esse momento anotações, trocas importantes sobre os diversos tipos de motores elétricos pesquisados no decorrer da semana.

Professor – Concomitantemente com o momento das trocas de informações incentive os alunos a fazerem anotações no mural, socializando assim o conhecimento adquirido e desenvolvido durante as pesquisas realizadas, durante a semana.

Alunos – Nos próximos 50 minutos, os alunos de posse das ferramentas, e materiais necessárias para realizar a construção de um modelo de motor elétrico, devem iniciar sua construção. Este experimento, permite que aos alunos, compreenderem o funcionamento dos próprios motores elétricos. Tal momento será rico em troca de informações, pois, durante a construção dos motores elétricos, os grupos podem e devem trocar informações que contribuindo, assim para a produção do conhecimento.

Professor – Nos próximos 10 minutos, permita que os grupos apresentem os motores elétricos construídos e possam trocar informações sobre funcionamento do motor.

Alunos – Sempre no final da aula deve ser realizada a sistematização do conhecimento através do mural.

Professor – Durante a realização da sistematização através do mural, atue mediando o conhecimento, realizando complementações e ajustes caso seja necessário.

Professor – Dê os encaminhamentos a respeito da quarta aula, em que se enfatizarão as fontes de energia para alimentar o motor elétrico e o circuito elétrico no qual o motor está inserido. Mais uma vez, é importante avisar os alunos sobre a necessidade de uma pesquisa prévia acerca das várias fontes de energia que podem alimentar os motores elétricos. Será importante a troca de informações entre os professores e os grupos durante a pesquisa para que, juntos, possam providenciar os materiais necessários para o andamento da aula.

4.5 – QUARTA AULA

No quadro abaixo está apresentado o plano de aula resumido da quarta aula, nos itens que se encontram depois do plano de aula, existe um detalhamento das atividades a serem realizadas durante a aula.

Quadro 6 – Plano de aula da aula 4.

Plano de Aula: Quarto Aula (90 minutos)
Dados de Identificação: Professor: Aplicador Disciplina: Física Turma: Terceiro ano
Tema: Fontes de energia Circuitos elétricos
Objetivo geral: Reconhecer como funcionam os carros elétrico e o motor elétrico que os propulsiona. Objetivos específicos: Identificar os principais conceitos do eletromagnetismo associado ao funcionamento do carro elétrico.
Conteúdo: Eletrodinâmica

Recursos didáticos: Fios de ligação Lâmpadas de LED Resistores Fontes de energia Conectores	
Descrição da atividade	Tempo
Instante para o compartilhamento das informações sobre as principais fontes de energia.	20 min
Construção de pequenos circuitos elétricos utilizando diferentes fontes de energia.	55 min
Encaminhamentos para o próximo encontro, indicando que será o início do processo construtivo do protótipo de carro elétrico.	10 min
Organização da sala para ser entregue ao próximo professor.	5 min
Bibliografia: Roteiro experimental para construção de pequenos circuitos elétricos, que se encontra nos anexos.	

A quarta aula será dividida em dois momentos distintos:

- O primeiro momento oportunizará a troca de informações entre os grupos sobre as pesquisas que realizaram a respeito das fontes de energia para alimentar os carros elétricos.
- O segundo momento será usado para experimentações construindo circuitos elétricos alimentados por diferentes fontes de energia.

Alunos – Os primeiros 20 minutos desta aula devem ser disponibilizados para que os grupos troquem informações sobre as diversas fontes de energia pesquisadas no decorrer da semana. Tal momento será importante para que os conceitos sejam socializados por todos os grupos, contribuindo, assim, para a formação dos conceitos fundamentais sobre as fontes de energia.

Alunos – Nos próximos 55 minutos os alunos devem desenvolver experimentos construindo pequenos circuitos elétricos alimentados por diferentes fontes de

energia. É importante que aos alunos usem diferentes elementos do circuito para que possam testar as diferentes fontes de energia, construindo circuitos elétricos variados. Durante essa atividade, os grupos devem interagir trocando experiências sobre a fonte de energia que pesquisaram, apresentando a eficiência energética da sua fonte para os demais grupos.

Alunos – Ao final dessa etapa devem fazer anotações no mural para que se extraíam conclusões a respeito das fontes de energia estudadas e, a respeito de como estas fontes de energia podem ser utilizadas no funcionamento do protótipo de um carro elétrico.

Professor – Durante a sistematização do conhecimento através do mural, fique atento à necessidade de mediação, complementando ou corrigindo algumas informações. Novamente, cumpre estar ciente que a educação baseada em projetos não retira a importância do conhecimento do professor, mas eleva a outro patamar o trabalho docente, tornando-o um mediador, um orientador, um consultor que através da sua especialidade ajuda aos alunos construírem o conhecimento.

Professor – Nos últimos 15 minutos da quarta aula, dê os encaminhamentos a respeito da quinta aula, que terá como foco o início do processo construtivo do protótipo do carro elétrico. Cumpre avisar os alunos sobre a necessidade de apresentarem um pequeno projeto do protótipo do carro elétrico que irão construir. Será importante a troca de informações entre os professores e os grupos durante a pesquisa para que, juntos, possam providenciar os materiais necessários para a construção do protótipo do carro elétrico.

4.6 – QUINTA AULA

No plano de aula abaixo está apresentado de forma resumido a quinta aula, nos itens que se encontram depois do plano de aula, existe um detalhamento das atividades a serem realizadas durante a aula.

Quadro 7 – Plano de aula da aula 5.

Plano de Aula: Quinta Aula (90 minutos)	
Dados de Identificação: Professor: Aplicador Disciplina: Física Turma: Terceiro ano	
Tema: Apresentação do projeto do protótipo de um carro elétrico. Início da construção do protótipo de Blumenau,	
Objetivo geral: Reconhecer como funcionam os carros elétrico e o motor elétrico que os propulsiona. Objetivos específicos: Identificar os principais conceitos do eletromagnetismo associado ao funcionamento do carro elétrico.	
Conteúdo: Eletromagnetismo	
Recursos didáticos: Materiais elétricos diversos Motores elétricos Pilhas, placas solares e outras fontes de energia Madeira	
Descrição da atividade	Tempo
Instante para o compartilhamento das informações sobre o projeto que cada equipe usará para construir o protótipo de carro elétrico.	20 min
Construção do protótipo de carro elétrico	65 min
Organização da sala para ser entregue ao próximo professor.	5 min
Bibliografia: RAMALHO JUNIOR, Francisco. Os fundamentos da física. Volume Eletromagnetismo. 10ª edição. São Paulo: Moderna,2009.	

A quinta aula será dividida em dois momentos bem distintos:

- O primeiro momento envolverá o planejamento da montagem do pequeno protótipo de carro elétrico, processo que se iniciará nessa aula e se concluirá na próxima.
- O segundo momento será usado para efetivamente dar início à construção do pequeno protótipo de carro elétrico. Esse momento possibilita que haja também uma rica troca de informações entre as equipes.

Alunos – Nos primeiros 20 minutos desta aula os alunos devem ficar à vontade para se organizarem e planejarem os procedimentos da construção do carro elétrico.

Professor – Durante esse momento aproveite para circular entre as equipes, ouvindo e conversando sobre a última etapa do projeto: a construção do protótipo de carro elétrico.

Alunos – Nos próximos 65 minutos os alunos devem começar a realizar do pequeno protótipo do carro elétrico, utilizando como base o conhecimento adquirido durante as aulas anteriores. Durante essa atividade, os grupos mutuamente se ajudam, facilitando a construção do pequeno protótipo de carro elétrico de cada equipe. Ao final dessa etapa, os alunos devem fazer anotações no painel, descrevendo o estágio em que se encontra o seu pequeno protótipo de carro elétrico.

Professor – Nos últimos 5 minutos da quinta aula, dê os encaminhamentos a respeito da sexta aula, que terá como foco a finalização da construção do protótipo de carro elétrico, seguida de apresentações em que as equipes demonstram às demais seu pequeno protótipo. Por fim, será a vez do professor fazer uma breve reflexão sobre a experiência vivida por todos ao longo do projeto proposto.

4.7 – SEXTA AULA

No plano de aula abaixo está apresentado de forma resumido a quinta aula, nos itens que se encontram depois do plano de aula, existe um detalhamento das atividades a serem realizadas durante a aula.

Quadro 8 – Plano de aula da aula 6.

Plano de Aula: Quinta Aula (90 minutos)	
Dados de Identificação: Professor: Aplicador Disciplina: Física Turma: Terceiro ano	
Tema: Apresentação do projeto do protótipo de um carro elétrico. Início da construção do protótipo de Blumenau,	
Objetivo geral: Reconhecer como funcionam os carros elétrico e o motor elétrico que os propulsiona. Objetivos específicos: Identificar os principais conceitos do eletromagnetismo associado ao funcionamento do carro elétrico.	
Conteúdo: Eletromagnetismo	
Recursos didáticos: Materiais elétricos diversos Motores elétricos Pilhas, placas solares e outras fontes de energia Madeira	
Descrição da atividade	Tempo
Construção do protótipo de carro elétrico	60 min
Apresentação dos protótipos de carro elétricos que forma construídos	25 min
Organização da sala para ser entregue ao próximo professor.	5 min
Bibliografia: RAMALHO JUNIOR, Francisco. Os fundamentos da física. Volume 3: Eletromagnetismo edição. São Paulo: Moderna,2009.	

A sexta aula será dividida em dois momentos bem distintos:

- O primeiro momento servirá para que os estudantes finalizem a construção do pequeno protótipo do carro elétrico.
- O segundo momento será usado para que cada equipe apresente o seu pequeno protótipo de carro elétrico e faça considerações sobre a participação do grupo no projeto.

Alunos – Nos primeiros 60 minutos desta aula, deixe os alunos terminarem os últimos ajustes no protótipo de carro elétrico, e possibilite que façam os últimos testes do protótipo para poderem apresentar no segundo momento da aula para o grande grupo.

Professor – Durante esse momento aproveite para circular entre as equipes e observar o resultado do projeto, se necessário tirando as últimas dúvidas dos estudantes antes da apresentação final do protótipo de carro elétrico.

Professor – Nos próximos 20 minutos, possibilite que os grupos apresentem o resultado final do projeto, que nada mais é do que a demonstração do protótipo do carro elétrico funcionando, acrescida dos comentários da equipe a propósito do carro e da experiência até então.

Alunos e Professor – Nos últimos 10 minutos dessa aula, faça suas considerações finais sobre o projeto, permitindo

4.8 – AULA EXTRA

Importante esclarecer para aos professores que resolverem aplicar este produto didático, que as seis semanas de aplicação do projeto sugeridas neste documento são somente indicativas, pois é possível e perfeitamente aplicável, ampliar em uma ou duas semanas o projeto.

Uma das sugestões para uma aula extra, seria na transição da quarta aula para a quinta aula, realizando uma aula expositiva e dialogada, retomando juntamente com os alunos os conceitos abordados durante as quatro primeiras aulas do projeto. Além disso nesta aula o professor pode exibir também um vídeo curto, retomando as explicações sobre o carro elétrico, utilizando o vídeo *disponível no YouTube* no canal [Automobile Engineering](#). Como funciona um carro elétrico?– os dados e o endereço eletrônico estão disponíveis nas referências bibliográficas.

A aula extra pode também, ser pensada para dar mais tempo para que os alunos façam a construção do protótipo de carro elétrico, uma vez que um dos problemas que pode ser encontrado durante a execução do projeto, está na falta de habilidade dos alunos com as atividades manuais.

A sugestão de aulas extra tem por objetivo, deixar o professor que tiver interesse em aplicar este produto didático, livre para imprimir o seu tempo no projeto, uma vez que este, pode e deve ser adequado as diferentes realidades dos alunos, professore e da sala de aula.

5 – Processo avaliativo

A avaliação não deve ser um processo deslocado do processo de ensino aprendizagem. Por isso, durante a aplicação do projeto de construção do protótipo de carro elétrico, a avaliação deve ser contínua à proporção que as etapas são realizadas. Levando em conta esses fatores durante a execução do projeto, o processo avaliativo será realizado com base em dois eixos: o atitudinal e o obtido a partir da entrega de relatórios de pesquisa.

5. 1 – Processo qualitativo de análise atitudinal

No processo qualitativo de análise atitudinal os alunos serão observados em cada etapa do projeto conforme seu empenho, valorizando a participação efetiva dos alunos no decorrer das atividades experimentais realizadas e, durante a construção do protótipo. Desse modo, a análise atitudinal será continua, pois ocorrerá durante

todo o projeto, produzindo um pequeno relatório do desempenho atitudinal do grupo de alunos que participaram das atividades do projeto, que pode ser apresentado através do Quadro 3, construído com base em quadros sugeridos pelo *Buck Institute for Education* com adequações para a realidade educacional dos alunos.

Quadro 9 – Parâmetros avaliativos relacionados a processos atitudinais

	INSUFICIENTE	REGULAR	BOM	ÓTIMO
Contribui de forma construtiva com as apresentações do grupo				
Cumpre tarefas dentro do prazo com diligência e precisão				
Trabalha de maneira independente sem supervisão				
Participou ativamente da construção do protótipo				

Durante o processo qualitativo de análise atitudinal, o professor, além de atuar como mediador do conhecimento, deve atuar como observador atento da participação dos alunos no processo de construção do conhecimento e, de construção do protótipo do carro elétrico. Ao final obterá um relatório qualitativo do desempenho dos estudantes durante a execução do projeto.

O objetivo da análise atitudinal dos alunos não é atribuir uma nota individual aos alunos, mas sim, confeccionar um relatório de desempenho global dos alunos durante a execução do projeto, que possibilite identificar: como o projeto contribuiu para a interação entre os alunos, como possibilitou o aumento do interesse dos alunos durante a aula e como foi importante para desenvolver a capacidade de trabalho em equipe.

Importante esclarecer que o professor que por ventura aplicar este produto didático, pode utilizar como modelo o quadro 3, para desenvolver critérios avaliativos atitudinais, que possibilite atribuir uma nota individual para cada aluno participante do projeto, dentro de parâmetros que o professor considerar relevante.

5. 2 – Método avaliativo com base em relatórios de pesquisas realizadas

O segundo processo avaliativo está associado à análise de relatórios de pesquisa entregues pelos alunos no decorrer da realização do projeto. Tais relatórios apresentam grande importância no processo de aquisição do conhecimento, uma vez que, a partir das pesquisas realizadas sobre os principais conceitos do eletromagnetismo, possibilita-se aos alunos compreender a teoria envolvida no funcionamento do carro elétrico.

No decorrer do projeto, cada aluno deve entregar um relatório de pesquisa sobre temas relacionados aos principais conceitos do eletromagnetismo, de maneira que, ao final, cada equipe terá entregado quatro relatórios de pesquisa, os quais são discutidos no início de cada novo encontro, produzindo, assim, troca de conhecimento entre os alunos.

A avaliação realizada a respeito dos relatórios de pesquisas deve ser feita com base em quatro critérios: 1) o conteúdo apresentado na pesquisa; 2) a organização conceitual; 3) a profundidade e qualidade da pesquisa; 4) e a qualidade da redação apresentada. Esses critérios, estruturados no Quadro 4, inspiram-se em quadros sugeridos pelo *Buck Institute for Education* com adequações para a realidade educacional dos alunos.

Quadro 10 – Parâmetros avaliativos dos relatórios de pesquisa

	INSUFICIENTE	REGULAR	BOM	ÓTIMO
--	--------------	---------	-----	-------

Conteúdo apresentado na pesquisa.				
Organização conceitual.				
Profundidade e qualidade da pesquisa.				
Qualidade da redação apresentada				

Durante o processo de análise dos relatórios apresentados, foi possível identificar de modo claro a qualidade dos conteúdos apresentados, a contribuição destes relatórios para a produção e aquisição do conhecimento do grupo e, como estes relatórios contribuíram para qualidade do protótipo do carro elétrico. Ao final foi possível obter um relatório qualitativo do desempenho dos estudantes durante a produção dos relatórios apresentados.

No entanto, o quadro 4 pode ser utilizado pelo professor que aplicar este produto didático, para atribuir uma nota para cada aluno, utilizando os critérios adotados no quadro 4 ou tabulando novos critérios que o professor considerar relevante. Tais critérios são importantes pois garantem para os alunos tenham maior clareza no processo avaliativo, assegurando aos alunos parâmetros para que possam compreender a nota obtida, nos relatórios de pesquisa.

5.3 – Pontos significativos do relatório

Por mais que a proposta dos relatórios de pesquisa tenha o objetivo de possibilitar ao aluno desenvolver sua criatividade, faz-se necessário que alguns itens façam parte do relatório de pesquisa, no Quadro 5, são apresentados, como forma de sugestão, os principais pontos.

Quadro 11 – Parâmetros para o relatório de pesquisa que deve ser apresentado pelos alunos.

CABEÇALHO	Padrão utilizado em todas as atividades da escola. O título deve ser conciso.
INTRODUÇÃO	Neste item deve ser feita uma descrição do tema pesquisado.
HISTÓRIA	Neste item devem ser apresentados fatos históricos relevantes sobre o tema da pesquisa.
TEORIA	Neste item devem ser apresentadas toda a teoria relevante e as equações pertinentes sobre o tema solicitado na aula anterior.
DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO	Neste item deve ser descrita de forma clara e objetiva a atividade experimental que foi realizada na aula anterior.
CONCLUSÃO	Neste item deve ser feita a conclusão sobre aspectos da pesquisa realizada e sobre aspectos da atividade experimental realizada na aula anterior.

Importante reforçar ao final de toda a sugestão do processo avaliativo discutida a partir do item 5, que a avaliação deve refletir a visão do professor que resolver aplicar este produto didático. Deste modo, se faz necessário enfatizar que o processo avaliativo descrito é somente uma sugestão, que cada professor pode e deve alterar o processo avaliativo, conforme a sua concepção de avaliação.

6 – Agradecimentos

A todos que se interessarem sobre o tema e tiveram a motivação de ler este produto didático, na busca de inspiração para aplicá-lo a seus alunos, ou buscando inspiração para realizar uma atividade de ensino diferenciada, tomando este produto didático como ponto de partida, para desenvolver o seu próprio projeto.

Não é a proposta deste produto didático se apresentar como completo ou plenamente acabado, uma vez que se espera que este produto possa ser adequado e aperfeiçoado de acordo com olhares diferentes e realidade distintas.

Este produto didático faz parte da dissertação de mestrado profissional do ensino de física e reflete um momento do autor no decorrer da sua busca pelo aperfeiçoamento profissional. Por esse motivo, espera-se que o produto didático, se não puder por algum motivo ser aplicado por quem o buscou, que ao menos tenha servido para produzir uma reflexão sobre novas formas para o ensino de física.

7 – REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Antonio. **Máquinas Elétrica para Automação**: motores elétricos. Itájuba: Unifei, 2004.

ALVES, Rubem. **Conversas sobre educação**. 12ª edição. Campinas: Versus Editora, 2015.

AUTOMOBILE ENGINEERING, **Como funciona um carro elétrico?** [S.l.: s. n.], 20 out. 2020 1 vídeo (10 min e 39 s). Publicado pelo canal Automobile Engineering. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=-j50dqnR8eA&list=PLVHjr2f6-DtCieqOePVrHq92BQNAc16FB&index=4>
Acesso em: 20 setembro de 2022.

BRASIL. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Novo Ensino Médio perguntas e respostas**. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/component/content/article?id=40361>. Acesso em: 11 maio 2019.

BONADIMAN, Hélio. **Eletricidade: um ensino experimental** / Hélio Bonadiman; colaboração. Luiz Antonio rasia. 3 ed. Ijuí: Editora UNIJUI, 1997.

BUCK INSTITUTE FOR EDUCATION. **Educação baseada em projetos**. Disponível em: <https://studentsatthecenterhub.org/resource/buck-institute-for-education-bie/>. Acesso em: 11 maio 2019.

BUCK INSTITUTE FOR EDUCATION. **Aprendizagem Baseada em Projetos**: guia para professores de ensino fundamental e médio. 2ª edição. Porto Alegre: Artmed, 2008.

CARRO HÍBRIDO, **O que é um carro híbrido?** In: INDÚSTRIA hoje, 22 mar. 2014. Disponível em: <https://industria hoje.com.br/o-que-e-e-como-funcionam-os-carros-hibridos>. Acesso em: 8 abr. 2021.

CARRO Elétrico Movido a Pilhas AA. [S.l.: s. n.], 7 abr. 2018. 1 vídeo (18 min e 10 s). Publicado pelo canal Manual do Mundo. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=eP4IWLYtGoU>. Acesso em: 2 set. 2019

Como fazer um motor elétrico. [S.l.: s. n.], 9 set. 2014. 1 vídeo (6 min e 15 s). Publicado pelo canal Manual do Mundo. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=3nbDBCg6thM>. Acesso em: 20 set. 2022

Como fazer um eletroímã - Solenoide. [S.l.: s. n.], 5 jun. 2012. 1 vídeo (5 min e 40 s). Publicado pelo canal Manual do Mundo.

Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=j2kHpzP7elQ>>.
Acesso em: 20 set. 2022>

EDUCLUB - **Atividades e recursos didáticos para pais e educadores**. Disponível em:
<<https://www.educlub.com.br/>>.
Acesso em: 20 set. 2022>

LEITE, Elvira; MALPIQUE, Manuela; SANTOS, Milice Ribeiro dos. **Trabalho de projeto: leitura comentada**. Porto: Afrontamento, 1993.

MOTOR CC – **Como Funciona**. [S.l.: s. n.], 30 maio 2017. 1 vídeo (4 min e 49 s).
Publicado pelo canal EngEasier.
Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=5s07bQcpEnA>>
Acesso em: 20 set. 2019>.

RAMALHO JUNIOR, Francisco. **Os fundamentos da física**. Volume 3: Eletromagnetismo. 10^a edição. São Paulo: Moderna, 2009.

TRÊS, Claudia. **Estratégias Diversificadas no Ensino do Eletromagnetismo para Facilitar a Aprendizagem Significativa**. CADERNOS PDE – Os desafios da escola pública Paranaense na perspectiva do professor PDE, volume II, versão *online*, 2016. Disponível em:
<http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/produes_pde/2016/2016_pdp_fis_unicentro_claudiatres.pdf>
Acesso em: 12 nov. 2019.

Universidade Federal do Recôncavo Bahia. **Roteiro experimental eletroímã**.
Disponível em:
<https://www.ufrb.edu.br/pibid/documentos/category/6-apostilas?download=37:roteiro-experimental-eletoima-e-bussola>>.
Acesso em: 15 de setembro de 2022.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE. **Apostila Laboratório Física I** – Noções básicas de como escrever um relatório científico, versão *online*.
Disponível em: <http://www.uenf.br/Uenf/Downloads/LCFIS_6719_1285937431.pdf>
Acesso em: 25 mar. 2021.

UNESCO. **Programa Mundial para a Educação em Direitos Humanos: Plano de Ação**. Brasília: UNESCO, 2010.

8 – ANEXOS

8.1 – Anexo 1

O cenário dos carros elétricos no Brasil e no mundo

Publicado em 27/06/2019

Autor: Jeniffer Elaina

<https://www.smartia.com.br/blog/carros-eletricos-no-brasil-e-no-mundo/>

Os carros elétricos estão ganhando maior visibilidade a cada ano que passa, mas, será que esse cenário é realmente promissor no Brasil e no mundo?

Os carros elétricos já são uma realidade em muitos países, inclusive no Brasil.

Que apesar de ainda contar com poucos modelos disponíveis, sendo que a maioria deles são híbridos, e raros postos de abastecimento, dispõe de um imenso potencial para que esse cenário mude de maneira bem rápida.

Segundo a Agência Internacional de Energia, apenas em 2017 a venda de veículos elétricos e híbridos superou a marca de 1,1 milhão de exemplares no mundo todo.

Em 2018 foi registrado um crescimento de 65% neste setor e os números tendem a ser muito mais interessantes para os próximos anos.

No entanto, para que isso aconteça no Brasil igualmente ao que vem ocorrendo no resto do mundo, é preciso que exista um maior incentivo fiscal por parte do governo para a produção e compra desses veículos.

Além de ser necessário investir mais na logística de transportes e infraestrutura necessária.

Neste artigo, falaremos melhor do cenário dos carros elétricos no Brasil, mostrando como ele tem se comportado nos últimos anos e quais são as prospecções para um futuro próximo.

No ano de 2017 foram comercializados 3.296 carros híbridos, movidos a energia elétrica e combustão no Brasil.

Esse número refere-se a apenas 0,15% dos 2.239 milhões veículos desse mesmo modelo vendidos no mundo.

Apenas início do ano de 2018, houve um crescimento de cerca de 65% dessa frota no país, elevando o número de carros híbridos para 8.500.

Um crescimento considerável apesar de ainda pequeno, uma vez que essa quantidade representa apenas 0,02% de todos os mais de 43 milhões de veículos circulantes no Brasil.

Enquanto no Brasil as vendas chegaram a 8.500 modelos, a frota mundial de veículos elétricos e híbridos chegou à marca de 3,2 milhões de veículos.

Sendo que destes veículos, cerca de 1,2 milhão estão localizados apenas na China.

Isso mostra de uma maneira muito clara que, o que ainda impede o crescimento da comercialização desses veículos no país é o baixo investimento em infraestrutura e a falta de incentivo fiscal.

Uma vez que esses veículos tendem a ser mais caros que os modelos comuns, movidos a motores a combustão e, conseqüentemente contam com taxas e impostos maiores.

Tornando seus valores de compras muito mais alto do que a maioria dos brasileiros pode pagar.

Ou seja, mesmo as montadoras oferecendo um número interessante de veículos híbridos, essas condições relacionadas ao preço, fazem com que o consumidor final ainda não está disposto a investir neles.

8.2 – Anexo 2

O que são carros elétricos?

Publicado 25 de fevereiro de 2015.

Atualizado 14 de março de 2018.

<https://www.ucsusa.org/resources/what-are-electric-cars#.XC4otaHJ3ix>

Os carros elétricos funcionam pelo menos parcialmente com eletricidade. Ao contrário dos veículos convencionais que usam um motor a gasolina ou diesel, carros e caminhões elétricos usam um motor elétrico movido a eletricidade a partir de baterias ou célula de combustível.

Nem todos os veículos elétricos (ou "EVs") funcionam da mesma maneira. Os "híbridos de plug-in" oferecem um motor a gasolina ou diesel e um motor elétrico: o motor é alimentado por uma bateria que pode ser recarregada com a conexão. Outros EVs renunciam completamente aos combustíveis líquidos, operando exclusivamente a eletricidade (veículos "elétricos com bateria"). Outros ainda acionam um motor elétrico convertendo gás hidrogênio em eletricidade (veículos de "célula combustível de hidrogênio").

Os veículos híbridos convencionais também têm um motor elétrico, mas não são considerados EVs, pois não podem ser conectados.

Em termos de poluição do ar e emissões de gases de efeito estufa, carros e caminhões elétricos costumam ser mais limpos do que os veículos convencionais mais eficientes. Exatamente a limpeza depende do tipo de veículo e da fonte de eletricidade. Quando os EVs elétricos da bateria são alimentados pelas redes elétricas mais limpas, as emissões de gases de efeito estufa dos EVs são comparáveis a um carro que ultrapassa 160 quilômetros por galão. Quando carregada exclusivamente com eletricidade renovável, como solar ou eólica, o carregamento e a operação de um EV podem ser quase livres de emissões.

Embora os carros elétricos possam ser mais caros do que os convencionais, o custo inicial mais alto é geralmente reduzido por meio de incentivos federais e estaduais. O custo para reabastecer um carro elétrico também pode ser uma fração

do custo da gasolina, o que significa que os carros elétricos podem ter um custo total de propriedade mais baixo. Mudar para um carro elétrico pode economizar, em média, mais de US \$ 700 por ano em custos de combustível e mais de mil dólares por ano em algumas cidades.

Que tipo de carro elétrico devo considerar?

Os híbridos *plug-in* podem oferecer maior desempenho ambiental e custos mais baixos de reabastecimento em comparação com veículos convencionais. Por serem recarregáveis em uma tomada, substituem as milhas que seriam movidas a gasolina por eletricidade, usando o motor a gasolina em viagens mais longas. Para usar um *plug-in* híbrido de forma eficaz, os motoristas *fazer* necessitem de acesso a um lugar para estacionar e *plug-in*, apesar de um 120V *outlet* regular é geralmente suficiente. E como a maioria dos híbridos *plug-in* são carros de passeio, os possíveis compradores não devem exigir espaço regularmente para mais de cinco ocupantes e não precisam rebocar. Saiba mais sobre como os veículos *plug-in* funcionam.

Os carros com bateria elétrica usam a eletricidade como seu único combustível, por isso é importante combinar o alcance da bateria com o uso pretendido do veículo. No entanto, recarregar longe de casa está se tornando mais fácil à medida que as estações de carregamento públicas e no local de trabalho se tornam mais amplamente disponíveis. E como os carros elétricos a bateria não têm emissões de escape e substituem a gasolina por eletricidade, eles podem ser alguns dos carros mais ecológicos disponíveis, perfeitos para passageiros preocupados com o clima ou famílias com vários carros que fazem muitas viagens de curta distância. Saiba mais sobre como a bateria funciona.

Para os motoristas interessados na vanguarda, **os veículos com células de combustível** são um segmento pequeno, mas crescente, de **veículos** elétricos, principalmente na Califórnia. Esses veículos oferecem alguns benefícios significativos - incluindo tempos de reabastecimento rápidos e longas faixas de direção - mas também exigem estações de reabastecimento de hidrogênio, que atualmente não estão amplamente disponíveis. Saiba mais sobre como as células de combustível e os veículos de células de combustível funcionam.

Os híbridos convencionais também podem fazer sentido nos casos em que os carros elétricos não atendem às necessidades do motorista. Os híbridos mantêm

o alcance e a conveniência dos veículos convencionais, oferecendo a maior eficiência de um motor elétrico. Como eles derivam toda a sua energia da gasolina ou do diesel, os híbridos sem plug-in não são considerados veículos elétricos. Saiba mais sobre [como os híbridos funcionam](#).

8.3 – Anexo 3

ROTEIRO EXPERIMENTAL PARA CONSTRUÇÃO DE UM ELETROÍMÃ

1. Introdução

Um solenoide conduzindo uma corrente elétrica constitui um eletroímã. Um solenoide é todo fio condutor longo enrolado, parecido com um tubo formado por espiras circulares igualmente espaçadas. Pode se chamar também de bobina chata. Ambos os nomes são sinônimos, pois se tem um agrupamento de espiras. Exemplificando: O enrolamento de um fio sobre um tubo de caneta é um solenoide. A figura abaixo nos mostra um solenoide percorrido por uma corrente elétrica i de comprimento L .

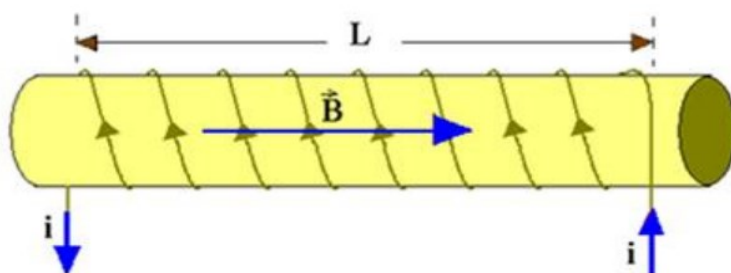


Figura 1 Representação de um solenoide (RAMALHO, NICOLAU, TOLEDO, 2009).

Dessa forma um solenoide se constitui a partir da reunião das configurações das linhas de campo magnético produzido por cada uma das espiras. Quando um solenoide é percorrido por uma corrente elétrica ele gera um campo magnético parecido ao de um ímã em forma de barra, sendo assim constitui um ímã obtido por meio de uma corrente elétrica, um eletroímã.



Figura 2: Imagem retirada do vídeo do manual do mundo sobre a construção de um eletroímã.

2. Objetivos

- Compreender o que é um solenoide;
- Compreender o comportamento das linhas do campo magnético gerado por um eletroímã;
- Entender a relação entre número de espiras e campo magnético.

3. Materiais

- Um pedaço de fio condutor (cobre);
- Pilhas de 1.5 V;
- Fita adesiva
- Suporte de madeira
- Clips
- Fio de cobre esmaltado
- Conectores

4. Procedimento

4.1- Para a construção do solenoide, deixe sobrando 20 cm de fio e enrole o que sobrou em volta do prego (ou outro objeto feito de aço ou ferro, a exemplo um parafuso, arame e etc.). O ideal seria enrolar duas camadas do fio em torno do prego. Deixe novamente a outra ponta do fio livre 20 cm, em seguida lixe-as para que assim possa facilitar o contato com a pilha.

4.2- Em seguida ligue as extremidades do fio nos polos da pilha com o auxílio da fita adesiva.

4.3- Como se comporta as linhas de indução magnética do eletroímã?

4.4- Se variar o comprimento do eletroímã como se comporta o campo magnético interno e externo?

4.5- Se aproximarmos o eletroímã da bússola, a mesma sofrerá mudança na sua orientação? Por quê?

4.6- Ao aproximarmos o eletroímã de pequenos objetos metálicos com pesos e tamanhos distintos, o que acontece com a intensidade da força de atração?

4.7- Aumente o número de espiras (voltas no fio) e observe o campo magnético. Ele aumenta ou diminui sua intensidade? E diminuir o número de espiras?

4.8- Compare as forças de atração com e sem o prego.

4.9- Quais as aplicações práticas dos eletroímãs?

5. Referência

Universidade Federal do Recôncavo Bahia – Roteiro experimental eletroímã.

Disponível em:

<https://www.ufrb.edu.br/pibid/documentos/category/6apostilas?download=37:roteiro-experimental-eletoima-e-bussola>.

Acessado em: 15 de setembro de 2022.

8.4 – Anexo 4

ROTEIRO EXPERIMENTAL PARA CONSTRUÇÃO DE UM ELETROÍMÃ

1. Introdução

Temos a presença de motores elétricos por toda a parte, por exemplo, no liquidificador, na batedeira elétrica, nos carrinhos de controle remoto, etc. Esses motores têm como princípio básico transformar energia elétrica em energia mecânica. Temos basicamente dois tipos de motores elétricos: o motor de corrente contínua (CC) e o motor de corrente alternada (CA); ambos trabalham pela interação entre campos elétricos e campos magnéticos. O experimento objetiva levar o aluno a ter um contato maior com os motores elétricos, bem como ajudá-lo a entender o princípio de funcionamento desses motores.

2. Objetivos

- Compreender o funcionamento do motor elétrico;
- Entender a relação entre a bobina do motor, a corrente elétrica e o campo magnético gerado pelo ímã na capacidade de torque do motor.

3. Materiais

- Fio de cobre
- Um ímã alto-falante ou de neodímio
- Suporte de madeira
- Pilha grande de 1,5 V
- Suporte
- Clips
- Pregos pequenos

□ Fio esmaltado

4. Procedimento

4.1 – Para construção da bobina do motor comece enrolando de 5 a 10 voltas de fio de cobre em torno de uma pilha grande, deixando duas pontas livres de a 3 cm de fio. Retire totalmente, com o estilete, o verniz que recobre uma das pontas. Na outra, deixe uma faixa de verniz ao longo do comprimento e retire o resto. Lembre-se que o verniz deve ser retirado conforme proposto, caso contrário o motor poderá não de forma perfeitamente.

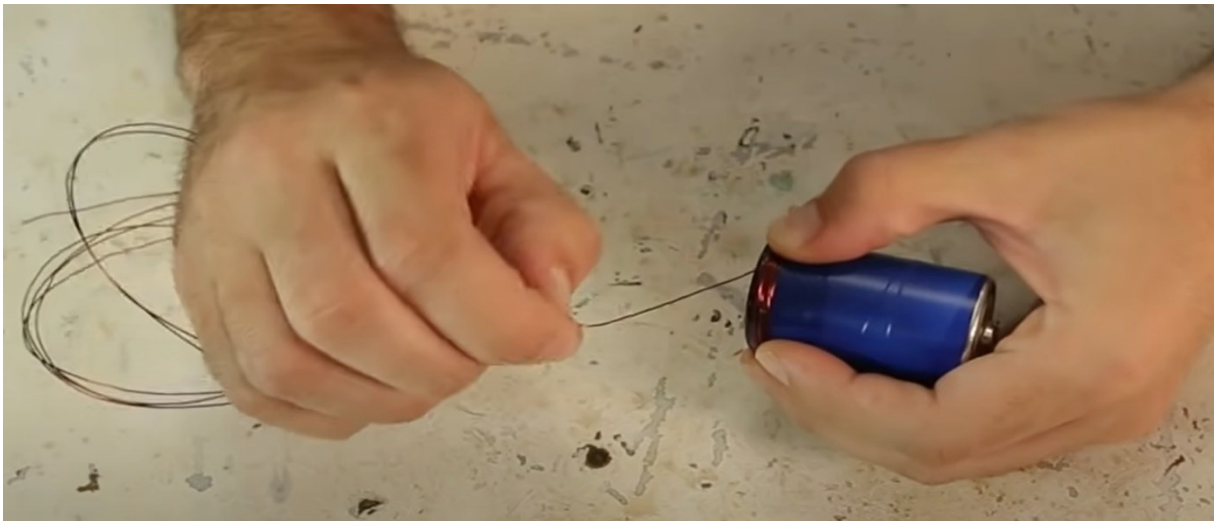


Figura 1: Imagem retirada do vídeo do manual do mundo sobre a construção de um motor elétrico simples.

4.2 - Construa um suporte com o arame para a bobina, fixe-o com ajuda dos pregos para que não caia.

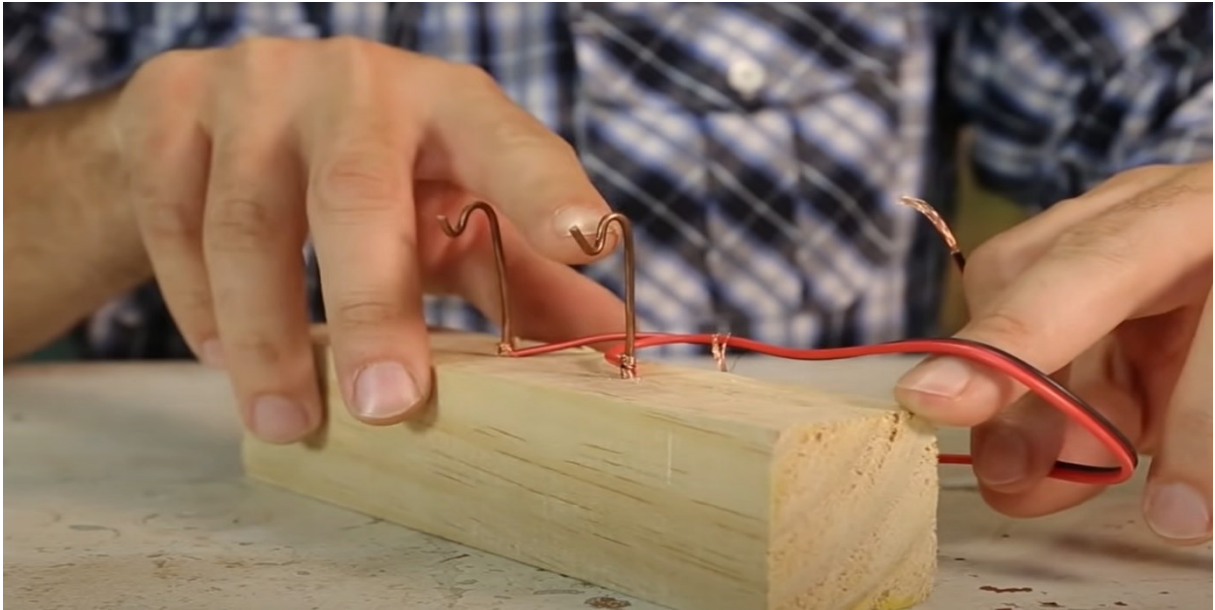


Figura 2: Imagem retirada do vídeo do manual do mundo sobre a construção de um motor elétrico simples.

4.3 - Com a ajuda da fita-crepe coloque a pilha no suporte de madeira e em seguida ligue as extremidades do arame nos polos da pilha.

4.5- Se aproximarmos mais o ímã da bobina do motor, o mesmo produzirá um torque maior? Por quê?

4.6- Aumentando o número de espiras no motor, este desenvolve um maior torque?

4.7- Aumentando a corrente elétrica que percorre o motor, este desenvolve maior torque?

5. Referência

Uol – Roteiro experimental para construir um motor elétrico simples.

Disponível em:

<https://educador.brasilescola.uol.com.br/estrategias-ensino/motor-eletrico.htm>

Acessado em: 15 de setembro de 2022.

2. Objetivos

- Identificar os diferentes tipos de ímã;
- Diferenciar os materiais que sofrem a ação magnética dos materiais que não sofrem a ação magnética,
- Identificar os magnéticos do ímã e suas interrelações,

3. Materiais

- Ímãs de ferrite
- Ímã de Neodímio.
- Alumínio.
- Ferro.
- Cobre.
- Latão.
- Plástico.
- Aço
- Vidro
- Bússola
- Giletes
- Outros materiais disponíveis na sala.

4. Procedimento

4.1- Neste experimento o mais importante é selecionar os diversos materiais que foram disponibilizados, separando-os em materiais que sofrem interação magnética, daqueles que não sofre interação magnética. Após a separação dos materiais, identificar utilizando a pesquisa prévia, quais são ferromagnéticos e quais são paramagnéticos ou diamagnéticos.

4.2- Em seguida faça uma lista com os materiais ferromagnéticos.

4.3 - Faça teste em relação a polaridade dos ímãs utilizando a bússola.

4.4 - Imante uma gilete usando o ímã de neodímio passando o mesmo polo cerca de 20 vezes ao redor da lâmina, faça o mesmo utilizando outros materiais, identifique quais foram imantados.

5. Referência

BONADIMAN, Hélio. Eletricidade: um ensino experimental / Hélio Bonadiman; colaboração. Luiz Antonio Rasia. 3ª ed. Ijuí: Editora UNIJUI, 1997.