



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

FRANCISCO JOSÉ DA ROCHA

**A APRENDIZAGEM COOPERATIVA: UMA ESTRATÉGIA PARA O ESTUDO DO
ELETROMAGNETISMO NO ENSINO MÉDIO**

FORTALEZA

2016



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

FRANCISCO JOSÉ DA ROCHA

**A APRENDIZAGEM COOPERATIVA: UMA ESTRATÉGIA PARA O ESTUDO DO
ELETROMAGNETISMO NO ENSINO MÉDIO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal do Ceará (UFC) como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática.

Área de concentração: Ensino de Ciências e Matemática.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Silvany Bastos Santiago.

Coorientadora: Prof^ª. Dr^ª. Eloneid Felipe Nobre.

FORTALEZA

2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- R573a Rocha, Francisco José da.
A Aprendizagem Cooperativa : uma estratégia para o estudo do Eletromagnetismo no ensino médio /
Francisco José da Rocha. – 2016.
270 f. : il. color.
- Dissertação (Mestrado Profissional) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de
Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Fortaleza, 2016.
Orientação: Profa. Dra. Silvany Bastos Santiago.
Coorientação: Profa. Dra. Eloneid Felipe Nobre.
1. Aprendizagem Cooperativa. 2. Eletromagnetismo. 3. Ensino de Física. I. Título.

CDD 372

FRANCISCO JOSÉ DA ROCHA

A APRENDIZAGEM COOPERATIVA: UMA ESTRATEGIA PARA O ESTUDO DO
ELETROMAGNETISMO NO ENSINO MEDIO

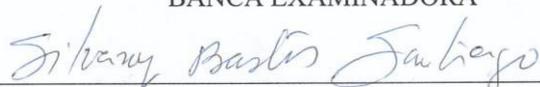
Dissertação de Mestrado apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em Ensino de
Ciências e Matemática da Universidade Federal
do Ceará, como requisito parcial para obtenção
do Título de Mestre em Ensino de Ciências e
Matemática.

Área de concentração: Ensino de Ciências e
Matemática.

Orientadora: Profa. Dra. Silvany Bastos
santiago

Aprovada em: 25/11/2016.

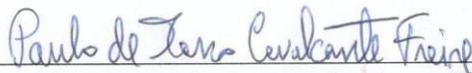
BANCA EXAMINADORA



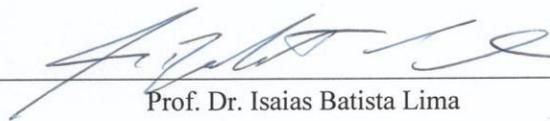
Profa. Dra. Silvany Bastos Santiago (Orientadora)
IFCE



Profa. Dra. Eloneid Felipe Nobre (Co-Orientadora)
Universidade Federal do Ceará – UFC



Prof. Dr. Paulo de Tarso Cavalcante Freire
Membro Interno – UFC



Prof. Dr. Isaias Batista Lima
Membro Interno – UFC



Profa. Dra. Geandra Cláudia Silva Santos
Membro Externo – UECE

A Deus

Aos meus pais Antônio e Raimunda

À minha esposa Auricélia

Aos meus filhos Victor e Henrique

AGRADECIMENTOS

A Deus, por tudo.

À Prof^a. Dr^a. Silvany Bastos Santiago (Orientadora), pela excelente orientação.

À Prof^a. Dr^a. Eloneid Felipe Nobre (Coorientadora), pela fundamental colaboração e orientação.

Aos professores participantes da banca examinadora Dr. Paulo de Tarso Cavalcante Freire, Dr. Isaías Batista de Lima e Dr^a. Geandra Cláudia Silva Santos pelas relevantes e enriquecedoras observações.

À minha família, pelo apoio durante todo o tempo da realização deste trabalho.

Aos colegas e professores do Curso de Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática pela intensidade e relevância dos debates em sala de aula.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	- Cargas fontes e carga de prova.....	57
Figura 2	- Vetor força entre as cargas puntiformes Q_1 e Q_2	58
Figura 3	- Linhas de força em um dipolo elétrico.....	60
Figura 4	- Superfície de forma arbitrária imersa em um campo elétrico não-uniforme \mathbf{E}	60
Figura 5	- As linhas de força em um dipolo elétrico.....	62
Figura 6	- Uma linha carregada infinita.....	62
Figura 7	- Uma placa não-condutora carregada infinita.....	63
Figura 8	- Seção reta de uma distribuição de cargas esfericamente simétrica em um material não-condutor.....	64
Figura 9	- Deslocamento de uma carga pontual Q em um campo elétrico \mathbf{E}	66
Figura 10	- Carga elétrica puntiforme positiva geradora de um campo elétrico..	68
Figura 11	- Superfícies equipotenciais.....	69
Figura 12	- Condutor de seção reta uniforme sob um campo elétrico \mathbf{E} aplicado.....	70
Figura 13	- Gráfico mostrando a diferença de potencial x corrente em um material que obedece à lei de Ohm.....	73
Figura 14	- Gráfico mostrando a diferença de potencial x corrente em um material que não obedece à lei de ohm.....	74
Figura 15	- Uma diferença de potencial V aplicada a um condutor.....	74
Figura 16	- Fluxo que sai de uma superfície fechada devido: a) carga elétrica isolada b) carga magnética.....	77
Figura 17	- Duas distribuições arbitrárias de corrente, i_1 e i_2	78
Figura 18	- Elemento de campo magnético $d\mathbf{B}$, gerado por um elemento de corrente no ponto P	79
Figura 19	- Determinando a orientação de $d\mathbf{B}$ utilizando a regra da mão direita.....	80

Figura 20	- Elemento do campo magnético $d\mathbf{B}$ gerado por um elemento de corrente em um fio longo retilíneo no ponto P	81
Figura 21	- A lei de Ampère aplicada a um circuito arbitrário que envolve dois fios, excluindo um terceiro fio.....	83
Figura 22	- Fio longo retilíneo percorrido por uma corrente uniformemente distribuída sobre a sua seção reta circular.....	84
Figura 23	- O campo magnético calculado para um fio longo retilíneo percorrido uniformemente por uma corrente.....	85
Figura 24	- Solenoide.....	86
Figura 25	- Toroide.....	87
Figura 26	- Detalhes da estrutura interna de um toroide.....	88
Figura 27	- Um fio flexível passando entre os polos de um ímã.....	89
Figura 28	- Visão ampliada de um comprimento L de um condutor percorrido por uma corrente elétrica em um campo magnético.....	89
Figura 29	- Espira retangular plana em um campo elétrico uniforme.....	91
Figura 30	- As linhas de \mathbf{B} devido a um dipolo magnético: (a) Uma pequena espira de corrente com $\boldsymbol{\mu} = I\mathbf{S}$; (b) um ímã com $\boldsymbol{\mu} = Q_m l$	93
Figura 31	- Um ímã em um campo magnético externo.....	93
Figura 32	- Momento de um dipolo magnético em um volume Δv : (a) Antes da aplicação de \mathbf{B} ; (b) após a aplicação de \mathbf{B}	97
Figura 33	- Domínios magnéticos.....	98
Figura 34	- Curva de magnetização $B - H$ típica.....	99
Figura 35	- Circuito mostrando a fem que produz um campo \mathbf{E}_f e um campo eletrostático \mathbf{E}_e	101
Figura 36	- Fem induzida em uma espira estacionária em um campo magnético \mathbf{B} variável no tempo.....	103
Figura 37	- Fem induzida devido a uma espira que se movimenta em um campo magnético \mathbf{B} estático.....	103
Figura 38	- Máquina de corrente contínua.....	104

Figura 39	- Lei de Lenz aplicada a um ímã em movimento próximo a uma espira: (a) ímã se aproxima da espira, e é repelido; (b) ímã se afasta da espira, e é atraído.....	106
Figura 40	- Campo magnético gerado por um circuito elétrico.....	107
Figura 41	- Comportamento de uma espira em queda.....	109
Figura 42	- Dispositivo capaz de gerar ondas eletromagnéticas.....	112
Figura 43	- Os campos E e B irradiados por um dipolo elétrico.....	112
Figura 44	- Representação de uma onda plana se propagando com detalhes dos vetores B e E	113
Figura 45	- Planilha destacando a fórmula para o cálculo dos pontos de superação individual.....	133
Figura 46	- Planilha destacando a fórmula para o cálculo da média dos pontos de superação da equipe.....	133
Figura 47	- Planilha destacando um exemplo do cálculo dos pontos de superação da equipe.....	134
Figura 48	- Mapa conceitual dos procedimentos para a construção da média final.....	134

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	- Frequência de alunos da TE por aula realizada.....	139
Gráfico 2	- Frequência de alunos da TC por aula realizada.....	140
Gráfico 3	- Local de nascimento dos alunos na TC.....	141
Gráfico 4	- Distribuição dos alunos por sexo na TC.....	141
Gráfico 5	- Distribuição dos alunos por faixa etária na TC.....	141
Gráfico 6	- Distribuição dos alunos por estado civil na TC.....	142
Gráfico 7	- Cor declarada na TC.....	142
Gráfico 8	- Formação escolar no Ensino Fundamental na TC.....	142
Gráfico 9	- Formação do pai do aluno na TC.....	143
Gráfico 10	- Formação da mãe do aluno na TC.....	143
Gráfico 11	- Total de moradores por residência na TC.....	144
Gráfico 12	- Contribuição para a renda familiar na TC.....	144
Gráfico 13	- Quantidade de salários mínimos por renda familiar na TC.....	145
Gráfico 14	- Local de nascimento dos alunos na TE.....	145
Gráfico 15	- Distribuição dos alunos por sexo na TE.....	146
Gráfico 16	- Distribuição dos alunos por faixa etária na TE.....	146
Gráfico 17	- Distribuição dos alunos por estado civil na TE.....	147
Gráfico 18	- Cor declarada na TE.....	147
Gráfico 19	- Distribuição dos alunos pela formação no Ensino Fundamental na TE.....	147
Gráfico 20	- Formação do pai do aluno na TE.....	148
Gráfico 21	- Formação da mãe do aluno na TE.....	148
Gráfico 22	- Total de moradores por residência na TE.....	149
Gráfico 23	- Contribuição para a renda familiar na TE.....	149
Gráfico 24	- Quantidade de salários mínimos por renda familiar na TE.....	150
Gráfico 25	- Porcentagem dos alunos da TC que responderam corretamente cada questão do pré-teste.....	152
Gráfico 26	- Porcentagem dos alunos da TC que acertaram cada questão do questionário pré-teste.....	153
Gráfico 27	- Porcentagem dos alunos da TE que responderam corretamente cada questão do pré-teste.....	154

Gráfico 28	- Porcentagem dos alunos da TE pelo número de questões respondidas corretamente no pré-teste.....	155
Gráfico 29	- Comparativo entre a TE e a TC referente ao número de alunos pelo número de questões respondidas corretamente no pré-teste.....	155
Gráfico 30	- Comparativo dos resultados do pré-teste entre a TC e a TE referente à porcentagem de alunos por questão específica.....	156
Gráfico 31	- Comparativo entre a nota 1 e a nota do mini teste 2.....	158
Gráfico 32	- Comparativo entre a nota 2 e a nota do mini teste 3.....	163
Gráfico 33	- Comparativo entre a nota 3 e a nota do mini teste 4.....	167
Gráfico 34	- Comparativo entre a nota final e a média dos Mini Testes.....	171
Gráfico 35	- Distribuição dos alunos da TC pela porcentagem de acertos na prova bimestral.....	174
Gráfico 36	- Distribuição dos alunos da TE pela porcentagem de acertos na prova bimestral.....	175
Gráfico 37	- Comparativo do número de alunos pela porcentagem de questões respondidas corretamente na avaliação bimestral na TC e na TE.....	175
Gráfico 38	- Comparativo entre os resultados na prova bimestral entre a TC e a TE.....	176
Gráfico 39	- Porcentagem de alunos da TC por quantidade de questões respondidas corretamente no pós-teste.....	178
Gráfico 40	- Número de alunos da TC por quantidade de questões respondidas corretamente no pós-teste.....	179
Gráfico 41	- Porcentagem de alunos da TE que responderam cada questão do pós-teste corretamente.....	180
Gráfico 42	- Quantidade de alunos da TE por quantidade de questões respondidas corretamente no pós-teste.....	181
Gráfico 43	- Comparativo entre a TE e a TC referente à porcentagem de alunos por cada questão respondida corretamente no pós-teste.....	181
Gráfico 44	- Comparativo entre a TE e a TC referente ao número de alunos pelo número de questões respondidas corretamente no pós-teste.....	182

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	- Evolução histórica do ensino de Ciências.....	39
Quadro 2	- Linha do tempo do ensino de Ciências no Brasil.....	40
Quadro 3	- Metodologias mais comuns no ensino de Ciências dos últimos 50 anos.....	41
Quadro 4	- Dados coletados junto à Comissão de Concursos e Ingresso ao Magistério do ensino secundário e normal da Secretaria de Educação do Estado de São Paulo.....	47
Quadro 5	- Competências na área de Física – Símbolos, códigos e nomenclaturas de ciência e tecnologia.....	51
Quadro 6	- Competências na área de Física – Símbolos, códigos e nomenclaturas de ciência e tecnologia.....	51
Quadro 7	- Competências na área de Física – Símbolos, códigos e nomenclaturas de ciência e tecnologia.....	52
Quadro 8	- Competências na área de Física – Símbolos, códigos e nomenclaturas de ciência e tecnologia.....	52
Quadro 9	- Competências na área de Física – Símbolos, códigos e nomenclaturas de ciência e tecnologia.....	53
Quadro 10	- Competências na área de Física – Símbolos, códigos e nomenclaturas de ciência e tecnologia.....	53
Quadro 11	- Competências na área de Física – Símbolos, códigos e nomenclaturas de ciência e tecnologia.....	54
Quadro 12	- Competências na área de Física – Símbolos, códigos e nomenclaturas de ciência e tecnologia.....	54
Quadro 13	- Competências na área de Física – Símbolos, códigos e nomenclaturas de ciência e tecnologia.....	55
Quadro 14	- Cronograma de desenvolvimento das aulas.....	120
Quadro 15	- Plano de aula 1	121
Quadro 16	- Plano de aula 2	122
Quadro 17	- Plano de aula 3.....	123
Quadro 18	- Plano de aula 4.....	124
Quadro 19	- Plano de aula 5.....	125

Quadro 20	- Plano de aula 6.....	126
Quadro 21	- Plano de aula 7.....	127
Quadro 22	- Plano de aula 8.....	128
Quadro 23	- Formulário para a auto avaliação e avaliação do grupo.....	135
Quadro 24	- Distribuição nas aulas e composição do produto educacional – Aulas 1 e 2.....	137
Quadro 25	- Distribuição nas aulas e composição do produto educacional – Aulas 3 e 4.....	137
Quadro 26	- Distribuição nas aulas e composição do produto educacional – Aulas 5 e 6.....	138
Quadro 27	- Distribuição nas aulas e composição do produto educacional – Aulas 7 e 8.....	138
Quadro 28	- Orientações para o cálculo das pontuações de superação individual e do grupo.....	156
Quadro 29	- Critérios para pontuação de superação individual.....	158
Quadro 30	- Pontuação suplementar individual baseada na média da equipe.....	159
Quadro 31	- Cálculo da pontuação individual de superação para a nota 1.....	160
Quadro 32	- Cálculo da pontuação individual de superação para a nota 2.....	164
Quadro 33	- Cálculo da pontuação individual de superação para a nota 3.....	168
Quadro 34	- Fórmula de cálculo da média bimestral do aluno.....	172
Quadro 35	- Formulário para a auto avaliação e avaliação do grupo.....	183
Quadro 36	- Resumo das constatações qualitativas sobre o grupo 01 na aula 2...	184
Quadro 37	- Resumo das constatações qualitativas sobre o grupo 02 na aula 2....	185
Quadro 38	- Resumo das constatações qualitativas sobre o grupo 03 na aula 2....	186
Quadro 39	- Resumo das constatações qualitativas sobre o grupo 04 na aula 2....	187
Quadro 40	- Resumo das constatações qualitativas sobre o grupo 05 na aula 2....	188
Quadro 41	- Resumo das constatações qualitativas sobre o grupo 06 na aula 2....	189
Quadro 42	- Resumo das constatações qualitativas sobre o grupo 07 na aula 2....	190
Quadro 43	- Resumo das constatações qualitativas sobre o grupo 01 na aula 4....	191
Quadro 44	- Resumo das constatações qualitativas sobre o grupo 02 na aula 4....	192
Quadro 45	- Resumo das constatações qualitativas sobre o grupo 03 na aula 4....	193
Quadro 46	- Resumo das constatações qualitativas sobre o grupo 04 na aula 4....	194
Quadro 47	- Resumo das constatações qualitativas sobre o grupo 05 na aula 4....	195

Quadro 48	- Resumo das constatações qualitativas sobre o grupo 06 na aula 4....	196
Quadro 49	- Resumo das constatações qualitativas sobre o grupo 07 na aula 4....	197
Quadro 50	- Resumo das constatações qualitativas sobre o grupo 01 na aula 6....	198
Quadro 51	- Resumo das constatações qualitativas sobre o grupo 02 na aula 6....	199
Quadro 52	- Resumo das constatações qualitativas sobre o grupo 03 na aula 6....	200
Quadro 53	- Resumo das constatações qualitativas sobre o grupo 04 na aula 6....	201
Quadro 54	- Resumo das constatações qualitativas sobre o grupo 05 na aula 6....	202
Quadro 55	- Resumo das constatações qualitativas sobre o grupo 06 na aula 6....	203
Quadro 56	- Resumo das constatações qualitativas sobre o grupo 07 na aula 6....	204
Quadro 57	- Resumo das constatações qualitativas sobre o grupo 01 na aula 8....	205
Quadro 58	- Resumo das constatações qualitativas sobre o grupo 02 na aula 8....	206
Quadro 59	- Resumo das constatações qualitativas sobre o grupo 03 na aula 8....	207
Quadro 60	- Resumo das constatações qualitativas sobre o grupo 04 na aula 8....	208
Quadro 61	- Resumo das constatações qualitativas sobre o grupo 05 na aula 8....	209
Quadro 62	- Resumo das constatações qualitativas sobre o grupo 06 na aula 8....	210
Quadro 63	- Resumo das constatações qualitativas sobre o grupo 07 na aula 8....	211
Quadro 64	- Distribuição do total de alunos por questionamento na auto avaliação da aula 2.....	212
Quadro 65	- Distribuição do total de alunos por questionamento na auto avaliação da aula 4.....	213
Quadro 66	- Distribuição do total de alunos por questionamento na auto avaliação da aula 6.....	214
Quadro 67	- Distribuição do total de alunos por questionamento na auto avaliação da aula 8.....	215
Quadro 68	- Distribuição do número de alunos quanto à avaliação do grupo na aula 2.....	216
Quadro 69	- Distribuição do número de alunos quanto à avaliação do grupo na aula 4.....	216
Quadro 70	- Distribuição do número de alunos quanto à avaliação do grupo na aula 6.....	217
Quadro 71	- Distribuição do número de alunos quanto à avaliação do grupo na aula 8.....	217

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	- Forma geral das equações de Maxwell.....	110
Tabela 2	- O espectro eletromagnético.....	111
Tabela 3	- Controle da frequência da TE durante a pesquisa.....	139
Tabela 4	- Controle da frequência da TC durante a pesquisa.....	140
Tabela 5	- Porcentagem de alunos da TC que acertaram cada questão.....	151
Tabela 6	- Detalhamento da nota atingida pela TC.....	152
Tabela 7	- Porcentagem de alunos da TE que acertaram por questão.....	153
Tabela 8	- Detalhamento da nota atingida pela TE.....	154
Tabela 9	- Folha de cálculo das pontuações de superação para a nota 1.....	157
Tabela 10	- Cálculo da nova nota do mini teste 2 (mini teste 1) com acréscimo do valor encontrado a partir do quadro 1.....	161
Tabela 11	- Folha de cálculo das pontuações de superação para a nota 2.....	162
Tabela 12	- Cálculo da nova nota do mini teste 3 (mini teste 3 com acréscimo do valor encontrado a partir do quadro 1).....	165
Tabela 13	- Folha de cálculo das pontuações de superação para a nota 3.....	166
Tabela 14	- Cálculo da nova nota do mini teste 4 (mini teste 4 com acréscimo do valor encontrado a partir do quadro 1).....	169
Tabela 15	- Cálculo da nota final.....	170
Tabela 16	- Distribuição de alunos por intervalos na nota final geral na TE.....	171
Tabela 17	- Distribuição de alunos por intervalos na nota final por grupos na TE.....	171
Tabela 18	- Resumo de acertos na prova bimestral do 3º bimestre de 2015.....	173
Tabela 19	- Porcentagem de alunos da TC que acertaram por questão.....	177
Tabela 20	- Detalhamento da nota atingida pela TC.....	178
Tabela 21	- Porcentagem de alunos da TE que acertaram por questão.....	179
Tabela 22	- Detalhamento da nota atingida pela TE.....	180

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AM	Amplitude modulada
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CLT	Consolidação das Leis do Trabalho
CNPQ	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
EM	Eletromagnético
EMBRAER	Empresa Brasileira de Aeronáutica
EMBRAPA	Empresa Brasileira de pesquisa Agropecuária
FM	Frequência modulada
LDBEN	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
MCT&I	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
MEC	Ministério da Educação e Cultura
MT1	Mini teste 1
MT2	Mini teste 2
MT3	Mini teste 3
MT4	Mini teste 4
PCNEM	Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio
PCNEM+	Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio Mais
PRECE	Programa de Educação em células Cooperativas
SBPC	Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência
SEDUC	Secretaria da Educação Básica do Estado do Ceará
SI	Sistema Internacional de Unidades
STAD	Divisão de alunos por equipes para o sucesso
TC	Turma de Controle
TE	Turma Experimental
UFC	Universidade Federal do Ceará
UHF	Ultra High Frequency
VHF	Very High Frequency

RESUMO

Esta pesquisa teve por objetivo proporcionar aos alunos do 3º ano do ensino médio, em uma escola pública estadual em Fortaleza, a compreensão de conceitos do Eletromagnetismo através dos princípios da proposta metodológica da Aprendizagem Cooperativa. Tendo como princípio o desenvolvimento de habilidades sociais no trabalho em grupo, criando uma interdependência positiva, os resultados foram influenciados pelo desempenho da equipe e de cada aluno, a Aprendizagem Cooperativa mostrou-se adequada ao ensino de Física. Os tópicos abordados neste estudo foram o campo magnético, a lei de Ampère, a lei de Faraday e as ondas eletromagnéticas. Para a realização desta pesquisa o método utilizado foi o Student Team–Achievement Divisions (STAD). A realização desta pesquisa constatou a compreensão dos conceitos do Eletromagnetismo, bem como o desenvolvimento de habilidades sociais necessárias ao trabalho em grupo que favoreceram à aprendizagem dos conceitos do Eletromagnetismo. O produto final é um manual de orientação para o ensino do Eletromagnetismo, disponibilizando a sequência de ensino, práticas experimentais e formulários para registro do rendimento, utilizando a metodologia da Aprendizagem Cooperativa.

Palavras-chave: Aprendizagem Cooperativa, Eletromagnetismo, Ensino de Física.

ABSTRACT

This research aimed to provide the students of the 3rd year of high school, in a state school in Fortaleza, with comprehension of concepts of electromagnetism through the principles of the methodology proposed by the Cooperative Learning. Having as principle the development of social skills in teamwork, creating a positive interdependence, the results were influenced by the performance of the team and each student. Cooperative learning is shown to be suitable for the teaching of physics. Topics covered in this study were the magnetic field, Ampere's law, Faraday's law and electromagnetic waves. For this research the method used was the Student Team-Achievement Divisions (STAD). This research noticed comprehension of the concepts of electromagnetism, as well as the development of social skills needed to work in groups that favored the learning of concepts of electromagnetism. The final product is a handbook for Electromagnetism teaching, providing the teaching sequence, experimental practices and forms for performance record, using the methodology of Cooperative Learning.

Keywords: Cooperative Learning, Electromagnetism, Physics Teaching.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	18
2	A APRENDIZAGEM COOPERATIVA.....	23
2.1	O estudo em grupo de forma cooperativa.....	23
2.2	Breve histórico da Aprendizagem Cooperativa.....	26
2.2.1	<i>O método Divisão de Alunos por Equipes para o Sucesso (STAD).....</i>	30
3	O ENSINO DE CIÊNCIAS NO BRASIL.....	31
3.1	Uma abordagem histórica do ensino de Ciências no Brasil.....	31
3.1.1	<i>O Ensino de Ciências no Brasil.....</i>	37
4	O ENSINO DA FÍSICA NO BRASIL.....	43
4.1	Uma abordagem histórica do Ensino de Física no Brasil.....	43
5	ELETROMAGNETISMO.....	56
5.1	O campo elétrico.....	56
5.1.1	<i>A lei de Coulomb e a intensidade do campo elétrico.....</i>	57
5.1.2	<i>A lei de Gauss.....</i>	60
5.1.3	<i>Relação entre o campo elétrico e o potencial elétrico.....</i>	66
5.1.4	<i>Superfícies equipotenciais.....</i>	69
5.1.5	<i>Campos elétricos em meios materiais.....</i>	70
5.1.5.1	<i>A corrente elétrica.....</i>	70
5.1.5.2	<i>A resistência elétrica.....</i>	71
5.1.5.3	<i>A lei de Ohm.....</i>	73
5.2	O campo magnético.....	76
5.2.1	<i>Os polos magnéticos.....</i>	76
5.3	O Eletromagnetismo.....	77
5.3.1	<i>A lei de Biot-Savart.....</i>	77
5.3.2	<i>A lei de Ampère.....</i>	82
5.3.2.1	<i>Algumas aplicações da lei de Ampère: solenoide e toroide.....</i>	85
5.3.3	<i>Forças devido a campos magnéticos.....</i>	89
5.3.4	<i>Torque e momentos magnéticos.....</i>	91
5.3.5	<i>O dipolo magnético.....</i>	93
5.3.6	<i>Magnetização em materiais.....</i>	94

5.3.6.1	<i>Classificação dos materiais magnéticos.....</i>	96
5.3.7	<i>A lei de Faraday.....</i>	99
5.3.7.1	<i>A lei de Lenz.....</i>	105
5.3.7.2	<i>A indutância.....</i>	107
5.3.7.3	<i>Correntes parasitas.....</i>	108
5.4	<i>As equações de Maxwell.....</i>	109
5.5	<i>Ondas eletromagnéticas.....</i>	111
5.5.1	<i>O vetor de Poynting.....</i>	114
6	METODOLOGIA.....	116
6.1	<i>Cenário da pesquisa.....</i>	117
6.1.1	<i>Detalhamento das fases do método STAD.....</i>	118
6.2	<i>Atividades em sala de aula.....</i>	120
6.2.1	<i>Aulas 1 e 2: o campo magnético.....</i>	121
6.2.2	<i>Aulas 3 e 4: a lei de Ampère.....</i>	123
6.2.3	<i>Aulas 5 e 6: a lei de Faraday.....</i>	125
6.2.4	<i>Aulas 7 e 8: ondas eletromagnéticas.....</i>	127
6.3	<i>Descrição sistemática das aulas.....</i>	129
6.3.1	<i>Detalhamento do processo para a obtenção da média final.....</i>	132
6.4	<i>Aplicação da avaliação individual e coletiva sobre a metodologia da Aprendizagem Cooperativa utilizando o método STAD.....</i>	135
7	DESCRIÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL.....	137
7.1	<i>Material de apoio e orientação para demonstrações e experimentações.....</i>	137
8	RESULTADOS.....	139
8.1	<i>Levantamento socioeconômico.....</i>	140
8.1.1	<i>Dados da Turma de Controle (TC).....</i>	141
8.1.2	<i>Dados da Turma Experimental (TE).....</i>	145
8.2	<i>Análise dos questionários pré-testes.....</i>	151
8.2.1	<i>Questionários pré-testes da Turma de Controle (TC).....</i>	151
8.2.2	<i>Questionários pré-testes da Turma Experimental (TE).....</i>	153
8.3	<i>Análise das notas obtidas ao longo da aplicação das aulas.....</i>	156
8.3.1	<i>Calculo da pontuação de superação individual.....</i>	158
8.3.2	<i>Composição das notas finais.....</i>	159

8.3.2.1	<i>Detalhamento da sequência para obtenção da nota 1.....</i>	159
8.3.2.2	<i>Detalhamento da sequência para obtenção da nota 2.....</i>	162
8.3.2.3	<i>Detalhamento da sequência para obtenção da nota 3.....</i>	166
8.3.2.4	<i>Cálculo e análise da nota final da unidade didática Eletromagnetismo.....</i>	170
8.4	<i>Análise dos resultados obtidos na avaliação bimestral do 3º bimestre de 2015.....</i>	173
8.5	<i>Análise dos questionários pós-testes.....</i>	177
8.5.1	<i>Análise dos questionários pós-testes da Turma de Controle (TC).....</i>	177
8.5.2	<i>Análise dos questionários pós-testes da Turma Experimental (TE)....</i>	179
8.6	<i>Análise das impressões dos alunos sobre a metodologia da Aprendizagem Cooperativa.....</i>	183
8.6.1	<i>Impressões dos alunos sobre o trabalho em grupo na metodologia da Aprendizagem Cooperativa na aula 2 – O campo magnético.....</i>	184
8.6.2	<i>Impressões dos alunos sobre o trabalho em grupo na metodologia da Aprendizagem Cooperativa na aula 4 - A lei de Ampère.....</i>	191
8.6.3	<i>Impressões dos alunos sobre o trabalho em grupo na metodologia da Aprendizagem Cooperativa na aula 6 – A lei de Faraday.....</i>	198
8.6.4	<i>Impressões dos alunos sobre o trabalho em grupo na metodologia da Aprendizagem Cooperativa na aula 8 – Ondas eletromagnéticas.....</i>	205
8.6.5	<i>Resultados das auto avaliações dos alunos da TE</i>	212
8.6.6	<i>Resultados das avaliações do trabalho de grupo pelos seus componentes.....</i>	216
9	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	218
	REFERÊNCIAS.....	224
	APÊNDICES.....	228
	ANEXOS.....	233

1 INTRODUÇÃO

O ensino de Física atravessa uma transição quanto à aplicação de novas abordagens na busca da melhoria da aprendizagem. As formas de se ensinar ciência, em particular a Física, estão sendo direcionadas ao envolvimento, no ensino, de tecnologias que facilitem o aprendizado dos conteúdos, considerando situações cotidianas vivenciadas pelos os alunos. O ensino de Física, desenvolvido por meio do uso experimental de inovações tecnológicas, pode incrementar a aprendizagem, aproveitando o maior interesse do estudante em construir o seu conhecimento, sendo esta a motivação deste trabalho.

A presente pesquisa realizou o estudo do Eletromagnetismo por meio de projetos coletivos desenvolvidos com a metodologia da Aprendizagem Cooperativa. A metodologia da Aprendizagem Cooperativa utilizada promoveu um estudo ativo do aluno compartilhado com um grupo de estudo sob a supervisão do professor.

A Aprendizagem Cooperativa adota uma sequência de atividades que se inicia desde a exposição do conteúdo pelo professor até ao trabalho cooperativo dos alunos em grupos de forma interdependente. Permite incluir, nas práticas, projetos envolvendo ciência e tecnologia em que a construção de um produto final pôde ser compartilhada com os componentes dos grupos e apresentado a toda a turma. O conhecimento construído incluiu o domínio dos princípios científicos envolvidos no funcionamento dos aparelhos e instrumentos disponíveis para uso pelo cidadão moderno.

Assim, cada grupo pôde participar da construção dos projetos propostos pelo professor envolvendo a aplicação das novas tecnologias envolvidas no estudo do Eletromagnetismo, desde a sua montagem experimental até a interpretação dos conceitos envolvidos em seu funcionamento.

O moderno ensino de Física deve priorizar a aplicação de metodologias que conduzam ao aprendizado através do domínio das novas tecnologias que se apresentam como signos específicos e que, cada vez mais, são introduzidas no cotidiano, já que “a verdadeira essência da memória humana está no fato de os seres humanos serem capazes de lembrar ativamente com a ajuda dos signos”. (VYGOTSKY, 2010, p. 50). Proporcionando-se um ensino que permita a utilização de elementos de cunho científico e tecnológico, comum ao cotidiano dos alunos, uma cultura científica pode ser construída ao longo de sua formação acadêmica.

A Física deve ser apresentada ao estudante de forma que ele perceba o caráter de uma construção histórica desse conhecimento, visto que “o desenvolvimento histórico do homem é parte do desenvolvimento histórico geral de nossa espécie e assim deve ser

entendido”. (VYGOTSKY, 2010, p. 62). Dessa forma, elementos da história da Física podem ser apresentados aos alunos com destaque para a participação de seus atores na construção da ciência, sendo as suas participações efetivas ressaltadas ao longo das discussões sobre os conceitos estudados, dando ao aluno a completa noção de uma construção científica coletiva e cooperativa.

O ensino dos conteúdos científicos requer abordagens que envolvam a aplicação de experimentações que envolvam processos de pesquisa e conclusões sobre as causas dos fenômenos, pois “a análise psicológica de objetos deve ser diferenciada da análise de processos, a qual requer uma exposição dinâmica dos principais pontos constituintes da história dos processos” (VYGOTSKY, 2010, p. 63). A capacitação para apresentar de forma dinâmica, permeando todos os conceitos e processos de pesquisa, deve ser buscada pelo professor pesquisador de sua prática.

A possibilidade, ao longo de sua prática, da troca de experiências entre os alunos o professor favorece a aquisição de várias habilidades sociais entre eles, sendo que “o aprendizado é mais do que a aquisição da capacidade de pensar; é a aquisição de muitas capacidades especializadas para pensar sobre várias coisas”. (VYGOTSKY, 2010, p. 92). A troca de experiências entre os alunos desenvolve habilidades necessárias à compreensão e à resolução de situações que envolvam novos problemas a serem enfrentados no futuro.

A observação realizada pelo professor da condição de desenvolvimento intelectual de cada aluno favorece a uma melhor aplicação dos conteúdos visando a melhoria da aprendizagem. Delimitando o potencial de cada aluno, o professor poderá implementar o seu ensino de forma a conseguir o maior rendimento, visto que para Vygotsky (2010, p. 98), “a zona de desenvolvimento proximal provê psicólogos e educadores de um instrumento através do qual se pode entender o curso interno do desenvolvimento”. A compreensão da dinâmica da evolução cognitiva do aluno auxilia o educador na abordagem do conteúdo mais apropriada para a fase de maturação apresentada.

A formação heterogênea dos grupos de estudantes, mesclando alunos mais experientes com aqueles que podem chegar ao mesmo nível, deve ser observada pelo professor, pois o contato entre os alunos possibilita a troca de experiências favorece a melhoria da aprendizagem dos alunos com mais dificuldades, visto que “[...] recentemente, no entanto, psicólogos têm demonstrado que uma pessoa só consegue imitar o que está no seu nível de desenvolvimento”. (VYGOTSKY, 2010, p. 100).

No ensino médio na disciplina de Física verifica-se a crescente necessidade do domínio dos conceitos do eletromagnetismo, considerando-se que muitos aparelhos utilizados

cotidianamente funcionam com base em seus princípios. No entanto, a compreensão do eletromagnetismo exige abstração e conhecimentos científicos prévios, exigindo, do professor, uma metodologia de ensino que privilegie o estudo coletivo, elevando as possibilidades de aprendizagem. A problematização, a investigação e a reflexão são elementos que deverão favorecer uma melhor aprendizagem, como também, os diferentes tipos de abordagens metodológicas.

A aprendizagem dos conceitos do Eletromagnetismo consiste em um problema para os alunos do ensino médio, a Aprendizagem Cooperativa pode contribuir para a compreensão dos tópicos apresentados através da ajuda mútua.

Para a realização desta pesquisa foram propostos questionamentos: Como tornar um ensino eficaz baseado no trabalho coletivo pela análise do funcionamento de componentes baseados nas leis do Eletromagnetismo? Quais os projetos mais adequados para a aplicação em sala de aula visando à preparação dos alunos para a vida na sociedade moderna? Quais as habilidades sociais, necessárias à investigação científica, a serem desenvolvidas nos alunos para o estudo coletivo do eletromagnetismo, bem como para estudos posteriores na Física? Os questionamentos apresentados serviram de base para o adequado estudo do Eletromagnetismo. Dessa forma, a metodologia da Aprendizagem Cooperativa possibilitou o desenvolvimento de habilidades sociais necessárias ao estudo coletivo para a aprendizagem dos conceitos do Eletromagnetismo.

As dificuldades de aprendizagem não dizem respeito somente à escassez de conhecimentos prévios de conceitos da Física, algumas habilidades sociais são necessárias à vida em grupo. Este trabalho proporcionou o desenvolvimento de habilidades necessárias à exploração de conhecimentos científicos de forma coletiva: saber ouvir, saber o momento de falar; elogiar o trabalho do colega; trabalhar em equipe, são habilidades sociais importantes.

Visando à aprendizagem dos conceitos do Eletromagnetismo, buscou-se aplicar uma metodologia de ensino que privilegiou o trabalho de forma coletiva e interativa. Assim, esta pesquisa apresentou-se como satisfatória por promover um ensino denso e objetivo, permitindo o desenvolvimento de habilidades fundamentais ao trabalho em grupo, visando à compreensão dos conceitos do Eletromagnetismo, favorecendo à compreensão dos fenômenos naturais presenciados no cotidiano, justificando a sua aplicação.

O objetivo geral desta pesquisa foi proporcionar aos alunos do 3º ano do ensino médio em uma escola pública estadual em Fortaleza, a compreensão de conceitos do Eletromagnetismo através dos princípios da metodologia da Aprendizagem Cooperativa.

Especificamente, objetivou-se também:

- promover o ensino de Física através do trabalho em grupo de alunos desenvolvendo o uso de competências sociais;
- desenvolver projetos experimentais envolvendo elementos simples da robótica educacional na construção do conhecimento dos conceitos do Eletromagnetismo;
- Criar um instrumento para o ensino do Eletromagnetismo de forma coletiva e cooperativa na busca da melhoria da aprendizagem através da metodologia da Aprendizagem Cooperativa pelo método STAD.

A metodologia utilizada foi a Aprendizagem Cooperativa e o método aplicado foi o STAD. A turma foi dividida em grupos de cinco alunos que responderam a um questionário guia de forma cooperativa; realizou uma experimentação prática baseada na explanação do professor e no conhecimento construído na pesquisa para a resposta ao questionário guia e na aplicação de um questionário individual para a avaliação da aprendizagem.

Esta pesquisa consta de nove capítulos. No capítulo 1, foi apresentada uma introdução, que mostra a motivação para a realização deste trabalho; onde ele foi aplicado; para que a pesquisa se concretizou e a quem atenderá com seus resultados; uma fundamentação da metodologia sob a óptica das teorias de aprendizagem, como também os objetivos.

No capítulo 2, explanou-se a metodologia da Aprendizagem Cooperativa, como também, especificamente, uma apresentação do método denominado por Lopes e Silva (2009) de *Divisão dos alunos por equipes para o sucesso (STAD)*, dando a real dimensão e abrangência das técnicas de ensino.

No capítulo 3, mostrou-se um histórico do ensino de Ciências no Brasil, constando os movimentos e eventos de relevância para o seu desenvolvimento.

No capítulo, 4 expressou-se a evolução do ensino de Física na educação brasileira, em que se consideraram as influências de entidades e personagens na busca da adaptação do ensino de Física ao progresso industrial, científico e tecnológico, como também a relação com as orientações dos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM).

No capítulo 5, foi realizada uma análise específica do conteúdo abordado, o Eletromagnetismo, onde se apresentaram as teorias referentes aos campos elétrico e magnético, a lei de Ampère, a lei de Faraday e as ondas eletromagnéticas.

No capítulo 6, foi abordada a metodologia aplicada ao trabalho, onde se apresentam as técnicas e os métodos adotados distribuídos nas fases da pesquisa.

O capítulo 7, apresentou uma descrição detalhada do produto educacional, resultado deste trabalho.

No capítulo 8, foram analisados os resultados apresentados, decorrentes dos questionários respondidos pelos alunos, bem como das observações do pesquisador.

O capítulo 9, apresentou as considerações finais, onde foi realizada uma análise dos resultados obtidos e futuras perspectivas.

O produto educacional resultante deste trabalho consta de um conjunto de formulários para o acompanhamento das atividades dos alunos, de um guia de roteiros experimentais e demonstrações para os professores e alunos, acompanhado de um conjunto de componentes a serem utilizados nas aulas práticas.

2 A APRENDIZAGEM COOPERATIVA

Este capítulo apresenta a fundamentação teórica da Aprendizagem Cooperativa; faz um breve histórico dessa metodologia e apresenta o detalhamento do método utilizado neste trabalho.

2.1 O estudo em grupo de forma cooperativa

A sociedade moderna exige do cidadão cada vez mais capacitação quanto ao uso de novas tecnologias que favoreçam a interação entre cidadãos, posto que “as relações mútuas se diversificam conforme o momento, as tarefas ou o meio” (WALLON, 2010, p. 188).

Para que os indivíduos se apropriem adequadamente do conhecimento necessário ao domínio da ciência e da tecnologia há a necessidade da construção consistente de um conjunto de habilidades sociais que os capacitem convenientemente. A aquisição de habilidades sociais (saber ouvir, falar em voz baixa, compreender os diferentes posicionamentos dos integrantes do grupo) capacita o estudante na busca da formação para a autonomia. Para La Taille (1992, p. 17), “[...] autonomia significa ser capaz de se situar consciente e competentemente na rede dos diversos pontos de vista e conflitos presentes numa sociedade”.

Ao longo de sua formação, o estudante evolui quanto à qualidade do convívio com seus companheiros, “vimos que tal evolução passa por diferenças de qualidade das trocas intelectuais, podendo o indivíduo mais evoluído usufruir plenamente tanto de sua autonomia quanto dos aportes dos outros”. (LA TAILLE, 1992. p. 17). As interações entre os componentes de um grupo favorecem o desenvolvimento intelectual e social de todos.

De forma consistente, a metodologia da Aprendizagem Cooperativa promove a interação construtora da aprendizagem entre o grupo e cada componente. Para La Taille (1992, p. 20) a cooperação, como método, possibilita o encontro de verdades em contraposição à permanência de crenças e dogmas.

A cultura envolvida em uma metodologia que dependa da cooperação requer uma conscientização inicial a respeito das vantagens envolvidas tanto para o grupo, quanto para o próprio indivíduo. Para La Taille (1992, p. 21), “[...] o ser coercitivo ou ser cooperativo, via de regra, depende de uma atitude moral. O indivíduo *deve querer ser cooperativo*”. Neste sentido, cabe ao professor introduzir essa metodologia a partir de uma conscientização inicial de toda a turma sobre as vantagens quanto à melhoria da aprendizagem.

Como afirma La Taille (1992, p. 33), as diferenças qualitativas no modo de pensamento de indivíduos provenientes de diferentes grupos culturais estariam baseadas no instrumental psicológico pertencente ao próprio modo de organização das atividades de cada grupo. As mudanças observadas a partir de um trabalho coletivo cooperativo promovem alterações nas concepções trazidas por cada indivíduo, possibilitando uma nova forma de pensar a partir de novas concepções.

As interações entre os alunos permitem a troca de experiências e o desenvolvimento das habilidades sociais pela aceitação das opiniões dentro do grupo nas ações de resolução de problemas comuns propostos pelo professor. Para La Taille (1992, p. 59), “As relações de cooperação (co-operação, como às vezes escreveu Piaget para sublinhar a etimologia do termo) são simétricas; portanto, regidas pela reciprocidade”. Trata-se, pois, de uma interdependência dentro do grupo de alunos, onde o grupo cresce pela melhoria do desempenho individual em função dos objetivos comuns.

A aquisição do conhecimento com base numa metodologia de cooperação não somente facilita as descobertas pela ajuda mútua, como também desenvolve a troca de experiências e a construção de uma nova estrutura do conhecimento em direção à autonomia, pois, “no que tange a moral, da cooperação derivam o respeito mútuo e a autonomia”. (LA TAILLE, 1992, p. 59).

Tratando da metodologia do professor e das relações em sala de aula La Taille, (1992, P. 60), explica que, “para Piaget, *a gênese do sentimento de obrigatoriedade, portanto do dever, encontra-se nas relações de coação; o bem, por sua vez, é um produto da cooperação*”. As relações envolvendo trocas de experiências e a construção do conhecimento ocorrendo de forma que as interações ocorram cooperativamente se sobressaem sobre a forma tradicional de ensino, onde o professor assume uma atitude que se apresenta como superior em relação ao estudante.

A formação de um indivíduo pleno, em que a sua visão do mundo seja autônoma e baseada no respeito mútuo e coletivo é reforçada na metodologia da aprendizagem cooperativa. Como relata La Taille (1992, p. 61), “o bem, a respeito do qual cada indivíduo chega com uma perspectiva pessoal, é redefinido na relação de cooperação pela mútua coordenação das diferentes perspectivas em jogo”. Para que a educação possa favorecer à formação de uma sociedade pautada no respeito e na confiança mútua, a metodologia de ensino deve considerar o equilíbrio de ideias pautado na coordenação dos diferentes pontos de vista dos alunos numa forma coletiva de construção do conhecimento.

O ensino de Física, pode ser pautado sobre uma metodologia de ensino que permita as interações entre os estudantes elevando a possibilidade de elevar a aprendizagem pelas discussões entre alunos em turmas heterogêneas quanto ao desenvolvimento cognitivo. Conforme propõe Vygotsky (2010, p. 103), é essencial no aprendizado a criação de uma zona de desenvolvimento proximal, dado o despertar de vários processos internos de desenvolvimento na medida que o indivíduo interage com pessoas em seu ambiente e quando em cooperação com seus companheiros. A zona de desenvolvimento proximal está compreendida entre o nível de desenvolvimento que a pessoa pode realizar uma atividade apenas com a ajuda de outra e o nível em que ela pode realizar a atividade sozinha.

No início do século XIX, a proposta da educação contemplava no currículo estudos voltados para a formação de caráter científico, “em 1817 surge o curso de química que englobava as aulas de química industrial, geologia e mineralogia e em 1818 o de desenho técnico, ambos na Bahia” (SAVIANI, 2008, p. 113). Com o advento dos ginásios reforçou-se a intenção de tanto profissionalizar o ensino quanto promover uma educação voltada para os aspectos científicos que surgiam à época. Conforme Saviani (2008, p. 125), “o terceiro grau, denominados ‘ginásios’, compreendia os conhecimentos científicos gerais, como introdução ao estudo aprofundado das ciências [...]”, destaca-se o caráter inovador pela complementação da formação fazendo uso do conteúdo científico.

As teorias da educação influenciam educadores em sua prática pedagógica proporcionando inovações teóricas e filosóficas dando novos rumos à educação. A educação passou a ser orientada a considerar os interesses do aluno de forma coletiva e mais organizada, buscando a construção de uma nova estrutura metodológica que permitisse a construção, pelo aluno, do seu próprio conhecimento e, neste contexto, “a Escola Nova vai ser concebida como uma escola centrada nos interesses do aluno, como uma escola que privilegia o psicológico sobre o lógico, enquanto o tradicional fazia o inverso: privilegiava o lógico sobre o psicológico, (SAVIANI 2004, p. 181). Eram propostas e orientações para o ensino visando à formação de um indivíduo construtor de seu próprio conhecimento.

Perceberam-se as mudanças nas posturas em sala de aula, evidenciando a mudança de orientação quanto aos elementos envolvidos no processo de ensino, pois “daí porque a Escola nova tende a centrar a educação no educando e não no educador (como ocorre na escola tradicional, em que o centro do processo educacional era o educador, o professor.)” (SAVIANI 2004, p. 183). Dessa forma, os papéis se alteram, a condição de protagonista passa assim do professor para o aluno.

A ideia de cooperação crescia em importância no processo de ensino, conforme Ghiraldelli Júnior (2008, p. 43), a ênfase do espírito da disciplina, solidariedade e da cooperação, estão presentes nas ideias do Manifesto dos Pioneiros da Escola Nova que se sustentava nos princípios da solidariedade social e da cooperação.

Ao longo do tempo, o desenvolvimento econômico e tecnológico orientou os objetivos da educação brasileira. Através de currículos adaptados a possibilitar a capacitação do estudante brasileiro a exercer funções dentro do ambiente de trabalho de forma plena, a escola atendeu aos interesses do mercado.

À medida em que a evolução tecnológica atingiu patamares que exigiu do homem uma formação voltada para a autonomia, o ensino passou a conduzir o aluno à reflexão sobre o objeto de estudo e à cooperação. Assim, para que se tenha como objetivo a formação de um indivíduo autônomo e reflexivo, faz-se necessário o uso de abordagens que envolvam o trabalho em grupo realizado de forma cooperativa. Dentre as metodologias de ensino atuais, se destaca a Aprendizagem Cooperativa.

2.2 Breve histórico da Aprendizagem Cooperativa

A Aprendizagem Cooperativa se apresenta como uma prática antiga. Segundo Lopes e Silva (2009, p. 7), escritos antigos, como a Bíblia e o Talmude, fazem referências à necessidade de colaboração entre os indivíduos. Afirmam que o filósofo grego Sócrates (470 a.C. – 390 a.C.) ensinava seus discípulos em pequenos grupos e que Quintiliano (séc. I) na sua obra *De institutione oratória*, composta por doze livros, propõe um programa de educação que trata dos benefícios que resultam da situação dos alunos se ensinarem. Da mesma forma, apresenta Sêneca (35 a.C. – 39 d.C.), como precursor da aprendizagem cooperativa afirmando *Qui Docet Discet* (Quem ensina, aprende duas vezes).

Conforme Lopes e Silva (2009, p. 7), na Idade Média (476 – 1453) os grêmios de artesão ressaltavam a importância de os aprendizes trabalharem juntos em pequenos grupos, devendo os mais hábeis trabalhar primeiro com o mestre e depois deviam ensinar as suas habilidades aos iniciantes. Os mesmos autores afirmam também que Johann Amos Comenius (1592-1679), educador e bispo protestante checo, acreditava que os estudantes se beneficiariam tanto ensinando como sendo ensinados uns pelos outros.

No final do século XVIII Joseph Lancaster (1778 – 1838) e Andrew Bell (1753 – 1832) utilizavam monitores na orientação de grupos, metodologia orientada para a educação em massa. Esse método era conhecido como Mútuo ou da Educação Mútua, utilizando poucos

recursos financeiros. Em 1806, em Nova York, Aprendizagem Cooperativa começou a ser estudada, sistematizada, através de uma grande expansão, tanto na sua aplicação, quanto no aprofundamento teórico.

Já no século XX, John Dewey, filósofo, psicólogo e reformador educacional norte-americano, promoveu o uso de grupos de aprendizagem cooperativa como parte de seu método. Segundo Lopes e Silva (2009, p. 9), para Dewey, era indispensável que o ensino se assentasse nos interesses reais da sociedade, considerando a necessidade de o ser humano experimentar, na escola, as bases cooperativas sobre as quais se constrói a vida na democracia. Entende que o processo educativo tem duas vertentes: uma psicológica, consistindo no desenvolvimento de todas as capacidades do indivíduo e uma social, centrada na preparação do indivíduo para que possa desenvolver as tarefas que lhe cabem na sociedade.

De acordo com Lopes e Silva (2009, p. 13), em meados dos anos 70, diversos pensadores norte-americanos retornaram ao estudo e à utilização da Aprendizagem Cooperativa. Dentre eles, destacam-se dois irmãos e professores da Universidade de Minnesota, em Minneapolis, David W. Johnson (psicólogo social) e Roger T. Johnson (pesquisador educacional). Eles começaram a pesquisar a interação estudante-estudante e as suas relações com o processo de aprendizagem. Segundo os mesmos autores a Aprendizagem Cooperativa é uma abordagem que trabalha com interdependência positiva, responsabilização individual, interação promotora, habilidades sociais e processamento em grupo, desenvolve uma visão mais dinâmica de aprendizado onde o aluno passivo das salas de aulas tradicionais desenvolve sua pró-atividade e o professor torna-se facilitador.

No Brasil, com as novas propostas de abordagem de ensino mais voltadas para o ensino envolvendo o uso de novas tecnologias, o trabalho em grupo de forma cooperativa, passou a interessar os docentes. Buscando a formação de um aluno reflexivo, que pudesse aprender de forma autônoma, a Aprendizagem Cooperativa mostrou-se como metodologia promissora. A produção científica internacional apresentou alguns trabalhos relatando resultados exitosos, servindo de inspiração aos pesquisadores brasileiros, bem como para docentes interessados em uma metodologia inovadora.

Conforme Teodoro (2011, p.46), diferentemente do cenário internacional, onde a produção científica sobre a metodologia da Aprendizagem Cooperativa tinha como foco principal o ensino superior, no Brasil as pesquisas foram voltadas, em sua quase totalidade, para o ensino fundamental e para o ensino médio. No período de 1975 a 2010, apenas quatro trabalhos foram apresentados. Conforme o autor supracitado,

Internacionalmente foi encontrada uma maior diversificação nos focos temáticos, enquanto em âmbito nacional as pesquisas abarcam dois focos principais: aprendizagem cooperativa e suas possibilidades e aprendizagem cooperativa e suas estratégias específicas. É importante lembrar que independente do volume de pesquisas tanto em âmbito nacional quanto internacional os resultados apontam um acentuado uso da estratégia do tipo *jigsaw*, em parceria ou isolada. E, de forma geral, mostram a aprendizagem cooperativa como uma estratégia capaz de levar os alunos a melhores resultados acadêmicos, trabalhando com motivação e desenvolvendo habilidades sociais.

No Ceará, em 2009, essa abordagem começou a ser utilizada com o Programa de Educação em Células Cooperativas (PRECE), projeto de extensão da UFC transformando a vida de vários estudantes do Interior do Estado, que através da metodologia de Aprendizagem Cooperativa conseguiram ingressar na Universidade Federal do Ceará (UFC). Criou-se o Programa Células Estudantis de Aprendizagem Cooperativa, com o objetivo de difundir essa metodologia na Universidade. O Programa de Educação em Células Cooperativas (PRECE) começou em 1994, na comunidade rural de Cipó em Pentecoste, sertão do Ceará quando 7 jovens fora da faixa etária escolar passaram a estudar e conviver numa velha casa de farinha. Inicialmente, eles tiveram a ajuda da comunidade e do professor Manoel Andrade, do Departamento de Química Orgânica e Inorgânica da Universidade Federal do Ceará (UFC), que colaborava com o grupo aos finais de semana.

Em 2002, cerca de 40 estudantes da sede de Pentecoste passam a estudar no PRECE e em 2003 eles fundam a primeira Escola Popular Cooperativa na sede do município atraindo inclusive estudantes de outros municípios.

A expansão da aplicação da metodologia da Aprendizagem Cooperativa consolidou-se pela adoção nos diversos projetos da Secretaria da Educação básica do Estado do Ceará (SEDUC), por apresentar os elementos adequados à formação do aluno da escola pública contando com a orientação de um professor ou de um facilitador que será responsável por garantir a presença dos cinco elementos básicos da aprendizagem cooperativa, necessários para a correta utilização do método. Conforme Lopes e Silva (2009, p. 15),

Estes cinco elementos básicos são:

a) Interdependência social positiva.

Criam-se situações em que os alunos trabalham em conjunto para maximizar a aprendizagem de todos os membros. Há uma dependência mútua.

b) Responsabilização individual;

O grupo deve assumir a responsabilidade por alcançar os seus objetivos e cada membro será responsável por cumprir com a sua parte.

c) Interação social (face-a-face).

Os alunos promovem o sucesso uns dos outros, ajudam-se, apoiam-se e elogiam os esforços.

d) Desenvolvimento de habilidades sociais;

Devem-se ensinar aos alunos competências sociais como: saber esperar pela sua vez; elogiar os outros; partilhar os materiais; pedir ajuda; falar num tom de voz baixo, encorajar os outros; comunicar de forma clara; aceitar as diferenças; escutar ativamente; resolver conflitos; partilhar ideias; celebrar o sucesso; ser paciente e esperar; ajudar os outros.

e) Processamento de grupo;

É a avaliação quando os membros do grupo avaliam em que medida estão a alcançar as metas e mantêm relações de trabalho eficazes.

Com base no estudo histórico da educação brasileira, percebe-se a importância do momento econômico, científico e tecnológico da sociedade na formação do currículo oferecido ao educando. São cada vez mais requeridas formas metodológicas de educação que priorizem o trabalho em grupo, de forma sistematizada e cooperativa.

As necessidades de vinculação do estudo formal à formação de recursos humanos, bem como à preparação da sociedade para o uso adequado das novas tecnologias direcionam para a criação de um ambiente em sala de aula propício para a construção de habilidades sociais e domínio das ciências e das tecnologias. Assim, a Aprendizagem Cooperativa apresenta-se como uma metodologia cada vez mais atual e adequada às condições exigidas pela educação moderna, diferenciando-se da pedagogia tecnicista por favorecer o desenvolvimento de habilidades sociais que permitem a formação de um indivíduo autônomo e reflexivo.

A proposta apresentada trata da aplicação da metodologia da aprendizagem cooperativa especificamente no ensino de Física.

A construção planejada de projetos que venham a formar o aluno quanto um conteúdo específico e significativo evidenciou-se como ferramenta adequada à formação social e profissional. A condição de se promover um estudo direcionado para um produto real facilitou a compreensão da utilidade de se aprender as ciências, em particular, a Física.

A proposta de construção do conhecimento feita pelos próprios alunos sob a supervisão e articulação do professor ainda se mostra bastante atual para o ensino de Física. Visando o incremento dos resultados do ensino pela pedagogia por projetos buscou-se minimizar os problemas encontrados no trabalho em grupo: alunos desinteressados esperando pelo trabalho do colega, alunos trabalhando individualmente no grupo, alunos autossuficientes,

alunos tímidos, falta de comunicação no grupo, etc. A metodologia da aprendizagem cooperativa visa principalmente à formação de competência sociais que melhorem os resultados do trabalho em equipe de forma que o sucesso do grupo fique atrelado ao sucesso individual, designando a cada componente uma função específica.

Dessa forma pela agregação social do grupo e a conscientização de cada elemento consegue-se a consolidação da formação do aluno quanto aos conteúdos trabalhado, como também quanto a formação de competências sociais úteis à sua vida em sociedade.

2.2.1 O método Divisão dos alunos por equipes para o sucesso (STAD)

O método de Aprendizagem Cooperativa utilizado foi o *Divisão dos alunos por equipes para o sucesso* (STAD). O método STAD consiste numa proposta de projeto coletivo a ser realizado com professor e alunos compondo um conjunto investigativo.

O ciclo de atividades educativas começa com uma apresentação, pelo professor para toda a turma, do conteúdo a ser aprendido e cada aluno passa a dominar todo o conteúdo, visto que “ao se desenvolver uma aula-debate, os alunos precisam de um material previamente elaborado, o qual, no processo de debate, passa a ser reelaborado” (VILLATORRE et al, 2009, p. 76). O trabalho de reelaboração inicial de um material sobre um determinado tema desenvolve a capacidade de interação entre alunos e entre alunos e o professor.

Na sequência, mesmo cada aluno podendo compreender todo o conteúdo envolvido, são divididos em grupos em que cada um assume uma função baseada na aprendizagem Cooperativa.

A elaboração do projeto é acompanhada pelo professor que observa a evolução das habilidades e competências individuais, pois “a construção de um bom clima escolar, por certo, está igualmente pautada no investimento em propostas educativas e em projetos que valorizam aqueles que compartilham o espaço da escola” (ABRAMOVAY et al, 2004, p. 93). A finalização do ciclo é feita com provas individuais cujas notas são juntadas ao desempenho do grupo para a média final do aluno.

3 O ENSINO DE CIÊNCIAS NO BRASIL

Este capítulo apresenta a implantação e o desenvolvimento do ensino de Ciências no Brasil. São destacados eventos, instituições e personagens importantes nas conquistas realizadas historicamente. Destaca a evolução histórica do ensino de Ciências no mundo e suas influências na educação brasileira, em relação à adequação das metodologias de ensino, considerando a legislação vigente.

3.1 Uma Abordagem histórica do ensino de Ciências no Brasil

A educação como pilar da formação moral e ética do indivíduo é considerada como premissa em diversas culturas. Historicamente, a educação formal acompanha o indivíduo desde a infância, momento considerado oportuno para se iniciar esse processo propício para a formação do cidadão. No Brasil, desde sua colonização, observou-se como instrumento para formar a criança, inclusive para o trabalho, a educação formal. No entendimento de Saviani (2008, p. 27), a educação formal “[...] em termos mais específicos, enquanto tomar conta das crianças, cuidar delas, discipliná-las, ensinar-lhes comportamentos, conhecimentos e modos de operar”, considerando como elemento básico a educação como item preparativo para a profissionalização futura da criança. Dessa forma, a escola foi escolhida como instituição formal das sociedades sendo utilizada no sistema educativo sistematizado já a partir do período colonial em nosso país.

Quanto a formação para o trabalho apresentou-se como elemento importante para a formação do cidadão brasileiro, sendo assim usado como norteador do processo educativo. Mesmo entre as populações indígenas via-se a orientação para o mundo do trabalho como premissa da educação da criança “[...] a fase entre 7 e 15 anos de idade os meninos já não ficavam mais em casa, deixavam de depender da mãe e passavam a acompanhar o pai, que se tornava seu modelo e com o qual se prepara para a vida de adulto tomando parte em seu trabalho” (SAVIANI, 2008, p. 36.). Dessa forma, a educação proposta pelos colonizadores já apresentava afinidades com a educação primitiva informal já praticada pelos nativos na época.

Na educação promovida pelos jesuítas já estavam também incluídos conhecimentos relativos à atividade profissional, Saviani (2008, p. 43) destaca “[...] culminava, de um lado, com o aprendizado profissional e agrícola e, do outro, lado com a gramática latina [...]”, onde a educação profissional aparece destacada como estudo ativo compondo a formação geral como elemento.

Mesmo após a expulsão dos jesuítas, já no período Pombalino, a instrução formal destacava a intenção de incorporar aos estudos as relações com as necessidades da economia do país “[...] abrangendo, também, as línguas estrangeiras (francês, italiano e inglês) e estudos científicos conforme o espírito moderno [...]”. (SAVIANI, 2008, p. 105), com especial destaque para o caráter científico do ensino. Nessa fase a formação para o trabalho é construída com um olhar mais científico e sistemático.

O interesse de se atrelar a educação regular à educação dos filhos da elite brasileira tornou-se destacadamente uma diretriz ainda no período colonial. Na fase da colonização brasileira o plano de ensino proposto por Nóbrega era que, “terminada tal fase, o aluno poderia ou finalizar os estudos com o aprendizado profissional ligado à agricultura ou seguir mais adiante com aulas de gramática [...]” (GHIRALDELLI JÚNIOR, 2008, p. 25). Admitia-se, portanto, a condição de escolha sobre a trajetória futura do estudante.

No período do Império, notou-se o direcionamento das artes de ofício para o nível médio, “Com isto, uma série de cursos, tanto profissionalizantes em nível médio como em nível superior, bem como militares, foram criados [...]” (GHIRALDELLI JÚNIOR, 2008, P. 28). Nesse período surge a necessidade de se vincular o estudo ao mundo prático e um olhar mais científico da formação do aluno puderam ser observados, visto que “duas características básicas marcaram o ensino dessa época: o aparato institucional de ensino existente era carente de vínculos mais efetivos com o mundo prático e/ ou com a formação científica” (GHIRALDELLI JÚNIOR, 2008, P. 29). Surge nesse caso a possibilidade de se considerar o aparato escolar como ferramenta importante na introdução da população brasileira, de forma seletiva, no mundo do conhecimento científico aplicado.

Na década de 1930, surgiu, no Brasil, o movimento da Escola Nova que tratou a educação com um olhar mais prático no estudo das ciências, considerando como condição essencial a sua aplicação no cotidiano do educando.

Elaborou-se, então, o documento chamado de Manifesto dos Pioneiros da Escola Nova, em 1932. Foram feitas algumas orientações para a implantação de uma educação mais voltada para a realidade do educando, com base em seus conhecimentos do cotidiano vivido e na necessidade da profissionalização e aquisição do conhecimento científico. Conforme cita Ghiraldelli Júnior (2008, p. 42), “[...] o documento de 1932, a nova filosofia da educação deveria adaptar a escola à modernidade e, para tal, teria de aplicar sobre os problemas educacionais de toda ordem os métodos científicos”. De acordo com os novos preceitos, os problemas enfrentados na época deveriam ser resolvidos utilizando a metodologia científica, compatível com as evoluções requeridas pela modernidade que se apresentava no mundo.

Um dos autores que influenciou com suas ideias as diretrizes do movimento da Escola Nova foi o americano John Dewey. Como citado por Ghiraldelli Júnior (2008, p. 34),

Em meados da década de 1920 os intelectuais interessados em educação puderam ler, entre outros autores, o filósofo norte-americano John Dewey (1859-1952). Foi ele que, em 1896 nos Estados Unidos, criou a *University Elementary School* acoplada à Universidade de Chicago como um campo experimental da ‘educação nova’ ou ‘pedagogia nova’ ou, ainda ‘pedagogia da escola nova’[...].

A filosofia educacional de John Dewey influenciou os brasileiros adeptos dessa nova proposta que incluía a cooperação como elemento básico para o ensino e aprendizagem das novas necessidades. Surge então o embrião da relação entre esse movimento e a aprendizagem cooperativa, “[...] na atualidade moderna, estaria colocando como ideias da educação a ‘solidariedade’, o ‘serviço social’, e a ‘cooperação’” (GHIRALDELLI JÚNIOR, 2008, p. 43). Conforme observado, dentre os preceitos defendidos por Dewey, estava a cooperação entre os alunos como requisito essencial para o desenvolvimento de uma metodologia educativa coerente com as necessidades modernas servindo de base, no futuro a metodologia da Aprendizagem cooperativa.

O processo de desenvolvimento das teorias da educação pôde influenciar educadores na prática. As aspirações de ordem política que antes influenciavam a educação cederam espaço para uma orientação mais psicológica. Na visão de Saviani (2004, p. 181),

Qual o significado da Escola Nova? Seu papel vai ser o de enfatizar agora já não mais aspectos políticos como aparecem de modo bem claro na fase da Escola Redentora da Humanidade (quer dizer, a escola como um instrumento de participação política), mas enfatizar o aspecto psicopedagógico, o aspecto técnico-pedagógico.

Os educadores passaram a ser orientados a considerar os interesses do aluno, buscando a construção de uma nova estrutura metodológica que permitisse a construção, pelo estudante, do seu próprio conhecimento, pois, “a Escola Nova vai ser concebida como uma escola centrada nos interesses do aluno, como uma escola que privilegia o psicológico sobre o lógico, enquanto o tradicional fazia o inverso: privilegiava o lógico sobre o psicológico” (SAVIANI 2004, p. 181). Tinha-se, então, a tendência de se considerar a educação desenvolvida na escola como um processo que, necessariamente, buscasse atingir objetivos práticos obedecendo à lógica do método científico.

Perceberam-se mudanças nas abordagens dos conteúdos, bem como nas metodologias de ensino em sala de aula, evidenciou-se a mudança de orientação quanto aos elementos envolvidos, posto que, “daí porque a Escola nova tende a centrar a educação no educando e não no educador (como ocorre na escola tradicional, em que o centro do processo educacional era o educador, o professor) ”, (SAVIANI, 2004, p. 183). Desse momento em diante os papéis se alteraram, a condição de protagonista passa do professor para o aluno.

Alguns pensadores brasileiros se destacaram na implantação da filosofia da Escola Nova no Brasil, Lourenço Filho foi um deles que contribuiu para a transformação e implantação no currículo da educação nacional com um olhar mais voltado para a formação do indivíduo contemplando suas individualidades, potencialidades e sua inserção no mundo produtivo. (SAVIANI, 2008).

Ainda em relação ao movimento da Escola Nova, Ghiraldelli Júnior (2008, p. 43), afirma que “[...] a escola poderia ‘restabelecer entre os homens o espírito da disciplina, solidariedade e cooperação’”. Defende-se novamente a cooperação como elemento essencial ao trabalho sugerido por Dewey.

A nova proposta se sustentaria em princípios biológicos e valores permanentes da sociedade, “[...] valores estes radicados no trabalho, pois seria o trabalho – segundo o texto – o sustentáculo da ‘solidariedade social e da cooperação’” (GHIRALDELLI JÚNIOR, 2008, p. 44). Cria-se, então, o vínculo com o trabalho em grupo como base para o desenvolvimento de habilidades necessárias à cooperação entre os indivíduos.

As características de um ensino científico confundiram-se com o ensino profissionalizante, observando “[...] o manifesto ao se defrontar não com a educação geral, mas com a educação do trabalhador, tende mais a adaptar a ‘escola do trabalho’ aos moldes da ‘escola profissionalizante’[...]”. (GHIRALDELLI JÚNIOR, 2008, p. 47). Ao longo do processo, a proposta de uma escola que analisasse a ciência de forma a tornar o aluno mais preparado para a modernidade tecnológica que se apresentava confundiu-se com a proposta de uma escola profissionalizante que ensinava apenas o aluno a operar instrumentos sem se apropriar do rigor do método científico, sem entender o processo e o produto.

A partir da evolução social e política do Brasil, o ensino de Ciências foi evoluindo buscando atender às novas exigências da formação profissional e da cidadania. Entidades foram criadas, visando dar variados suportes ao desenvolvimento científico brasileiro. Neste contexto, em 8 de julho de 1948, foi criada a Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC) por um grupo de cientistas reunido no auditório da Associação Paulista de Medicina. Dado o momento econômico e político vivido depois do fim da Segunda Guerra Mundial, a criação dessa entidade foi importante para a conscientização sobre a importância do conhecimento científico para o desenvolvimento.

Sendo a criação da SBPC contemporânea à criação pelo governo federal de organizações como o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ), em 1951, e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), também em 1951, foi um fato importante para o fortalecimento e institucionalização

da ciência no Brasil. Duas décadas depois, foram também criadas organizações que alavancaram o desenvolvimento científico e tecnológico brasileiro, como a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), em 1972, e a Empresa Brasileira de Aeronáutica (Embraer), em 1971.

Durante a XVIII Reunião Anual da Sociedade, Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC) que teve lugar em Blumenau, Santa Catarina, foi criada a Sociedade Brasileira de Física. A fundação ocorreu no dia 14 de julho de 1966 no salão da Biblioteca Municipal Fritz Muller. Participaram da assembleia de fundação professores de segundo grau¹ e estudantes de física, em nível de graduação, que foram convocados para a mesma através de carta individual enviada a todos os sócios do setor de física da SBPC.

Na ocasião, presidiu a reunião o Prof. José Goldemberg, secretário da Comissão de Física da XVIII Reunião da SBPC, onde foi lido e aprovado o anteprojeto de Estatuto para a Sociedade Brasileira de Física. O referido projeto fora elaborado por uma comissão de físicos designada para tanto durante a XVI Reunião da SBPC ocorrida em Ribeirão Preto, SP, em 1964.

Dentre as diretrizes da Sociedade Brasileira de Física está o ensino e a divulgação da Ciência. Defende que é importante para a sociedade, e em particular para o Brasil, que tenha divulgação honesta, clara e ampla; que é obrigação do físico contribuir para tal, promovendo e fomentando a difusão da ciência. É ainda obrigação do físico, como educador, transmitir a seus alunos um ensino competente e honesto, baseado nos valores éticos incorporados nestas normas de conduta. Da mesma forma, deve ser incentivada nos seus alunos uma atitude positiva de reflexão sobre os problemas éticos que podem advir de seu trabalho profissional.

Doravante, a educação brasileira passou por diferentes influências quanto à adaptação de um olhar científico ao ensino sem considerar como base um ensino de cunho profissionalizante. A legislação evoluiu e várias modificações foram propostas visando a adequação da educação às novas necessidades econômicas. A Lei de diretrizes e Bases da Educação, lei 4.024/61, apresentou alguns avanços direcionados ao ensino profissionalizante. Mesmo permanecendo muito tempo para ser aprovada, em pouco tempo se mostrou esgotada quanto às propostas para a educação.

¹Nomenclatura usada na época para designar o atual ensino médio.

As modificações observadas na sociedade brasileira motivaram alterações na estrutura da educação do país, pois “a educação, tal como a conhecemos hoje, e o desenvolvimento, tal como o concebemos hodiernamente, são frutos da sociedade moderna” (NASCIMENTO, 2002, P. 96). As novas habilidades necessárias ao cidadão da época influenciaram na evolução da educação brasileira.

Conforme Paiva e Almeida (2013, p. 77) “a década de 1960 foi marcada por convênios e parcerias internacionais no intuito de disponibilizar materiais didáticos de boa qualidade para o ensino das disciplinas científicas”. Destaca-se a partir desse momento a conscientização de que um ambiente para o estudo e desenvolvimento da atividade científica na escola necessitaria de condições e aparatos diferenciados daqueles antes observados nas escolas.

Substituindo a lei anterior, a Lei 5.692/71 surgiu como alternativa para a adequação às novas necessidades. A nova lei trouxe modificações que impactaram diretamente o ensino profissionalizante, considera Ghiraldelli Júnior (2008, p. 125) que “o equívoco maior da Lei 5.692/71 foi o de quebrar a espinha dorsal do ensino profissional existente, que até então funcionava bem”. Equívocos foram constatados, demonstrando o grau de complexidade que tem a construção de um sistema educacional de um país, pois “o Segundo Grau se livrou da profissionalização obrigatória, mas, após tantos estragos, ficou sem características próprias.” (GHIRALDELLI JÚNIOR, 2008, p. 126). As diversas mudanças caracterizaram de forma marcante a educação brasileira.

Durante a construção do modelo educacional brasileiro sugeriram avanços e retrocessos apresentando momentos em que a técnica superou o trabalho coletivo. Para Saviani (2008, p. 381) “[...] a pedagogia tecnicista advoga a reordenação do processo educativo de maneira que o torne objetivo e operacional”, evidenciando uma ótica sobre o indivíduo com operador de sua instrução em substituição à necessária condição de protagonista da construção de seu conhecimento.

Nem sempre uma nova lei consegue superar os desafios de implantação de novas medidas de adequação a modernas propostas de ensino. Considerar inovações científicas ao ensino profissional mostrou-se ser uma visão simplista dos problemas da compreensão da aplicação das novas tecnologias e ciência na escola.

O ensino tecnicista que contemplava apenas alguns aspectos das necessidades do indivíduo, não promovendo uma construção do conhecimento centrada no aluno, já que “com a aprovação da Lei 5.692, de 11 de agosto de 1971, buscou-se estender essa tendência produtivista a todas as escolas do país, por meio da pedagogia tecnicista [...]” (SAVIANI, 2008,

p. 365). Ao invés de se proceder ao desenvolvimento da forma pensar cientificamente o ensino a legislação em vigor criou uma metodologia pautada na maneira tecnicista de trabalhar o conteúdo, ou seja, uma forma destinada a atingir certos objetivos propostos mais diretamente, sem promover a reflexão sobre o tema estudado.

Conforme Saviani (2008, p. 381) “[...] a pedagogia tecnicista advoga a reordenação do processo educativo de maneira que o torne objetivo e operacional”, evidenciando uma ótica sobre o indivíduo com operador de sua instrução em substituição à necessária condição de protagonista da construção de seu conhecimento. Nem sempre uma nova lei consegue superar os desafios de implantação de novas medidas de adequação a modernas propostas de ensino. Considerar inovações científicas ao ensino profissional mostrou-se ser uma visão simplista dos problemas da compreensão da aplicação das novas tecnologias e ciência na escola.

Na década de 1980 a SBPC lançou a revista *Ciência Hoje*, em 1982 o *Jornal da Ciência* em 1987, proporcionando a interação da comunicação científica entre a comunidade científica e a sociedade. Em meados de 1980, foi criado o atual Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCT&I, em 1985, que fortaleceu o sistema nacional de ciência e tecnologia. Destacaram a ciência brasileira no cenário internacional programas de pós-graduação de qualidade, instituições de pesquisa e desenvolvimento, e fundações de amparo à pesquisa na maior parte dos estados brasileiros.

3.1.1 O Ensino de Ciências no Brasil

Muitos educadores desvinculam a ciência do desenvolvimento tecnológico, visto que, segundo Martins Jr e Silva (2013, p. 118), os professores apresentam dificuldades em realizar sua contextualização, já que aplicações práticas do cotidiano dos alunos geralmente não são trabalhadas em sala de aula.

Evidenciar as pesquisas científicas como precedentes ao desenvolvimento de qualquer tecnologia deve ser buscado. Considerando que “as numerosas investigações recolhidas na literatura confirmam a extensão desta imagem distorcida e empobrecida da ciência e da tecnologia, assim como a necessidade de superá-la para fazer possível uma educação científica [...]” (CACHAPUZ, 2005, p. 53), evidenciou-se a necessidade de se associar os avanços tecnológicos à compreensão e utilização da ciência nos currículos escolares visando melhorias na formação científica do aluno.

As mudanças comportamentais e atitudinais do aluno devem ser buscadas de forma a se forjar um cidadão com a formação requerida para a sua inserção no meio social, sendo que

“está em causa, pois, uma mudança no papel do aluno; este passa de receptor sobretudo de conteúdos científicos, a sujeito activo na construção do seu próprio saber – de conhecimento, quer conteudal quer processual” (CACHAPUZ, 2005, p. 96). Assim, mostra-se imprescindível a introdução da investigação e a experimentação como atividades básicas para o estudo de Ciências.

Desenvolver um estudo investigativo além de despertar o interesse do aluno pela aula, ainda proporciona o desenvolvimento de um olhar mais curioso e questionador sobre os resultados do desenvolvimento do processo de aprendizagem. Assim, observando o ponto de vista da didática, Cachapuz (2005, p. 99), afirma que ao sujeitarmos a experiência científica a uma tentativa de questionamento estamos a convidar os alunos a desenvolverem cognitivamente, num confronto de ideias com seus pares.

Para que o estudante possa construir a sua formação de forma consistente é necessário que ele tenha o domínio dos métodos e processos para a compreensão das disciplinas científicas. Para Amaral e Elias (2006, p. 240), “a alfabetização científica está relacionada à capacidade do indivíduo de entender o processo de investigação científica, compreender sua terminologia e ter consciência do impacto da ciência e tecnologia na sociedade”. O elemento fundamental para a construção de uma cultura na escola é a alfabetização científica. Após essa primeira etapa, segue o letramento científico, onde o aluno, ao longo do seu estudo, consolida o domínio dos fundamentos da cultura científica.

O ensino investigativo, com uso das novas tecnologias, fazendo uso dos métodos e processos científicos é o elemento básico para a consolidação de uma cultura científica na escola. Estando a cultura científica desenvolvida na escola, todos os envolvidos, professores, alunos e gestores, fazem uso pleno dos recursos metodológicos que facilitam a compreensão dos conteúdos das disciplinas científicas, sendo esta a educação científica.

Conforme argumenta Santos (2007, p. 474),

Shamos (1995) também chega a considerar que tornar o público sensível e informado em ciência talvez seja um mito difícil de alcançar. No entanto, refletir sobre concepções de educação científica que estão sendo demandadas pela nossa sociedade pode, de alguma forma, contribuir com aqueles que acreditam que ainda é possível transformar o ensino vocabular ritualístico de preparação para exames em uma educação científica para o domínio da compreensão da ciência como prática social. Afinal, esse é um desafio para curriculistas, avaliadores do sistema educacional, filósofos, sociólogos da educação e, sobretudo, para os professores de ciências que desejam mover-se de uma alfabetização descontextualizada para o letramento científico como prática social. Certamente não será o modelo de ensino por transmissão do conhecimento como um ornamento cultural para legitimar uma determinada posição social de exclusão da maioria que propiciará a formação de cidadãos conscientes de seu papel na sociedade científica e tecnológica. Nem seriam também livros didáticos – sobrecarregados de conteúdos e socioculturalmente descontextualizados, que apenas ilustram as maravilhas das descobertas científicas,

reforçando a concepção de que os valores humanos estão a reboque dos valores de mercado – que iriam contribuir para a formação de cidadãos críticos.

Não se pode confundir a educação científica, envolvendo o uso de tecnologias, com novas tecnologias da educação. A educação científica promove a construção de uma cultura científica no ambiente escolar, enquanto o uso de novas tecnologias da educação são recursos facilitadores da compreensão de determinado conceito. Como introdução ao processo rumo à educação científica tem-se, conforme Amaral e Elias (2006, p. 240), que a alfabetização científica está relacionada à capacidade do indivíduo de compreender o processo de investigação científica, compreender sua terminologia e ter consciência do impacto da ciência e tecnologia na sociedade.

O ensino de Ciências no Brasil se desenvolveu apresentando estreita relação com a situação social, política e econômica mundial. O quadro 1, a seguir exposto, apresenta a evolução histórica do ensino de ciências considerando aspectos importantes para a compreensão da educação científica brasileira.

Quadro 1 - Evolução histórica do ensino de Ciências no mundo

EVOLUÇÃO HISTÓRICA DO ENSINO DE CIÊNCIAS NO MUNDO				
1950	1960	1970	1980 1990	2000
Situação mundial	Guerra Fria	Crise energética	Problemas ambientais	Competição tecnológica
Situação brasileira	Industrialização	Ditadura	Transição política	Democratização
Objetivos do Ensino Fundamental	Formar elite	Formar o cidadão para o trabalho	Preparar trabalhador	Formar cidadão trabalhador
Influências preponderantes no ensino	Escola Nova	Escola Nova e Comportamentalismo.	Comportamentalismo e Cognitivismo.	Construtivismo
Objetivos mais presentes nas propostas da renovação do ensino de Ciências nas aulas teóricas e práticas	Transmitir Informações Atualizadas	Vivenciar o método Científico	Pensar lógica e criticamente	Analisar implicações sociais de desenvolvimento científico e tecnológico
Visão da Ciência no currículo da escola de Ensino Fundamental	Atividade neutra Enfatizando produto	Evolução histórica enfatizando o processo	Produto do contexto social econômico, político e de intrínsecos movimentos	
Metodologia recomendada dominante	Laboratório	Laboratório mais Discussões de pesquisa	Jogos e simulações e resolução de problemas	
Docentes	Professores improvisados que fazem curso de capacitação	Professores formados em universidades	Proliferação de escolas de formação de professores	Programa de atualização continuada de professores
Instituições que influem na proposição de mudança nacional e internacional	Associações profissionais, científicas e instituições governamentais	Projetos curriculares Organizações internacionais	Centro de Ciências Universidades	Organizações profissionais, científicas e de professores. Universidades

Fonte: Adaptado de Krasilchik e Marandino, 2002.

A sequência histórica do ensino de ciências no Brasil mostra a influência das instituições públicas e privadas na melhoria e modernização da conscientização da sociedade em relação à cultura científica, pela informação, interação e acesso a eventos científicos. No quadro 2 apresenta-se a evolução do ensino de Ciências no Brasil.

Quadro 2 - Linha do tempo do ensino de Ciências no Brasil

1879	É fundada a Sociedade Positivista do Rio de Janeiro. Professores seguem o pressuposto de que o aluno descobre as relações entre os fenômenos naturais com observação e raciocínio.
1930	A Escola Nova propõe que o ensino seja amparado nos conhecimentos da Sociologia, Psicologia e Pedagogia modernas. A influência desses pensamentos não modifica a maneira tradicional de ensinar.
1950	Os livros didáticos são traduções ou versões desatualizadas de produções europeias, e quem leciona a disciplina são profissionais liberais. Vigora a metodologia tradicional, baseada em exposições orais.
1955	Cientistas norte-americanos e ingleses fazem reformas curriculares do Ensino Básico para incorporar o conhecimento técnico e científico ao currículo. Algumas escolas brasileiras começam a seguir a tendência.
1960	A metodologia tecnicista chega ao país, defendendo a reprodução de sequências padronizadas e de experimentos, que devem ser realizados tal como os cientistas os fizeram.
1961	Com a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), passou a ser obrigatório o ensino de Ciências para todas as séries do Ginásio (hoje do 6º ao 9º ano).
1970	A Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência critica a formação do professor em áreas específicas, como Biologia, Física e Química, e pede a criação da figura do professor de Ciências. Sem sucesso.
1971	A LDB torna obrigatório o ensino de Ciências para todas as séries do 1º Grau (hoje Ensino Fundamental). O Ministério da Educação (MEC) elabora um currículo único e estimula a abertura de cursos de formação.
1972	O MEC cria o Projeto de Melhoria do Ensino de Ciências para desenvolver materiais didáticos e aprimorar a capacitação de professores do 2º grau (hoje Ensino Médio).
1980	As Ciências são vistas como uma construção humana e não como uma verdade natural. São incluídos nas aulas temas como tecnologia, meio ambiente e saúde.
1982	Surge o modelo de mudança conceitual, que teve vida curta. Ele se baseia no princípio de que basta ensinar de maneira lógica e com demonstrações para que o aprendiz modifique ideias anteriores sobre os conteúdos.
2001	Convênio entre as Academias de Ciências do Brasil e da França implementa o programa ABC na Educação Científica - Mão na Massa para formar professores na metodologia investigativa.

Fonte: Adaptado de <http://revistaescola.abril.com.br/ciencias/fundamentos/curiosidade-pesquisador-427229>.

O desenvolvimento do ensino de Ciências no Brasil abriu caminho para o desenvolvimento de novas metodologias de ensino para as disciplinas componentes, em especial medida no ensino de Física. As entidades e instituições públicas e privadas precursoras

da modernização da cultura científica brasileira deram início, também, da adaptação do ensino de Física às necessidades de formação do cidadão brasileiro. O quadro 3 apresenta a evolução das metodologias de ensino de Ciências no Brasil.

Quadro 3 - Metodologias mais comuns no ensino de Ciências dos últimos 50 anos.

	TRADICIONAL	TECNICISTA	INVESTIGATIVA
ORIGEM	Também chamada de conteudista ou convencional. Predominou desde o século 19 até 1950 e, embora não seja considerada a mais adequada para as práticas atuais, ainda é adotada.	Surgiu na década de 1950 para se contrapor à concepção tradicional.	Criada por volta de 1970, mesclou algumas características das concepções anteriores e colocou o aluno no centro do aprendizado.
ÊNFASE	Tomar contato com os conhecimentos existentes sobre determinado tema.	Reproduzir o método científico.	Resolução de problemas que exigem levantamento de hipóteses, observação, investigação, pesquisa em diversas fontes e registros ao longo de todo o processo de aprendizagem.
ESTRATÉGIA DE ENSINO	Aulas expositivas, sendo o professor e o livro didático as únicas fontes de informação. Incentivo à memorização de definições. A experimentação em laboratório serve para comprovar a teoria.	Aulas experimentais, em laboratório, com ênfase na reprodução dos passos feitos pelos cientistas.	Apresentação de situação-problema para que o aluno mobilize seus conhecimentos e vá em busca de novos para resolvê-la. Disponibilização de várias fontes de pesquisa.

Fonte: Adaptado de <http://revistaescola.abril.com.br/ciencias/fundamentos/curiosidade-pesquisador-427229>.

Na década de 1980, o foco das metodologias para o ensino de Ciências foi a abordagem referente à Ciência, Tecnologia e Sociedade. A compreensão das aplicações práticas dos recursos tecnológicos e o embasamento científico foram considerados. Nos anos de 1990, as abordagens para o ensino científico privilegiaram a interdisciplinaridade entre as áreas das Ciências. Atualmente, as metodologias utilizam a investigação científica usando os recursos das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs).

As diferentes competências e habilidades necessárias ao cidadão moderno direcionam o ensino de ciências a relacionar conceitos científicos às tecnologias presentes em aparelhos e equipamentos utilizados cotidianamente. As metodologias de ensino precisam ser adequadas a permitir que o estudante relacione teoria e prática experimental de seu objeto de estudo.

O ensino de Ciências deve privilegiar abordagens que permitam ao estudante realizar estudos com embasamento teórico que sejam consolidados com atividades experimentais. Realizando a prática, respaldada por conceitos científicos, o aluno poderá construir o seu conhecimento científico associando com as tecnologias presentes no seu cotidiano.

As constatações científicas, vivenciadas coletivamente, podem ampliar a visão da ciência, bem como, consolidar a ideia da sua aplicação no mundo moderno. Assim, o trabalho cooperativo e reflexivo se apresenta como possibilidade no ensino de Ciências na busca da formação de um indivíduo autônomo, quanto à compreensão do desenvolvimento tecnológico.

Para que a educação atinja os objetivos quanto à formação do cidadão autônomo e reflexivo torna-se necessário que as abordagens metodológicas promovam um ensino eficiente e moderno.

O ensino deve fazer uso do estudo ativo para todos os alunos, visando à formação como protagonistas na construção dos conhecimentos. As metodologias modernas envolvem o uso das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs), recursos que promovem, desde cedo, a familiarização do estudante com as novas tecnologias, favorecendo a democratização do ensino e o domínio das aplicações no cotidiano. Contudo, o uso de novas tecnologias pelo professor deve ser apoiado por uma sólida formação pedagógica, pois a aprendizagem está diretamente ligada à escolha da correta metodologia aplicada no ensino.

Dominando os princípios de funcionamento das novas tecnologias e associando às leis das Ciências que fundamentam os fenômenos envolvidos nesses recursos, o aluno pode construir o seu conhecimento na busca da sua autonomia como cidadão moderno. A Construção de uma cultura científica na escola é a base para que o aluno dê sentido ao seu estudo e adquira uma preparação contínua para a compreensão das inovações científicas que podem se apresentar no futuro.

4 O ENSINO DE FÍSICA NO BRASIL

Este capítulo apresenta a evolução histórica do ensino de Física no Brasil. Destaca a importância do cenário mundial como orientador do desenvolvimento do currículo de Física. Faz referência à formação de professores para a área, com destaque para os eventos que se realizaram. Comenta-se a legislação vigente como orientadora para as abordagens no ensino de Física.

4.1 Uma abordagem histórica do Ensino de Física no Brasil

O desenvolvimento industrial e tecnológico requer da sociedade a adequação da formação de seus indivíduos no sentido de possibilitar a plena utilização dos novos recursos e aparelhos frutos da inovação científica. Faz-se necessário que a escola desenvolva condições de promover o ensino adequado de forma a atender às necessidades apresentadas ao acompanhamento da modernidade.

No Brasil, o ensino de Física se desenvolveu orientado pelo desenvolvimento científico requerido pela evolução do cenário mundial. Segundo Almeida Jr (1979), até o período do Império, no Brasil, não havia um interesse maior em promover o ensino de Física em comparação com as outras matérias. As condições de desenvolvimento ainda não se apresentavam como motivadoras para uma oferta à sociedade de uma formação mais consistente cientificamente. Segundo o autor supracitado, não houve nenhum empenho pedagógico no ensino de ciências, particularmente no ensino de Física.

No período da República, havendo a mudança de mão-de-obra produtiva brasileira da época para o trabalho assalariado, com a chegada de imigrantes, a formação encaixou-se no sistema industrial, incentivaram-se alterações na política educacional brasileira. Sob a influência do Positivismo de Comte, o ministro da Instrução Benjamin Constant realizou a reforma do ensino público através do decreto nº 891 de 8 de novembro de 1890, em que se determinava no 5º ano a disponibilidade da disciplina de Física Geral e Química Geral, caracterizando assim a tendência de um ensino científico mais aprofundado e adequado às mudanças no cenário industrial, requerendo a adequada formação do estudante para a produção.

Para Almeida Jr. (1980), algumas críticas podem ser feitas ao ensino científico, em particular ao ensino de Física, ministrado na época. O ensino apresentava-se com diversas disciplinas científicas distribuídas em um currículo bastante abrangente, considerando-se também as outras matérias a serem lecionadas; os conteúdos abordados estavam muito além da

compreensão dos alunos da época, pois o nível de abstração era muito alto, especialmente relativo ao cálculo matemático; a ausência de uma abordagem experimental e um excesso de aplicação da modelação matemática dificultava a aprendizagem, pois além da Física ainda se tinham revisões das outras disciplinas.

As adversidades encontradas na aplicação da reforma de Benjamin Constant (1890), contribuíram para o insucesso quanto aos resultados da educação brasileira. Segundo Ghiraldelli Jr (2008, p. 35), essa reforma tentou substituir o currículo acadêmico de cunho humanístico por um currículo de caráter enciclopédico, mas sem profundidade científica. Seguiram-se períodos de tentativas de providenciar revisões no ensino público, mas devido à ausência de uma política educacional científica consistente se apresentaram desconectadas de sentido prático e científico.

Na sequência, algumas outras tentativas de adequar o ensino de ciências às questões de conteúdos científicos, algumas adequações legislativas foram criadas. O Projeto Substitutivo de 18 de agosto de 1891, trouxe no artigo 1º que a Física faria parte de títulos necessários ao ingresso no ensino superior. Mostrou-se mais uma vez as características de direcionamento à preparação para o nível superior, não considerando a questão relativa à formação científica como motivo da Física ser relacionada entre as disciplinas formadoras.

A condição de se ter um ensino composto por uma parte experimental e prática somente foi determinada pelo projeto de lei de setembro de 1903, no qual, no artigo 2º, apresentava as condições mínimas de mobiliário e a existência de laboratórios visando às atividades práticas.

A observância da necessidade de fiscalização está no artigo 6º, em que relata que a atividade laboratorial no ensino das ciências deveria ser fiscalizada pelo menos duas vezes por mês. Essa ação mostrou o desejo do Estado em promover um ensino no Brasil com um olhar mais efetivo em considerar uma abordagem científica do ensino, além de exigir uma metodologia de ensino que tivesse também como recurso as atividades experimentais. Esse primeiro passo para a educação científica no Brasil apresentou diversas dificuldades na sua aplicação por questões relativas à formação de professores, como também a inobservância da efetividade da fiscalização quanto às condições mínimas de mobiliário e de laboratórios previsto na legislação.

As condições para o ensino científico se apresentaram melhores no ensino superior que no ensino secundário. Mesmo surgindo, no ano de 1893, a Escola Politécnica e em 1896 a Escola de Engenharia do *Mackenzie College*, em São Paulo, e outra escola de Engenharia no

Rio Grande do Sul, o ensino de Física no currículo não influenciou para uma cultura científica, apresentando-se apenas como mais um componente curricular para a aquisição do diploma.

Com a passagem do controle da planificação da instrução pública para os Estados da União, foram consolidadas algumas modificações nos currículos em algumas unidades da federação. Em São Paulo, no governo de Washington Luís Pereira, foi promulgada a lei de nº 1750 de 8 de dezembro de 1920 onde se determinou para o ensino primário no seu programa de Ciências: noções muito simples acerca das propriedades dos corpos (1º ano); noções muito simples acerca das Ciências Físicas e Naturais (2º ano). Para as Escolas Normais recomendava-se seis aulas de Física e Química por semana. Para as Escolas Complementares um total de sete aulas de Ciências Físicas e Naturais semanais. Nas Escolas Profissionais não havia aulas de Ciências.

A metodologia de ensino com a tendência às práticas experimentais também foi determinada na referida lei. No seu artigo 103 fixava o contato da inteligência dos alunos com as realidades sob a orientação do professor. No artigo 153 considerou a formação do professor, privilegiando também a aprendizagem cooperativa utilizando a equipe formada pelo professor e alunos.

Conforme Almeida Jr. (1980), o ensino das Ciências Físicas era uma louvável preocupação pela emergência de um senso natural que possibilitasse a formação básica de consciências científicas, bem como o incremento da Física tendo em perspectiva a industrialização do estado de São Paulo. Caracterizava-se uma visão utilitarista e instrumental.

No início do século XX, correntes filosóficas influenciaram o ensino das ciências recebendo orientações estrangeiras. No entanto, o ensino de Física só figurou nos currículos na condição de mera participante, não influenciando de forma consistente para a criação de uma cultura da pesquisa científica no Brasil.

No ano de 1932, foi redigido por Fernando de Azevedo um documento que representou o pensamento de diversos filósofos e sociólogos, dentre eles John Dewey e Émile Durkheim, o Manifesto dos Pioneiros da Escola Nova. Tratava-se de concepções pedagógicas, da filosofia da educação, como também de questões sobre a política educacional. Sendo uma inovação que tentava dar uma conotação prática e científica ao ensino, o manifesto apresentava a profundidade necessária para a iniciação da resolução dos problemas relativos ao ensino de Física no Brasil. Como cita Ghiraldelli Jr. (2008, p. 42), “Faltaria a eles uma filosofia da educação e, mais, uma visão científica dos problemas educacionais”. O caráter contrário às políticas educacionais da época causou um impacto nos governos, promovendo reflexões sobre o tema na sociedade no sentido de promover uma renovação.

A gestão da administração escolar era realizada de forma empírica desprovida de uma sistematização de procedimentos educacionais que dificultavam se atingir os fins adequados. Era ideia do manifesto que o educador com uma visão filosófica e científica da educação seria o caminho para o início da renovação da educação, posto que “[...] seria esse educador de larga visão que, dotado de espírito científico, lançaria mão de todas as técnicas disponíveis desenvolvidas cientificamente para impulsionar a administração dos serviços escolares” (SAVIANI 2004, p. 242). A inovação em metodologias de ensino, visando o ensino científico foi assim sugerida.

Apenas com a criação da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de São Paulo, em 1934, iniciou-se a transformação do ensino profissional pela mudança da relação entre a teoria e a prática dada a aplicação imediata dos conteúdos ensinados nos laboratórios e pela orientação de trabalhos científicos com orientadores estrangeiros. Também se atribui à Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras o comprometimento com a pesquisa científica e a formação de professores para o ensino secundário. No estatuto dessa instituição pode se observar no artigo 8º a disciplina de Ciências Físicas desmembrada nos conteúdos referentes à Física Geral e Experimental, bem como à Física Matemática e História da Física.

Conforme apresenta Almeida Jr (1980, p. 63):

Art. 8º - A seção de Ciências compreenderá as seguintes subseções com as respectivas cadeiras fundamentais:

I – CIÊNCIAS MATEMÁTICAS

1. Geometria (projetiva e analítica). História das matemáticas.
2. Análise matemática (inclusive elementos de cálculo das probabilidades e de estatística matemática).
 1. Mecânica racional precedida de Cálculo Vetorial.

II – CIÊNCIAS FÍSICAS

1. Física Geral e experimental.
2. Física Matemática e História da Física.

III – CIÊNCIAS QUÍMICAS

1. Química Física, Inorgânica e Analítica.
2. Química Orgânica, Biológica e História da Química.

A criação da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras em São Paulo, dada a sua crescente industrialização, foi um marco para o ensino de Física, pois precedeu a implantação de outras instituições em outras unidades da federação com os mesmos objetivos: a pesquisa científica e a formação de professores para o ensino secundário.

Como afirma Almeida Jr, a carência de professores de Física sempre foi um fato marcante, pois a disciplina era ministrada por engenheiros, médicos, bacharéis em pedagogia e ciências sociais e outros estudantes. Assim, não era raro se encontrar práticas de ensino

deficientes, com professores mal preparados e com pouca profundidade conceitual dada a formação inadequada.

Almeida Jr (1980), afirma que a influência sobre o ensino secundário após a Segunda Guerra Mundial recaiu sobre o aparelhamento das nações, quanto ao desenvolvimento da industrialização. Portanto, precisava-se preparar o estudante para a defesa pelo reforço na educação científica. Mas, não foi o que se sucedeu, pois, as escolas apresentavam ainda um ensino enciclopédico, havia poucas bibliotecas adequadas e o aparelhamento dos laboratórios não permitiam ao professor ir além de poucas demonstrações experimentais. Ainda havia a deficiência na formação de professores, que apresentavam pouco domínio dos conceitos básicos de Física, aliada à baixa remuneração, comprometendo, assim, a qualidade do ensino em todo o país.

Segundo o autor supracitado, a qualidade da formação de professores de Física pode ser avaliada pelo quadro 4, apresentando o número de inscritos nos exames para o magistério em períodos específicos.

Quadro 4 - Dados coletados junto à Comissão de Concursos e Ingresso ao Magistério do ensino secundário e normal da Secretaria de Educação do Estado de São Paulo.

CANDIDATOS INSCRITOS E APROVADOS NOS CONCURSOS DE “CIÊNCIAS BÁSICAS”									
Disciplinas	De 1950 a 1959			De 1960 a 1967			Total		
	I	A	A/I	I	A	A/I	I	A	A/I
Física	170	56	32,9	214	38	17,7	384	94	24,5
Química	195	68	34,9	76	14	18,4	271	82	30,2
Matemática	781	265	32,8	903	188	20,8	1684	444	26,4
I: inscritos	A: aprovados								

Fonte: Adaptado de Almeida Jr. (1980).

Observa-se que houve uma diminuição da taxa de aprovação (candidatos aprovados por candidatos inscritos) em Física, onde, na década de 1950, era de 32,9, caindo para 17,7 na década de 1960. Os dados revelam que o interesse de candidatos pela área da Física não foi relevante para uma preparação para as provas de ingresso no curso de formação docente.

Na busca de mudanças no quadro em que se encontrava o ensino de Física, aconteceu em 26 de janeiro de 1970 o Primeiro Simpósio Nacional de Ensino de Física, coordenado pelo professor Oscar M. Ferreira, contando com a participação de cerca de 200 professores. Nesse encontro, foi diagnosticado o estado crítico do ensino de Física, as condições adversas apresentadas por todos os estados e o desejo de modificar o quadro existente a partir de um comprometimento em nível nacional.

Segundo Almeida Jr. (1980), as palavras de otimismo no elogio das contribuições dos participantes da também coordenadora Beatriz Alvarenga, em que ao chamar de “pesquisa de campo” as informações repassadas pelos participantes conclamou a todos para a união na criação de soluções para a mudança do quadro nacional do ensino de Física. As soluções propostas deveriam ser debatidas em outro encontro ou em comissões a serem criadas posteriormente.

Conforme o mesmo autor, podem ser resumidos temas que deveriam ser debatidos em encontros posteriores, com destaque para a formação de professores: havia carência de professores de Física; as faculdades de Filosofia, onde eram formados os docentes de Física, não estavam formando professores; não havia retorno do aluno formado para cursos de atualização e aperfeiçoamento; os professores estavam desorientados; não existia uma orientação única para o ensino secundário quanto ao livro didático; não existiam programas de assistência ao professor quanto a recursos metodológicos para o ensino; não havia concordância ideológica quanto ao ensino entre professores e administração da escola; o ensino era destinado aos exames vestibulares, não podendo o professor ensinar o aluno a estudar e a raciocinar. Constata-se que muitos dos problemas verificados persistem até os dias atuais.

A realização do II Simpósio de Ensino de Física aconteceu em Minas Gerais em 29 de janeiro de 1973. A repercussão do I simpósio influenciou a participação de entidades estrangeiras. Nesse segundo encontro foram apresentados os progressos dos encaminhamentos das constatações pendentes, quanto um novo diagnóstico da situação atual. Foram também relatadas experiências educacionais transformadas em reciclagem para professores do ensino secundário.

A proposta do professor Ernst W. Hanburger, cuja ideia era unificar o ensino de Física no nível universitário básico, visava reduzir a disparidade entre os currículos ofertados nos diversos estados. O encerramento do simpósio foi marcado pela reafirmação do combate aos mesmos problemas verificados no primeiro encontro, visando à elevação da qualidade do ensino de Física.

Conforme relatado por Almeida Jr. (1980), em São Paulo, realizou-se o III Simpósio Nacional de Ensino de Física de 25 a 30 de janeiro de 1976, onde se conseguiu melhores resultados. Com mais de 500 participantes, 108 comunicações de pesquisa no ensino de Física, cursos, conferências e mesas redondas. Nas instalações do Instituto de Física foram distribuídos *stands* onde empresas apresentaram instrumentos destinados às aulas experimentais.

O encontro foi marcado por uma calorosa discussão onde foram aprovadas moções a seguir resumidas: descontentamento pela reforma no ensino médio, aprovada sem a participação dos professores; superficialidade no ensino de Física, ocasionada pela aprovação da Lei 5692/71; pedido ao MEC da revogação da Resolução 30, a ser feito pela Sociedade Brasileira de Física; uma visão mais consistente da aplicabilidade das ciências, em particular da Física; organização de Grupos Regionais de Trabalho. Com a Lei 5692 de 11 de agosto de 1971 houve um substancial prejuízo do ensino de Física dado à redução do número de aulas destinadas à disciplina. O currículo foi prejudicado pela redução dos conteúdos, como também das experimentações em laboratório e o requisito de polivalência dos professores de Ciências.

As formas metodológicas e os recursos pedagógicos continuaram a ser debatidos nos simpósios seguintes. A preparação dos professores, bem como a maneira de fazer o ensino de Física passaram a interagir com a metodologia da pesquisa científica.

No VI Simpósio Nacional de Ensino de Física, ocorrido em 1985, pode ser destacado a publicação que recomendava a utilização da filosofia e da história da Física como elementos a serem utilizados para o ensino. Destacou-se a recomendação de Hamburger (1985, p. 8), para se “fazer uma LEITURA CRÍTICA, quase no sentido da crítica literária, usando trabalhos de HISTORIADORES E FILÓSOFOS DA CIÊNCIA”. Evidenciou-se, assim, a necessidade de inovação nas metodologias apresentou-se como essencial para o ensino de Física, pela diversificação de recursos e fontes de material para os conteúdos abordados.

Na década de 1960, foi aprovada a primeira Lei de Diretrizes e Bases para a educação nacional (LDB), a Lei n. 4.024, promulgada em 20 de dezembro de 1961, tramitou no Congresso Nacional durante vários anos e por esse motivo não atendeu às necessidades que antes era de um país que não contava com uma indústria plenamente desenvolvida. Segundo Ghiraldelli Jr. (2008, p. 99), “A lei, que tramitou treze anos no Congresso, e que inicialmente destinava-se a um país pouco urbanizado, acabou sendo aprovada para um Brasil industrializado e com necessidades educacionais que o Parlamento não soube perceber”. Sendo direta a relação entre o desenvolvimento industrial e a necessidade de uma abordagem mais científica e tecnológica adotada na escola, a referida lei aprovada já se apresentava defasada quanto às suas orientações educacionais.

Dada a pouca adequação da primeira LDB, o país apresentava mudanças políticas que contribuíram para a aprovação de uma nova lei na década de 1970. Em 11 de agosto de 1971 foi promulgada a lei 5692/71 que apresentou dentre seus capítulos três capítulos que tratavam diretamente do currículo a ser abordado: 6 – O currículo; 7 – O currículo formal; 8 – O currículo real. Adotou-se uma postura diretiva do cotidiano escolar, onde o currículo pode

ser baseado em uma lei específica. Se a LDB de 1961 passou treze anos para ser aprovada, a lei 5692/71 não demorou muito para ser aprovada, resultando numa lei que utilizou as bases da primeira e que seguiu as orientações da política governamental da época. Nesse contexto, o ensino de Física passou a fazer parte do 2º grau, em que as condições econômicas não permitiam dar condições de desenvolver um ensino que contemplasse a teoria e prática experimental que se apresentava ideal para uma educação de conotação científica.

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN) de 1996, lei 9.394/96, regulamentada em 1998 pelas Diretrizes do Conselho Nacional de Educação e pelos Parâmetros Curriculares Nacionais, procurou atender à necessidade de atualização da educação brasileira. Como proposta de competências a serem desenvolvidas nos estudantes tem-se nos PCNEM+ a distribuição por área de forma equivalente ao que foi apresentado nos PCNEM. Orientou-se a dar um sentido mais concreto, através de possíveis encaminhamentos e suas diferentes compreensões.

Em 2000, foram publicados pelo Ministério da Educação e Cultura (MEC) os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Destaca-se nesse documento com relação ao ensino das Ciências da Natureza que o estudante deveria: entender e aplicar métodos e procedimentos próprios das Ciências Naturais; identificar variáveis relevantes e selecionar os procedimentos necessários para produção, análise e interpretação de resultados de processos ou experimentos científicos e tecnológicos; apropriar-se dos conhecimentos da Física, da Química e da Biologia, e aplicar esses conhecimentos para explicar o funcionamento do mundo natural, planejar, executar e avaliar ações de intervenção na realidade natural; entender a relação entre o desenvolvimento das Ciências Naturais e o desenvolvimento tecnológico, e associar as diferentes tecnologias aos problemas que se propuseram e propõem solucionar; entender o impacto das tecnologias associadas às Ciências Naturais na sua vida pessoal, nos processos de produção, no desenvolvimento do conhecimento e na vida social; aplicar as tecnologias associadas às Ciências Naturais na escola, no trabalho e em outros contextos relevantes para sua vida. Dessa forma, o ensino de Física necessitou de uma maior adequação às novas necessidades educacionais. Com o passar dos anos essas propostas necessitaram de uma remodelação buscando uma maior adequação à realidade científica e tecnológica brasileira.

Em 2007 foram lançadas novas orientações complementares nos PCNEM+, onde as áreas do conhecimento, dentre elas a área das Ciências da Natureza, que contemplava a disciplina de Física. O texto foi dirigido ao professor, ao coordenador ou dirigente escolar do ensino médio e aos responsáveis pelas redes de educação básica e pela formação profissional permanente dos professores.

Conforme recomendado nos PCNEM, especificamente em Física, o quadro 5 apresentado abaixo destaca a representação e compreensão com o tópico símbolos, códigos e nomenclaturas. Propõe-se a utilização das diferentes formas de comunicação, fazendo-se necessário o domínio das habilidades inerentes ao reconhecimento e utilização da linguagem científica no reconhecimento e utilização correta de símbolos, códigos e nomenclatura de grandezas da Física, além de conhecer as unidades e as relações entre unidades de uma mesma grandeza física.

Quadro 5: Competências na área de Física – Símbolos, códigos e nomenclaturas de ciência e tecnologia.

Representação e comunicação	
Na área	Em Física
Símbolos, códigos e nomenclaturas de ciência e tecnologia	
Reconhecer e utilizar adequadamente, na forma oral e escrita, símbolos, códigos e nomenclatura da linguagem científica.	<ul style="list-style-type: none"> • Reconhecer e saber utilizar corretamente símbolos, códigos e nomenclaturas de grandezas da Física, por exemplo, nas informações em embalagens de produtos, reconhecer símbolos de massa ou volume; nas previsões climáticas, identificar temperaturas, pressão, índices pluviométricos; no volume de alto-falantes, reconhecer a intensidade sonora (dB); em estradas ou aparelhos: velocidades (m/s, km/h, rpm); em aparelhos elétricos, códigos como W, V ou A; em tabelas de alimentos, valores calóricos. • Conhecer as unidades e as relações entre as unidades de uma mesma grandeza física para fazer traduções entre elas e utilizá-las adequadamente. Por exemplo, identificar que uma caixa d'água de 2 m³ é uma caixa de 2000 litros, ou que uma tonelada é uma unidade mais apropriada para expressar o carregamento de um navio do que um milhão de gramas.

Fonte: Adaptado de Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM+).

No tópico referente à articulação dos símbolos e códigos de ciência e tecnologia, apresentado no quadro 6, têm-se como objetivos específicos a leitura e a interpretação de tabelas, gráficos, esquemas e diagramas; a construção de sentenças ou esquemas de problemas, alternando a construção entre gráficos e tabelas, como também a compreensão das diferentes formas de representação de uma mesma relação.

Quadro 6: Competências na área de Física – Articulação dos símbolos e códigos de ciência e tecnologia.

Representação e comunicação	
Na área	Em Física
Articulação dos símbolos e códigos de ciência e tecnologia	
Ler, articular e interpretar símbolos e códigos em diferentes linguagens e representações: sentenças, equações, esquemas, diagramas, tabelas, gráficos e representações geométricas.	<ul style="list-style-type: none"> • Ler e interpretar corretamente tabelas, gráficos, esquemas e diagramas apresentados em textos. Por exemplo, interpretar um gráfico de crescimento, ou da variação de temperaturas ambientes; compreender o esquema de uma montagem elétrica; ler um medidor de água ou de energia elétrica; interpretar um mapa meteorológico ou uma fotografia de radiação infravermelha, a partir da leitura de suas legendas. • Construir sentenças ou esquemas para a resolução de problemas; construir tabelas e transformá-las em gráfico, para, por exemplo, descrever o consumo de energia elétrica de uma residência, o gasto de combustível de um automóvel, em função do tempo, ou a posição relativa do Sol ao longo do dia ou do ano. • Compreender que tabelas, gráficos e expressões matemáticas podem ser diferentes formas de representação de uma mesma relação, com potencialidades e limitações próprias, para ser capaz de escolher e fazer uso da linguagem mais apropriada em cada situação, além de poder traduzir entre si os significados dessas várias linguagens. Por exemplo, compreender que o consumo mensal de energia elétrica de uma residência, ao longo do ano, pode ser apresentado em uma tabela que organiza os dados; ou em um gráfico que permite analisar melhor as tendências do consumo

Fonte: Adaptado de Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM+).

No quadro 7, está representado o tópico referente à análise e interpretação de textos e outras comunicações da ciência e tecnologia. Afirma-se a necessidade da leitura e da interpretação de informações na forma de diferentes linguagens e representações, capacitando o estudante à compreensão inclusive de manuais técnicos. Orienta-se o uso de notícias veiculadas nas diferentes mídias, possibilitando o ensino de Física atualizado e que evidencie a utilidade prática dos conhecimentos adquiridos.

Quadro 7: Competências na área de Física – Análise e interpretação de textos e outras comunicações de ciência e tecnologia.

Representação e comunicação	
Na área	Em Física
Análise e interpretação de textos e outras comunicações de ciência e tecnologia	
Consultar, analisar e interpretar textos e comunicações de ciência e tecnologia veiculados por diferentes meios.	<ul style="list-style-type: none"> • Ler e interpretar informações apresentadas em diferentes linguagens e representações (técnicas) como, por exemplo, um manual de instalação de equipamento, características de aparelhos eletrodomésticos, ou esquemas de montagem de móveis. • Acompanhar o noticiário relativo à ciência em jornais, revistas e notícias veiculadas pela mídia, identificando a questão em discussão e interpretando, com objetividade, seus significados e implicações para participar do que se passa à sua volta. Por exemplo, no noticiário sobre telefonia celular, identificar que essa questão envolve conhecimentos sobre radiações, suas faixas de frequência, processos de transmissão, além de incertezas quanto a seus possíveis efeitos sobre o ambiente e a saúde.

Fonte: Adaptado de Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM+).

No tópico que diz respeito à representação e comunicação, mostrado no quadro 8, prioriza-se a condição de criação de um documento a partir da leitura e interpretação do objeto de estudo. Propõe-se, conforme o quadro 8, o desenvolvimento da capacidade de: descrever fenômenos físicos; da elaboração de relatórios analíticos e de expressar-se de forma correta e clara nos diversos meios de comunicação.

Quadro 8: Competências na área de Física – Elaboração de comunicações.

Representação e comunicação	
Na área	Em Física
Elaboração de comunicações	
Elaborar comunicações orais ou escritas para relatar, analisar e sistematizar eventos, fenômenos, experimentos, questões, entrevistas, visitas, correspondências.	<ul style="list-style-type: none"> • Descrever relatos de fenômenos ou acontecimentos que envolvam conhecimentos físicos, tais como relatos de viagens, visitas ou entrevistas, apresentando com clareza e objetividade suas considerações e fazendo uso apropriado da linguagem da Física. Por exemplo, elaborar o relatório da visita a uma usina termelétrica, destacando sua capacidade de geração de energia, o processo de produção e seus impactos locais, tanto sociais como ambientais. • Elaborar relatórios analíticos, apresentando e discutindo dados e resultados, seja de experimentos ou de avaliações críticas de situações, fazendo uso, sempre que necessário, da linguagem física apropriada. Por exemplo, elaborar um relatório de pesquisa sobre vantagens e desvantagens do uso de gás como combustível automotivo, dimensionando a eficiência dos processos e custos de operação envolvidos. • Expressar-se de forma correta e clara em correspondência para os meios de comunicação ou via internet, apresentando pontos de vista, solicitando informações ou esclarecimentos técnico científicos. Por exemplo, escrever uma carta solicitando informações técnicas sobre aparelhos eletrônicos, ou enviar um e-mail solicitando informações a um especialista em energia solar, explicitando claramente suas dúvidas.

Fonte: Adaptado de Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM+).

O quadro 9 apresenta o tópico referente à discussão e argumentação de temas de interesse de ciência e tecnologia. O aluno deve desenvolver a capacidade de compreender e emitir juízos próprios sobre temas relativos à ciência e tecnologia, como também desenvolver argumentos consistentes e claros sobre seus pontos de vista.

Quadro 9: Competências na área de Física – Discussão e argumentação de temas de interesse de ciência e tecnologia.

Representação e comunicação	
Na área	Em Física
	Discussão e argumentação de temas de interesse de ciência e tecnologia
Analisar, argumentar e posicionar-se criticamente em relação a temas de ciência e tecnologia.	<ul style="list-style-type: none"> • Compreender e emitir juízos próprios sobre notícias com temas relativos à ciência e tecnologia, veiculadas pelas diferentes mídias, de forma analítica e crítica, posicionando-se com argumentação clara. Por exemplo, enviar um e-mail contra argumentando uma notícia sobre as vantagens da expansão da geração termoelétrica brasileira. • Argumentar claramente sobre seus pontos de vista, apresentando razões e justificativas claras e consistentes, como, por exemplo, ao escrever uma carta solicitando ressarcimento dos gastos efetuados nos consertos de eletrodomésticos que se danificaram em consequência da interrupção do fornecimento de energia elétrica, apresentando justificativas consistentes.

Fonte: Adaptado de Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM+).

Com relação à investigação e compreensão, envolvendo a Ciência e tecnologia na história, apresentado no quadro 10, orienta que o ensino de Física busque que o aluno a compreenda os conhecimentos físicos como uma construção histórica com a colaboração de diversas. O aluno deve compreender o desenvolvimento histórico dos modelos físicos visando o dimensionamento dos modelos atuais; deve, também, compreender o desenvolvimento histórico da tecnologia e as implicações sociais envolvidas.

Quadro 10: Competências na área de Física – Ciência e tecnologia na história.

Investigação e compreensão	
Na área	Em Física
	Ciência e tecnologia na história
Compreender o conhecimento científico e o tecnológico como resultados de uma construção humana, inseridos em um processo histórico e social.	<ul style="list-style-type: none"> • Compreender a construção do conhecimento físico como um processo histórico, em estreita relação com as condições sociais, políticas e econômicas de uma determinada época. Compreender, por exemplo, a transformação da visão de mundo geocêntrica para a heliocêntrica, relacionando-a às transformações sociais que lhe são contemporâneas, identificando as resistências, dificuldades e repercussões que acompanharam essa mudança. • Compreender o desenvolvimento histórico dos modelos físicos para dimensionar corretamente os modelos atuais, sem dogmatismo ou certezas definitivas. • Compreender o desenvolvimento histórico da tecnologia, nos mais diversos campos, e suas consequências para o cotidiano e as relações sociais de cada época, identificando como seus avanços foram modificando as condições de vida e criando novas necessidades. Esses conhecimentos são essenciais para dimensionar corretamente o desenvolvimento tecnológico atual, através tanto de suas vantagens como de seus condicionantes. Reconhecer, por exemplo, o desenvolvimento de formas de transporte, a partir da descoberta da roda e da tração animal, ao desenvolvimento de motores, ao domínio da aerodinâmica e à conquista do espaço, identificando a evolução que vem permitindo ao ser humano deslocar-se de um ponto ao outro do globo terrestre em intervalos de tempo cada vez mais curtos e identificando também os problemas decorrentes dessa evolução. • Perceber o papel desempenhado pelo conhecimento físico no desenvolvimento da tecnologia e a complexa relação entre ciência e tecnologia ao longo da história. Muitas vezes, a tecnologia foi precedida pelo desenvolvimento da Física, como no caso da fabricação de lasers, ou, em outras, foi a tecnologia que antecedeu o conhecimento científico, como no caso das máquinas térmicas.

Fonte: Adaptado de Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM+).

O quadro 11 apresenta a análise da mesma competência com o tópico Ciência e tecnologia na cultura contemporânea, em que o aluno ao desenvolver seus estudos deve estar capacitado a compreender a Física como parte integrante da cultura contemporânea através da percepção em elementos culturais diversos. Deve-se envolver o aluno em visitas a museus, exposições ou eventos do gênero que possam relacionar ciência e tecnologia, bem como, fazer com que o estudante possa compreender formas pelas quais a Física e a tecnologia favorecem a interpretação do mundo moderno.

Quadro 11: Competências na área de Física – Ciência e tecnologia na cultura contemporânea.

Investigação e compreensão	
Na área	Em Física
Ciência e tecnologia na cultura contemporânea	
Compreender a ciência e a tecnologia como partes integrantes da cultura humana contemporânea.	<ul style="list-style-type: none"> • Compreender a Física como parte integrante da cultura contemporânea, identificando sua presença em diferentes âmbitos e setores, como, por exemplo, nas manifestações artísticas ou literárias, em peças de teatro, letras de músicas etc., estando atento à contribuição da ciência para a cultura humana. • Promover e interagir com meios culturais e de difusão científica, por meio de visitas a museus científicos ou tecnológicos, planetários, exposições etc., para incluir a devida dimensão da Física e da ciência na apropriação dos espaços de expressão contemporâneos. • Compreender formas pelas quais a Física e a tecnologia influenciam nossa interpretação do mundo atual, condicionando formas de pensar e interagir. Por exemplo, como a relatividade ou as ideias quânticas povoam o imaginário e a cultura contemporânea, conduzindo à extrapolação de seus conceitos para diversas áreas, como para a Economia ou Biologia.

Fonte: Adaptado de Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM+).

Na sequência, o quadro 12 apresenta o aspecto da competência estudada que se refere à Ciência e tecnologia na atualidade. Saber relacionar os conhecimentos científicos com o desenvolvimento tecnológico contemporâneo deve ser buscado. Deve perceber e compreender cada fenômeno físico envolvido nos diferentes aparelhos usados na atualidade, podendo avaliar a importância do estudo científico na criação e desenvolvimento de cada tecnologia.

Quadro 12: Competências na área de Física – Ciência e tecnologia na atualidade.

Investigação e compreensão	
Na área	Em Física
Ciência e tecnologia na atualidade	
Reconhecer e avaliar o Desenvolvimento tecnológico contemporâneo, suas relações com as ciências, seu papel na vida humana, sua presença no mundo cotidiano e seus impactos na vida social.	<ul style="list-style-type: none"> • Acompanhar o desenvolvimento tecnológico contemporâneo, por exemplo, estabelecendo contato com os avanços das novas tecnologias na medicina, por meio de tomografias ou diferentes formas de diagnóstico; na agricultura, nas novas formas de conservação de alimentos com o uso das radiações; ou, ainda, na área de comunicações, com os microcomputadores, CDs, DVDs, telefonia celular, tevê a cabo.

Fonte: Adaptado de Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM+).

Finalizando a análise da competência relativa à investigação e compreensão no ensino de Física, o quadro 13 apresenta as propostas relativas à Ciência e tecnologia, ética e cidadania. Sugere-se que o aluno busque compreender a responsabilidade social que decorre da aquisição do conhecimento. Que o aluno possa fazer uso correto do conhecimento favorecendo a uma maior segurança e qualidade de vida; que haja a promoção de situações que contribuam para a melhoria das condições de vida; que possa fazer o uso responsável das oportunidades e aplicações das tecnologias desenvolvidas e que reconheça que a equidade no uso das tecnologias possa ser buscada visando a dar oportunidades a todos para a elevação das condições de vida de toda a sociedade.

Quadro 13: Competências na área de Física – Ciência e tecnologia, ética e cidadania.

Investigação e compreensão	
Na área	Em Física
Ciência e tecnologia, ética e cidadania	
Reconhecer e avaliar o caráter ético do conhecimento científico e tecnológico e utilizar esses conhecimentos no exercício da cidadania.	<ul style="list-style-type: none"> • Compreender a responsabilidade social que decorre da aquisição de conhecimento, sentindo-se mobilizado para diferentes ações, seja na defesa da qualidade de vida, da qualidade das infraestruturas coletivas, ou na defesa de seus direitos como consumidor. • Promover situações que contribuam para a melhoria das condições de vida da cidade onde vive ou da preservação responsável do ambiente, conhecendo as estruturas de abastecimento de água e eletricidade de sua comunidade e dos problemas delas decorrentes, sabendo posicionar-se, argumentar e emitir juízos de valor. • Reconhecer que, se de um lado a tecnologia melhora a qualidade de vida do homem, do outro ela pode trazer efeitos que precisam ser ponderados quanto a um posicionamento responsável. Por exemplo, o uso de radiações ionizantes apresenta tanto benefícios quanto riscos para a vida humana. • Reconhecer, em situações concretas, a relação entre Física e ética, seja na definição de procedimentos para a melhoria das condições de vida, seja em questões como do desarmamento nuclear ou em mobilizações pela paz mundial. • Reconhecer que a utilização dos produtos da ciência e da tecnologia nem sempre é democrática, tomando consciência das desigualdades e da necessidade de soluções de baixo custo, como, por exemplo, para ampliar o acesso à eletricidade.

Fonte: Adaptado de Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM+).

A necessidade da implantação de um ensino de Física que una a teoria dos conteúdos à experimentação prática tornou-se evidente para a formação plena do estudante. A capacitação de professores através de uma formação mais voltada para novas abordagens metodológicas, desde a graduação, mostra-se como fundamental, visto que “a complexidade da sala de aula e do processo de ensino-aprendizagem dos conteúdos de Física revelam-se como grandes desafios à atuação desses profissionais” (PAIVA; ALMEIDA, 2014, p. 167). Nesse contexto, a formação continuada de professores, aliada à pesquisa das práticas exitosas são importantes elementos para a realização de um ensino de Física de qualidade.

5 O ELETROMAGNETISMO

Neste capítulo estão apresentados os tópicos de Eletromagnetismo, base de ensino para este trabalho, mostrando uma organização lógica de temas apresentada aos alunos. Evidenciam-se os tópicos estruturadores do estudo: inicialmente, é mostrado o campo elétrico produzido por cargas elétricas; apresenta-se o campo magnético, destacando semelhanças e diferenças com o campo elétrico; evidenciam-se as interações entre o campo magnético e cargas elétricas em movimento pelo estudo da lei de Gauss e da lei de Ampère; apresenta-se a lei de Faraday, com destaque para o fenômeno da indução de uma força eletromotriz em um circuito elétrico e culmina com a apresentação do fenômeno da propagação de ondas eletromagnéticas. Este capítulo pode ser usado como um guia para o professor de Física por apresentar, de forma sistematizada, uma sequência de conceitos do Eletromagnetismo.

5.1 O campo elétrico

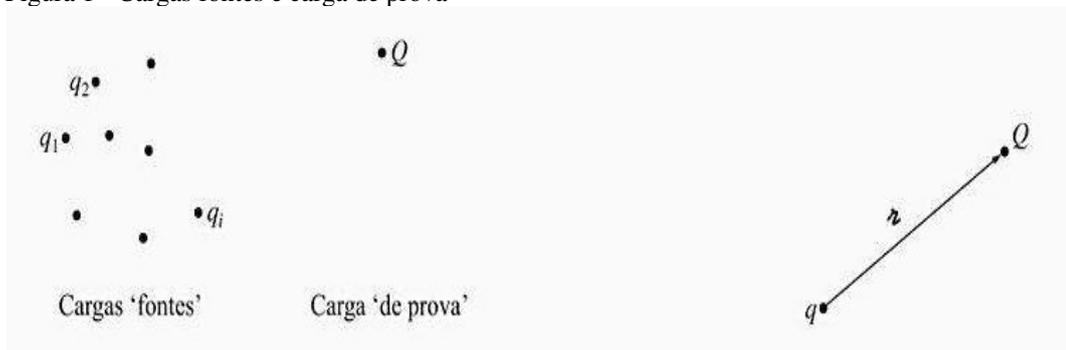
No ensino do Eletromagnetismo é necessário fazer com que os alunos compreendam as interações entre um campo elétrico e um campo magnético. Faz-se necessário o conhecimento específico dos elementos constituintes de tais campos. Referindo-se à ideia de carga elétrica, pode-se considerar as cargas puntiformes q_1, q_2, q_3, \dots , como cargas fontes de um campo elétrico. Sujeita à influência de forças geradas por estas cargas, considera-se também uma carga de prova Q , cuja intensidade não influencia substancialmente no campo elétrico gerado.

Deve-se também destacar o princípio da superposição, que diz que a interação entre duas cargas quaisquer não é modificada pela presença de outras. Pode-se assim, calcular inicialmente a força \mathbf{F}_1 devida à carga q_1 , depois a força \mathbf{F}_2 , relativa à carga q_2 e em seguida a força \mathbf{F}_3 provocada pela carga q_3 . A força resultante sobre a carga de prova Q será dada pela soma vetorial das forças individuais, conforme a expressão

$$\mathbf{F} = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2 + \mathbf{F}_3 \quad (1)$$

Na figura 1 estão representadas as cargas fontes, bem como a carga de prova Q .

Figura 1 - Cargas fontes e carga de prova



Fonte: Eletrodinâmica. David J. Griffiths (2011).

5.1.1 A lei de Coulomb e a intensidade de campo elétrico

Os princípios fundamentais da Eletrostática são a lei de Coulomb¹ e a lei de Gauss², as duas formuladas experimentalmente, podendo a lei de Coulomb ser obtida a partir da lei de Gauss.

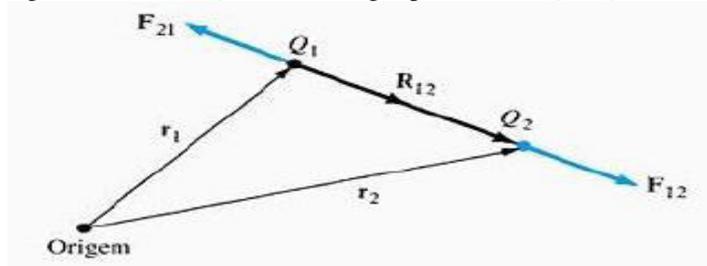
A lei de Coulomb foi formulada pelo francês Charles Augustin de Coulomb em 1785 e trata da força exercida por uma carga puntiforme sobre outra carga puntiforme. Estabelece que a força entre duas cargas puntiformes Q_1 e Q_2 é estabelecida ao longo da linha que une as duas cargas, é proporcional às cargas Q_1 e Q_2 e é inversamente proporcional ao quadrado da distância R entre elas. Se as duas cargas tiverem o mesmo sinal, estas se repelem uma à outra. Se as duas cargas tiverem sinais opostos, então a força observada entre elas será atrativa.

¹Charles Augustin de Coulomb (Angoulême, 14 de junho de 1736 — Paris, 23 de agosto de 1806) foi um físico francês. Em sua homenagem, deu-se seu nome à unidade de carga elétrica, o *coulomb*. Engenheiro de formação, Coulomb foi principalmente físico. Em 1783 publicou os 7 tratados sobre eletricidade e magnetismo, e outros sobre torção, atrito entre sólidos, etc. Experimentador genial e rigoroso, realizou uma experiência histórica com uma balança de torção para determinar a força exercida entre duas cargas elétricas (lei de Coulomb).
Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/>. Acesso em 05 de setembro de 2015.

²Johann Carl Friedrich Gauss (ou *Gauß*) (Braunschweig, 30 de abril de 1777 — Göttingen, 23 de fevereiro de 1855), foi um matemático, astrônomo e físico alemão que contribuiu muito em diversas áreas da ciência, dentre elas a teoria dos números, estatística, análise matemática, geometria diferencial, geodésia, geofísica, eletrostática, astronomia e óptica.
Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/>. Acesso em 05 de setembro de 2015.

A figura 2 mostra o vetor força entre as cargas puntiformes Q_1 e Q_2 .

Figura 2 - Vetor força entre as cargas puntiformes Q_1 e Q_2 .



Fonte: Eletrodinâmica. David J. Griffiths (2011).

Um coulomb equivale, aproximadamente, a uma carga de $6 \cdot 10^{18}$ elétrons, sendo que a carga de um elétron (carga elementar) vale

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

Utilizando-se a lei de Coulomb, a intensidade da força elétrica é dada pela equação

$$F = k \frac{Q_1 Q_2}{R^2} \quad (3)$$

onde k é a constante de proporcionalidade dada por

$$k = \frac{1}{4} \pi \epsilon_0. \quad (4)$$

As unidades no SI das cargas Q_1 e Q_2 é o coulomb (C), a distância R , em metros (m) e a força em newtons (N). A constante ϵ_0 é uma constante física que descreve como o meio afeta um campo elétrico por ele envolvido, sendo chamada de permissividade do espaço livre (em farads por metro), valendo

$$\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \cong 10^{-9} / 36\pi \text{ F/m.} \quad (5)$$

Assim, a lei de Coulomb ainda pode ser escrita da seguinte forma

$$F = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi \epsilon_0 R^2} \quad (6)$$

A força exercida em duas cargas elétricas pontuais e em repouso é de mesma intensidade e de sentido contrário. As cargas de sinais iguais se repelem, ao passo que as cargas de sinais contrários se atraem.

Cargas elétricas influenciam nos pontos do espaço ao seu redor criando um campo elétrico. Conceituando o vetor campo elétrico \mathbf{E} , este é dado pela força por unidade de carga imerso nesse campo. Como resultado experimental, tem-se:

$$\mathbf{E} = \frac{\mathbf{F}}{Q} \quad (7)$$

O vetor campo elétrico \mathbf{E} está na mesma direção da força \mathbf{F} , tendo seu sentido determinado pelo sinal da carga, sendo medido em newton/coulomb ou em volt/metro. Considerando um ponto cujo vetor posição é \mathbf{r} , a intensidade do campo elétrico é dada por:

$$\mathbf{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 R^2} \mathbf{a}_R = \frac{Q(\mathbf{r}-\mathbf{r}')}{4\pi\epsilon_0 |\mathbf{r}-\mathbf{r}'|^3} \quad (8)$$

O vetor \mathbf{a}_R é o vetor unitário ao longo de R , sendo definido como um vetor de magnitude 1 com orientação ao longo de R . Para o caso de N cargas puntiformes Q_1, Q_2, \dots, Q_N , o campo elétrico total é a soma vetorial, dado por

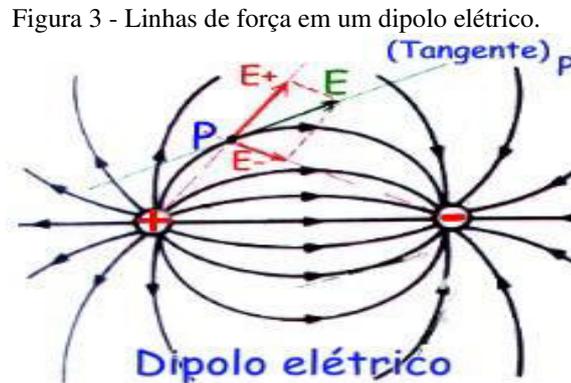
$$\mathbf{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{k=1}^N \frac{Q_k(\mathbf{r}-\mathbf{r}_k)}{|\mathbf{r}-\mathbf{r}_k|^3} \quad (9)$$

Michael Faraday³ raciocinou em termos de linhas de força para representar o campo elétrico, constituindo-se em um método facilitador para a sua compreensão.

³Michael Faraday (Newington, Surrey, 22 de setembro de 1791 — Hampton Court, 25 de agosto de 1867) foi um físico e químico inglês. É considerado um dos cientistas mais influentes de todos os tempos.^[1] As suas contribuições mais importantes e os seus trabalhos mais conhecidos tratam dos fenômenos da eletricidade, da eletroquímica e do magnetismo.

Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/>. Acesso em 03 de setembro de 2015.

Na figura 3 estão representadas as linhas de força do campo elétrico produzido por um dipolo elétrico.



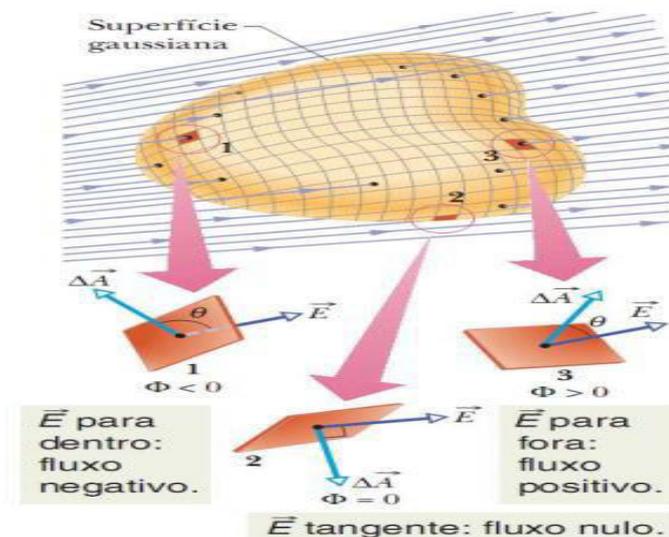
Fonte: <http://www.rc.unesp.br/showdefisica>.
Acesso em 1 de outubro de 2016.

O campo elétrico em cada ponto P tem direção tangente às linhas de campo.

5.1.2 A lei de Gauss.

O fluxo elétrico Φ_E pode ser considerado como uma grandeza que expressa o número de linhas de campo elétrico que atravessam uma superfície A . A figura 4 representa uma superfície de forma arbitrária em um campo elétrico, onde se podem observar as linhas de campo que entram e saem caracterizando um fluxo do campo elétrico.

Figura 4 - Superfície de forma arbitrária imersa em um campo elétrico não-uniforme \mathbf{E} .



Fonte: paginapessoal.utfpr.edu.br/. Acesso em 30 de setembro de 2016.

O fluxo do campo elétrico, que é um escalar, tem como unidades $\text{N.m}^2/\text{C}$ e é definido por

$$\Phi_E = \Sigma \mathbf{E} \cdot \mathbf{A} \quad (10)$$

e definido pela integral de superfície

$$\Phi_E = \int \mathbf{E} \cdot d\mathbf{A} \quad (11)$$

que é o limite da soma das grandezas escalares $\mathbf{E} \cdot d\mathbf{A}$ de todos elementos infinitesimais de área $d\mathbf{A}$ que compõem a superfície fechada.

O fluxo pode ser calculado para qualquer superfície, tanto fechada quanto aberta.

A lei de Gauss, considerada uma das equações de Maxwell⁴, que relaciona o fluxo Φ_E que atravessa essa superfície com a carga total q envolvida por ela, é definida por

$$\varepsilon_0 \Phi_E = q \quad (12)$$

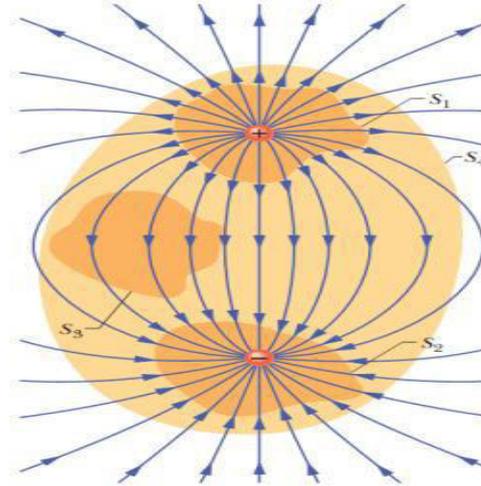
ou, mais precisamente,

$$\varepsilon_0 \oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{A} = q \quad (13)$$

⁴James Clerk Maxwell (Edimburgo, 13 de junho de 1831 — Cambridge, 5 de novembro de 1879) foi um físico e matemáticobritânico. É mais conhecido por ter dado forma final à teoria moderna do eletromagnetismo, que une a eletricidade, o magnetismo e a óptica.
Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/>. Acesso em 03 de setembro de 2015.

A figura 5 mostra as linhas de força do campo elétrico de um dipolo. A figura 5 mostra as seções retas de quatro superfícies gaussianas fechadas.

Figura 5 - As linhas de força em um dipolo elétrico.

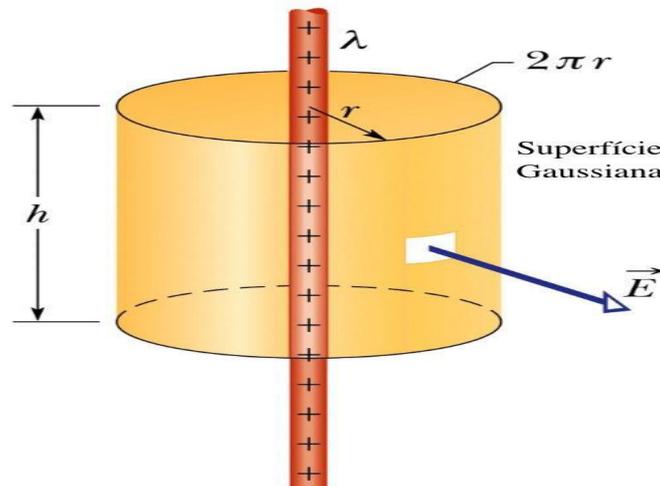


Fonte: paginapessoal.utfpr.edu.br/. Acesso em 30 de setembro de 2016.

Na superfície S_1 , o campo é dirigido sempre para fora, logo $\mathbf{E} \cdot d\mathbf{A}$ é sempre positivo; na superfície S_2 , o campo é sempre voltado para dentro; a superfície S_3 não envolve nenhuma carga, e pela ilustração, observa-se que as linhas de força que entram por cima e saem por baixo. Supondo que as cargas tenham magnitudes iguais, a superfície S_4 envolve uma carga total nula, pois o fluxo do campo elétrico é zero.

As cargas elétricas podem ser distribuídas de diferentes formas apresentando campos elétricos com características específicas em cada caso. A figura 6 mostra o esquema para o cálculo do campo elétrico \mathbf{E} devido especificamente a uma linha de cargas elétricas.

Figura 6 - Uma linha carregada infinita.



Fonte: Física 3 / Resnick (1996).

Para o caso de uma distribuição numa seção de uma linha infinita de cargas, pode ser definida uma densidade linear de carga (carga por unidade de comprimento) constante, ou seja,

$$\lambda = dq / ds \quad (14)$$

Por questões de simetria, nesse caso, o campo elétrico tem apenas uma componente radial. Para determinar o campo elétrico à distância r dessa distribuição em linha com simetria cilíndrica, o fluxo de \mathbf{E} pela superfície será $E(2\pi rh)$, com $2\pi rh$ sendo a área da superfície. Estando a carga envolvida pela superfície gaussiana, esta é dada por λh e pela lei de Gauss,

$$\varepsilon_0 \oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{A} = q \quad (15)$$

Chega-se à igualdade

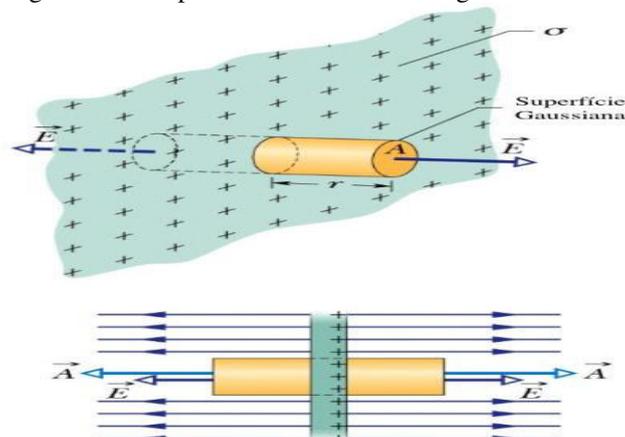
$$\varepsilon_0 E(2\pi rh) = \lambda h \quad (16)$$

Podendo também ser o campo \mathbf{E} dado pela expressão

$$\mathbf{E} = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r} \quad (17)$$

Considerando agora o exemplo de uma lâmina infinita de carga, como apresentado, na figura 7, observa-se que o campo \mathbf{E} não atravessa a superfície lateral e não há fluxo através dessa superfície.

Figura 7 - Uma placa não-condutora carregada infinita..



Fonte: Física 3 / Resnick (1996).

Considerando que as extremidades do cilindro sejam equidistantes e que, pela simetria, o módulo do campo seja o mesmo em ambas as extremidades, o fluxo através da cada superfície é positivo e igual a EA . Pela lei de Gauss, tem-se

$$\varepsilon_0 \oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{A} = q \quad (18)$$

obtendo-se

$$\varepsilon_0(EA + EA) = \sigma A \quad (19)$$

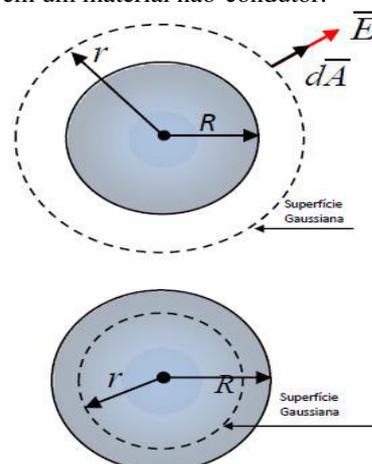
Sendo σA a carga envolvida pela superfície, tem-se a igualdade

$$E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} \quad (20)$$

Observa-se que E é constante e não há necessidade da suposição de que as extremidades do cilindro considerado sejam equidistantes na lâmina.

Considerando uma distribuição esfericamente simétrica de carga. Supondo que a densidade volumétrica de volume ρ (carga por unidade de volume) não seja constante e que a mesma dependa somente da distância ao centro, ou seja, da simetria esférica. Assim, ρ varia em função de r . Observa-se na figura 8 a seção reta de uma distribuição esfericamente simétrica de cargas, em um material não-condutor de raio R , onde a densidade volumétrica de cargas pode variar com o raio r .

Figura 8: Seção reta de uma distribuição de cargas esfericamente simétrica em um material não-condutor.



Fonte: www.fisica.ufjf.br/~radius/Fisica3/Cap22-LeideGauss.pdf.
Acesso em 24 de setembro de 2016.

Considerando o campo elétrico em pontos externos à distribuição simétrica de cargas. Cada superfície concêntrica, tendo carga dq , contribui para o campo com uma componente dE . Dessa forma o somatório de todas as superfícies é dado por

$$E = \int dE = \int \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{dq}{r^2} \quad (21)$$

Sendo r constante e q a variável da integração o campo elétrico pode ser obtido por

$$\mathbf{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \quad (22)$$

Assim, para pontos externos a uma distribuição simetricamente esférica de cargas, o campo elétrico se comporta como se a carga estivesse situada no centro.

Considerando o campo elétrico em pontos internos à distribuição simétrica de cargas. Considerando as questões de simetria, tem-se da lei de Gauss

$$\epsilon_0 \oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{A} = \epsilon_0 E(4\pi r^2) = q \quad (23)$$

ou

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q'}{r^2} \quad (24)$$

onde q' é a porção de q contida dentro da esfera de raio r .

Nos pontos interiores a fração da carga contida no volume de raio r é igual a fração do volume correspondente a r , ou seja,

$$\frac{q'}{q} = \frac{\frac{4}{3}\pi r^3}{\frac{4}{3}\pi R^3} \quad (25)$$

sendo

$$\frac{4}{3}\pi r^3 \quad (26)$$

o volume da distribuição esfericamente simétrica de cargas.

Assim, com $r < R$, a intensidade do campo E é calculada por

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qr}{R^3} \quad (27)$$

5.1.3 Relação entre o campo elétrico e o potencial elétrico

A grandeza vetorial campo elétrico mostra-se útil na compreensão das interações entre cargas elétricas. Todavia, em algumas aplicações torna-se mais adequado o estudo através de uma grandeza escalar, o potencial elétrico. Como a força eletrostática é conservativa, pode-se associar a ideia de energia potencial na realização de um trabalho para o deslocamento de cargas em um campo elétrico. Dessa forma, quando uma partícula é transportada entre dois pontos A e B , em um campo elétrico, sob a influência de uma força \mathbf{F} a variação da energia potencial entre esses pontos é igual ao negativo do trabalho realizado. Sendo a variação da energia potencial dada por

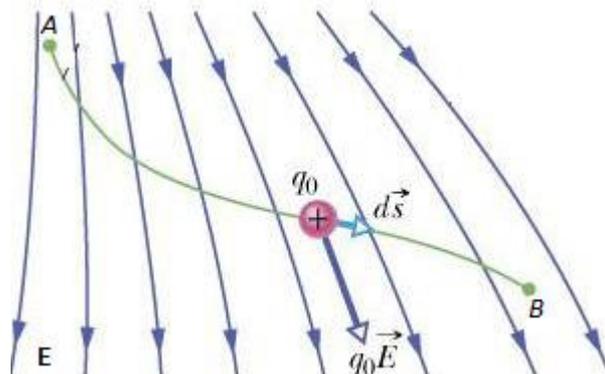
$$\Delta U = -W_{AB} \quad (28)$$

ou

$$U_B - U_A = - \int_A^B \mathbf{F} \cdot d\mathbf{s} \quad (29)$$

A figura 9 apresenta o deslocamento de uma carga pontual Q em um campo elétrico \mathbf{E} .

Figura 9 - Deslocamento de uma carga pontual Q em um campo elétrico \mathbf{E} .



Fonte: Adaptado de Física 3 / Resnick (1996).

Para se deslocar uma carga elétrica puntiforme de um ponto A para um ponto B , em um campo elétrico \mathbf{E} , atua uma força sobre Q e o trabalho necessário para realizar o deslocamento de modo que a carga esteja em equilíbrio é dado por

$$dW = -\mathbf{F} \cdot d\mathbf{s} = -q_0 \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s} \quad (30)$$

O sinal negativo indica que o trabalho é realizado por um agente externo. O trabalho total necessário para deslocar a carga Q do ponto A até o ponto B é dado por

$$W_{AB} = -q_0 \int_A^B \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s} \quad (31)$$

Determina-se a diferença de potencial entre os pontos A e B , utilizando a expressão

$$V_B - V_A = \frac{W}{q_0} = - \int_A^B \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s} \quad (32)$$

Escolhendo o ponto A como referência no infinito, onde V_a é nulo, o potencial em qualquer ponto arbitrário pode ser encontrado usando a expressão

$$V_P = - \int_A^B \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s} \quad (33)$$

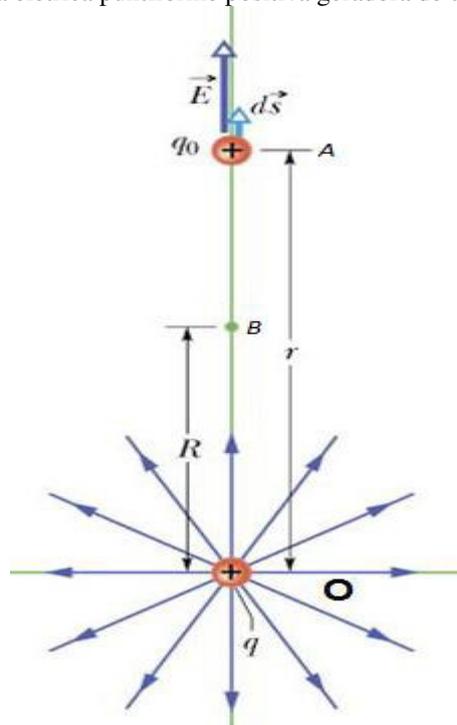
Sendo o ponto inicial A e o ponto final B , se V_{AB} é negativo existe uma perda de energia potencial no deslocamento entre A e B , ou seja, o trabalho é realizado pelo campo elétrico. Sendo V_{AB} positivo existe um ganho em energia potencial e o trabalho é realizado por um agente externo. V_{AB} é medido em volts (V).

Considerando ds na direção radial

$$V_B - V_A = - \int_A^B \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s} = - \int_{r_A}^{r_B} \mathbf{E} \cdot dr \quad (34)$$

A figura 10 mostra pontos próximos a uma carga pontual positiva isolada q .

Figura 10 – Carga elétrica puntiforme positiva geradora de um campo elétrico.



Fonte: paginapessoal.utfpr.edu.br/ Acesso em 30 de setembro de 2016.

Para uma carga pontual, tem-se para o campo elétrico

$$\mathbf{E} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \mathbf{a}_r \quad (35)$$

Como,

$$V_{AB} = \frac{W}{Q} = - \int_A^B \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s} \quad (36)$$

e considerando r_A a distância do ponto A à carga q e r_B a distância do ponto B à carga q , a equação anterior pode ser reescrita da seguinte forma:

$$V_B - V_A = - \int_{r_A}^{r_B} \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \mathbf{a}_r \cdot dr \mathbf{a}_r = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left[\frac{1}{r_B} - \frac{1}{r_A} \right] \quad (37)$$

ou

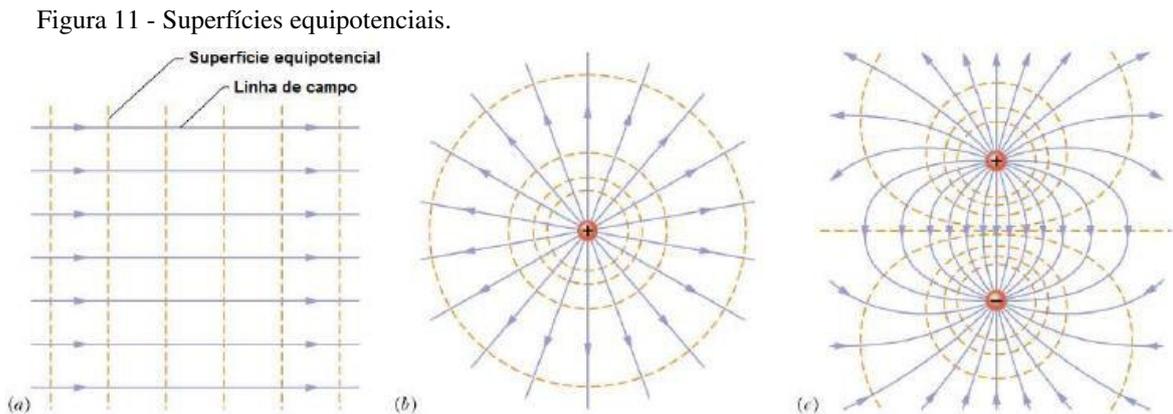
$$V_{AB} = V_B - V_A \quad (38)$$

Envolvendo cargas pontuais, considera-se um ponto no infinito como referência, estabelecendo-se o potencial no infinito como zero. Assim, o potencial em qualquer ponto devido a uma carga puntiforme é dado por

$$V = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r} \quad (39)$$

5.1.4 Superfícies equipotenciais

Uma representação gráfica pode ser feita a partir do potencial elétrico de forma equivalente à representação feita com as linhas de campo elétrico. A figura 11 apresenta uma família de superfícies que contêm pontos com o mesmo valor de potencial elétrico que são chamadas superfícies equipotenciais.



Fonte: Adaptado de Física 3 / Resnick (1996).

Se uma carga de prova se deslocar perpendicularmente ao campo elétrico nenhum trabalho é realizado pelo campo porque a variação da energia potencial é nula e o trabalho realizado é, conseqüentemente, nulo. Assim,

$$\Delta U = -W = 0 \quad (40)$$

Considerando a representação de um campo uniforme em três dimensões os pontos em uma superfície equipotencial constituirão um plano. Como a diferença de potencial entre dois pontos quaisquer numa superfície equipotencial é nula, o trabalho realizado no deslocamento de uma carga de prova entre os pontos nessa superfície é nulo,

independentemente da trajetória, mesmo que o trajeto entre os pontos não esteja completamente dentro da superfície.

5.1.5 Campos elétricos em meios materiais

Para o estudo das interações elétricas ocorridas em meios materiais torna-se fundamental compreender e classificar a estrutura dos materiais quanto às suas propriedades elétricas em condutores ou não-condutores.

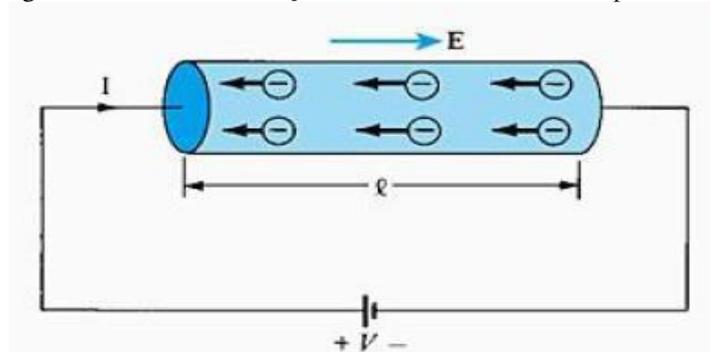
5.1.5.1 A corrente elétrica

Materiais podem permitir o deslocamento de elétrons livres, ou seja, elétrons presentes nas camadas mais afastadas do núcleo dos átomos. Para uma carga líquida dq que se desloca através de qualquer superfície em um intervalo de tempo dt , fica estabelecida uma corrente elétrica, dada por

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (41)$$

A figura 12 representa um condutor de seção reta uniforme sob um campo elétrico E aplicado por onde passa uma corrente elétrica.

Figura 12 - Condutor de seção reta uniforme sob um campo elétrico E aplicado.



Fonte: Elementos de eletromagnetismo / Matthew N. O. Sadiku (2004).

Observa-se que, no circuito elétrico apresentado, uma diferença de potencial é aplicada às extremidades de um condutor permitindo que ocorra o movimento de elétrons livres, ou seja, é estabelecida uma corrente elétrica.

A corrente elétrica é uma característica de um condutor particular, sendo considerada uma quantidade macroscópica. Uma grandeza microscópica relacionada à corrente e útil para a compreensão de como ocorre o movimento de elétrons livres é a densidade de corrente \mathbf{J} . Trata-se uma grandeza vetorial que caracteriza um ponto interno ao condutor e não a totalidade desse condutor, sendo seu módulo dado por

$$J = \frac{i}{A} \quad (42)$$

A corrente é i distribuída uniformemente através de uma área A de uma seção reta do condutor.

O vetor \mathbf{J} é orientado no mesmo sentido de um portador de carga positiva. Um elétron se moveria na direção $-\mathbf{J}$.

Relacionando \mathbf{J} e i para uma superfície particular dentro do condutor, não necessariamente plana, a corrente i é o fluxo do vetor \mathbf{J} através da superfície, sendo dado por

$$i = \int \mathbf{J} \cdot d\mathbf{A} \quad (43)$$

onde $d\mathbf{A}$ é um elemento da superfície, sendo a integral calculada sobre a totalidade da superfície.

5.1.5.2 A resistência elétrica

Materiais diferentes podem permitir a passagem de uma corrente elétrica de modos diferentes. Elétrons livres podem encontrar maior ou menor dificuldade para se deslocar entre pontos de um condutor sob uma diferença de potencial. A característica do material que é considerada nesse fenômeno é a resistência elétrica. A resistência R de um condutor submetido a uma diferença de potencial V e percorrido por uma corrente i é definida por

$$R = \frac{V}{i} \quad (44)$$

A unidade de resistência elétrica é o volt/ampère e é chamada de ohm (Ω), em homenagem ao físico Georg Simon Ohm⁵. Uma característica do material relacionada à resistência é a resistividade ρ , sendo, para materiais isotrópicos, ou seja, materiais que possuem características elétricas homogêneas em todas as direções, dada por

$$\rho = \frac{E}{J} \quad (45)$$

O campo \mathbf{E} pode ser dado na forma vetorial por

$$\mathbf{E} = \rho \mathbf{J} \quad (46)$$

Existe uma grandeza chamada de condutividade σ de um material, sendo recíproca à resistividade dada por

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \quad (47)$$

tendo como unidades SI $(\Omega \cdot \text{m})^{-1}$. Assim, a densidade de corrente também é dada por

$$\mathbf{J} = \sigma \mathbf{E} \quad (48)$$

Conhecendo-se a resistividade ρ de um material se pode calcular a resistência R de uma amostra desse material.

⁵Georg Simon Ohm (Erlangen, 16 de março de 1789 — Munique, 6 de julho de 1854) foi um físico e matemático alemão. Irmão do matemático Martin Ohm. Entre 1826 e 1827, Ohm desenvolveu a primeira teoria matemática da condução elétrica nos circuitos, baseando-se no estudo da condução do calor de Fourier e fabricando os fios metálicos de diferentes comprimentos e diâmetros usados nos seus estudos da condução elétrica.

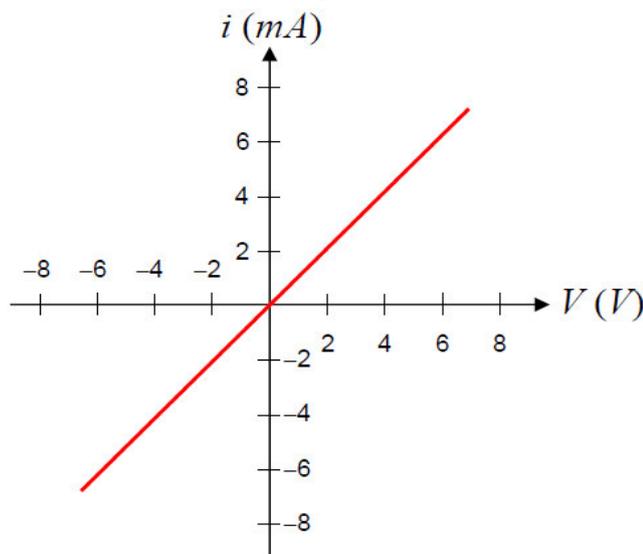
Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/>. Acesso em 03 de setembro de 2015.

5.1.5.3 A lei de Ohm

Os materiais são comumente classificados de acordo com a sua condutividade σ expressa em siemens por metro (S/m). Um material com condutividade elevada ($\sigma \gg 1$) é referido como metal. Um material com baixa condutividade ($\sigma \ll 1$) é classificado como isolante. Já um material cuja condutividade está entre a condutividade dos metais e a dos isolantes é chamado de semicondutor.

Aplicando-se uma diferença de potencial a um condutor e medindo a corrente que o percorre, repetindo-se a medida para vários valores de diferença de potencial e obtendo-se os resultados vistos no gráfico da figura 13 e, estando os pontos sobre uma linha reta, significa que a razão V/i é constante.

Figura 13 - Gráfico mostrando a diferença de potencial x corrente em um material que obedece à lei de ohm.

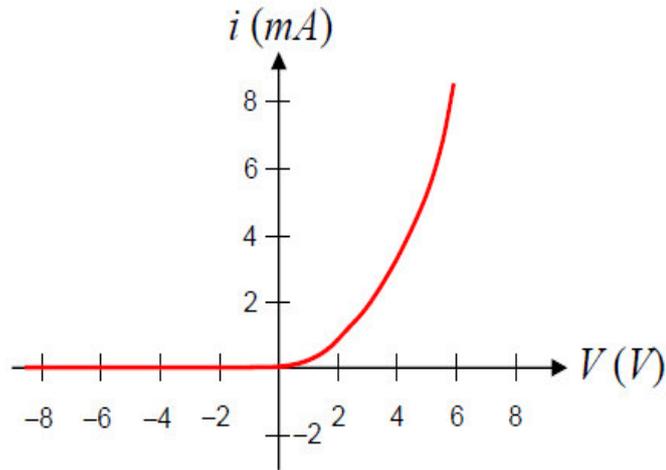


Fonte: docs.fct.unesp.br/docentes/dfqb/celso/MatematFisIII/Cap06.pdf. Acesso em 2 de outubro de 2016.

A resistência desse condutor é constante, independente da diferença de potencial aplicada, para valores positivos e negativos, ou da corrente que o percorre. Assim, um condutor obedece à lei de Ohm se a resistência entre quaisquer dois pontos é independente da magnitude e da polaridade da diferença de potencial aplicada a esses pontos.

Aplicações em circuitos eletrônicos modernos fazem uso de resistores que não obedecem à lei de Ohm, onde a resistência não é constante, conforme apresenta o gráfico da figura 14.

Figura 14 – Gráfico da diferença de potencial x corrente de um material que não obedece à lei de ohm.

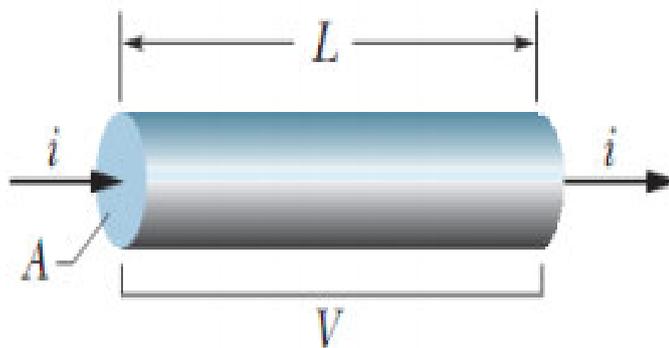


Fonte: docs.fct.unesp.br/docentes/dfqb/celso/MatematFisIII/Cap06.pdf. Acesso em 2 de outubro de 2016.

Observa-se que a corrente não aumenta linearmente com a diferença de potencial aplicada ao condutor.

A figura 15 mostra a aplicação de uma diferença de potencial V a um condutor cilíndrico de área de seção reta A e comprimento L , percorrido por uma corrente i .

Figura 15 - Uma diferença de potencial V aplicada a um condutor.



Fonte: paginapessoal.utfpr.edu.br/cdeimling/aulas-de-fisica-iii/...pdf. Acesso em 2 de outubro de 2016.

Considerando as seções retas em cada extremidade superfícies equipotenciais, a intensidade do campo elétrico e a densidade de corrente serão constantes em todos os pontos

do condutor, valendo para a intensidade do campo elétrico e para o módulo da densidade de corrente, respectivamente,

$$E = \frac{V}{L} \quad (49)$$

e

$$J = \frac{i}{A} \quad (50)$$

A resistividade pode ser expressa por

$$\rho = \frac{E}{J} = \frac{\frac{V}{L}}{\frac{i}{A}} \quad (51)$$

Se V/i a resistência R , obtêm-se

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (52)$$

A resistência elétrica de um condutor é diretamente proporcional ao seu comprimento e inversamente proporcional à sua área da seção transversal. Esta expressão vale para condutores homogêneos e isotrópicos, de seção reta uniforme e sob a influência de um campo elétrico também uniforme.

5.2 O campo magnético

Os efeitos do magnetismo são conhecidos desde a antiguidade. O termo magnetismo passou a ser usado em referência à região da Grécia onde foi descoberto um material que apresentava propriedades magnéticas, a província Magnésia. As rochas chamadas de magnetitas possuem a propriedade de atrair pedaços de ferro.

Conforme Hewitt, William Gilbert⁶, médico da rainha Elisabeth I confeccionou ímãs artificiais esfregando pedaços de ferro comum em magnetita. Sugeriu também que uma bússola se alinha com a direção norte-sul da Terra por esta possuir propriedades de um ímã. Na Inglaterra, John Michell⁷, em 1750, descobriu que os polos de um ímã obedecem à lei do inverso do quadrado da distância, confirmado mais tarde por Charles Coulomb.

Eletricidade e magnetismo seguiram separados até o ano de 1820, quando o professor de ciências dinamarquês Christian Oersted⁸ descobriu, durante uma demonstração em sala de aula, que a orientação da agulha de uma bússola é afetada por uma corrente elétrica.

Um campo magnetostático é gerado por um fluxo de corrente constante, como as correntes no interior de um ímã permanente.

5.2.1 Os polos magnéticos

Quando cargas elétricas interagem através de campos elétricos são estabelecidas forças sobre essas cargas. No magnetismo, a existência de um campo magnético também influencia na vizinhança. No entanto, monopolos magnéticos não existem de forma isolada, sendo uma relação mais útil a interação de um campo magnético com cargas elétricas em movimento.

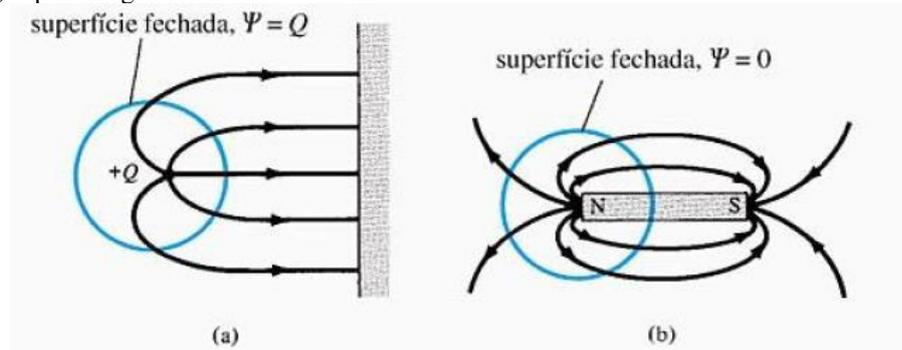
⁶William Gilbert (ou William Gylberde) (Colchester, 24 de Maio de 1544 — Londres, 10 de Dezembro de 1603) foi um físico e médico inglês de Elizabeth I e James I e pesquisador no campos do magnetismo e eletricidade. Estudou na Faculdade Saint John's, Universidade de Cambridge. Iniciou a prática da medicina em Londres em 1573 e em 1601 foi nomeado médico de Elizabeth I, rainha da Inglaterra.
Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/>. Acesso em 05 de setembro de 2015.

⁷John Michell (Nottinghamshire, 25 de dezembro de 1724 — Yorkshire, 29 de abril de 1793) foi um inglês naturalista e geólogo, que trabalhou muitos temas, da astronomia à geologia, óptica e gravitação.
Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/>. Acesso em 05 de setembro de 2015.

⁸Hans Christian Orsted (Rudkøbing, 14 de agosto de 1777 — Copenhagen, 9 de março de 1851) foi um físico e químico dinamarquês. É conhecido sobretudo por ter descoberto que as correntes elétricas podem criar campos magnéticos que são parte importante do Electromagnetismo.
Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/>. Acesso em 05 de setembro de 2015.

Campos elétricos podemos ser representados através de linhas de campo saindo das cargas positivas (fontes) e chegando em cargas negativas (sumidouros). No caso de campos magnéticos as linhas de campo magnético saem do polo norte de um ímã e entram pelo polo sul, não havendo fontes ou sumidouros. A figura 16, mostra as linhas de campo que saem de uma superfície fechada, fazendo a comparação entre o fluxo de uma carga elétrica isolada e o fluxo em um dipolo magnético.

Figura 16 - Fluxo que sai de uma superfície fechada devido: a) carga elétrica isolada
b) dipolo magnético



Fonte: Elementos de eletromagnetismo / Matthew N. O. Sadiku (2004).

Verifica-se experimentalmente que é impossível separar um polo norte de um ímã do respectivo polo sul. A divisão sucessiva de um ímã resulta em peças com polos norte e sul, evidenciando a impossibilidade de se obter polos isolados e que uma carga magnética isolada não existe.

5.3 O Eletromagnetismo

As interações entre os campos elétrico e magnético despertaram estudos de aprofundamento quanto as suas similaridades e diferenças. As leis que definem as propriedades desses campos orientam as aplicações tecnológicas modernas.

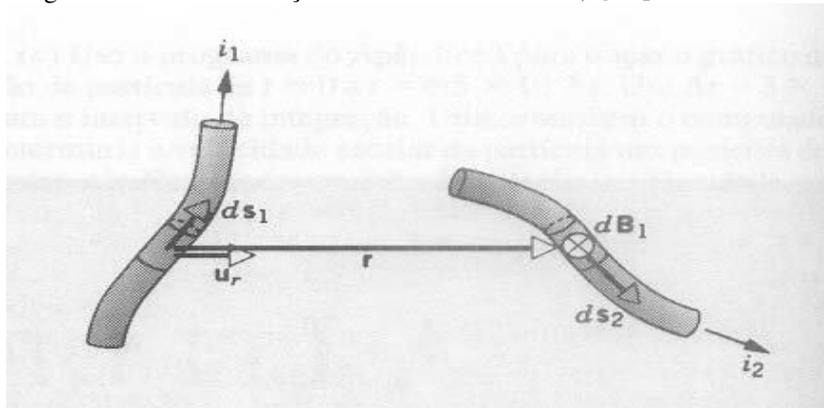
5.3.1 A lei de Biot-Savart

O estudo do campo elétrico, bem como das propriedades do campo magnético dão as condições de percepção de interações entre estes dois campos, permitindo a introdução ao estudo do eletromagnetismo. Compreende-se que os fenômenos magnéticos são oriundos de correntes elétricas internas no material e que a criação de uma corrente em um condutor pode gerar um campo magnético em um determinado ponto.

Considerando-se duas distribuições arbitrárias de corrente, i_1 e i_2 , como apresentado na figura 17, existe uma interação entre os elementos de corrente $i_1 ds_1$ e $i_2 ds_2$ apresentando uma força entre esses elementos. A força magnética $d\mathbf{F}_{21}$, exercida sobre o elemento de corrente 2 por i_1 , pode ser escrita na forma

$$d\mathbf{F}_{21} = i_2 ds_2 \times \mathbf{B}_1 \quad (53)$$

Figura 17: Duas distribuições arbitrárias de corrente, i_1 e i_2 .



Fonte: Adaptado de Física 3 / Resnick (1996).

O campo magnético \mathbf{B}_1 na posição do elemento de corrente $i_2 ds_2$ é devido à corrente total i_1 . Assim, a contribuição $d\mathbf{B}_1$ de cada elemento de corrente de i_1 para o campo total \mathbf{B}_1 é dada por

$$d\mathbf{B} = k \frac{id\mathbf{s}_1 \times \mathbf{u}_r}{r^2} = k \frac{id\mathbf{s}_1 \times \mathbf{r}}{r^3} \quad (54)$$

Nessa última expressão, \mathbf{r} é o vetor que liga o elemento de corrente 1 ao elemento de corrente 2, e \mathbf{u} é o vetor unitário na direção de \mathbf{r} . A constante k é dada por

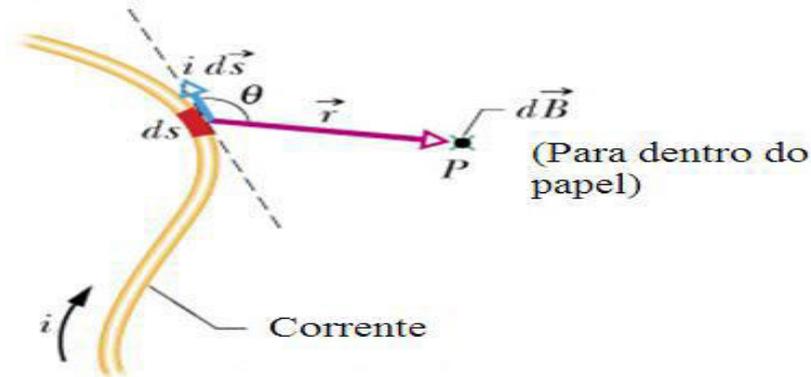
$$k = \frac{\mu_0}{4\pi} = 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m/A} \quad (55)$$

e a constante μ_0 é chamada de permeabilidade do vácuo e tem o valor de

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m/A} \quad (56)$$

Considerando não mais a força entre dois elementos de corrente, mas o cálculo do elemento do campo magnético $d\mathbf{B}$ no ponto P , devido a um elemento de corrente ids , como mostra a figura 18.

Figura 18 – Elemento de campo magnético $d\mathbf{B}$, gerado por um elemento de corrente, no ponto P .



Fonte: Adaptado de Física 3 / Resnick (1996).

O cálculo de cada contribuição $d\mathbf{B}$ devido ao elemento de corrente, com a substituição do valor de μ_0 é dado por

$$d\mathbf{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{ids \times \mathbf{u}_r}{r^2} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{ids \times \mathbf{r}}{r^3} \quad (57)$$

Essa expressão é conhecida como lei de Biot⁹-Savart¹⁰. Utilizando a lei de Biot-Savart, para expressar o módulo de $d\mathbf{B}$ e caracterizando a mesma, tem-se

$$d\mathbf{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{ids \, \text{sen}\theta}{r^2} \quad (58)$$

⁹Jean-Baptiste Biot (Paris, 21 de abril de 1774 — Paris, 3 de fevereiro de 1862) foi um físico, astrônomo e matemático francês. No início da década de 1800, estudou a polarização da luz passando através de soluções químicas, bem como as relações entre a corrente elétrica e o magnetismo.
Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/>. Acesso em 05 de setembro de 2015.

¹⁰Félix Savart (Charleville-Mézières, 30 de junho de 1791 — Paris, 16 de março de 1841) foi um físico francês. Professor do Collège de France em 1836, co-originador da Lei de Biot-Savart, juntamente com Jean-Baptiste Biot. Ambos trabalharam conjuntamente com a teoria do magnetismo e corrente elétrica.
Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/>. Acesso em 05 de setembro de 2015.

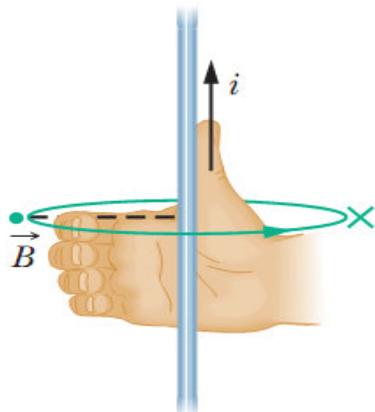
Integrando sobre todos os elementos de corrente ids , o campo total \mathbf{B} é dado por

$$\mathbf{B} = \int d\mathbf{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \int \frac{id\mathbf{s} \times \mathbf{u}_1}{r^2} = \frac{\mu_0}{4\pi} \int \frac{id\mathbf{s} \times \mathbf{r}}{r^3} \quad (59)$$

Devendo ser levado em consideração que os elementos $d\mathbf{B}$ não têm todos a mesma direção.

A direção e o sentido do campo magnético \mathbf{B} gerado por um condutor percorrido por uma corrente pode ser dado pela regra da mão direita, como mostrado na figura 19. Apontando o dedo polegar na direção do condutor e no sentido da corrente i , a direção e o sentido em que os dedos se fecharem apontam também a direção e o sentido do campo magnético \mathbf{B} .

Figura 19 - Determinando a orientação de $d\mathbf{B}$ utilizando a regra da mão direita.

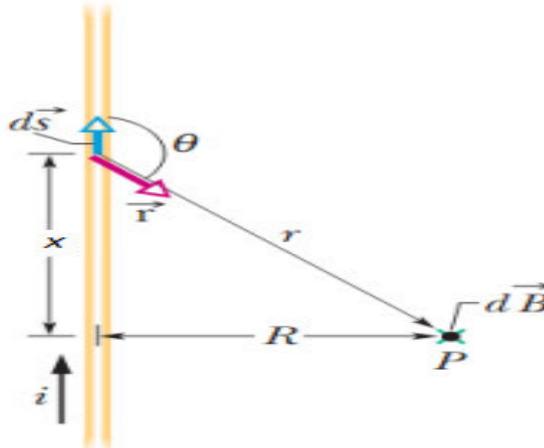


O polegar aponta na direção da corrente. Os outros dedos mostram a direção do campo, que é sempre tangente a uma circunferência.

Fonte: paginapessoal.utfpr.edu.br/cdeimling/aulas-de-fisica-. Acesso em 26 de setembro de 2016.

Como aplicação da lei de Biot-Savart, pode-se propor o cálculo do campo magnético \mathbf{B} devido a uma corrente i que percorre um fio longo retilíneo, como mostra a figura 20.

Figura 20 – Elemento do campo magnético $d\mathbf{B}$ gerado por um elemento de corrente em um fio longo retilíneo no ponto P .



Fonte: Halliday. 2007.

Considerando-se um elemento de corrente ids , o módulo da contribuição $d\mathbf{B}$ em um ponto P pode ser calculado por

$$dB = \frac{\mu_0 i}{4\pi} \frac{ds \sen\theta}{r^2} \quad (60)$$

A direção do produto vetorial $ds \times \mathbf{r}$ é perpendicular ao plano da figura e a integral escalar pode ser utilizada em vez da integral vetorial. Assim o módulo do campo é dado por

$$B = \int dB = \frac{\mu_0 i}{4\pi} \int_{x=-\infty}^{x=+\infty} \frac{\sen\theta dx}{r^2} \quad (61)$$

Relacionando x , θ e r não são independentes, estando relacionados conforme a figura 20 por

$$r = \sqrt{x^2 + R^2} \quad (62)$$

e

$$\text{sen}\theta = \text{sen}(\pi - \theta) = \frac{R}{\sqrt{x^2 + R^2}} \quad (63)$$

O cálculo da intensidade de \mathbf{B} fica

$$B = \frac{\mu_0 i}{4\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\text{sen}\theta dx}{(x^2 + R^2)^{3/2}} = \frac{\mu_0 i}{4\pi R} \frac{x}{(x^2 + R^2)^{1/2}} \quad (64)$$

Observa-se que o método utilizado a partir da lei de Biot-Savart é complexo, uma vez que envolve a integração de funções que podem ser bem complicadas. Na sequência será apresentada a lei de Ampère¹¹, uma das equações de Maxwell, como ferramenta facilitadora do cálculo do módulo do campo magnético.

5.3.2 A lei de Ampère

O campo gerado por qualquer distribuição de corrente pode ser calculado utilizando a lei de Biot-Savart. Considerando situações de simetria, existe uma lei considerada mais fundamental que a lei de Biot-Savart, a lei de Ampère, que é dada por

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{s} = \mu_0 i \quad (65)$$

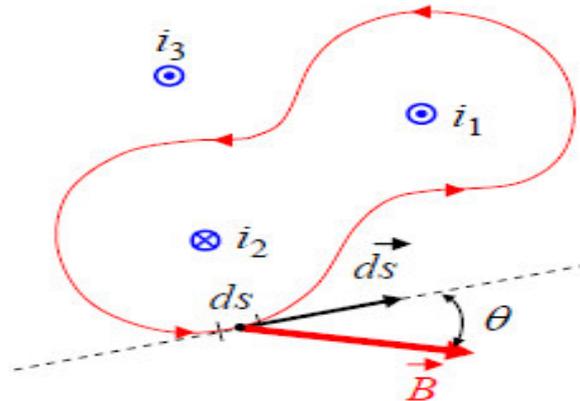
A lei circuital de Ampère estabelece que a integral de linha da componente tangencial de \mathbf{B} em torno de um caminho fechado é igual à corrente líquida i envolvida pelo caminho.

¹¹André-Marie Ampère (Lyon, 20 de janeiro de 1775 — Marselha, 10 de junho de 1836) foi um físico, filósofo, cientista e matemático francês que fez importantes contribuições para o estudo do eletromagnetismo.

Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/>. Acesso em 03 de setembro de 2015.

Ao usar a lei de Ampère se constrói uma curva fechada imaginária, chamada de circuito de Ampère, como mostra a figura 21.

Figura 21: A lei de Ampère aplicada a um circuito arbitrário que envolve dois fios, excluindo um terceiro fio.



Fonte: docs.fct.unesp.br/docentes/dfqb/celso/MatematFisIII/Cap09.pdf. Acesso em 2 de outubro de 2016.

Dividindo a curva em pequenos segmentos $d\mathbf{S}$, à medida que se percorre o circuito a direção e o sentido desse deslocamento determina a direção e o sentido de $d\mathbf{S}$ e a quantidade $\mathbf{B} \cdot d\mathbf{S}$ pode ser calculada integrando ao longo do circuito. Assim, tem-se a expressão

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{S} = \oint B ds \cos \theta \quad (66)$$

Usando como exemplo o cálculo, usando a lei de Ampère, do campo magnético a uma distância r de um fio longo retilíneo. Foi escolhido, como circuito de Ampère, um círculo de raio r , considerando a simetria do problema, conforme a figura 22. O campo \mathbf{B} só tem componente tangencial ao circuito, conforme constatado no experimento de Oersted, onde se observa que, colocando-se uma bússola próximo a um fio retilíneo percorrido por uma corrente, a agulha magnética gira até ficar alinhada com a direção perpendicular ao fio. Assim o ângulo θ é zero, ficando a integral de linha

$$\oint B dS \cos \theta = B \oint dS = B(2\pi r) \quad (67)$$

Pela regra da mão direita $\mu_0 i$ é positivo e a lei de Ampère fornece

$$B(2\pi r) = \mu_0 i \quad (68)$$

ou

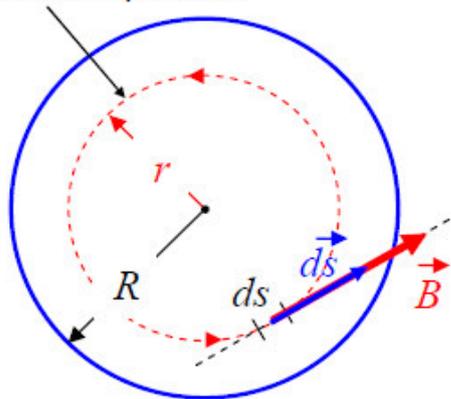
$$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi r} \quad (69)$$

Este resultado é semelhante ao conseguido no exemplo utilizando a lei de Biot-Savart, mas de forma mais fácil.

Considerando-se um fio longo retilíneo percorrido por uma corrente distribuída uniformemente na sua seção reta e de sentido saindo do plano da página, como mostra a figura 22, a simetria apresentada sugere que B tem módulo constante ao longo do circuito e é tangente a ele em todos os pontos.

Figura 22: Fio longo retilíneo percorrido por uma corrente uniformemente distribuída sobre a sua seção reta circular.

Curva amperiana



Fonte: docs.fct.unesp.br/docentes/dfqb/celso/MatematFisIII/Cap09.pdf. Acesso em 2 de outubro de 2016.

Traçando-se um circuito de Ampère no interior do fio, o cálculo do módulo do campo B a uma distância r do centro do fio é dado por

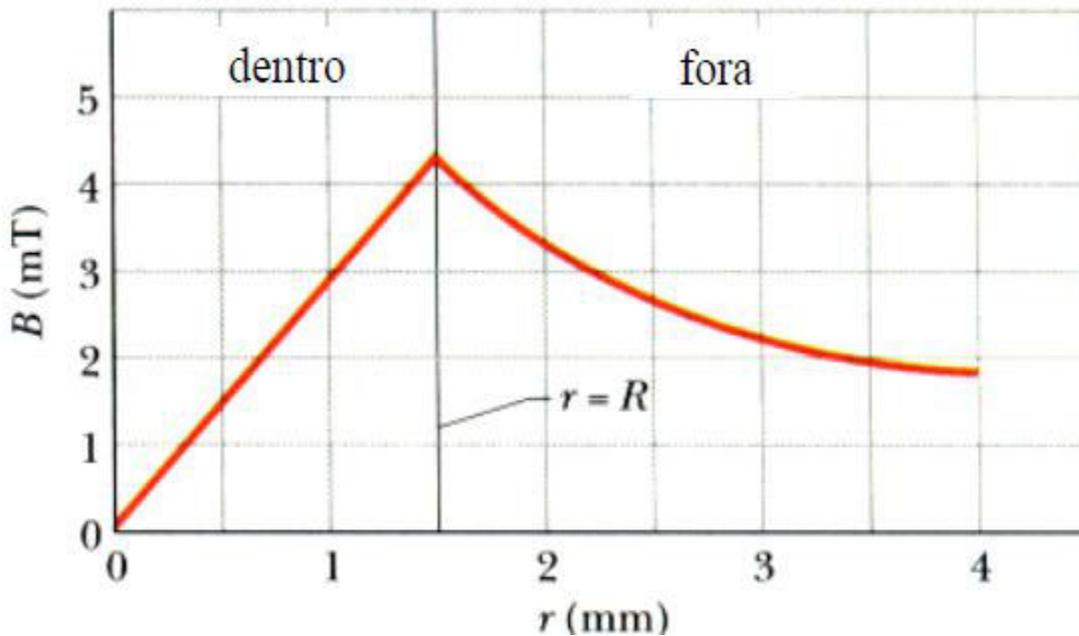
$$B = \frac{\mu_0 i r}{2\pi R^2} \quad (70)$$

Na superfície do fio r é igual a R e a equação anterior se reduz a

$$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi r} \quad (71)$$

Na figura 23, está representado o gráfico relativo à intensidade do campo \mathbf{B} no fio longo retilíneo, podendo-se observar que o campo é máximo na superfície do fio.

Figura 23: O campo magnético calculado para um fio longo retilíneo percorrido uniformemente por uma corrente.



Fonte: sites.ifi.unicamp.br/f328/files/2013/10/Aula-09-F328-2S-2013.pdf. Acesso em 27 de setembro de 2016.

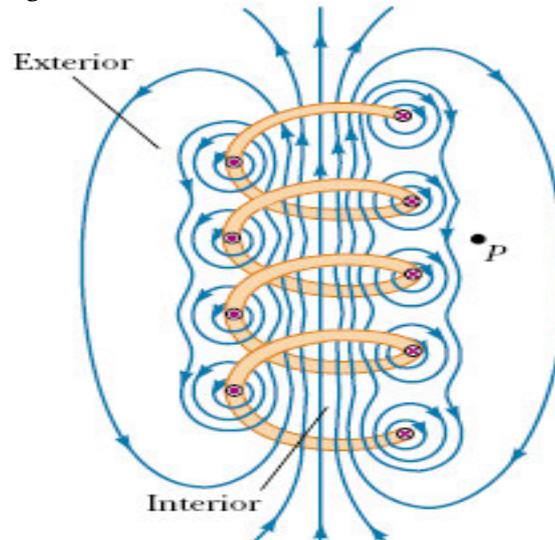
5.3.2.1 Algumas aplicações da lei de Ampère: solenoide e toroide

Fios longos condutores podem ser utilizados na construção de componentes eletromecânicos, dependendo de suas características elétricas, de suas propriedades mecânicas, como sua maleabilidade, por exemplo.

Os solenoides e os toroides constituem duas classes de enrolamentos de fios utilizados em construções eletromecânicas. Um solenoide é construído enrolando-se um fio longo numa hélice de passo curto e fazendo o circuito ser percorrido por uma corrente elétrica i . A figura mostra o corte de um solenoide, onde nas proximidades das voltas dos enrolamentos o fio se comporta magneticamente quase como se fosse retilíneo e as linhas do campo \mathbf{B} nessa região se comportam como círculos concêntricos. O campo do solenoide é dado pela soma vetorial dos campos em todas as espiras, sendo o campo \mathbf{B} , para pontos internos distantes dos fios, paralelo ao eixo do solenoide.

Em pontos como P na figura 24, o campo gerado pela parte superior da espira tende a ser cancelado pelo campo gerado na parte inferior e, no ponto P , o campo tende a ser nulo.

Figura 24: Solenoide



Fonte: sites.ifi.unicamp.br/f328/files/2013/10/Aula-09-F328-2S-2013.pdf.
Acesso em 27 de setembro de 2016.

O campo magnético \mathbf{B} no interior de um solenoide é dado, a partir da utilização da lei de Ampère

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{s} = \mu_0 i \quad (72)$$

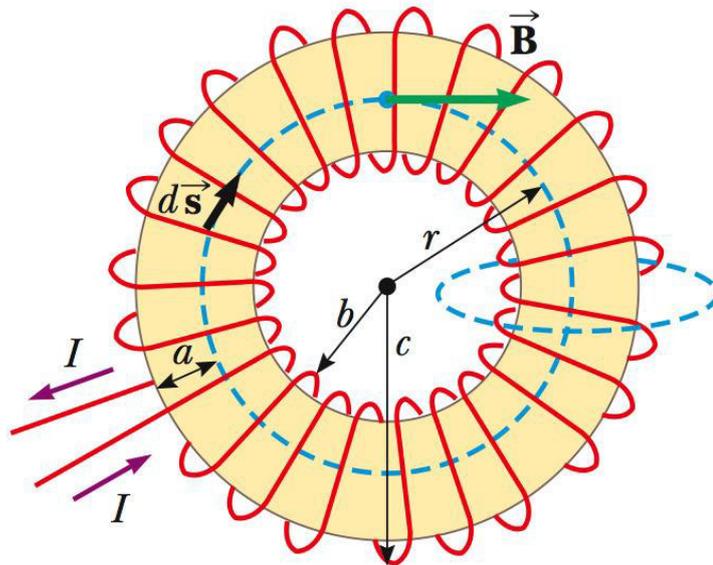
Assim, o módulo do campo magnético no solenoide é dado por

$$B = \mu_0 i_0 n \quad (73)$$

Nessa expressão, n é o número de espiras do enrolamento do solenoide. Aplicações na indústria e no uso doméstico de solenoides são comuns. Campainhas, trava de portas e os eletroímãs são exemplos.

Nos toroides, a construção é diferente dos solenoides. Observa-se na figura 25 que o toroide pode ser considerado como um solenoide com sua estrutura encurvada em hélice. Os toroides não são comuns nas aplicações domésticas, tendo utilizações em aparelhos de aplicações científicas.

Figura 25: Toroide.



Fonte: fma.if.usp.br/~mlima/teaching/4320292_2012/Cap7.pdf.
Aceso em 27 de setembro de 2016.

Para o caso do toroide, partindo da lei de Ampère se obtêm

$$B(2\pi r) = \mu_0 i_0 N , \quad (74)$$

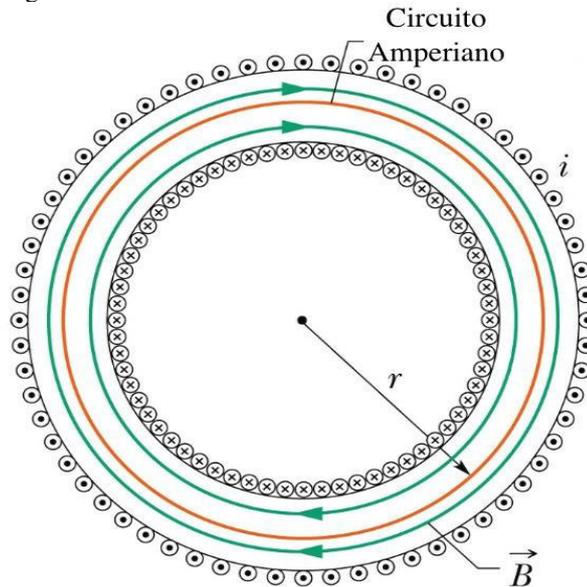
onde N é o número total de espiras.

Assim, Obtêm-se para o cálculo do módulo do campo magnético a expressão

$$B = \frac{\mu_0 i_0 N}{2\pi r} \quad (75)$$

Considerando-se a estrutura interna de um toroide, o campo magnético interior pode ser calculado utilizando o circuito circular de Ampère, como mostra a figura 26.

Figura 26: Detalhes da estrutura interna de um toroide.



Fonte: fma.if.usp.br/~mlima/teaching/4320292_2012/Cap7.pdf.
Aceso em 27 de setembro de 2016.

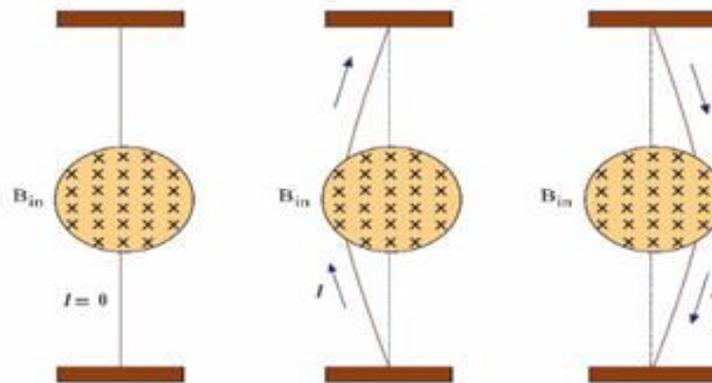
De forma diferente do solenoide, \mathbf{B} não é constante ao longo da seção reta do toroide e para pontos exteriores a lei de Ampère pode ser utilizada para demonstrar que a intensidade do campo magnético \mathbf{B} é zero.

5.3.3 Forças devido a campos magnéticos

Quando por um condutor passa uma corrente elétrica, estando o mesmo envolvido por um campo magnético, são observadas forças atuando sobre o conjunto de cargas elétricas em movimento. Um campo magnético exerce uma força lateral sobre as cargas em movimento, atuando a interação também sobre o condutor por onde passa a corrente.

A figura 27 mostra um fio flexível percorrido uniformemente por uma corrente elétrica e a força exercida sobre esse condutor como consequência da interação do campo magnético sobre as cargas em movimento.

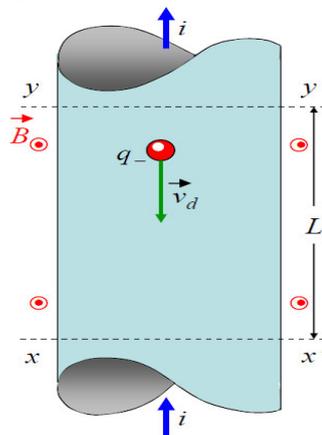
Figura 27: Um fio flexível passando entre os polos de um ímã.



Fonte: <http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/handle/mec/>. Acesso em 27 de setembro de 2016.

Para a compreensão do fenômeno, devem ser considerados elétrons livres se movimentando com uma velocidade de arrasto v_a constante, como apresentado na figura 28.

Figura 28: Visão ampliada de um comprimento L de um condutor percorrido por uma corrente elétrica em um campo magnético.



Fonte: docs.fct.unesp.br/docentes/dfqb/celso/MatematFisIII/Cap08.pdf. Acesso em 28 de setembro de 2016.

Ao passar por um campo magnético uniforme, a força lateral exercida sobre cada elétron é dada por

$$\mathbf{F} = -e\mathbf{v}_a \times \mathbf{B} \quad (76)$$

A força total exercida sobre o segmento do condutor é dada por

$$\mathbf{F} = N e \mathbf{v}_a \times \mathbf{B}, \quad (77)$$

onde N é o número de elétrons.

Cada elétron possui carga

$$q = -e, \quad (78)$$

sendo que a carga elementar e vale $1,6 \cdot 10^{-19}$ C.

Considerando que n seja a densidade de elétrons, ou seja, o número de elétrons por unidade de volume, o número total de elétrons no seguimento será igual a nAL e a força total será dada pela expressão

$$\mathbf{F} = nALe\mathbf{v}_a \times \mathbf{B} \quad (79)$$

Definindo um vetor \mathbf{L} de módulo igual ao comprimento do segmento do condutor e sentido igual ao da corrente tem-se como consequência que os vetores \mathbf{v}_a e \mathbf{L} têm sentidos opostos e vale a relação

$$nALe\mathbf{v}_a = i\mathbf{L} \quad (80)$$

Obtendo-se para a força total para o segmento pela expressão

$$\mathbf{F} = i\mathbf{L} \times \mathbf{B} \quad (81)$$

O módulo da força é dado por

$$F = iLB \quad (82)$$

A força exercida sobre cargas elétricas em movimento constitui-se em um recurso bastante utilizado nas máquinas elétricas construídas atualmente. Muitos modelos de motores elétricos, máquinas e instrumentos rotativos fazem uso da força exercida pelo campo magnético.

5.3.4 Torque e momentos magnéticos

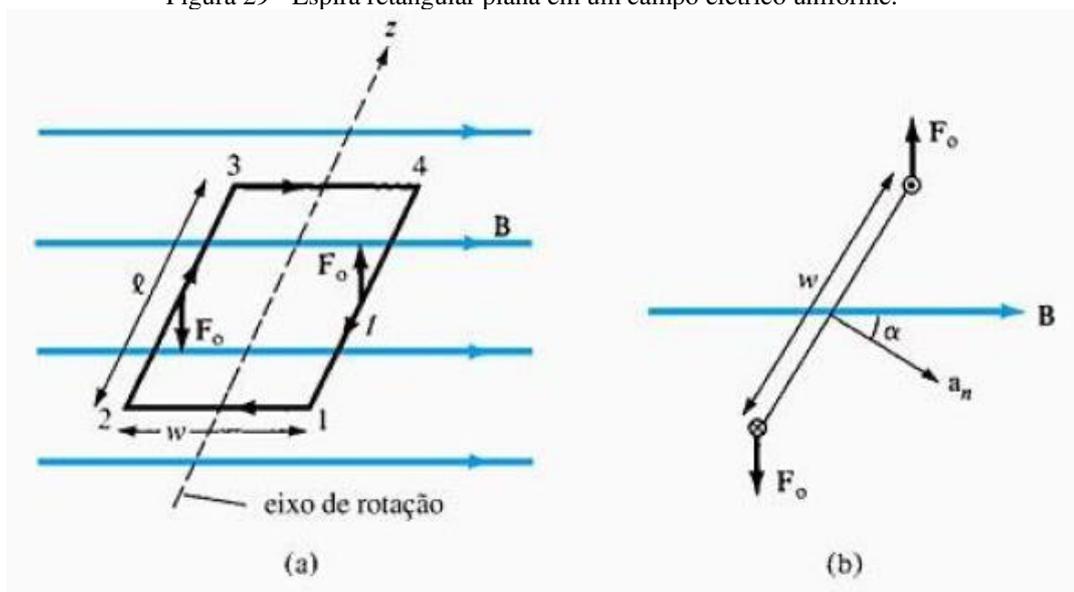
A partir do conhecimento da existência de uma força sobre cargas elétricas em um condutor, uma espira de corrente sofre a influência de um torque sobre ela. O torque \mathbf{T} sobre a espira é o produto vetorial entre a força \mathbf{F} e o braço de alavanca \mathbf{r} , ou seja,

$$\mathbf{T} = \mathbf{r} \times \mathbf{F}, \quad (83)$$

tendo como unidade o Newton-metro (N.m).

Considerando uma espira retangular de comprimento l e largura w , colocada em um campo magnético uniforme \mathbf{B} , observa-se que $d\mathbf{l}$ é paralelo a \mathbf{B} ao longo dos lados 12 e 34, como mostra a figura 29.

Figura 29 - Espira retangular plana em um campo elétrico uniforme.



Fonte: Elementos de eletromagnetismo / Matthew N. O. Sadiku (2004).

Então, observa-se que nenhuma força é exercida sobre esses lados. Assim,

$$\mathbf{F} = I \int_2^3 d\mathbf{l} \times \mathbf{B} + I \int_4^1 d\mathbf{l} \times \mathbf{B} = I \int_0^l dz \mathbf{a}_z \times \mathbf{B} + I \int_l^0 dz \mathbf{a}_z \times \mathbf{B} \quad (84)$$

Daí, é possível chegar-se à conclusão de que

$$\mathbf{F} = \mathbf{F}_0 - \mathbf{F}_0 = \mathbf{0} , \quad (85)$$

onde $|\mathbf{F}_0|$ é equivalente a IBl , sendo \mathbf{B} uniforme.

Considerando-se que a normal ao plano da espira faz um ângulo α com \mathbf{B} , o torque da espira é dado por

$$|\mathbf{T}| = |\mathbf{F}_0| w \sin \alpha \quad (86)$$

ou

$$T = BIlw \sin \alpha , \quad (87)$$

sendo a área da espira dada por

$$lw = S \quad (88)$$

$$T = BIS \sin \alpha \quad (89)$$

Define-se então

$$\boldsymbol{\mu} = IS\mathbf{a}_n \quad (90)$$

Nessa expressão, $\boldsymbol{\mu}$ é o momento de dipolo magnético da espira (em A/m^2), sendo o produto definido entre a corrente e a área da espira. Sua direção é perpendicular à espira e \mathbf{a}_n é o vetor unitário perpendicular ao plano da espira.

Obtêm-se, assim,

$$\mathbf{T} = \boldsymbol{\mu} \times \mathbf{B} \quad (91)$$

Quando $\boldsymbol{\mu}$ e \mathbf{B} têm a mesma orientação, a espira é perpendicular ao campo magnético e o torque é zero, como também a soma de forças na espira.

5.3.5 O dipolo magnético

Um ímã ou uma pequena espira filamentar de corrente é referida como um dipolo magnético. Um pequeno ímã permanente ou uma pequena espira podem ser considerados como um dipolo magnético, como representado na figura 30.

Figura 30 - As linhas de \mathbf{B} devido a um dipolo magnético:

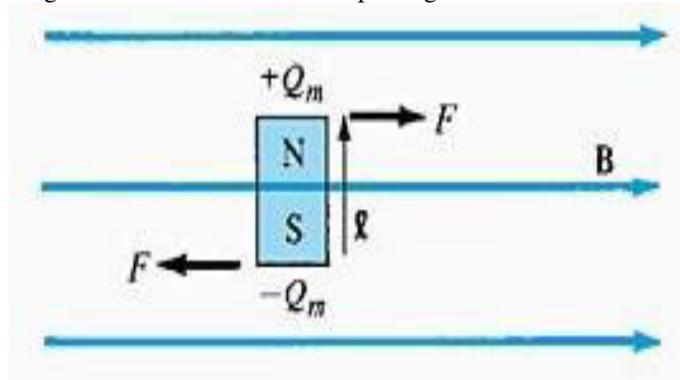
(a) Uma pequena espira de corrente com $\boldsymbol{\mu} = I\mathbf{S}$; (b) um ímã com $\boldsymbol{\mu} = Q_m l$



Fonte: Elementos de eletromagnetismo / Matthew N. O. Sadiku (2004).

Considerando o ímã da figura 31, sendo Q_m uma carga magnética isolada e l o seu comprimento tem-se um momento de dipolo $Q_m l$. No entanto Q_m não existe sem um $-Q_m$ em associação.

Figura 31: Um ímã em um campo magnético externo.



Fonte: Elementos de eletromagnetismo / Matthew N. O. Sadiku (2004).

Estando sob a influência de um campo magnético \mathbf{B} , o ímã experimenta um torque

$$\mathbf{T} = \boldsymbol{\mu} \times \mathbf{B} = Qml \times \mathbf{B} \quad (92)$$

Com l apontando na direção norte-sul.

Como o torque tende a alinhar o ímã com o campo magnético externo, a força agindo sobre a carga magnética é dada por

$$\mathbf{F} = Qm\mathbf{B} \quad (93)$$

Tanto uma pequena espira quanto um ímã se comportam como um dipolo magnético e experimentam um torque dado por

$$T = QmlB = ISB \quad (94)$$

Assim,

$$Qml = IS \quad (95)$$

Evidenciando que tanto uma pequena espira percorrida por uma corrente quanto um ímã devem ter o mesmo momento de dipolo.

5.3.6 Magnetização em materiais

Um meio magnético contém um conjunto de dipolos magnéticos dispostos de forma aleatória. Cortando-se o meio magnético sucessivamente, sem cortar os dipolos, chega-se a um nível de um único átomo. Constata-se que um dipolo magnético não consta de duas cargas magnéticas, mas de uma minúscula espira de corrente correspondente à circulação do elétron no átomo.

O momento de dipolo magnético total do meio μ é dado pelo produto da corrente i , associada à circulação, pela área A delimitada pela órbita do elétron no átomo, ou seja,

$$\mu = iA \quad (96)$$

Para cada elétron tem-se o dipolo magnético μ_i . Estes dipolos apontam em várias direções no espaço.

Uma importante grandeza utilizada no estudo dos meios materiais magnetizados e considerada para suas classificações é a magnetização \mathbf{M} . A magnetização é o momento de dipolo resultante por unidade de volume

$$\mathbf{M} = \frac{\mu}{V} = \frac{\sum \mu_i}{V} \quad (97)$$

Inserindo-se o material magnetizado num campo magnético uniforme \mathbf{B} , ocorre o alinhamento dos dipolos que tem como consequência a criação de um campo magnético \mathbf{B}_M , relacionado com a magnetização \mathbf{M} , sendo \mathbf{M} proporcional ao campo aplicado \mathbf{B}_0 em campos fracos. O campo resultante é a soma do campo aplicado \mathbf{B}_0 com o campo produzido pelos dipolos \mathbf{B}_M , dado por

$$\mathbf{B} = \mathbf{B}_0 + \mathbf{B}_M \quad (98)$$

Em caso de um campo aplicado ser uniforme, como no interior de um solenoide, o campo produzido pelos dipolos é dado por

$$\mathbf{B} = \mathbf{B}_0 + \mu_0 \mathbf{M} \quad (99)$$

Em campos fracos. \mathbf{M} aumenta de forma linear com o campo aplicado \mathbf{B}_0 , sendo proporcional a este, e a expressão toma a forma

$$\mathbf{B} = \kappa_m \mathbf{B}_0 \quad (100)$$

onde κ_m é a constante de permeabilidade magnética do material. Sendo definida para o vácuo por

$$\kappa_m = 1 \quad (101)$$

Considerando a magnetização induzida pelo campo magnético externo aplicado, esta é dada pela expressão

$$\mu_0 \mathbf{M} = (\kappa_m - 1) \mathbf{B}_0 \quad (102)$$

5.3.6.1 Classificação dos materiais magnéticos

Os materiais magnéticos são classificados como paramagnéticos, diamagnéticos e ferromagnéticos. Os materiais paramagnéticos possuem átomos com momentos de dipolos magnéticos permanentes, sendo do tipo orbital ou de rotação (*spin*). Na ausência de um campo aplicado a orientação dos momentos de dipolo é aleatória no espaço, sendo a magnetização zero, pois a soma vetorial dos momentos de dipolo é nula. Aplicando-se um campo externo, a soma vetorial dos momentos de dipolo não é mais nula, apresentando a componente do campo aplicado \mathbf{B}_0 e a componente do campo induzido $\mu_0 \mathbf{M}$. A razão entre $\mu_0 \mathbf{M}$ e \mathbf{B}_0 é determinada por κ_m na equação, que é um valor pequeno e positivo para os materiais paramagnéticos. As substâncias paramagnéticas são sempre atraídas por ímãs.

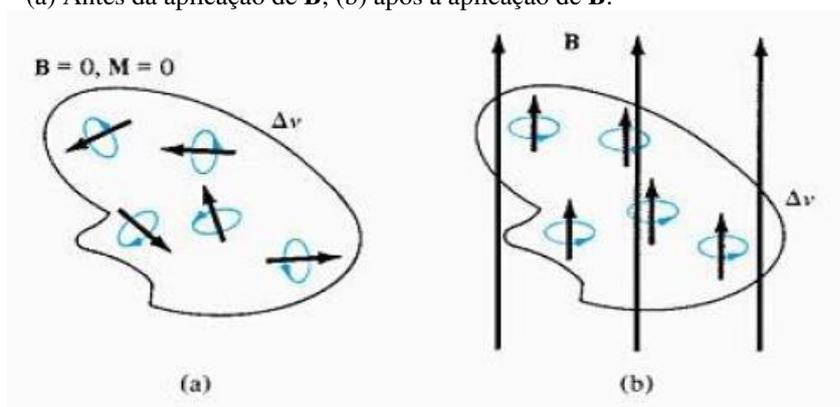
O alinhamento dos dipolos é perturbado pela agitação térmica. A relação entre o módulo da magnetização M e a temperatura T foi descoberta por Pierre Curie em 1895, sendo a relação inversa dada pela lei de Curie

$$M = C \frac{B_0}{T} \quad (103)$$

onde C é denominada de constante de Curie.

Quando um campo magnético externo \mathbf{B} é aplicado, os momentos magnéticos dos elétrons tendem a se alinhar com \mathbf{B} , de forma que o momento de dipolo líquido não é zero, como ilustra a figura 32.

Figura 32 - Momento de um dipolo magnético em um volume Δv :
(a) Antes da aplicação de \mathbf{B} ; (b) após a aplicação de \mathbf{B} .



Fonte: Elementos de eletromagnetismo / Matthew N. O. Sadiku (2004).

Nos materiais diamagnéticos os átomos não possuem momentos de dipolo magnético permanentes, adquirindo apenas momentos de dipolo induzidos quando colocado em um campo magnético externo. O diamagnetismo ocorre em materiais em que os campos magnéticos, atribuídos aos movimentos de translação dos elétrons em torno do núcleo e de rotação em torno de seus próprios eixos são cancelados mutuamente. Assim, o momento magnético permanente em cada átomo é zero e os materiais são fracamente afetados pelo campo magnético. A razão entre a contribuição da magnetização ao campo $\mu_0 \mathbf{M}$ e o campo aplicado \mathbf{B}_0 , dada por $\kappa_m - 1$ vale aproximadamente de -10^{-6} a -10^{-5} para materiais diamagnéticos típicos. São exemplos: bismuto, chumbo, cobre, silício, diamante e cloreto de sódio. As substâncias diamagnéticas são sempre repelidas por ímãs.

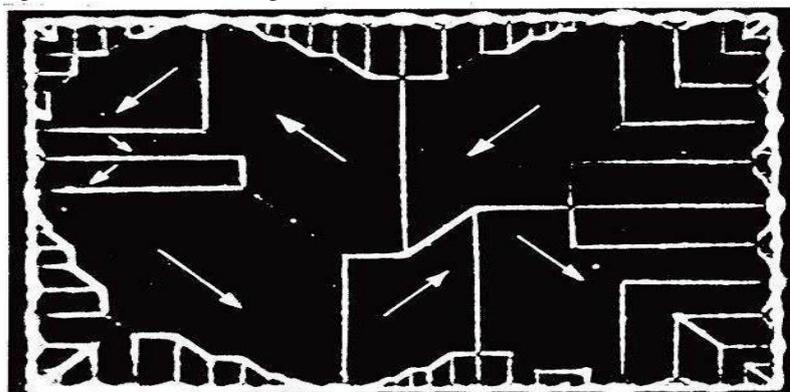
O ferromagnetismo ocorre em materiais para os quais os átomos têm momento magnético permanente relativamente grande. São denominados ferromagnéticos porque o material mais conhecido dessa categoria é o ferro. Outros exemplos são: o cobalto, o níquel e seus compostos. O campo magnético total \mathbf{B} no interior desses materiais pode ser 10^3 a 10^4 vezes o campo aplicado \mathbf{B}_0 . Não é constante a permeabilidade magnética de um material ferromagnético e nem o campo \mathbf{B} , nem a magnetização crescem de forma linear com \mathbf{B}_0 .

Em um material ferromagnético os dipolos magnéticos são distribuídos em regiões denominadas de domínios em que os dipolos se encontram alinhados. Os domínios se encontram parcialmente alinhados, onde dentro de um cristal pode haver um alinhamento preferencial ao longo do eixo. Haverá tantos domínios apontando em uma direção quanto na outra, de forma que não há magnetização em grande escala. Um corpo de material ferromagnético tem uma quantidade muito grande de domínios e seus campos magnéticos se anulam, não se tornando magnetizado.

Quando se coloca um corpo de material ferromagnético em um campo magnético forte, o torque dado por $\boldsymbol{\mu} \times \mathbf{B}$, tende a alinhar os dipolos paralelamente ao campo, mas a maior parte dos dipolos irá resistir ao torque. No entanto, no contorno entre os domínios haverá influência sobre os dipolos mais próximos do campo em que a maioria que está nesta situação promoverá um efeito líquido do campo magnético alterando os contornos dos domínios. Dependendo da intensidade do campo magnético, um dos domínios assumirá o todo e o ferro será considerado em saturação.

A figura 33 representa a disposição dos domínios em um material ferromagnético.

Figura 33 - Domínios magnéticos.



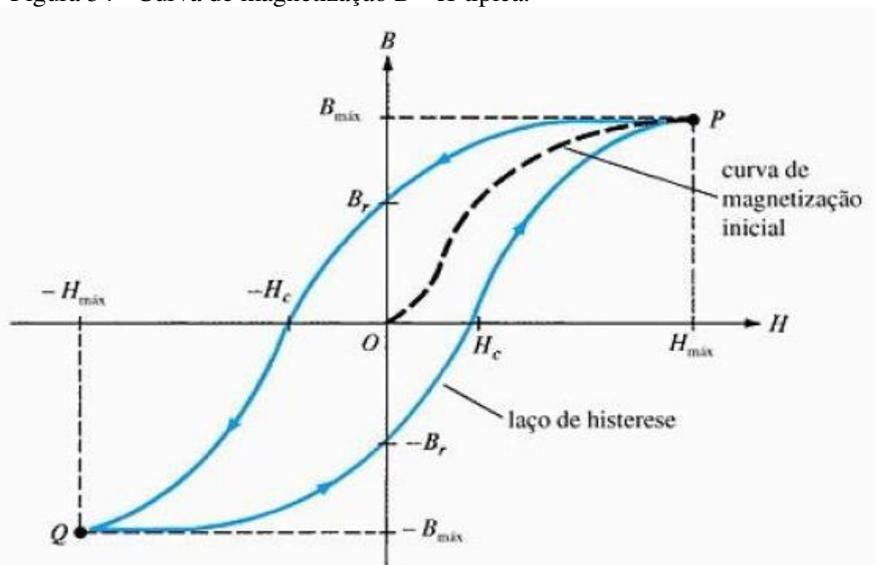
Domínios ferromagnéticos. (Foto cortesia de R. W. DeBlois)

Fonte: Griffiths, David J. Eletrodinâmica (2011).

Os materiais ferromagnéticos têm as seguintes propriedades: são fortemente magnetizados por um campo magnético; retêm um nível considerável de magnetização quando retirados do campo magnético; perdem suas propriedades magnéticas e tornam-se materiais paramagnéticos quando atingem a chamada temperatura de Curie (770 °C), onde um ímã permanente perde sua magnetização por completo.

A figura 34 mostra uma curva de magnetização de um material ferromagnético ou curva $B - H$.

Figura 34 - Curva de magnetização $B - H$ típica.



Fonte: Elementos de eletromagnetismo / Matthew N. O. Sadiku (2004).

Na ilustração, percebe-se que não há uma relação linear entre \mathbf{B} e \mathbf{H} . Considerando o material ferromagnético inicialmente desmagnetizado, à medida que H aumenta, dado o aumento da corrente, de 0 até a máxima intensidade de campo $H_{\text{máx}}$, gera-se a curva OP (curva inicial de magnetização). Alcançando a saturação em P , se H diminuir, B não segue a curva inicial, mas se atrasa em relação a H . Esse fenômeno de B atrasar em relação a H é denominado histerese, que significa atraso, em grego.

Se H for reduzido a zero, B não será reduzido a zero, mas a B_r , denominado de densidade de fluxo remanente. O valor de B_r depende de $H_{\text{máx}}$, sendo a existência de B_r a causa dos ímãs permanentes. Se H cresce negativamente ao se inverter a corrente, B torna-se zero quando H torna-se H_c , denominada intensidade de campo coercitiva. O valor de H_c depende de $H_{\text{máx}}$. Um aumento de H na direção negativa até alcançar Q e a reversão até alcançar P é chamado de curva de histerese. Os formatos das curvas de histerese são específicos para cada material.

5.3.7 A lei de Faraday

Após a descoberta de Oersted, em que se constatou que uma bússola foi sensibilizada por uma corrente elétrica próxima, passou-se a investigar se um campo elétrico poderia ser gerado por um campo magnético.

Em 1831, Michael Faraday, em Londres, e Joseph Henry, em Nova York, descobriram que um campo magnético variável no tempo poderia produzir uma corrente elétrica. Faraday constatou que um campo magnético estático não produz um fluxo de corrente, mas um campo magnético variável no tempo produz uma tensão induzida chamada força eletromotriz em um circuito fechado, causando um fluxo de corrente.

Faraday descobriu que a força eletromotriz (fem) induzida, V_{fem} (em volts), em qualquer circuito fechado, é igual a taxa de variação no tempo do fluxo magnético enlaçado pelo circuito.

A lei de Faraday pode ser expressa por

$$\mathcal{E} = - \frac{d\Phi_B}{dt} \quad (104)$$

onde Φ é o fluxo magnético.

Considerando um circuito constituído por uma bobina, onde N é o número de espiras no circuito, Φ_B é o fluxo magnético em cada espira, a lei de Faraday pode ser expressa por

$$\mathcal{E} = -N \frac{d\Phi_B}{dt} \quad (105)$$

O sinal negativo indica que a tensão induzida age de forma a se opor ao fluxo que a produziu. Essa propriedade é conhecida como a lei de Lenz¹².

Além de campos elétricos cujas linhas de fluxo começam e terminam em uma carga, há campos que não são diretamente causados por cargas elétricas. São campos produzidos por forças eletromotrizes. As fontes de forças eletromotrizes podem ser geradores elétricos, baterias, termopares; todos transformam outra forma de energia em energia elétrica.

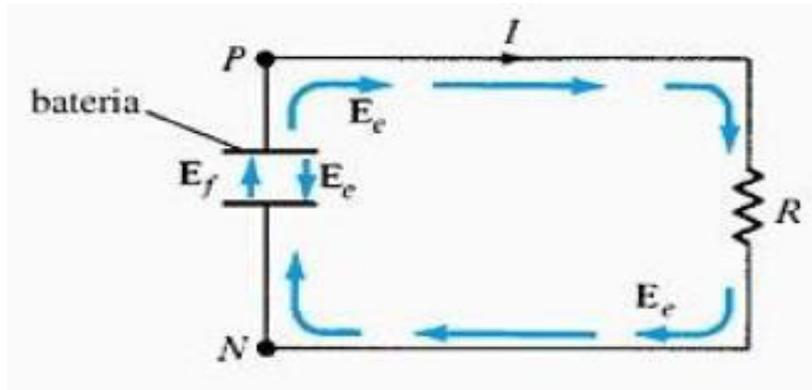
¹²Heinrich Friedrich Emil Lenz (atual Estónia, 12 de Fevereiro de 1804— Roma, 10 de Fevereiro de 1865) foi um físico alemão (germano-báltico). O símbolo L , representação convencional de indutância, é escolhido em sua memória. Ganhou fama por ter formulado a lei de Lenz em 1833.
Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/>. Acesso em 03 de setembro de 2015.

A ação eletroquímica de uma bateria produz um campo elétrico \mathbf{E}_f produzido por uma fem. Devido ao acúmulo de cargas nos terminais da bateria, um campo elétrico

$$\mathbf{E}_e = -\nabla V \quad (106)$$

também é produzido, como mostra a figura 35.

Figura 35 - Circuito mostrando a fem que produz um campo \mathbf{E}_f e um campo eletrostático \mathbf{E}_e .



Fonte: Elementos de eletromagnetismo / Matthew N. O. Sadiku (2004).

O campo elétrico total é a soma do campo elétrico \mathbf{E}_f produzido por uma fem com o campo elétrico pelo acúmulo de carga \mathbf{E}_e , sendo dado por

$$\mathbf{E} = \mathbf{E}_f + \mathbf{E}_e \quad (107)$$

Fora da bateria \mathbf{E}_f é zero, dentro da bateria \mathbf{E}_f e \mathbf{E}_e tem orientações opostas, sendo que a orientação de \mathbf{E}_e no interior da bateria é oposta à orientação do campo fora dela.

Integrando sobre o circuito fechado, tem-se através da bateria

$$\oint_L \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = \oint_L \mathbf{E}_f \cdot d\mathbf{l} + 0 = \int_N^P \mathbf{E}_f \cdot d\mathbf{l} \quad (108)$$

onde

$$\oint \mathbf{E}_e \cdot d\mathbf{l} = 0 \quad (109)$$

porque o campo \mathbf{E}_e é conservativo.

A força eletromotriz (fem) da bateria é a integral de linha do campo produzido pela fem, ou seja,

$$V_{fem} = \int_N^P \mathbf{E}_f \cdot d\mathbf{l} = - \int_N^P \mathbf{E}_e \cdot d\mathbf{l} = IR \quad (110)$$

sendo que \mathbf{E}_f e \mathbf{E}_e são iguais e opostos dentro da bateria. Devendo ser considerado como a diferença de potencial ($V_p - V_n$) nos terminais da bateria a circuito aberto.

Um campo eletrostático \mathbf{E}_e não pode manter uma corrente contínua em um circuito fechado, uma vez que $\oint \mathbf{E}_e \cdot d\mathbf{l}$ é igual a zero, como também IR é zero; um campo \mathbf{E}_f produzido por uma fem é não conservativo; exceto em eletrostática, a tensão e a diferença de potencial são usualmente não equivalentes.

Considerando que a indução de uma fem em um circuito ocorre pela variação do fluxo do campo magnético no tempo, esta variação pode acontecer de três maneiras:

- a) Espira estacionária em um campo magnético variável no tempo.

Uma espira estacionária imersa em um campo magnético \mathbf{B} variável no tempo pode ser representada por

$$V_{fem} = \oint_L \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = - \int_S \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \cdot d\mathbf{s} \quad (111)$$

Aplicando o teorema de Stokes ao elemento central da equação, tem-se

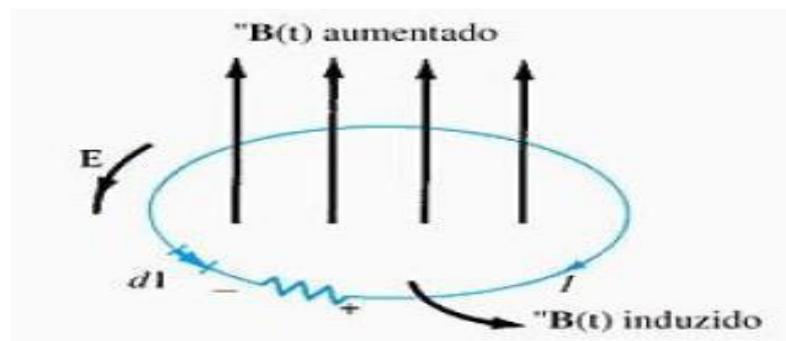
$$\int_S (\nabla \cdot \mathbf{E}) \cdot d\mathbf{s} = - \int_S \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \cdot d\mathbf{s} \quad (112)$$

Para que haja igualdade das integrais, os integrandos devem ser iguais, assim,

$$\nabla \times \mathbf{E} = - \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \quad (113)$$

A figura 36 representa uma espira estacionária imersa em um campo magnético \mathbf{B} variável no tempo.

Figura 36 - Fem induzida em uma espira estacionária em um campo magnético \mathbf{B} variável no tempo.



Fonte: Elementos de eletromagnetismo / Matthew N. O. Sadiku (2004).

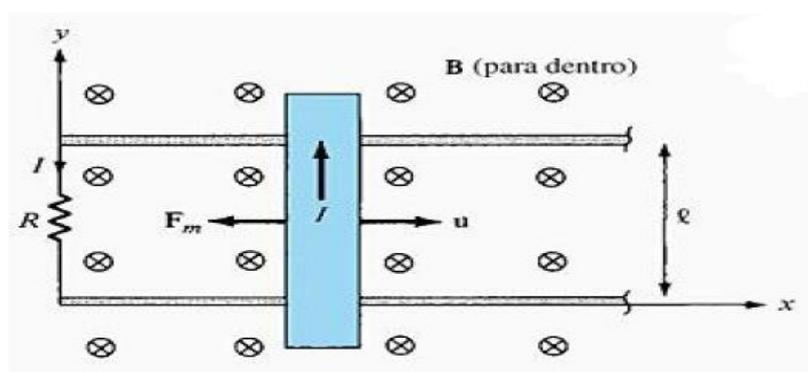
Essa é uma das equações de Maxwell para campos variáveis no tempo. Essa expressão mostra que o campo elétrico \mathbf{E} variável no tempo é não conservativo, pois o produto vetorial $\nabla \times \mathbf{E}$ é diferente de zero.

b) Espira de área variável no tempo em um campo magnético \mathbf{B} estático.

Ao se mover uma espira em um campo magnético estático, como mostra a figura 37, a força exercida sobre as cargas em movimento com velocidade uniforme \mathbf{u} em um campo magnético \mathbf{B} é dada por

$$\mathbf{F}_m = Q\mathbf{u} \times \mathbf{B} \quad (114)$$

Figura 37 - Fem induzida devido a uma espira que se movimenta em um campo magnético \mathbf{B} estático.



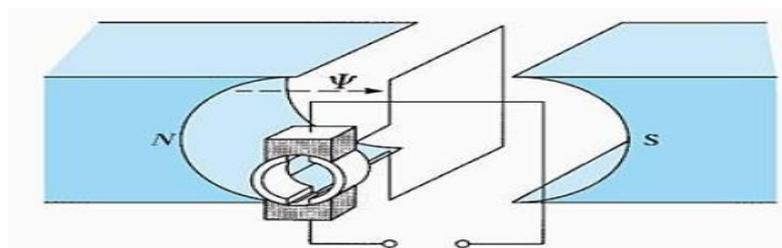
Fonte: Elementos de eletromagnetismo / Matthew N. O. Sadiku (2004).

O campo elétrico de movimento \mathbf{E}_m é definido pelo produto do vetor velocidade \mathbf{u} pelo campo \mathbf{B} , visto que

$$\mathbf{E}_m = \frac{\mathbf{F}_m}{Q} = \mathbf{u} \times \mathbf{B} \quad (115)$$

Considerando uma máquina de corrente contínua representada por uma espira condutora se movendo com velocidade uniforme \mathbf{u} , como mostra a figura 38.

Figura 38 - Máquina de corrente contínua.



Fonte: Elementos de eletromagnetismo / Matthew N. O. Sadiku (2004).

Sendo constituída por um grande número de elétrons livres, a fem induzida na espira será

$$V_{fem} = \oint_L \mathbf{E}_m \cdot d\mathbf{l} = \oint_L (\mathbf{u} \times \mathbf{B}) \cdot d\mathbf{l} \quad (116)$$

Este tipo de fem é denominado fem de movimento ou fem de fluxo cortante porque é devido à ação do movimento.

Este tipo de fem pode ser encontrada em máquinas elétricas, geradores e alternadores.

Sendo \mathbf{B} e \mathbf{u} perpendiculares entre si

$$\mathbf{F}_m = I \mathbf{l} \times \mathbf{B} \quad (117)$$

ou

$$F_m = IlB \quad (118)$$

onde se chega a

$$V_{fem} = uBl \quad (119)$$

Pela aplicação do teorema de Stokes

$$\int_S (\nabla \times \mathbf{E}_m) \cdot d\mathbf{S} = \int_S \nabla \times (\mathbf{u} \times \mathbf{B}) \cdot d\mathbf{S} \quad (120)$$

ou

$$\nabla \times \mathbf{E}_m = \nabla \times (\mathbf{u} \times \mathbf{B}) \quad (121)$$

- c) Espira com área variável no tempo em um campo magnético \mathbf{B} também variável no tempo.

Quando uma espira condutora se movimenta imersa em um campo magnético \mathbf{B} variável, a fem total é dada por

$$V_{fem} = \oint_L \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = - \int_S \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \cdot d\mathbf{S} + \oint_L (\mathbf{u} \times \mathbf{B}) \cdot d\mathbf{l} \quad (122)$$

ou, na forma diferencial,

$$\nabla \times \mathbf{E} = - \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} + \nabla \times (\mathbf{u} \times \mathbf{B}) \quad (123)$$

Conjugando assim, os dois casos anteriormente apresentados.

5.3.7.1 A lei de Lenz

A lei de Faraday trata da indução de uma força eletromotriz em uma espira condutora imersa em um campo magnético a partir da variação do fluxo magnético no tempo.

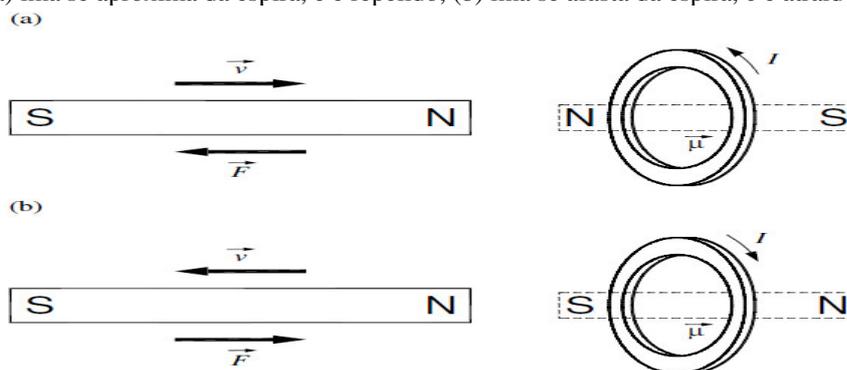
O sinal negativo na expressão que define a lei de Faraday indica que a corrente gerada pela força eletromotriz induzida se opõe à mudança que a produziu. O agente que varia o fluxo do campo magnético sofre a resistência de uma força. Pelo princípio de conservação da energia, o trabalho realizado para aproximar ou afastar, por exemplo, um ímã na direção de uma espira precisa ser exatamente igual a energia interna produzida pela espira (efeito Joule).

Por se referir às correntes induzidas, a lei de Lenz só se aplica a circuitos condutores fechados. Caso sejam analisados circuitos abertos, devem ser pensadas condições que se adaptem a uma conformação fechada.

Considerando uma espira de corrente criando um campo magnético em pontos distantes como o de um dipolo magnético, uma face da espira se comporta como um polo norte (por onde as linhas de campo emergem) e a outra face se comporta como um polo sul (por onde as linhas de campo entram).

Aproximando-se um ímã dessa espira de corrente, a lei de Lenz prevê que esta deverá gerar um campo que se opõe ao movimento do ímã. Sendo a face do ímã que está mais próxima da espira um polo norte, a face da espira da qual o ímã primeiro se aproxima se comportará como um polo norte. Aplicando-se a regra da mão direita, para que o campo magnético gerado pela espira possa emergir pela face voltada para o ímã, a corrente tem que ter o sentido mostrado na figura 39.

Figura 39 - Lei de Lenz aplicada a um ímã em movimento próximo a uma espira:
(a) ímã se aproxima da espira, e é repellido; (b) ímã se afasta da espira, e é atraído.



Fonte: <http://www.ifsc.usp.br/~strontium/Teaching/Material20102%2520FFI0106%2520LabFisicaIII/11-Leidel...> Acesso em 09 de julho de 2015.

O movimento de um ímã em direção à espira produz a mudança sugerida pela lei de Lenz, ou seja, a variação do campo magnético onde a espira está imersa. A corrente induzida deve gerar um campo magnético que se opõe ao campo que gerou a corrente induzida.

Deslocando-se o ímã para longe da espira, a corrente induzida deve se opor novamente ao movimento, criando um polo sul na face da espira voltada para o ímã.

O agente que promove o movimento de aproximação ou de afastamento da espira sofre uma força de resistência, necessitando realizar trabalho. Pelo princípio de conservação da energia, este trabalho realizado no sistema precisa ser exatamente igual à energia interna produzida pela espira pelo efeito Joule.

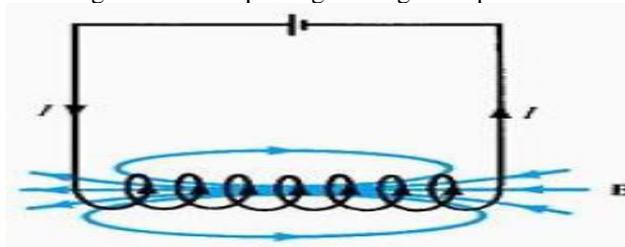
Movendo o ímã de forma mais rápida, trabalho externo é realizado a uma taxa maior, aumentando a taxa de produção de energia. Havendo a abertura do circuito e realizando a experimentação, não haverá indução de corrente, não havendo nenhuma resistência ao movimento realizado pelo agente, pois a espira se comporta como um circuito aberto ligado a uma bateria, não gerando nenhuma corrente.

Se a corrente induzida gerada fosse na direção oposta, à medida que o ímã se movesse em direção à espira, a face da espira voltada para o ímã seria um polo sul, atraindo o ímã para a espira. Seria necessário apenas um pequeno impulso inicial para desencadear um processo automático que se perpetuaria e aceleraria através da espira provocando o aumento da sua energia cinética. Tal processo iria contra a lei de conservação de energia, pois se estaria produzindo algo a partir do nada. Fato impossível de ocorrer.

5.3.7.2 A indutância

Uma corrente variável no tempo percorrendo um indutor, ou seja, um elemento de um circuito que armazena energia no campo magnético gerado pela corrente que o percorre, faz aparecer uma força eletromotriz ε_L entre seus terminais, sendo esta proporcional à variação da corrente em relação ao tempo, como mostrado na figura 40.

Figura 40 - Campo magnético gerado por um circuito elétrico.



Fonte: Elementos de eletromagnetismo / Matthew N. O. Sadiku (2004).

Tem-se então a expressão

$$\varepsilon_L = L \frac{di}{dt} \quad (124)$$

A constante de proporcionalidade L é chamada de indutância, cuja unidade no SI é o volt.segundo/ampère, recebendo o nome de henry e tem como símbolo H, de forma que

$$1 \text{ henry} = 1 \text{ volt.segundo/ampère} \quad (125)$$

Para calcular a indutância, obtém-se o fluxo magnético (Φ_B) através de cada espira da bobina do indutor supondo que este tenha o mesmo valor para todas as N espiras. O produto $N\Phi_B$ é conhecido como o número de ligações de fluxo do indutor. Utilizando a lei de Faraday, a força eletromotriz nos terminais do indutor é dada por

$$\varepsilon_L = - \frac{d(N\Phi_B)}{dt} \quad (126)$$

Fazendo a comparação entre as duas expressões da força eletromotriz

$$L \frac{di}{dt} = \frac{d(N\Phi_B)}{dt} \quad (127)$$

Fazendo a integração, tem-se

$$Li = N\Phi_B \quad (128)$$

ou

$$L = \frac{(N\Phi_B)}{i} \quad (129)$$

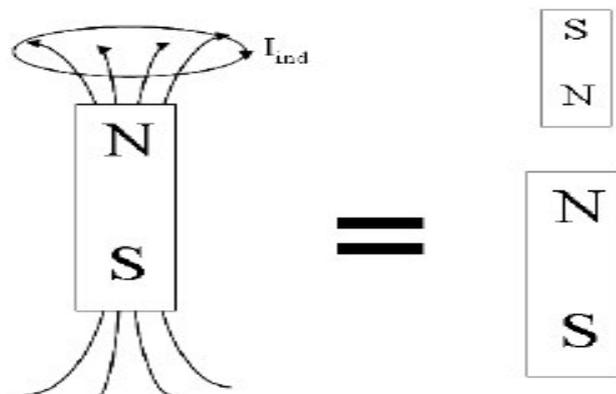
Com base na lei de Faraday, calcula-se a indutância a partir do número de ligações de fluxo e sendo Φ_B proporcional à corrente i , ficando L somente dependente da construção geométrica do condutor.

5.3.7.3 Correntes parasitas.

Considerando uma espira condutora solta em queda livre sobre um ímã, uma corrente I induzida criará um dipolo magnético que será repelido pelo ímã, produzindo uma força F que tenderia a frear o movimento da espira.

A figura 41 mostra o comportamento de uma espira em queda, tendo uma corrente elétrica percorrendo o fio condutor.

Figura 41 - Comportamento de uma espira em queda.



Fonte: http://www.fis.ita.br/fis32/notas/cap11_notas.pdf.
Acesso em 09 de julho de 2015.

A força que atua freando a espira se comporta como uma força de atrito viscoso e quando se considera uma grande quantidade de material condutor são criadas no seu interior correntes parasitas que produzem efeitos indesejáveis, como o aquecimento provocado através do efeito Joule pelo aumento da energia interna. Pode-se atenuar os efeitos das chamadas correntes parasitas pela fragmentação do material condutor em lâminas. Ao obrigar as correntes percorrer um caminho mais longo, ocorrerá a redução da sua intensidade. Há casos em que as correntes de Foucault são utilizadas para o aquecimento, sem contato, de peças que são dilatadas para montagens industriais com interferência entre as peças. É o caso em que o material é aquecido em uma câmara de vácuo, onde não se pode usar outro meio de aquecimento, devido ao isolamento do meio exterior.

5.4 As equações de Maxwell

As equações que tratavam inicialmente a teoria do eletromagnetismo não possibilitavam a compreensão dos fenômenos eletromagnéticos de forma completa. Conforme Griffiths (2011), essas equações representavam o estado da teoria eletromagnética há mais de um século, quando Maxwell começou seu trabalho.

A teoria apresentada por Maxwell compreendeu todos os resultados já conhecidos, de cunho experimental e teórico, sobre eletricidade e magnetismo. Maxwell também introduziu o conceito de corrente de deslocamento e fez a previsão da existência das ondas eletromagnéticas.

A tabela 1 apresenta as formas mais gerais das equações de Maxwell considerando as condições com variação temporal.

Tabela 1 – Equações básicas do Eletromagnetismo (equações de Maxwell).

Nome	Equação	Descreve
Lei de Gauss para o campo elétrico	$\oint_S \mathbf{E} \cdot d\mathbf{A} = q/\epsilon_0$	Carga e campo elétrico
Lei de Gauss para o campo magnético	$\oint_S \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A} = 0$	Campo magnético
Lei da indução de Faraday	$\oint_L \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s} = -d\Phi_B/dt$	O efeito da variação de um campo magnético
Lei de Ampère (generalizada por Maxwell)	$\oint_L \mathbf{B} \cdot d\mathbf{s} = \mu_0 i + \mu_0 \epsilon_0 d\Phi_E/dt$	O efeito magnético de uma corrente e/ou de um campo elétrico variável

Fonte: Adaptado de Resnick (1996).

As equações desenvolvidas por Maxwell possibilitaram a sequência dos estudos de aprofundamento na teoria do eletromagnetismo observado em trabalhos futuros. A lei de Gauss para o campo elétrico tem como experiências fundamentais o fato que cargas de mesmo sinal se repelem e de sinais opostos se atraem, de acordo com o inverso do quadrado da distância e que a carga em um condutor isolado se desloca para a sua superfície.

A lei de Gauss para o campo magnético fundamenta-se em que nunca foram observados monopólios magnéticos. A experiência fundamental da lei da indução de Faraday é que se um ímã é deslocado na direção e uma espira, nela se formará uma corrente elétrica. A lei de Ampère, generalizada por Maxwell, se fundamenta na experiência de que um fio percorrido por uma corrente gera um campo magnético em torno dele, como também em que a velocidade da luz pode ser calculada a partir de medidas puramente eletromagnéticas.

5.5 Ondas eletromagnéticas

Ondas eletromagnéticas podem se propagar no espaço. Aplicações diversas podem ser observadas em aparelhos modernos que fazem uso dessa tecnologia no transporte de informações. A geração e a detecção de ondas de rádio foi conseguida por Hertz¹³, verificando a teoria de Maxwell.

Um movimento ondulatório ocorre quando um distúrbio em um ponto *A*, em um instante *t₀*, está relacionado com o que ocorrem em um ponto *B*, em um instante *t* > *t₀*.

Uma carga elétrica em repouso apresenta um padrão de linhas de campo elétrico, não produzindo nenhum campo magnético. Uma carga elétrica em movimento a uma velocidade constante, apresenta um padrão de linhas de campo magnético junto com as linhas de campo elétrico. Nesse caso há uma densidade de energia no espaço associada aos campos magnético e elétrico, permanecendo constante com o tempo, não havendo transporte de energia, ou seja, não há irradiação de energia.

Um espectro é constituído por um grande número de frequências visualizadas em ordem numérica. A tabela 2 mostra em quais frequências ocorrem diferentes tipos de energia no espectro eletromagnético.

Tabela 2 - O espectro eletromagnético.

Fenômeno EM	Exemplos de usos	Intervalo de frequência aproximado
Raios cósmicos	Física, Astronomia	Acima de 10 ¹⁴ GHz
Raios gama	Tratamento de câncer	10 ¹⁰ – 10 ¹³ GHz
Raios X	Exames de raio X	10 ⁸ – 10 ⁹ GHz
Radiação ultravioleta	Esterilização	10 ⁶ – 10 ⁸ GHz
Luz visível	Visão humana	10 ⁵ – 10 ⁶ GHz
Radiação infravermelha	Fotografia	10 ³ – 10 ⁴ GHz
Microondas	Radar, estações repetidoras de micro-ondas, comunicações por satélite	3 – 300 GHz
Ondas de rádio	Televisão UHF	470 – 806 MHz
	Televisão VHF, rádio FM	54 – 216 MHz
	Rádio em ondas curtas	3 – 26 MHz
	Rádio AM	535 – 1.605 KHz

Fonte: Adaptado de Elementos de eletromagnetismo / Matthew N. O. Sadiku (2004).

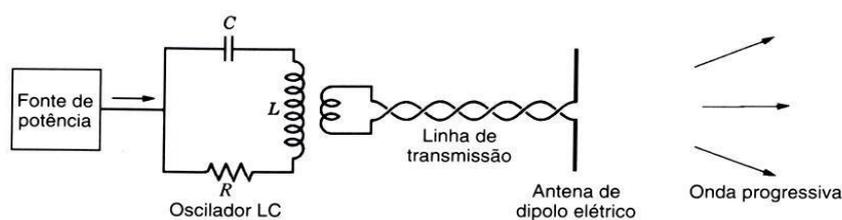
¹³Heinrich Rudolf Hertz (Hamburgo, 22 de fevereiro de 1857 — Bonn, 1 de janeiro de 1894) foi um físico alemão. Hertz demonstrou a existência da radiação eletromagnética, criando aparelhos emissores e detectores de ondas de rádio.

Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/>. Acesso em 21 de agosto de 2016.

Estando a carga em movimento oscilatório em determinada frequência, esta apresentaria aceleração ao longo do movimento e há geração de uma onda no espaço, ou seja, há irradiação de energia.

As ondas se propagam no espaço a partir de uma antena. Considerando uma antena como dois condutores onde uma corrente varia com o tempo de forma senoidal, ou seja, uma antena de dipolo, como mostra a figura 42.

Figura 42: Dispositivo capaz de gerar ondas eletromagnéticas.

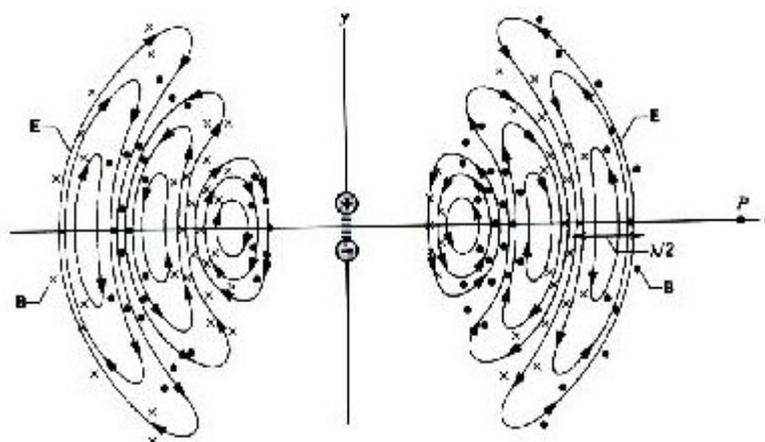


Fonte: Física 3 – Halliday, D.; Resnick, R.. e Krane, K.S.

Oscilando as cargas nesses condutores a uma frequência ω , a antena pode ser considerada como um dipolo elétrico com um ramo carregando uma carga instantânea q , e o outro uma carga $-q$. Durante a oscilação as cargas são aceleradas e a antena torna-se uma fonte de radiação de dipolo elétrico.

A figura 43 apresenta uma gravura tridimensional dos campos \mathbf{E} e \mathbf{B} .

Figura 43: Os campos \mathbf{E} e \mathbf{B} irradiados por um dipolo elétrico.



Fonte: Física 3 – Halliday, D.; Resnick, R.. e Krane, K.S.

Supondo que se observe a gravura tridimensional a uma distância do dipolo onde as frentes de onda passem pelo ponto P , as linhas de \mathbf{E} são paralelas ao eixo y e as linhas de \mathbf{B} são paralelas ao eixo z . Para escrever os campos \mathbf{E} e \mathbf{B} na forma matemática são usadas as expressões

$$E(x, t) = E_m \text{sen}(kx - \omega t) \quad (130)$$

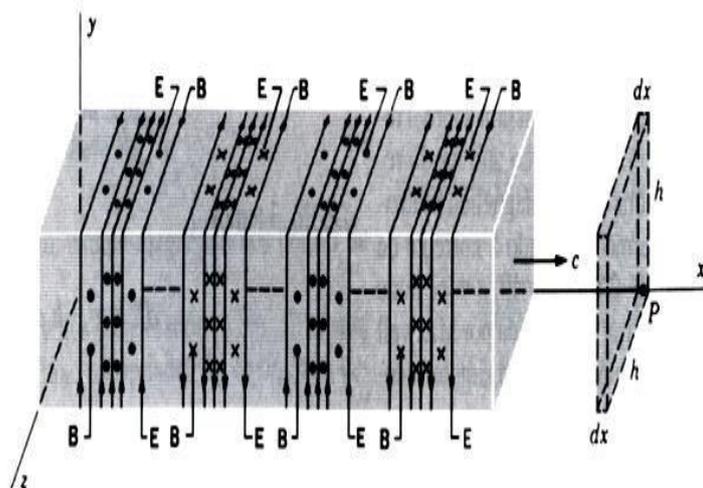
$$B(x, t) = B_m \text{sen}(kx - \omega t) \quad (131)$$

onde ω é a frequência angular associada ao dipolo oscilante e o número de onda k é definido como sendo igual a $2\pi/\lambda$. A onda se propaga com velocidade de fase c , valendo a relação

$$c = \omega / k \quad (132)$$

A representação de uma onda plana com os campos \mathbf{B} e \mathbf{E} é mostrada na figura 44.

Figura 44 – Representação de uma onda plana se propagando com detalhes dos vetores \mathbf{B} e \mathbf{E} .



5.5.1 O vetor de Poynting

Uma onda eletromagnética pode transmitir energia de um ponto onde estiver localizado um transmissor até um ponto onde se localiza um receptor. Sendo o fluxo de energia eletromagnética medido pela taxa de variação do fluxo de energia por unidade de área, ou seja, potência eletromagnética por unidade de área. A magnitude e a direção de fluxo de energia em termos de um vetor é chamado de vetor de Poynting¹⁴ (\mathbf{S}), definido por

$$\mathbf{S} = \frac{1}{\mu_0} \mathbf{E} \times \mathbf{B} \quad (133)$$

Se \mathbf{E} e \mathbf{B} se referem aos campos de uma onda em um ponto específico do espaço e, portanto, \mathbf{S} indica o vetor de Poynting nesse determinado ponto. \mathbf{S} é perpendicular ao plano formado por \mathbf{E} e \mathbf{B} e tem a direção e o sentido determinados pela regra da mão direita.

Conhecendo-se apenas o campo \mathbf{E} , uma onda eletromagnética pode ser totalmente especificada, visto que a direção e o sentido de \mathbf{E} são os mesmos para \mathbf{S} , tornando-se desnecessário se conhecer \mathbf{B} , pois a magnitude de \mathbf{E} é determinada por

$$E = cB \quad (134)$$

Sendo a dimensão de B a mesma de E/c .

¹⁴John Henry Poynting (Manchester, 9 de setembro de 1852 — Birmingham, 30 de março de 1914) foi um físico inglês. Fez os seus estudos no *Owens College*, em Manchester, para em seguida ir estudar física na Universidade de Cambridge, onde foi aluno de James Clerk Maxwell. Em 1880 passou a ser professor de física naquela que é hoje a Universidade de Birmingham, posto que ocupou até à sua morte, a 30 de Março de 1914. Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/>. Acesso em 05 de setembro de 2015.

No caso de uma onda plana a magnitude do vetor de Poynting é dada por

$$S = \frac{1}{\mu_0} EB \quad (135)$$

que também poderá ser escrita por

$$S = \frac{1}{\mu_0 c} E^2 , \quad (136)$$

ou

$$S = \frac{1}{\mu_0 c} B^2 \quad (137)$$

onde c é a velocidade da luz no vácuo.

Com as ondas eletromagnéticas conclui-se a apresentação dos conceitos do eletromagnetismo ensinados nesta pesquisa. Iniciou-se com o estudo dos campos elétrico e magnético; evidenciando-se as interações entre os campos, foram destacadas as propriedades do eletromagnetismo através da lei de Gauss e da lei de Ampère e apresentou-se a propriedade de um campo magnético variável no tempo induzir uma força eletromotriz em um circuito. Através de um estudo sistematizado o aluno pôde compreender como se dá a propagação das ondas eletromagnéticas.

6 METODOLOGIA

Neste capítulo são apresentados todos os procedimentos de pesquisa, o detalhamento das fases do método *Divisão dos alunos por equipes para o sucesso (STAD)* utilizado e das aulas práticas e experimentais adotados no desenvolvimento deste trabalho.

Para o alcance dos objetivos propostos, dentre os quais: promover o ensino de Física através do trabalho em grupo de alunos, apresentando e desenvolvendo o uso de competências sociais; desenvolver projetos envolvendo experimentos simples na construção do conhecimento dos conceitos do Eletromagnetismo; proporcionar o ensino do Eletromagnetismo de forma coletiva e cooperativa na busca da melhoria da aprendizagem através do método STAD, optou-se pela Metodologia da Aprendizagem Cooperativa.

Os princípios que foram utilizados para a elaboração desta pesquisa estão relacionados com o estudo ativo e cooperativo. Assim, a metodologia da Aprendizagem Cooperativa foi escolhida para orientar as atividades de ensino e a postura dos alunos na busca da aprendizagem.

A cada duas aulas, um tópico sobre o Eletromagnetismo foi apresentado pelo professor; foram aplicadas guias em forma de questionários que foram preenchidas pelos alunos e cujas respostas serviram de base ao processo da Aprendizagem Cooperativa. Na sequência, após as montagens concluídas, o professor coordenou os testes de funcionamento das montagens resultantes dos projetos propostos, efetivando, assim, a sua participação no projeto como um todo.

Classificou-se o tipo da pesquisa como sendo pesquisa experimental. De acordo com Matos e Vieira (2001, p. 54), a pesquisa experimental, normalmente, é feita por amostragem e consiste em reproduzir um fenômeno em um espaço onde o pesquisador, por meio de instrumentos, escolhe e analisa variáveis. Quanto à sua natureza, a pesquisa classifica-se como qualitativa, por levantar elementos a partir da constatação, pelo pesquisador, através da observação participante, bem como pela análise de conteúdo dos questionários referentes às impressões dos alunos sobre a metodologia aplicada. Também é classificada como quantitativa, por ter como base de dados provas individuais para atestar o rendimento dos alunos.

Conforme Lopes e Silva (2009, p. 5), a Aprendizagem Cooperativa aborda os seguintes fundamentos teóricos:

- a) perspectivas de motivação, que focalizam a recompensa, cria-se uma situação onde os membros só conseguem realizar os objetivos pessoais se o grupo for bem-sucedido, de forma que, cada membro deve ajudar os outros;

- b) perspectivas de coesão social, que sugerem que os efeitos da Aprendizagem Cooperativa acontecem devido à união do grupo, pois os alunos ajudam os outros porque desejam o sucesso;
- c) perspectivas cognitivas, que são a perspectiva de desenvolvimento cognitivo e a perspectiva de elaboração. A perspectiva de desenvolvimento cognitivo é baseada em que a interação entre alunos, em tarefas apropriadas, aumenta o seu domínio em relação aos conceitos fundamentais estudados. A perspectiva de elaboração fundamenta-se no fato de que informações retidas na memória estão relacionadas com outras anteriormente retidas.

6.1 Cenário da pesquisa

O presente estudo foi realizado em uma escola de ensino fundamental e médio da rede pública estadual no Ceará, onde o pesquisador leciona a disciplina de Física. No ano de 2015 foram matriculados cerca de 1500 alunos e está situada estrategicamente dentro de uma comunidade carente, com graves problemas sociais, ficando ressaltada a necessidade de intervenção da educação como fator essencial na modificação de indicadores sociais indesejáveis.

A pesquisa desenvolveu-se durante o terceiro bimestre do ano letivo de 2015, em duas turmas de 3º ano do ensino médio, no turno da noite. O conteúdo abordado foi o Eletromagnetismo, na disciplina de Física. As turmas foram divididas em uma turma de controle (TC), com cinquenta e seis alunos e outra experimental (TE), com cinquenta e cinco alunos, possibilitando a comparação dos resultados.

O ensino para a turma de controle (TC) foi realizado de forma tradicional. Aulas expositivas, seguidas de discussões sobre aplicações práticas e tecnológicas no cotidiano e demonstrações de fenômenos eletromagnéticos através de experimentos simples. As avaliações constaram de duas provas parciais e uma prova bimestral, sendo esta, a mesma para as duas turmas.

Para a turma experimental (TE), o ensino de Física foi baseado na oferta de projetos de experimentos de Eletromagnetismo que contemplaram sistemática e ordenadamente o conteúdo abordado no currículo. Primeiramente, apresentou-se a teoria fundamental de cada tópico do Eletromagnetismo envolvendo demonstrações dos fenômenos descritos. Dividiu-se a turma em grupos de cinco alunos e, em seguida, foi proposta a construção de uma sequência de experimentos envolvendo cada conceito básico do tópico apresentado. Cada aluno teve a

oportunidade de fazer leituras dos efeitos eletromagnéticos sobre cada componente eletromecânico, bem como verificar a geração de corrente elétrica por esses elementos a partir de um campo magnético. Em seguida foram efetuadas provas individuais visando avaliar o rendimento da aprendizagem da turma. Foram aplicadas provas envolvendo os mesmos conceitos sobre o Eletromagnetismo abordados, buscando-se assim a comparação entre os rendimentos das turmas analisadas.

6.1.1 Detalhamento das fases do método STAD

Para desenvolver a metodologia da Aprendizagem Cooperativa o método escolhido foi, conforme tradução de Lopes e Silva (2009, p. 101), o *Divisão dos alunos por equipes para o sucesso (STAD)*, desenvolvido por Slavin e Stevens. Nesse método a turma foi dividida em grupos de cinco alunos, onde foram definidas as funções de cada componente. Nesse método os alunos tiveram a condição prévia de desenvolver todas as funções plenamente, fator fundamental para a interdependência positiva entre os componentes.

O método STAD consta de cinco fases principais: apresentações do conteúdo à turma pelo professor; trabalho de grupo; questionários de avaliação individual; verificação do progresso dos resultados individuais e reconhecimento / recompensa da equipe.

Durante o desenvolvimento da metodologia da Aprendizagem Cooperativa existe uma rotatividade essencial ao desenvolvimento das habilidades sociais e compreensão do tópico abordado. As funções individuais propostas para cada grupo foram: coordenador, o aluno encarregado de coordenar os trabalhos e funções dos outros alunos durante todo o tempo disponível ao projeto de montagem experimental; relator, o aluno encarregado de apresentar ao final do projeto de montagem experimental as conclusões do grupo; controlador do tempo, o aluno encarregado de controlar o tempo disponível para cada atividade desenvolvida ao longo da aula, chamando a atenção do grupo para possíveis desvios de tempo gasto em atividades secundárias; controlador de materiais, o aluno encarregado de receber, distribuir, conferir e devolver ao professor todo o material disponibilizado para as montagens e apoio: aluno que atua como ajudante nas montagens, cálculos de grandezas físicas para os questionários e pesquisa de teoria pertinente à montagem realizada.

Para iniciar o método STAD desenvolveu-se um programa de atividades baseado nas etapas seguintes:

- a) Etapa 1: Apresentações

O professor fez a apresentação da lição, através de uma explicação/discussão guiada com apoios áudio visuais. Conforme o conteúdo abordado, o professor fez uma demonstração de um experimento onde ficaram evidenciadas as possibilidades de aplicações práticas envolvendo as novas tecnologias. Consolidando os conhecimentos construídos, os alunos responderam um questionário guia onde os elementos usados nas respostas serviram de base para a montagem que foi realizada na aula seguinte, na etapa 2.

b) Etapa 2: Trabalho em grupo

O grupo foi constituído por 5 elementos representando as características de heterogeneidade da turma em todos os aspectos. O principal papel do grupo foi preparar os seus membros para os questionários individuais. Assim, os alunos, em grupo, estudaram os questionários guias, discutiram os problemas e compararam as respostas.

Como afirmam Lopes e Silva (2009, p. 102), segundo Slavin, o grupo é o elemento mais importante do STAD. Os membros do grupo devem esforçar-se para ajudar a cada um de seus elementos. Um projeto coletivo foi proposto em que todos, professor e alunos, tiveram participação fundamental. A montagem experimental foi simples e teve relação direta com o conteúdo estudado. Procurou-se, assim evidenciar o potencial tecnológico do conteúdo científico.

c) Etapa 3: Questionários de avaliação individual

Depois da realização da montagem experimental, os alunos responderam, individualmente e sem qualquer ajuda dos membros do grupo, a um questionário, sobre os assuntos tratados. Cada um foi individualmente responsável pelos seus conhecimentos, permitindo assim, a quantificação da aprendizagem através de notas.

d) Etapa 4: Verificação do progresso individual

O objetivo subjacente a esta etapa foi que cada aluno possa alcançar um objetivo de aprendizagem fixado pelo professor e se esforçar e aprender melhor do que em situações anteriores. Foi medido o progresso de cada aluno em relação ao desempenho passado, à média dos seus testes anteriores, no caso específico desta pesquisa, a nota do primeiro Mini Teste. Assim, todos os alunos puderam contribuir com pontos para o grupo, que foram os pontos acima da média dos seus resultados anteriores.

e) Etapa 5: Recompensa do grupo

O grupo ganhou pontos baseados nos pontos conquistados por cada participante. Os pontos ganhos pela equipe foram transferidos para a nota individual, evidenciando-se a importância da ajuda mútua.

A base para as pontuações individuais foi a nota do primeiro Mini Teste obtida pelo aluno. A cada questionário individual avaliado o aluno teve sua nota comparada com a base e a diferença calculada foi registrada em formulário específico (apêndice B).

6.2 Atividades em sala de aula

Os tópicos do Eletromagnetismo foram explorados em quatro sessões de duas aulas de 45 minutos, com um total de oito aulas de 90 minutos para cada momento.

As aulas foram realizadas seguindo um padrão sequencial conforme o quadro 14, onde, no primeiro momento, houve a apresentação do conteúdo nos primeiros 30 minutos; foi realizado um comentário sobre as aplicações práticas do tema estudado; os alunos responderam um questionário guia nos grupos, de forma cooperativa. O segundo momento constou de uma revisão geral do conteúdo apresentado no primeiro momento; de uma demonstração com recursos audiovisuais de um experimento básico sobre o tema; da realização de uma prática experimental pelos alunos; aplicação do questionário individual (Mini Teste) e aplicação da avaliação sobre o trabalho em grupo (STAD).

Quadro 14 – Cronograma de desenvolvimento das aulas.

Atividades da aula	
1º momento de 90 minutos (duas aulas de 45 minutos)	Tempo
Apresentação do tema da aula	30 min.
Comentário sobre aplicações práticas envolvendo o tema apresentado	20 min.
Aplicação do questionário guia aos grupos de alunos com pesquisa em texto teórico	40 min.
2º momento de 90 minutos (duas aulas de 45 minutos)	Tempo
Apresentação do material utilizado nos experimentos	10 min.
Demonstração com recursos audiovisuais de um experimento básico sobre o tema	30 min.
Os alunos realizam uma atividade experimental	20 min.
Aplicação do questionário individual (Mini Teste) e aplicação da avaliação sobre o trabalho em grupo (STAD)	30 min.

Fonte: O próprio autor.

Esta sequência didática foi estruturada em oito aulas de noventa minutos cada uma, onde foram desenvolvidos estudos e atividades experimentais. Cada tópico do Eletromagnetismo foi explorado em dois momentos de 90 minutos cada, constando de duas aulas de 45 minutos.

Para a consolidação dos conhecimentos relativos aos conceitos estudados, foram realizados testes utilizando experimentos relativos ao Eletromagnetismo como recurso auxiliar do trabalho cooperativo. As observações feitas durante o funcionamento da montagem foram debatidas entre o professor e os alunos.

6.2.1 Aulas 1 e 2: o campo magnético

A aula 1 foi estruturada conforme o plano de aula apresentado no quadro 15.

Quadro 15 – Plano da aula 1

AULA 1			
Professor: Francisco José da Rocha			
PLANO DE AULA			
TEMA: O campo magnético.			
OBJETIVO: Compreender as influências de um campo magnético no espaço.			
CONTEÚDO	METODOLOGIA	RECURSOS	TEMPO
O campo magnético	Aprendizagem Cooperativa com o método STAD: 1. Exposição do conteúdo pelo professor (exposição do anexo J). 2. Debate sobre aplicações tecnológicas do conteúdo. 3. Leitura do texto teórico (anexo J) e aplicação de questionário (guia) com questões relativas ao conteúdo abordado (anexo F).	<ul style="list-style-type: none"> • Texto teórico sobre o campo magnético (anexo J). • Questionário guia a ser respondido pelos alunos servindo de orientação para a segunda aula sobre o tema campo magnético (anexo F). 	90 min.
AVALIAÇÃO: Questionário com questões de múltipla escolha e questões abertas. Data da realização: agosto/2015			

Fonte: O próprio autor.

A aula 2 foi estruturada conforme o plano de aula apresentado no quadro 16.

Quadro 16 – Plano de aula 2

AULA 2			
Professor: Francisco José da Rocha			
PLANO DE AULA			
TEMA: O campo magnético.			
OBJETIVO: Compreender as influências de um campo magnético no espaço (continuação).			
CONTEÚDOS	METODOLOGIA	RECURSOS	TEMPO
O campo magnético	<p>Aprendizagem Cooperativa através do método STAD (Divisão dos alunos por equipes para o sucesso):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Proposta de construção de um projeto experimental conjunto pelo professor e alunos. 2. Revisão do conteúdo pelo professor, relacionando o questionário preenchido na aula anterior (guia) com a montagem proposta e apresentação de simulação envolvendo o tema estudado (anexo N). 3. Aplicação de experimento, no laboratório de Ciências, evidenciando a existência das linhas de campo magnético (anexo R). 4. Aplicação do questionário individual. 5. Aplicação da avaliação sobre o trabalho em grupo (STAD) 	<ul style="list-style-type: none"> • Simulação (Phet¹ – ímã em barra) sobre o campo magnético (anexo N). • Roteiro da atividade experimental para a aula 2 (anexo R). • Conjunto experimental composto de ímãs para utilização pelos grupos para a visualização das linhas de campo magnético. • Folha de papel A4. • Limalha de ferro. • Questionário individual/ mini teste sobre o tema campo magnético (anexo B). • Questionário individual de auto avaliação e avaliação do grupo sobre Aprendizagem Cooperativa (anexo Y). 	90 min.
AVALIAÇÃO: Questionário com questões de múltipla escolha e questões abertas a serem respondidas individualmente.			
Data da realização: agosto/2015			

Fonte: O próprio autor.

¹Fundado em 2002 pelo Prêmio Nobel Carl Wieman, o projeto PhET Simulações Interativas da Universidade de Colorado Boulder cria simulações interativas gratuitas de matemática e ciências.

Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/. Acesso em 4 de dezembro de 2016.

Um exemplo de uma montagem experimental envolvendo o tema O campo magnético está apresentado no anexo R.

6.2.2 Aulas 3 e 4: a lei de Ampère

A aula 3 foi estruturada conforme o plano de aula apresentado no quadro 17.

Quadro 17 – Plano de aula 3

AULA 3			
Professor: Francisco José da Rocha			
PLANO DE AULA			
TEMA: A lei de Ampère.			
OBJETIVO: Compreender as interações de um campo magnético sobre uma carga em movimento em um condutor.			
CONTEÚDO	METODOLOGIA	RECURSOS	TEMPO
Lei Ampère	Aprendizagem Cooperativa com o método STAD: <ol style="list-style-type: none"> 1 Exposição do conteúdo pelo professor (exposição do anexo K). 2 Debate sobre aplicações tecnológicas do conteúdo. 3 Leitura do texto teórico (anexo K) e aplicação de questionário (guia) com questões relativas ao conteúdo abordado (anexo G). 	<ul style="list-style-type: none"> • Texto teórico sobre a lei de Ampère (anexo K). • Questionário guia a ser respondido pelos alunos servindo de orientação para a segunda aula sobre o tema A lei de Ampère (anexo G). 	90 min.
AVALIAÇÃO: Questionário guia com questões de múltipla escolha e questões abertas. Data da realização: agosto/2015			

Fonte: O próprio autor.

A aula 4 foi estruturada conforme o plano de aula apresentado no quadro 18.

Quadro 18 – Plano de aula 4

AULA 4			
Professor: Francisco José da Rocha			
PLANO DE AULA			
TEMA: Lei de Ampère.			
OBJETIVO: Compreender as interações de um campo magnético sobre uma carga em movimento em um condutor (continuação).			
CONTEÚDO	METODOLOGIA	RECURSOS	TEMPO
Lei de Ampère	Aprendizagem Cooperativa através do método STAD (Divisão dos alunos por equipes para o sucesso): 1. Proposta de construção de um projeto experimental conjunto pelo professor e alunos. 2. Revisão do conteúdo pelo professor, relacionando o questionário preenchido na aula anterior (guia) com a montagem proposta e apresentação de simulação envolvendo o tema estudado (anexo O). 3. Aplicação de experimento, no laboratório de Ciências, evidenciando a existência de um campo magnético gerado por uma corrente elétrica (anexo S). 4. Aplicação do questionário individual. 5. Aplicação da avaliação sobre o trabalho em grupo (STAD)	<ul style="list-style-type: none"> • Simulação (Phet - eletroímã) sobre o eletroímã (anexo O). • Roteiro da atividade experimental para a aula 4 (anexo S). • Conjunto experimental composto de fio de cobre esmaltado, fita crepe e prego para a construção de um eletroímã. • Fonte de alimentação de 3 volts. • Conjunto experimental composto de ímãs para interação com o eletroímã construído pelos alunos. • Questionário individual/ mini teste sobre o tema a lei de Ampère (anexo C). • Questionário individual de auto avaliação e avaliação do grupo sobre Aprendizagem Cooperativa (anexo Y). 	90 min.
AValiação: Questionário com questões de múltipla escolha e questões abertas a serem respondidas individualmente. Data da realização: agosto/2015			

Fonte: O próprio autor.

Um exemplo de uma montagem envolvendo o tema lei de Ampère está apresentado no anexo S.

6.2.3 Aulas 5 e 6: a lei de Faraday

A aula 5 foi estruturada conforme o plano de aula apresentado no quadro 19.

Quadro 19 – Plano de aula 5

AULA 5			
Professor: Francisco José da Rocha			
PLANO DE AULA			
TEMA: Lei de Faraday.			
OBJETIVO: Compreender as interações de um campo magnético variável sobre um circuito fechado.			
CONTEÚDO	METODOLOGIA	RECURSOS	TEMPO
Lei de Faraday	Aprendizagem Cooperativa com o método STAD: <ol style="list-style-type: none"> 1. Exposição do conteúdo pelo professor (exposição do anexo L). 2. Debate sobre aplicações tecnológicas do conteúdo. 3. Leitura do texto teórico (anexo L) e aplicação de questionário (guia) com questões relativas ao conteúdo abordado (anexo H). 	<ul style="list-style-type: none"> • Texto teórico sobre a lei de Faraday (anexo L). • Questionário guia a ser respondido pelos alunos servindo de orientação para a segunda aula sobre o tema A lei de Faraday (anexo H). 	90 min.
AVALIAÇÃO: Questionário guia com questões de múltipla escolha e questões abertas.			
Data da realização: setembro/2015			

Fonte: O próprio autor.

A aula 6 foi estruturada conforme o plano de aula apresentado no quadro 20.

Quadro 20 – Plano de aula 6

AULA 6			
Professor: Francisco José da Rocha			
PLANO DE AULA			
TEMA: Lei de Faraday.			
OBJETIVO: Compreender as interações de um campo magnético variável sobre um circuito fechado (continuação).			
CONTEÚDOS	METODOLOGIA	RECURSOS	TEMPO
Lei de Faraday	<p>Aprendizagem Cooperativa através do método STAD (Divisão dos alunos por equipes para o sucesso):</p> <ol style="list-style-type: none"> Proposta de construção de um projeto experimental conjunto pelo professor e alunos. Revisão do conteúdo pelo professor, relacionando o questionário preenchido na aula anterior (guia) com a montagem proposta e apresentação de simulação envolvendo o tema estudado (anexo P). Aplicação de experimento, no laboratório de Ciências, evidenciando a existência de uma força eletromotriz induzida em um circuito nas proximidades de um campo magnético variável (anexo T). Aplicação do questionário individual. Aplicação da avaliação sobre o trabalho em grupo (STAD) 	<ul style="list-style-type: none"> Simulação (Phet – indução eletromagnética) sobre a indução eletromagnética (anexo P). Roteiro da atividade experimental para a aula 6 (anexo T). Conjunto experimental composto de bobina de uma campainha tipo cigarra, dois leds de cores diferentes e fio de cobre isolado para interligação de componentes. Ímã para interação com a bobina. Questionário individual/ mini teste sobre o tema a lei de Faraday (anexo D). Questionário individual de auto avaliação e avaliação do grupo sobre Aprendizagem Cooperativa (anexo Y). 	90 min.
<p>AVALIAÇÃO: Questionário com questões de múltipla escolha e questões abertas a serem respondidas individualmente. Data da realização: setembro/2015</p>			

Fonte: O próprio autor.

Um exemplo de uma montagem envolvendo o tema lei de Faraday está apresentado no anexo T.

6.2.4 Aulas 7 e 8: ondas eletromagnéticas

A aula 7 foi estruturada conforme o plano de aula apresentado no quadro 21.

Quadro 21 – Plano de aula 7.

AULA 7			
Professor: Francisco José da Rocha			
PLANO DE AULA			
TEMA: Ondas eletromagnéticas.			
OBJETIVO: Compreender as características e propriedades da variação dos campos elétrico e magnético ao longo do tempo.			
CONTEÚDO	METODOLOGIA	RECURSOS	TEMPO
Ondas eletromagnéticas	<p>Aprendizagem Cooperativa com o método STAD:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Exposição do conteúdo pelo professor (exposição do anexo M). 2. Debate sobre aplicações tecnológicas do conteúdo. 3. Leitura do texto teórico (anexo M) e aplicação de questionário (guia) com questões relativas ao conteúdo abordado (anexo I). 	<ul style="list-style-type: none"> • Texto teórico sobre ondas eletromagnéticas (anexo M). • Questionário guia a ser respondido pelos alunos servindo de orientação para a segunda aula sobre o tema ondas eletromagnéticas (anexo I). 	90 min.
AValiação: Questionário guia com questões de múltipla escolha e questões abertas.			
Data da realização: setembro/2015			

Fonte: O próprio autor.

A aula 8 foi estruturada conforme o plano de aula apresentado no quadro 22.

Quadro 22 – Plano de aula 8

AULA 8			
Professor: Francisco José da Rocha			
PLANO DE AULA			
TEMA: Ondas eletromagnéticas.			
OBJETIVO: Compreender as características e propriedades da variação dos campos elétrico e magnético ao longo do tempo (continuação).			
CONTEÚDO	METODOLOGIA	RECURSOS	TEMPO
Ondas eletromagnéticas	<p>Aprendizagem Cooperativa através do método STAD (Divisão dos alunos por equipes para o sucesso):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Proposta de construção de um projeto experimental conjunto pelo professor e alunos. 2. Revisão do conteúdo pelo professor, relacionando o questionário preenchido na aula anterior (guia) com a montagem proposta e apresentação de simulação envolvendo o tema estudado (anexo Q). 3. Aplicação de experimento, no laboratório de Ciências, evidenciando a existência de ondas eletromagnéticas a partir da interrupção de um campo elétrico (anexo U). 4. Aplicação do questionário individual. 5. Aplicação da avaliação sobre o trabalho em grupo (STAD) 	<ul style="list-style-type: none"> • Simulação (Phet – propagação de ondas eletromagnéticas) sobre ondas eletromagnéticas (anexo Q). • Roteiro da atividade experimental para a aula 8 (anexo U). • Rádio AM. • Lima. • Fios de cobre isolado para construção do circuito elétrico. • Fonte de alimentação de 3 volts. • Questionário individual/ mini teste sobre o tema ondas eletromagnéticas (anexo E). • Questionário individual de auto avaliação e avaliação do grupo sobre Aprendizagem Cooperativa (anexo Y). 	90 min.
<p>AValiação: Questionário com questões de múltipla escolha e questões abertas a ser respondido individualmente. Data da realização: setembro/2015</p>			

Fonte: O próprio autor.

Um exemplo de uma montagem envolvendo o tema lei de Ampère está apresentado no anexo U.

O ensino deu-se sistematicamente em dois momentos de 90 minutos. Em um primeiro momento (duas aulas) de 90 minutos, o professor apresentou o conteúdo a ser abordado e coordenou a resolução de um questionário presente em uma guia que serviu de base para o segundo momento. No segundo momento de 90 minutos o tema voltou ao debate considerando as respostas dos questionários guias como elemento norteador para a compreensão da montagem proposta, seguido de uma demonstração utilizando recursos audiovisuais. Também no segundo momento, após as montagens, foram realizadas provas individuais onde foi avaliada a aprendizagem do aluno, bem como uma avaliação sobre as impressões dos alunos sobre a metodologia da aplicada.

Os questionários contemplaram o conteúdo técnico abordado, bem como as impressões individuais e do grupo sobre a metodologia da Aprendizagem Cooperativa.

6.3 Descrição sistemática das aulas

Esta pesquisa constou de oito aulas de 90 minutos, aplicadas nas duas turmas, em que foram explorados os seguintes temas: o campo magnético (aulas 1 e 2); a lei de Ampère (aulas 3 e 4); a lei de Faraday (aulas 5 e 6) e ondas eletromagnéticas (aulas 7 e 8).

Cada aula foi sistematizada a partir da metodologia da Aprendizagem Cooperativa utilizando o método *Divisão dos alunos por equipes para o sucesso* (STAD), onde os alunos foram distribuídos em grupos heterogêneos quanto nível de conhecimento acadêmico. A ideia de cooperação é criar uma atmosfera de interdependência entre alunos e o grupo para o sucesso da aprendizagem, sendo a mediação realizada pelo professor.

Na aula 1, foi fornecido um texto teórico, para leitura e discussão, tratando do tema: o campo magnético (anexo J). A partir da apresentação, leitura e discussão feita pelo professor, os alunos responderam a um questionário guia (anexo F) criteriosamente elaborado para que a discussão e a compreensão do texto teórico, lido pelos alunos, fossem facilitadas. O questionário guia serviu para a estruturação e compreensão da aula 2.

Na aula 2, houve a consolidação dos conhecimentos construídos na aula anterior sobre o campo magnético. Os alunos foram levados para o laboratório de ciências da escola e, após uma breve revisão realizada pelo professor, foi apresentada uma demonstração com recursos audiovisuais sobre o tema e os grupos foram distribuídos.

Os componentes realizaram uma atividade experimental (anexo R) onde foi solicitado que os estudantes, utilizando um ímã coberto com uma folha de papel, ao despejar limalha de ferro sobre o conjunto analisassem a forma das linhas de campo magnético. Feitas as observações das diferentes direções das linhas de campo magnético, os alunos responderam ao questionário individual que serviu de Mini Teste 1 (anexo B) para o método STAD. Seguindo-se à realização do Mini Teste, os alunos responderam a um questionário individual sobre a Aprendizagem Cooperativa, onde se possibilitou a auto avaliação, uma avaliação do grupo e fazer algumas sugestões sobre melhorias na metodologia aplicada.

Na aula 3, cada grupo recebeu, para leitura e discussão, um texto teórico tratando do tema: a lei de Ampère (anexo K). Após a apresentação, leitura e discussão, feita pelo professor, os alunos responderam mais uma vez a um questionário guia (anexo G) criteriosamente elaborado para que a discussão e a compreensão do texto teórico, analisado pelos alunos, fossem facilitadas. O questionário guia serviu para a estruturação e compreensão da aula 4.

Na aula 4, houve a consolidação dos conhecimentos construídos na aula 3 sobre a lei de Ampère. Os alunos foram levados para o laboratório de ciências da escola e, após a revisão realizada pelo professor, os grupos foram distribuídos, foi apresentada uma demonstração com recursos audiovisuais sobre o tema.

Os estudantes realizaram uma atividade experimental (anexo S) onde foi solicitado que construíssem um eletroímã a partir de um fio de cobre com isolamento enrolado em forma de espira sobre um prego. Foram feitas observações sobre a polaridade do eletroímã a partir de sucessivas variações no sentido da corrente aplicada à bobina, considerada a regra de Ampère. Em seguida, os estudantes responderam ao questionário individual que serviu de Mini Teste 2 (anexo C) para o método STAD.

Seguindo-se à realização do mini teste, os alunos responderam a um questionário individual sobre a Aprendizagem Cooperativa, onde foi possível a auto avaliação, uma avaliação do grupo e fazer algumas sugestões sobre melhorias na metodologia aplicada.

Na aula 5, cada grupo recebeu, para leitura e discussão, um texto teórico tratando do tema: a lei de Faraday (anexo L). Após a apresentação, leitura e discussão, feita pelo professor, os alunos responderam a um questionário guia (anexo H) elaborado para que a discussão e a compreensão do texto teórico, analisado pelos alunos, fossem facilitadas. O questionário guia serviu para a estruturação e compreensão da aula 6.

Na aula 6, houve a consolidação dos conhecimentos construídos na aula 5 sobre a lei de Faraday. Os alunos foram levados para o laboratório de Ciências da escola e, após uma

breve revisão realizada pelo professor, os grupos foram distribuídos, foi apresentada uma demonstração com recursos audiovisuais sobre o tema.

Os grupos realizaram uma atividade experimental (anexo T) onde foi solicitado que os estudantes construíssem um aparato constituído de uma bobina de cobre esmaltado, sendo seus terminais ligados a um amperímetro. Aproximando-se e afastando-se alternadamente um ímã da bobina foi possível observar o surgimento e a alternância do sentido da corrente elétrica induzida. Foram feitas observações sobre a intensidade da corrente induzida dada a variação da velocidade da aproximação do ímã à bobina, pela variação da intensidade do fluxo magnético. Na sequência, os estudantes responderam ao questionário individual que serviu de Mini Teste 3 (anexo D) para o método STAD.

Seguindo-se à realização do Mini Teste, os alunos responderam a um questionário individual sobre a Aprendizagem Cooperativa, onde foi possível a auto avaliação, uma avaliação do grupo e fazer algumas sugestões sobre melhorias na metodologia aplicada.

Na aula 7, cada grupo recebeu um texto teórico, para leitura e discussão, tratando do tema: ondas eletromagnéticas (anexo M). Após a apresentação, leitura e discussão, feita pelo professor, os alunos responderam a um questionário guia (anexo 9) criteriosamente elaborado para que a discussão e a compreensão do texto teórico, analisado pelos alunos, fossem facilitadas. O questionário guia serviu para a estruturação e compreensão da aula 8.

Na aula 8, houve a consolidação dos conhecimentos construídos na aula 7 sobre as ondas eletromagnéticas. Os alunos foram levados para o laboratório de Ciências da escola e, após uma apresentação sobre as particularidades do espectro eletromagnético, realizada pelo professor, os grupos foram distribuídos, foi apresentada uma demonstração com recursos audiovisuais sobre o tema.

Os alunos realizaram uma atividade experimental (anexo U) onde foi solicitado que os estudantes construíssem um aparato constituído por um circuito elétrico aberto, alimentado por uma fonte de 9 volts, em que um de seus terminais estava ligado a uma lima e o outro encontrava-se livre. Um rádio AM foi ligado próximo ao circuito elétrico aberto e sintonizado entre duas estações, apresentando baixo nível de ruído. Ao ser deslocado o terminal livre do circuito sobre a superfície irregular da lima, os sucessivos ligamentos e desligamentos do circuito produziram uma variação do campo elétrico que, por sua vez, produziu um campo magnético variável. A realimentação ocorrida entre os campos elétrico e magnético proporcionou a propagação de ondas eletromagnéticas que puderam ser percebidas no rádio na forma de ruído de intensidade variável. Assim os alunos puderam criar ondas eletromagnéticas e percebê-las em um aparelho comum.

Foram feitas observações sobre a intensidade do ruído pela variação da tensão da fonte de alimentação. Na sequência, os estudantes responderam ao questionário individual que serviu de Mini Teste 4 (anexo E) para o método STAD. Seguindo-se à realização do Mini Teste, os alunos responderam a um questionário individual sobre a Aprendizagem Cooperativa, onde foi possível a auto avaliação, uma avaliação do grupo e fazer algumas sugestões sobre melhorias na metodologia aplicada.

Conforme Moreira (1999), os mapas conceituais podem ser utilizados como ferramentas para se conseguir a metacognição.

Buscando um melhor entendimento da metodologia aplicada nesta pesquisa, o apêndice D mostra uma visão abrangente do processo envolvido na metodologia da Aprendizagem Cooperativa utilizando o método STAD..

6.3.1 Detalhamento do processo para a obtenção da média final.

A pesquisa ocorreu durante um bimestre letivo, tendo como conteúdo o Eletromagnetismo. Ao longo do período foram levantadas notas, partindo de uma nota de base construída a partir do primeiro Mini Teste (MT1). Foram registradas três notas, sendo a pontuação máxima 6,0, cuja média aritmética gerou a média final do bimestre letivo quando somada à nota da prova bimestral. Alunos que não estiveram presentes nas aulas iniciais puderam construir a sua nota de base à medida que foram fazendo o primeiro Mini Teste, podendo ser qualquer um dos Minis Testes seguintes (MT2, MT3 ou MT4).

Para a construção das notas (nota 1, nota 2 e nota 3), com nota máxima 6,0, os alunos tiveram que conquistar pontos de superação individual. A nota total máxima possível do bimestre foi 10,0, constituída pela soma da média das notas (máxima 6,0), utilizando o método STAD, com a nota da prova bimestral da escola (máxima 4,0).

Para a formação da nota 1, a nota do Mini Teste 2 foi comparada com a nota de base (Mini Teste 1) adotando-se os seguintes critérios: se o Mini Teste 2 foi respondido de forma correta integralmente, o aluno conseguiu três pontos de superação; se a nota do Mini Teste 2 (MT2) foi mais de um ponto acima da classificação de base, o aluno ganhou também três pontos de superação; se a nota do MT2 foi até um ponto acima da classificação de base, o aluno conquistou dois pontos; se a nota do MT2 foi até 1,0 ponto abaixo da classificação de base, o aluno levou um ponto de superação e se a nota do MT2 foi mais de 1,0 ponto abaixo da classificação de base, o aluno ficou com a pontuação de superação 0,5. O mesmo critério foi adotado para os Minis Testes seguintes na construção da nota 2 e da nota 3.

A figura 45 apresenta uma planilha em excel onde se destaca a fórmula para o cálculo dos pontos de superação individual.

Figura 45 - Planilha destacando a fórmula para o cálculo dos pontos de superação individual.

Aluno	Nota de base	mini teste	Diferença	Pontos de superação individual
1	3	6	-3	3
2	2	3	-1	2
3	6	5	1	1
4	4	4	0	1
5	5	4	1	1
6	3	2	1	1
Média superação individual				1,50
Pontos de superação da equipe				1,5

Fonte: O próprio autor.

Para a determinação dos pontos de superação da equipe, serviu de base a média aritmética dos pontos de superação individual. A figura 46 apresenta a planilha excel com destaque para a fórmula utilizada.

Figura 46 - Planilha destacando a fórmula para o cálculo da média dos pontos de superação da equipe.

Aluno	Nota de base	mini teste	Diferença	Pontos de superação individual
1	3	6	-3	3
2	2	3	-1	2
3	6	5	1	1
4	4	4	0	1
5	5	4	1	1
6	3	2	1	1
Média superação individual				1,50
Pontos de superação da equipe				1,5

Fonte: O próprio autor.

Fazendo a média aritmética dos pontos de superação individual, os pontos de superação da equipe foram obtidos pelos critérios a seguir: se a média dos pontos de superação dos componentes da equipe estava entre zero e um ponto, a equipe conquistou um ponto de superação; se a média ficou acima de um ponto até 1,5, a equipe conquistou 1,5; se a média ficou acima de 1,5 até dois pontos, a equipe recebeu dois pontos de superação e se a média ficou acima de dois pontos, a conquista da equipe foi de 2,5 pontos. Os pontos de superação conquistados por cada equipe foram adicionados à nota do Mini Teste 1 de cada aluno, consolidando a nota 1.

A figura 47 apresenta o exemplo de uma planilha excel destacando um exemplo do cálculo dos pontos de superação de uma equipe.

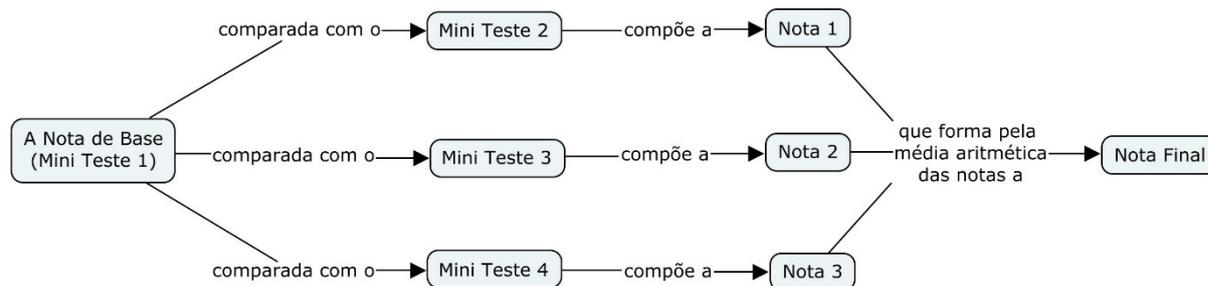
Figura 47- Planilha destacando um exemplo do cálculo dos pontos de superação da equipe.

Aluno	Nota de base	mini teste	Diferença	Pontos de superação individual
1	3	6	-3	3
2	2	3	-1	2
3	6	5	1	1
4	4	4	0	1
5	5	4	1	1
6	3	2	1	1
Média superação individual				1,50
Pontos de superação da equipe				1,5

Fonte: O próprio autor.

A figura 48 apresenta um mapa conceitual dos procedimentos para a construção da média final que os alunos atingiram ao longo da aplicação das aulas durante a pesquisa. Destaca-se que a nota do primeiro Mini Teste (MT1) foi aproveitada como nota de base. Em seguida, foram realizados mais três Minis Testes (MT2, MT3 e MT4), visando à formação das três notas necessárias para construção da média final.

Figura 48- Mapa conceitual dos procedimentos para a construção da média final.



Fonte: O próprio autor.

A nota 1 foi formada a partir da comparação do MT2 com a nota de base (MT1), possibilitando a cada aluno conquistar pontos de superação individual. Com a média aritmética dos pontos de superação individual foi determinada a pontuação de superação para toda a equipe, que foi somada à nota do MT2 de cada aluno do grupo para compor a nota 1. O procedimento referente à construção da nota 1 foi repetido para a construção da nota 2 e da nota 3.

Para compor a nota 2, a nota do Mini Teste 3 (MT3) foi comparada com a nota de base (MT1). Novamente a média aritmética dos pontos de superação individual foi utilizada para o cálculo da média de pontos de superação da equipe.

A nota 3 foi construída a partir da comparação da nota do Mini Teste 4 (MT4) com a nota de base (MT1), em que foram definidos os pontos de superação individual e sua média aritmética utilizada para calcular os pontos de superação da equipe.

Com a média aritmética das três notas se pôde calcular a média final com a utilização do método STAD, que somada com a nota da prova bimestral formou a média do 3º bimestre do ano letivo de 2015 de cada aluno.

6.4 Aplicação da avaliação individual e coletiva sobre a metodologia da Aprendizagem Cooperativa utilizando o método STAD

Após a aplicação dos Mines Testes, nas aulas 2, 4, 6 e 8, os alunos foram convidados a responder um questionário onde puderam se colocar quanto às questões relativas ao seu desenvolvimento da aprendizagem, à sua participação no grupo, como também puderam avaliar o desempenho do grupo. O quadro 23 mostra o formulário fornecido aos alunos.

Quadro 23 – Formulário para a auto avaliação e avaliação do grupo.

Auto avaliação	Sim	Poderia melhorar	Não	
1. Compreendi a tarefa?				
2. Mantive a concentração na tarefa?				
3. Procurei compreender e aceitar as ideias e opiniões dos colegas?				
4. Participei com ideias e opiniões na realização da tarefa?				
5. Incentivei os colegas a participarem?				
6. Ofereci ajuda quando necessário?				
7. Pedi ajuda quando necessário?				
8. Aceitei a ajuda dos colegas?				
9. Senti entusiasmo no trabalho?				
Avalie o trabalho realizado pelo grupo				
	Muito bom	Bom	Satisfatório	Insatisfatório
1. Todos compreendemos e realizamos a tarefa.				
2. Mantivemos a atenção e a motivação na realização da tarefa.				
3. Colaboramos com respeito, compartilhando ideias e opiniões.				
Algum comentário a fazer sobre o trabalho em grupo?				

Fonte: Adaptado de Simões, S. E. F. “Um por todos e todos por um – Fomentar a Aprendizagem Cooperativa do inglês no 1º CEB”. Dissertação de mestrado. Universidade do Minho. 2012.

Ao concluir a resolução dos Minis Testes, os alunos preencheram o formulário (anexo Y), onde se colocaram quanto às impressões sobre a metodologia da Aprendizagem Cooperativa, usando o método STAD. Na ocasião, os estudantes também puderam fazer comentários sobre o trabalho desenvolvido pelo grupo.

Para que se pudesse analisar os resultados da pesquisa envolvendo aspectos qualitativos foi utilizado, além da observação do professor, as respostas dos alunos aos questionários (anexo Y) aplicados após os Mines Testes. Os questionários constaram de algumas perguntas relativas ao desempenho individual do estudante, opinando se atingiram plenamente os objetivos, se poderia melhorar e se não foi possível a aprendizagem. Na mesma ocasião os alunos puderam avaliar o trabalho em grupo, com o posicionamento sobre alguns aspectos, classificando em muito bom, bom, satisfatório ou insatisfatório.

A avaliação sobre a metodologia da Aprendizagem Cooperativa, utilizando o método STAD, foi aplicada ao final da aula 2, da aula 4, da aula 6 e da aula 8.

7 DESCRIÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Neste capítulo é apresentado, como resultado deste projeto, um produto educacional, cuja proposta é servir como recurso auxiliar aos professores de Física no ensino do Eletromagnetismo. Trata-se de um manual de orientações para a realização das aulas de forma sistemática, composto de formulários para registro do desempenho dos alunos e aplicação dos conteúdos, bem como de simulações, roteiros de demonstrações e atividades experimentais.

7.1 Material de apoio e orientação para as demonstrações e experimentações

O material de apoio do manual de orientações é distribuído em módulos, com todo o processo didático descrito. Podem-se relacionar os materiais utilizados na aula 1 e na aula 2, conforme o quadro 24.

Quadro 24 - distribuição nas aulas e composição do produto educacional – Aulas 1 e 2.

Tema	Aula	Materiais utilizados
O campo magnético	1	<ul style="list-style-type: none"> • Texto teórico sobre o campo magnético (anexo J). • Questionário guia a ser respondido pelos alunos servindo de orientação para a segunda aula sobre o tema campo magnético (anexo F).
	2	<ul style="list-style-type: none"> • Simulação (Phet – ímã em barra) sobre o campo magnético (anexo N). • Roteiro da atividade experimental para a aula 2 (anexo R). • Questionário individual/ mini teste sobre o tema campo magnético (anexo B). • Questionário individual de auto avaliação e avaliação do grupo sobre Aprendizagem Cooperativa (anexo Y).

Fonte: O próprio autor.

Podem-se relacionar os materiais utilizados na aula 3 e na aula 4, conforme o quadro 25.

Quadro 25 - distribuição nas aulas e composição do produto educacional – Aulas 3 e 4.

Tema	Aula	Materiais utilizados
A lei de Ampère	3	<ul style="list-style-type: none"> • Texto teórico sobre a lei de Ampère (anexo K). • Questionário guia a ser respondido pelos alunos servindo de orientação para a segunda aula sobre o tema A lei de Ampère (anexo G).
	4	<ul style="list-style-type: none"> • Simulação (Phet - eletroímã) sobre o eletroímã (anexo O). • Roteiro da atividade experimental para a aula 4 (anexo S). • Questionário individual/ mini teste sobre o tema a lei de Ampère (anexo C). • Questionário individual de auto avaliação e avaliação do grupo sobre Aprendizagem Cooperativa (anexo Y).

Fonte: O próprio autor.

Podem-se relacionar os materiais utilizados na aula 5 e na aula 6, conforme o quadro 26.

Quadro 26 - distribuição nas aulas e composição do produto educacional – Aulas 5 e 6.

Tema	Aula	Materiais utilizados
A lei de Faraday	5	<ul style="list-style-type: none"> • Texto teórico sobre a lei de Faraday (anexo L). • Questionário guia a ser respondido pelos alunos servindo de orientação para a segunda aula sobre o tema A lei de Faraday (anexo H).
	6	<ul style="list-style-type: none"> • Simulação (Phet – indução eletromagnética) sobre a indução eletromagnética (anexo P). • Roteiro da atividade experimental para a aula 6 (anexo T). • Questionário individual/ mini teste sobre o tema a lei de Ampère (anexo D). • Questionário individual de auto avaliação e avaliação do grupo sobre Aprendizagem Cooperativa (anexo Y).

Fonte: O próprio autor.

Podem-se relacionar os materiais utilizados na aula 7 e na aula 8, conforme o quadro 27.

Quadro 27 - distribuição nas aulas e composição do produto educacional – Aulas 7 e 8.

Tema	Aula	Materiais utilizados
Ondas eletromagnéticas	7	<ul style="list-style-type: none"> • Texto teórico sobre ondas eletromagnéticas (anexo M). • Questionário guia a ser respondido pelos alunos servindo de orientação para a segunda aula sobre o tema ondas eletromagnéticas (anexo I).
	8	<ul style="list-style-type: none"> • Simulação (Phet – propagação de ondas eletromagnéticas) sobre ondas eletromagnéticas (anexo Q). • Roteiro da atividade experimental para a aula 8 (anexo U). • Questionário individual/ mini teste sobre o tema ondas eletromagnéticas (anexo E). • Questionário individual de auto avaliação e avaliação do grupo sobre Aprendizagem Cooperativa (anexo Y).
<p>Em todas as aulas, os registros devem ser efetuados utilizando-se os formulários relacionados a seguir:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Apêndice B – Folha de cálculo da pontuação de superação individual e do grupo. • Apêndice C – Orientações para o cálculo da pontuação de superação individual e da pontuação de superação do grupo. • Anexo X – Folha de acompanhamento do desempenho individual e do grupo. • Anexo Y – Folha de auto avaliação e avaliação do trabalho do grupo. 		

Fonte: O próprio autor.

O material completo pode ser disponibilizado para o professor de Física no desenvolvimento do ensino do Eletromagnetismo, no 3º ano do ensino médio, visando incrementar o interesse dos alunos na construção do seu conhecimento de forma ativa e significativa.

8 RESULTADOS

Neste capítulo são analisados os dados relativos ao processo de construção das notas dos alunos, visando o dimensionamento quantitativo da pesquisa. Também são analisados os formulários de auto avaliação e avaliação do grupo, fundamentando, de forma qualitativa, a percepção do professor através da observação.

A frequência dos alunos nas turmas analisadas foi irregular ao longo do período em que foi realizada a pesquisa. A maioria dos alunos trabalham e chegaram atrasados ou faltaram. O total de alunos matriculados na Turma experimental (TE) foi de 55 alunos, tendo a Turma de Controle (TC), um total de 56 alunos que realizaram a matrícula.

A contagem dos alunos da TE foi realizada em cada aula de 90 minutos conforme apresentada na tabela 3:

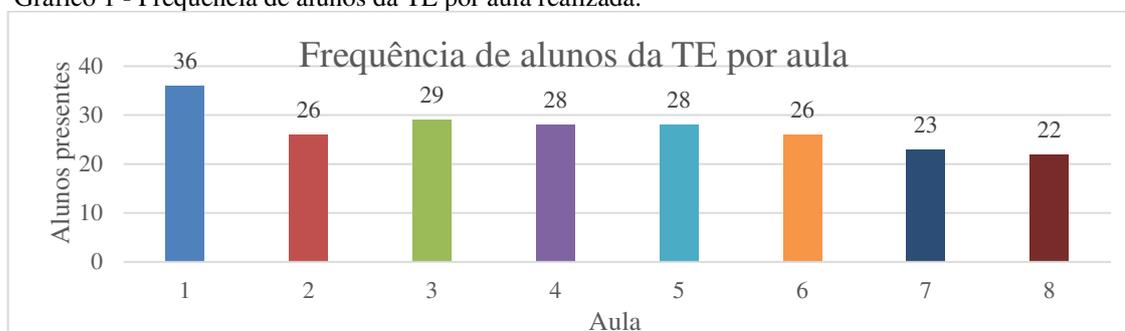
Tabela 3 - Controle da frequência da TE durante a pesquisa.

Aula	Data	Número de alunos presentes por aula	Porcentagem de alunos presentes (%)
01	20/08/2015	36	65,45
02	27/08/2015	26	47,27
03	03/09/2015	29	52,73
04	10/09/2015	28	50,91
05	17/09/2015	28	50,91
06	01/10/2015	26	47,73
07	22/10/2015	23	41,82
08	29/10/2015	22	40,00

Fonte: O próprio autor.

A frequência dos alunos da Turma Experimental (TE) pode ser observada no gráfico 1, onde se percebe, após uma queda inicial da frequência, uma relativa regularidade a partir da aula 2.

Gráfico 1 - Frequência de alunos da TE por aula realizada.



Fonte: O próprio autor.

A média de 27,25 alunos da TE esteve presente por aula, representando que em média 49,60 % de todos os alunos matriculados estiveram presentes por aula.

Para a Turma de Controle (TC.), os dados referentes à frequência durante a pesquisa estão apresentados na tabela 4:

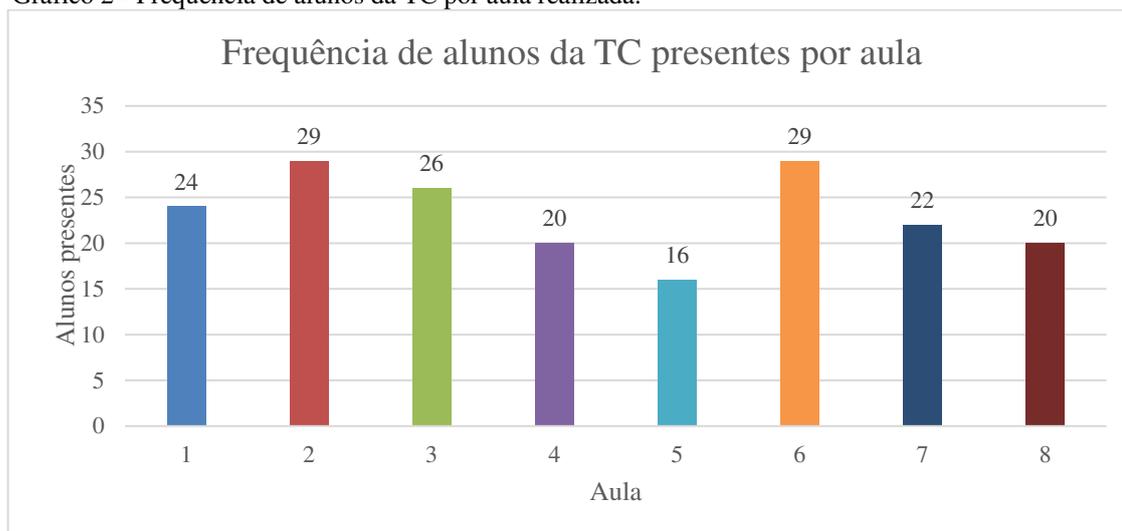
Tabela 4 - Controle da frequência da TC durante a pesquisa.

Aula	Data	Número de alunos presentes por aula	Porcentagem de alunos presentes (%)
1	06/08/2015	24	42,86
2	18/08/2015	29	51,78
3	25/08/2015	26	46,43
4	01/09/2015	20	35,71
5	08/09/2015	16	28,57
6	15/09/2015	29	51,78
7	06/09/2015	22	39,28
8	27/10/2015	20	35,71

Fonte: O próprio autor.

A frequência dos alunos da Turma de Controle (TC) pode ser observada no gráfico 2, onde se percebe uma relativa irregularidade ao longo do tempo de pesquisa.

Gráfico 2 - Frequência de alunos da TC por aula realizada.



Fonte: O próprio autor.

A média de 23,25 alunos da TC esteve presente por aula, representando que em média de 41,51 % dos alunos matriculados estiveram presentes por aula.

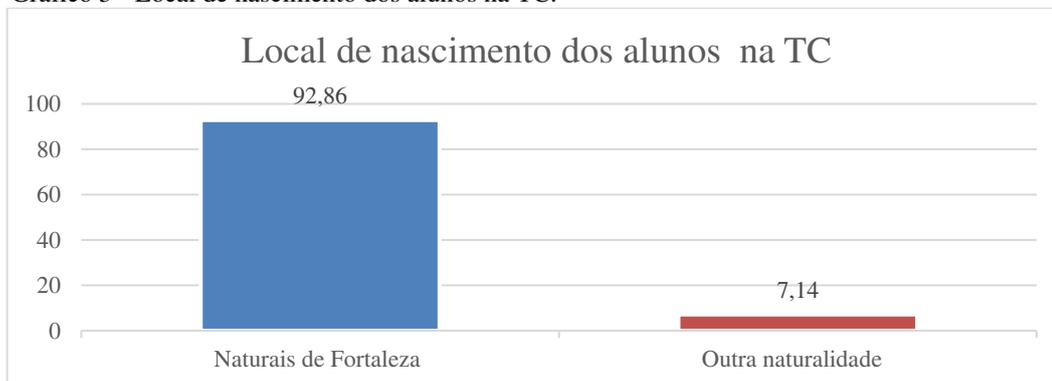
8.1 Levantamento socioeconômico

No levantamento da situação socioeconômica da Turma de Controle (TC) e da Turma Experimental (TE) foi utilizado o questionário socioeconômico disponível no apêndice A.

8.1.1 Dados da Turma de Controle (TC)

Conforme o questionário, 92,86% dos alunos pesquisados são naturais de Fortaleza, Ceará, caracterizando homogeneidade quanto a esse item, como apresenta o gráfico 3.

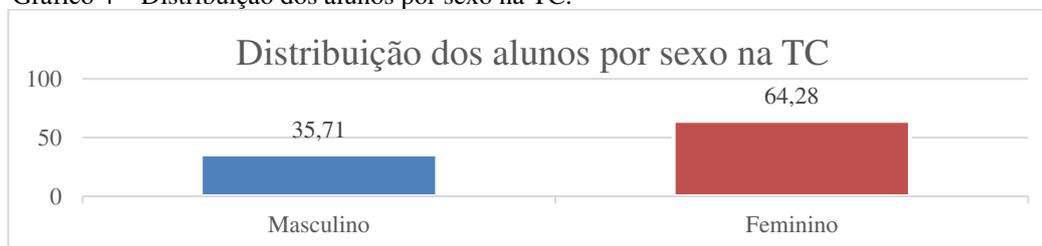
Gráfico 3 - Local de nascimento dos alunos na TC.



Fonte: O próprio autor.

Quanto ao gênero, são do sexo masculino 35,71% e do sexo feminino 64,28%, como apresenta o gráfico 4.

Gráfico 4 – Distribuição dos alunos por sexo na TC.



Fonte: O próprio autor.

Quanto à faixa etária, os alunos da TC, estão na faixa entre 16 e 18 anos, 42,86% dos estudantes; entre 19 e 21 anos, 50% dos alunos; de 22 a 25 anos, 3,57% e entre 26 e 30 anos, também 3,57%, conforme apresentado no gráfico 5.

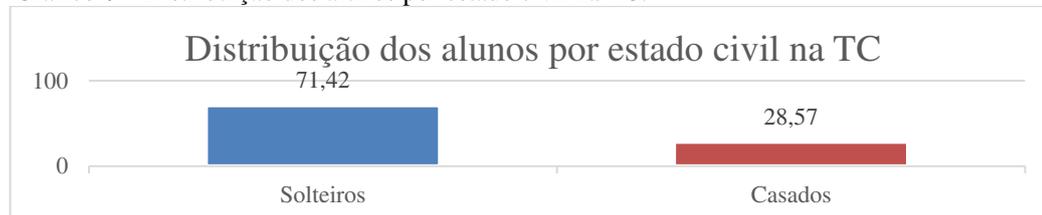
Gráfico 5 - Distribuição dos alunos por faixa etária na TC.



Fonte: O próprio autor.

Quanto ao estado civil, 71,42% são solteiros e 28,57% são casados, conforme apresenta o gráfico 6.

Gráfico 6 – Distribuição dos alunos por estado civil na TC.

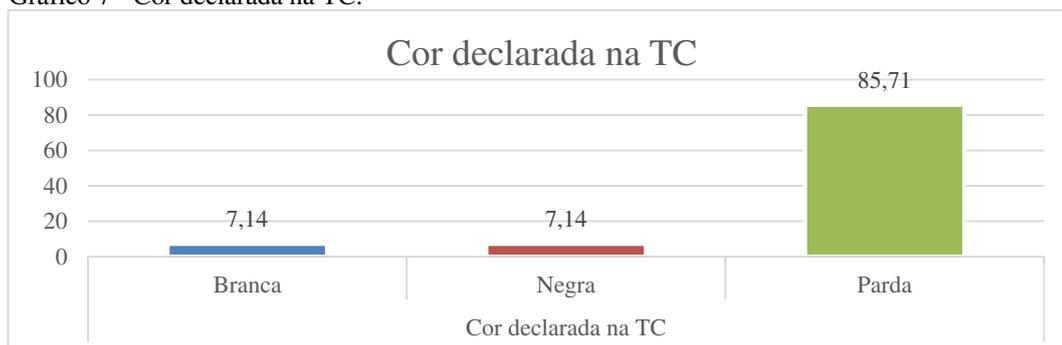


Fonte: O próprio autor.

Um total de 42,86% ainda mora com os pais, 3,57% apenas com o pai, 25% apenas com a mãe, 3,57 apenas com um responsável e 25% já saiu da casa dos pais.

Dos alunos pesquisados 85,71% se declararam da cor parda, 7,14% da cor branca e 7,14% se declararam negros, como apresentado no gráfico 7.

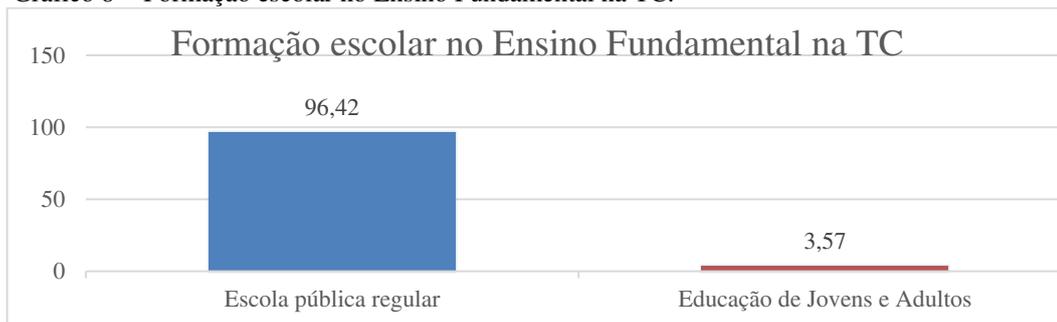
Gráfico 7 - Cor declarada na TC.



Fonte: O próprio autor.

Dos estudantes analisados 100% cursaram o ensino fundamental integralmente na escola pública, sendo 96,42% na forma regular e 3,57 na Educação de Jovens e adultos (EJA), como apresenta o gráfico 8.

Gráfico 8 - Formação escolar no Ensino Fundamental na TC.

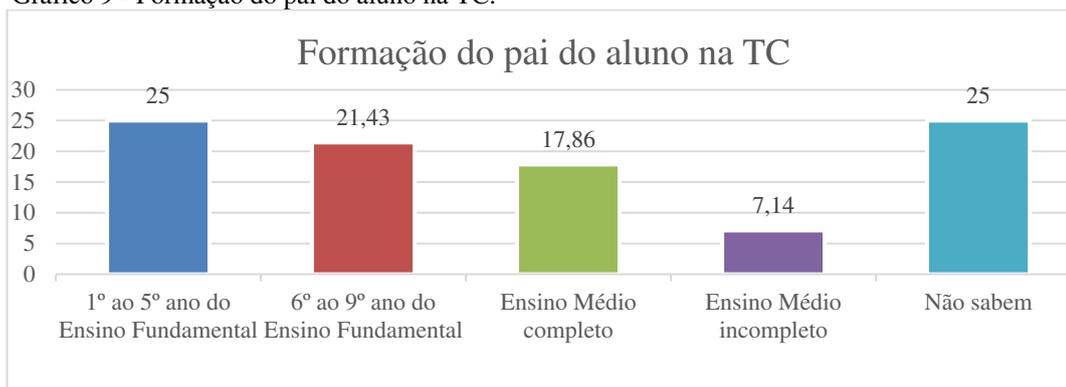


Fonte: O próprio autor.

No ensino médio 100% dos alunos cursaram a escola pública.

Quanto à formação do pai, 25% estudaram da 1º ao 5º ano do Ensino Fundamental, 21,43% do 6º ao 9º ano do Ensino Fundamental, 17,86% possui o Ensino Médio completo, 7,14% não estudou, 3,57% possui graduação no Ensino Superior incompleta e 25% afirmaram que não sabem sobre a formação do pai, conforme apresenta o gráfico 9.

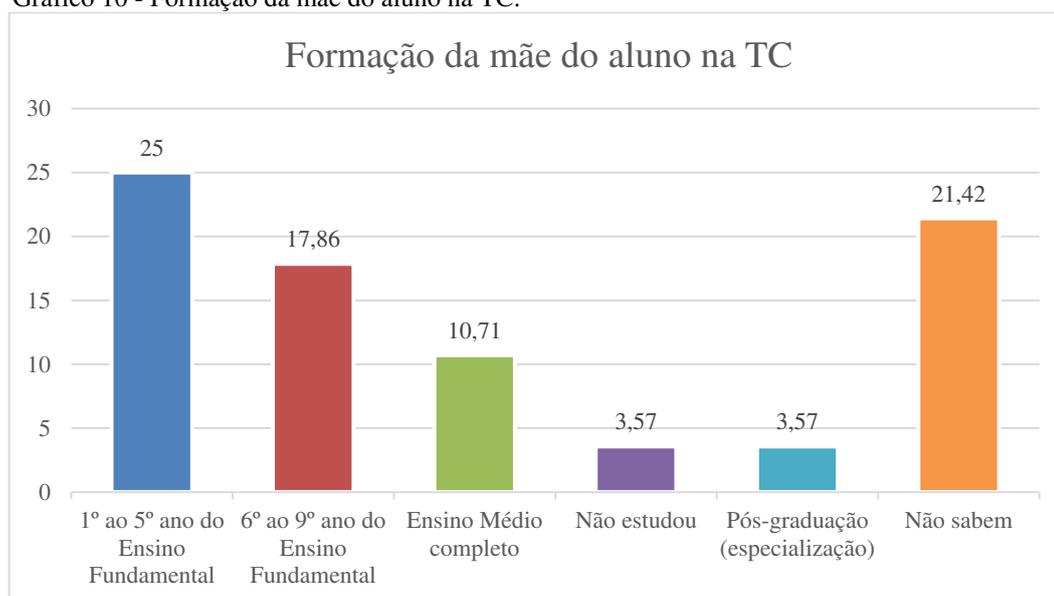
Gráfico 9 - Formação do pai do aluno na TC.



Fonte: O próprio autor.

No tocante à formação da mãe, 25% estudaram da 1º ao 5º ano do Ensino Fundamental, 17,86% do 6º ao 9º ano do Ensino Fundamental, 17,86% possui o Ensino Médio completo, 10,71% não completou o Ensino Médio, 3,57% não estudou, 3,57% possui pós-graduação (especialização) e 21,42% afirmaram que não sabem sobre a formação da mãe, como apresenta o gráfico 10.

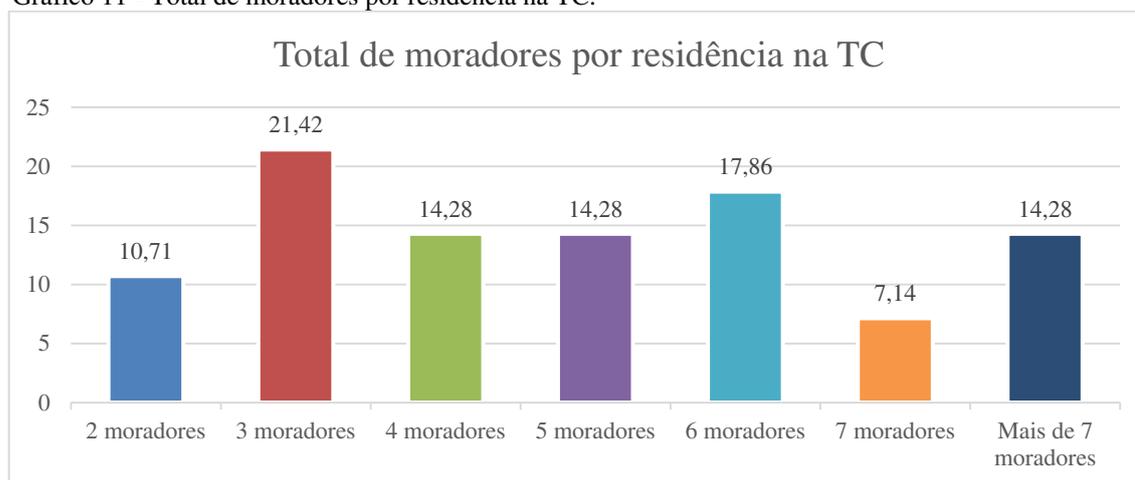
Gráfico 10 - Formação da mãe do aluno na TC.



Fonte: O próprio autor.

Incluindo o aluno pesquisado, o total de pessoas morando em casa é de 10,71% com dois moradores, 21,42% com três moradores, 14,28% com quatro moradores, 14,28% com cinco moradores, 17,86% com seis moradores, 7,14% com sete moradores e 14,28% com mais de sete indivíduos morando juntos, conforme apresentado no gráfico 11.

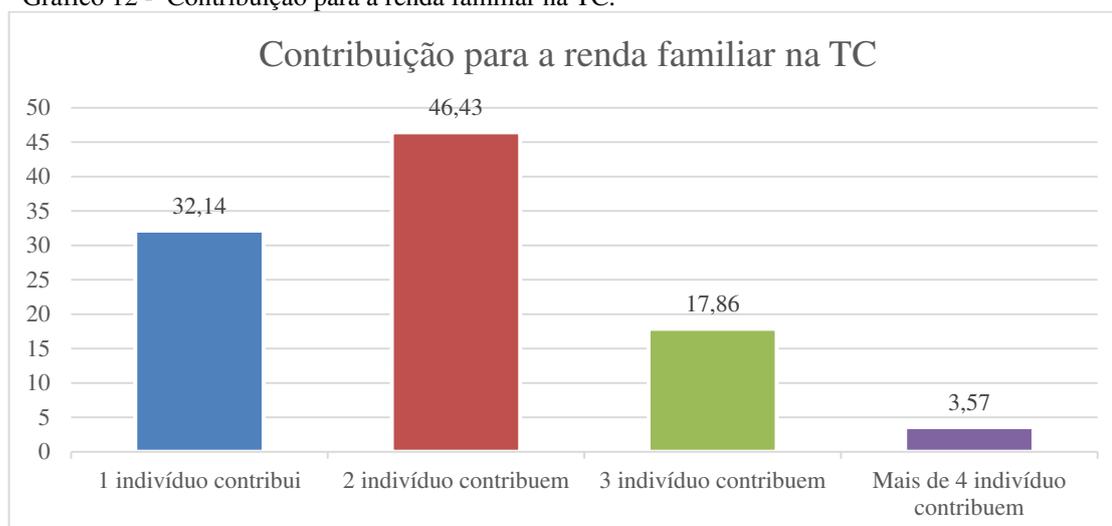
Gráfico 11 - Total de moradores por residência na TC.



Fonte: O próprio autor.

Quanto à renda familiar, o percentual de pessoas que realizam atividades remuneradas é a seguinte: 32,14% têm apenas um indivíduo; 46,43% têm dois componentes; 17,86% três pessoas e 3,57% mais de quatro possuem atividade remunerada, como apresenta o gráfico 12.

Gráfico 12 - Contribuição para a renda familiar na TC.



Fonte: O próprio autor.

A renda mensal da família é de até um salário mínimo para 39,28% dos pesquisados, de um a dois salários mínimos para 42,86%, de dois a cinco salários mínimos para 14,28% e entre cinco e dez salários mínimos para 3,57 dos estudantes analisados, conforme apresentado no gráfico 13.

Gráfico 13 - Quantidade de salários mínimos por renda familiar na TC.



Fonte: O próprio autor.

Quanto ao acesso à informação, a totalidade dos estudantes da TC possui aparelho de televisão e telefone celular. Destes, 39,28% têm acesso à internet. Dos estudantes, 75% moram em casa própria. Do total, 60,71% contribuem com a renda familiar, 50% trabalha com vínculo empregatício, 10,71% trabalha sem vínculo empregatício e 39,28% não estão trabalhando.

8.1.2 Dados da Turma Experimental (TE)

No levantamento da situação socioeconômica da turma experimental (TE) foi utilizado o mesmo questionário socioeconômico da turma de controle, disponível no apêndice A.

Como resultado do questionário, 80,64% dos alunos pesquisados são naturais de Fortaleza, Ceará, havendo homogeneidade quanto a esse item, como apresenta o gráfico 14.

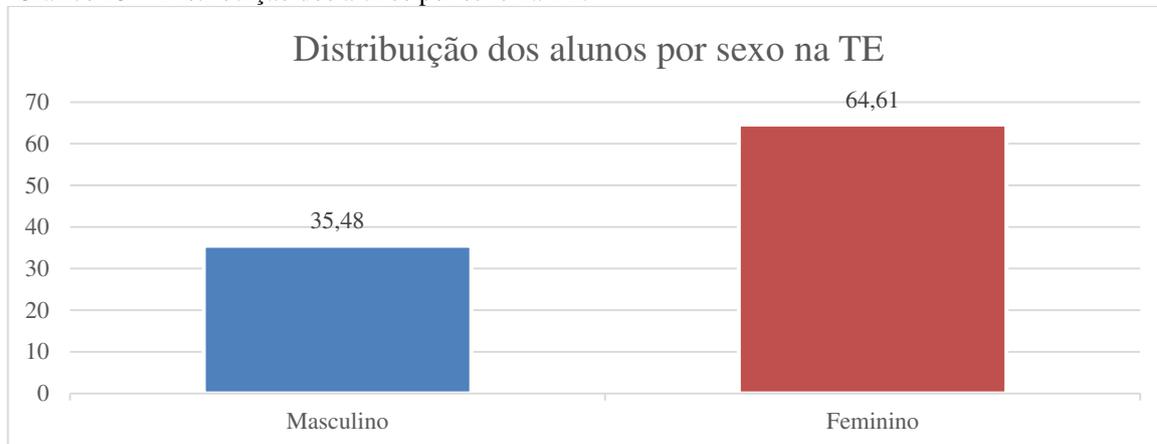
Gráfico 14 - Local de nascimento dos alunos na TE.



Fonte: O próprio autor.

Quanto ao gênero, são do sexo masculino 35,48% e do sexo feminino 64,61%, como apresenta o gráfico 15.

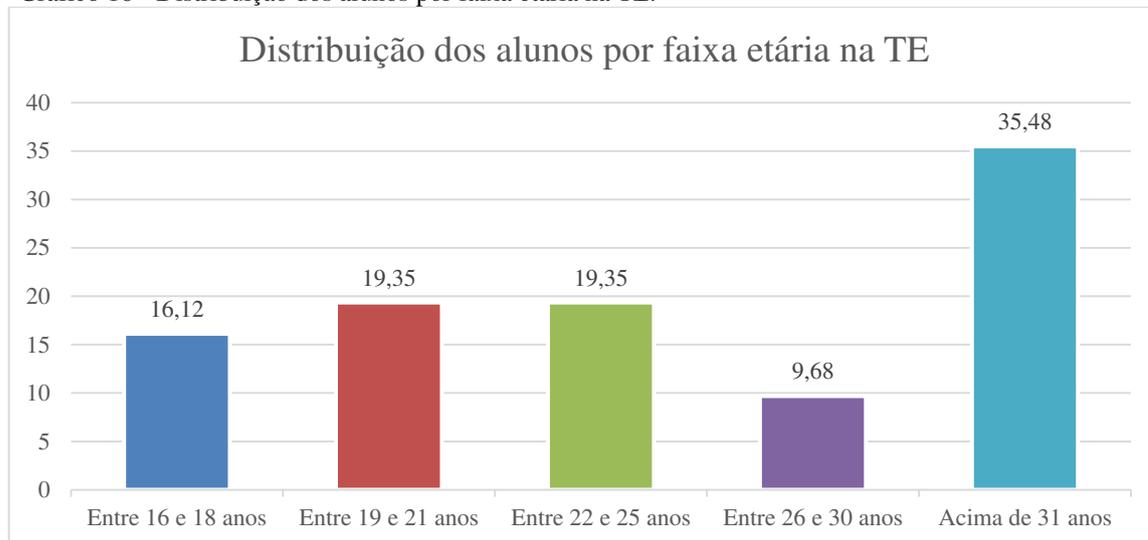
Gráfico 15 - Distribuição dos alunos por sexo na TE.



Fonte: O próprio autor.

Com relação à idade dos participantes, estão na faixa etária entre 16 e 18 anos, 16,12%; entre 19 e 21 anos, 19,35% dos alunos; de 22 a 25 anos, 19,35%; entre 26 e 30 anos, 9,68% e 35,48% com mais de 31 anos, conforme apresentado no gráfico 16.

Gráfico 16 - Distribuição dos alunos por faixa etária na TE.

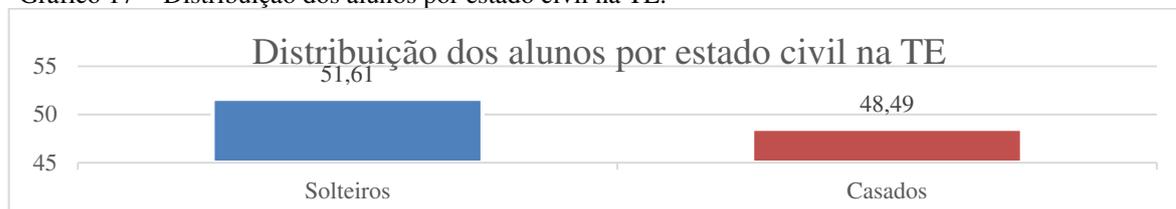


Fonte: O próprio autor.

Destaca-se que uma considerável parcela dos alunos da (TE) estava na faixa acima de 31 anos, 35,48%, fato não observado nos alunos da turma de controle.

Dos alunos pesquisados, 51,61% são solteiros e 48,39% são casados, conforme a apresenta o gráfico 17.

Gráfico 17 - Distribuição dos alunos por estado civil na TE.

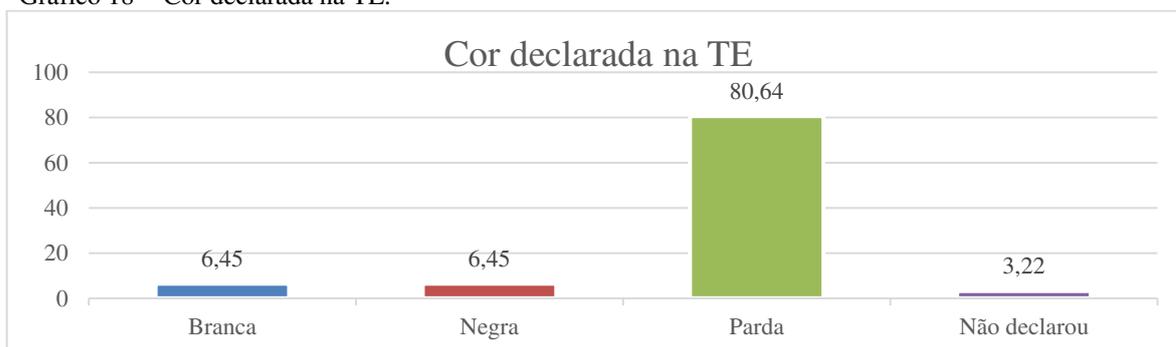


Fonte: O próprio autor.

Uma parcela de 12,90%, ainda moram com os pais, 25,80% apenas com a mãe e 61,28% já saiu da casa dos pais.

Dos alunos pesquisados 80,64% se declararam da cor parda, 6,45% da cor branca, 6,45% se declararam negros e 3,22% não declararam a cor, de acordo com o que apresenta o gráfico 18.

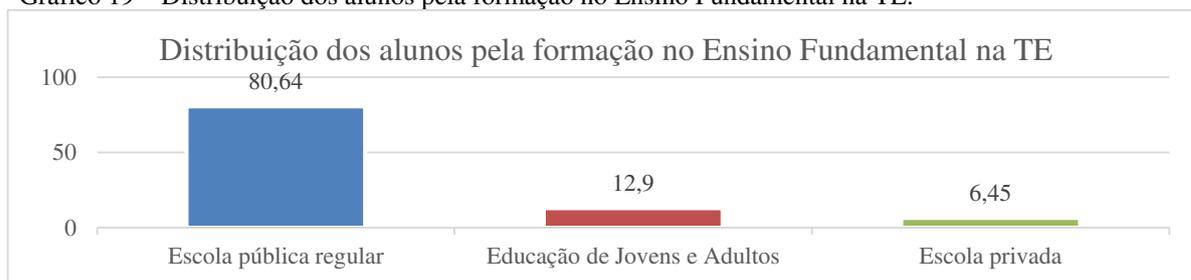
Gráfico 18 - Cor declarada na TE.



Fonte: O próprio autor.

Dos estudantes analisados 93,54% cursaram o ensino fundamental integralmente na escola pública, sendo 80,64% na forma regular e 12,90 na Educação de Jovens e adultos (EJA). A parcela de 6,45% estudou a maior parte do Ensino Fundamental na escola privada, conforme o gráfico 19.

Gráfico 19 – Distribuição dos alunos pela formação no Ensino Fundamental na TE.

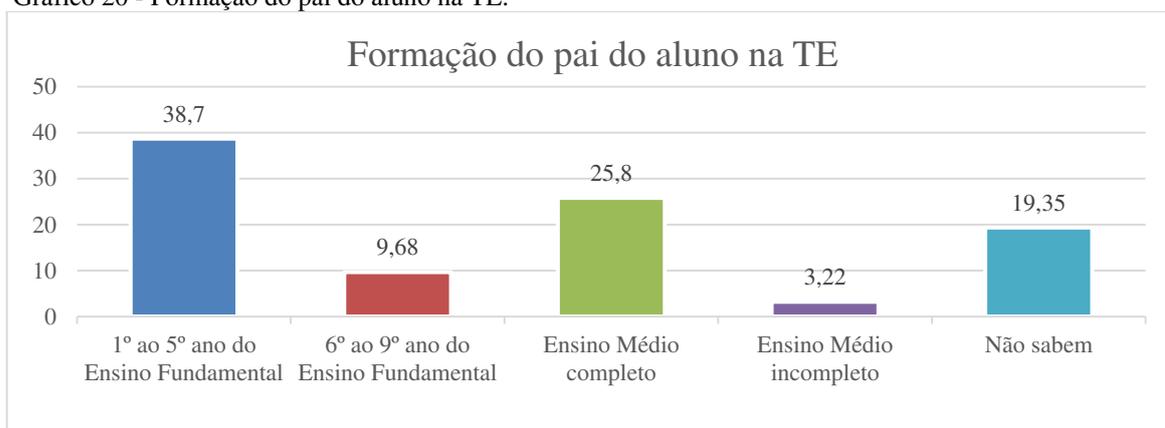


Fonte: O próprio autor.

No ensino médio, 90,32% dos alunos cursaram a escola pública e 9,68% cursou a maior parte dos estudos em escolas públicas.

Quanto à formação do pai, 38,70% estudaram da 1º ao 5º ano do Ensino Fundamental, 9,68% do 6º ao 9º ano do Ensino Fundamental, 3,22% possui o Ensino Médio completo, 25,80% não estudou, 3,22% possui o Ensino Médio incompleto e 19,35% afirmaram que não sabem sobre a formação do pai, conforme o gráfico 20.

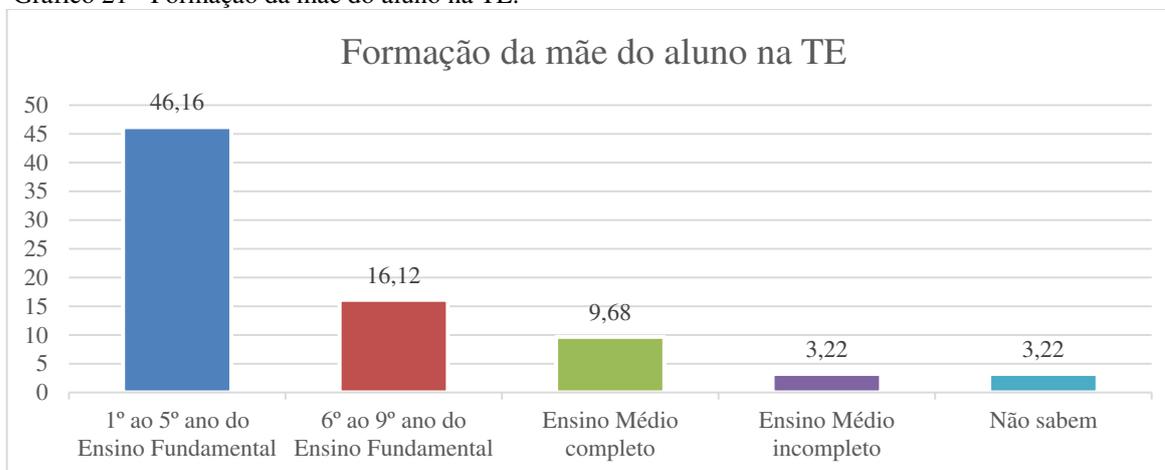
Gráfico 20 - Formação do pai do aluno na TE.



Fonte: O próprio autor.

Com relação à formação da mãe, 46,16% estudaram da 1º ao 5º ano do Ensino Fundamental, 16,12% do 6º ao 9º ano do Ensino Fundamental, 9,68% possui o Ensino Médio completo, 3,22 não completou o Ensino Médio, 19,35% não estudou, 3,22% possui Ensino Superior incompleto e 3,22% afirmaram que não sabem sobre a formação da mãe, conforme o gráfico 21.

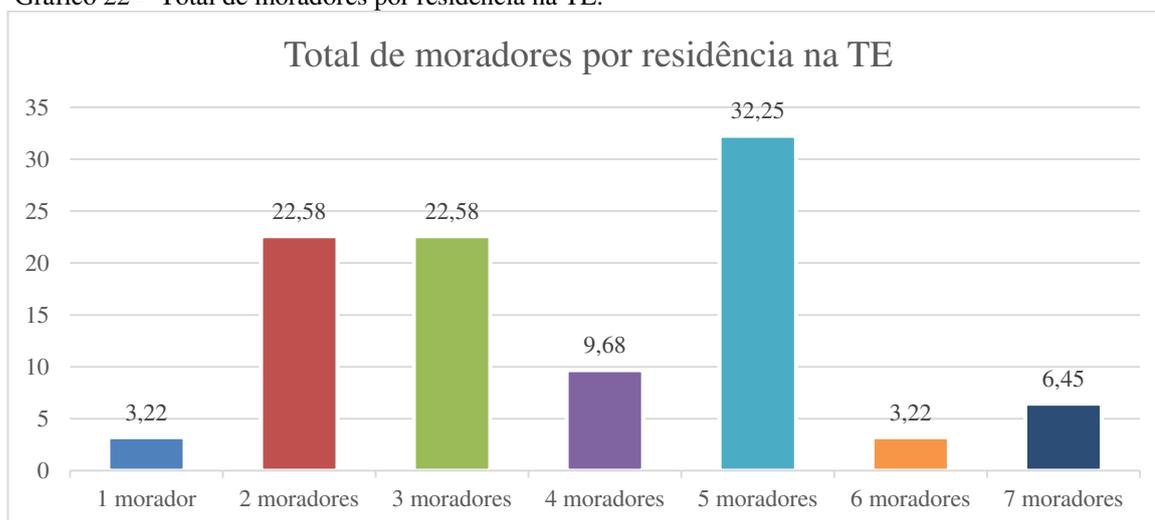
Gráfico 21 - Formação da mãe do aluno na TE.



Fonte: O próprio autor.

Incluindo o aluno pesquisado, o total de pessoas morando em casa é de 3,22% com apenas um morador, 22,58% com dois moradores, 22,58% com três moradores, 9,68% com quatro moradores, 32,25% com cinco moradores, 3,22% com seis moradores e 6,45% com mais de sete indivíduos morando juntos, como apresentado no gráfico 22.

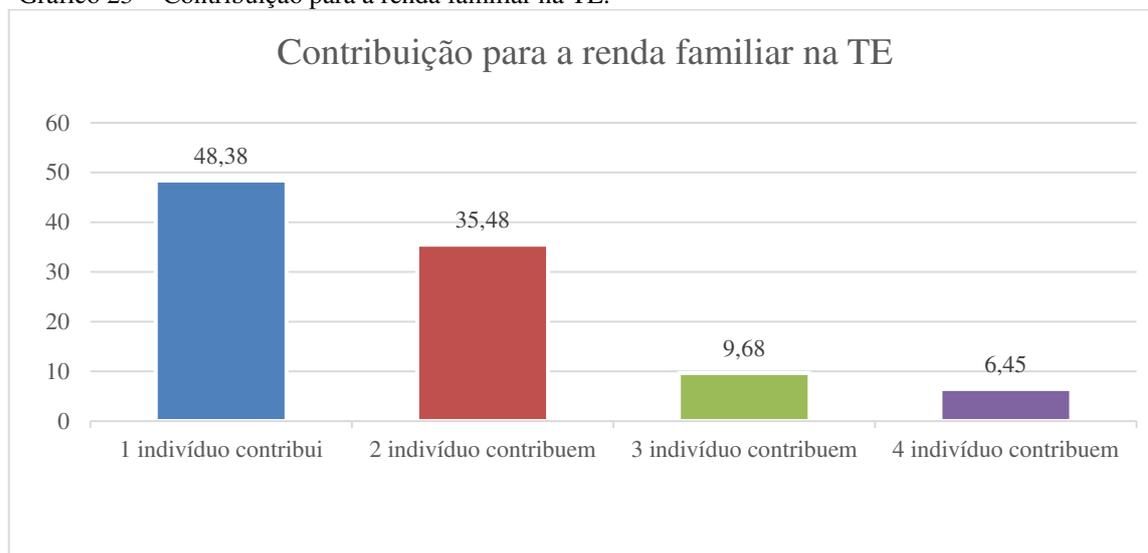
Gráfico 22 - Total de moradores por residência na TE.



Fonte: O próprio autor.

Quanto à renda familiar, a porcentagem de pessoas que realizam atividades remuneradas é a seguinte: 48,38% têm apenas um indivíduo realizando atividade remunerada; 35,48% têm dois componentes; 9,68% três pessoas e 6,45% quatro possuem atividade remunerada, como apresentado no gráfico 23.

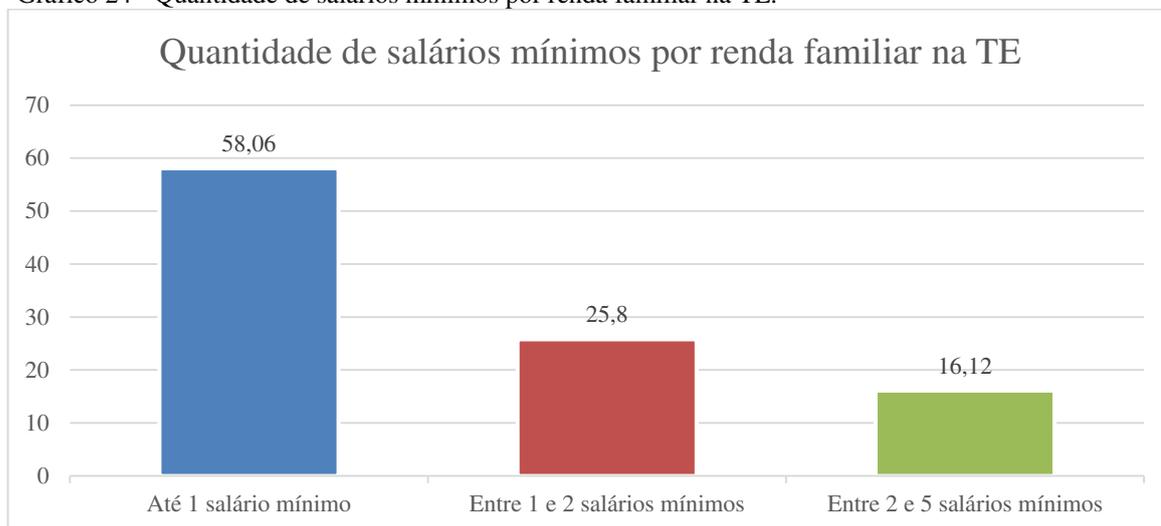
Gráfico 23 - Contribuição para a renda familiar na TE.



Fonte: O próprio autor.

A renda mensal da família é de até um salário mínimo para 58,06% dos pesquisados, de um a dois salários mínimos para 25,80%, de dois a cinco salários mínimos para 16,12% dos estudantes analisados, conforme apresentado no gráfico 24.

Gráfico 24 - Quantidade de salários mínimos por renda familiar na TE.



Fonte: O próprio autor.

A totalidade dos estudantes da TE possui aparelho de televisão e telefone celular. Destes, 48,38% têm acesso à internet. Dos estudantes, 67,75% moram em casa própria. Do total, 51,61% contribuem com a renda familiar, 22,58% trabalham com vínculo empregatício, 25,80% trabalham sem vínculo empregatício e 51,61% não estão trabalhando.

8.2 Análise dos questionários pré-testes

Para possibilitar a realização de um trabalho em que a aprendizagem fosse realmente significativa foram considerados os conhecimentos prévios dos alunos. No estudo do Eletromagnetismo, alguns conhecimentos intuitivos os alunos trazem consigo, necessitando, portanto, do dimensionamento dos verdadeiros conhecimentos teóricos vistos em estudos anteriores. Para diagnosticar os conhecimentos dos alunos analisados foi aplicado o mesmo questionário pré-teste (anexo A) composto de 14 questões na turma de controle (TC), como também, na turma experimental (TE).

8.2.1 Questionários pré-testes da Turma de Controle (TC)

Na ocasião da aplicação do questionário pré-teste na TC, estavam presentes um total de 24 alunos. Na tabela 5 está apresentada a porcentagem de alunos da TC que responderam corretamente à cada questão.

Tabela 5 - Porcentagem de alunos da TC que acertaram cada questão.

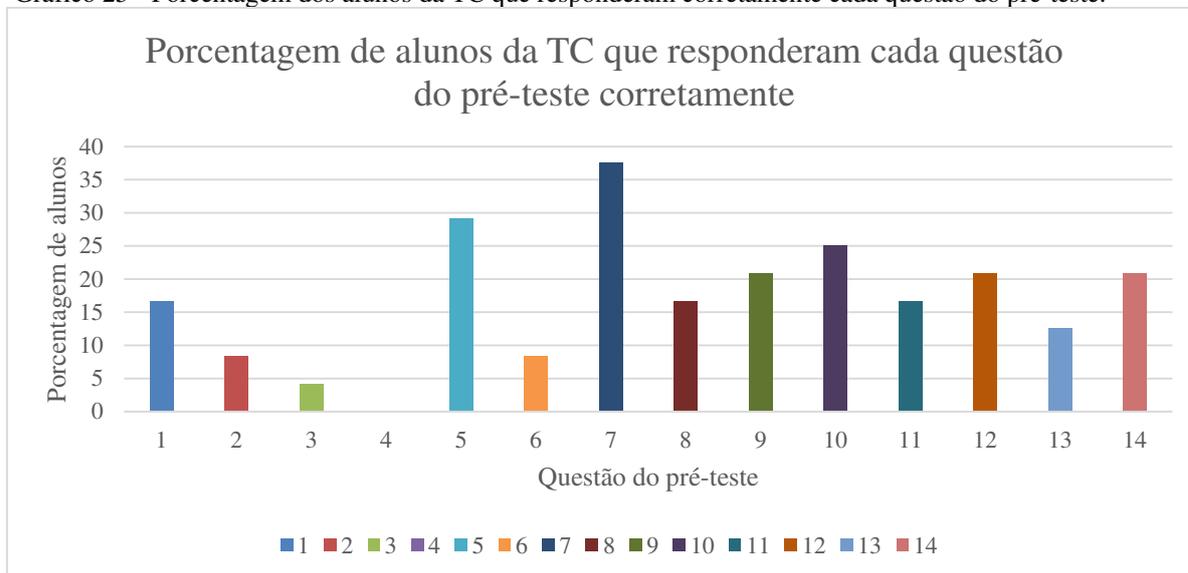
Questão	Número de acertos	Porcentagem de alunos que acertaram a questão (%)
1	4	16,67
2	2	8,33
3	1	4,16
4	0	0
5	7	29,17
6	2	8,33
7	9	37,50
8	4	16,67
9	5	20,83
10	6	25
11	4	16,67
12	5	20,83
13	3	12,50
14	5	20,83

Fonte: O próprio autor.

Esta distribuição permite perceber em quais questões os alunos tiveram maiores dificuldades, bem como em quais delas os alunos já possuíam um maior domínio do conteúdo.

No gráfico 25 está representada a porcentagem de alunos da TC que responderam corretamente cada questão do pré-teste. Observa-se que as maiores parcelas na distribuição das porcentagens acertaram a questão de número 5 e a questão 7.

Gráfico 25 - Porcentagem dos alunos da TC que responderam corretamente cada questão do pré-teste.



Fonte: O próprio autor.

A tabela 6, mostra um detalhamento da nota atingida pelos alunos da TC. Está apresentada da quantidade de questões respondidas corretamente relacionada à quantidade de alunos que acertou a referida quantidade. Destaca-se a nota atingida pela porcentagem de alunos relativa à quantidade de questões certas.

Tabela 6 - Detalhamento da nota atingida pela TC.

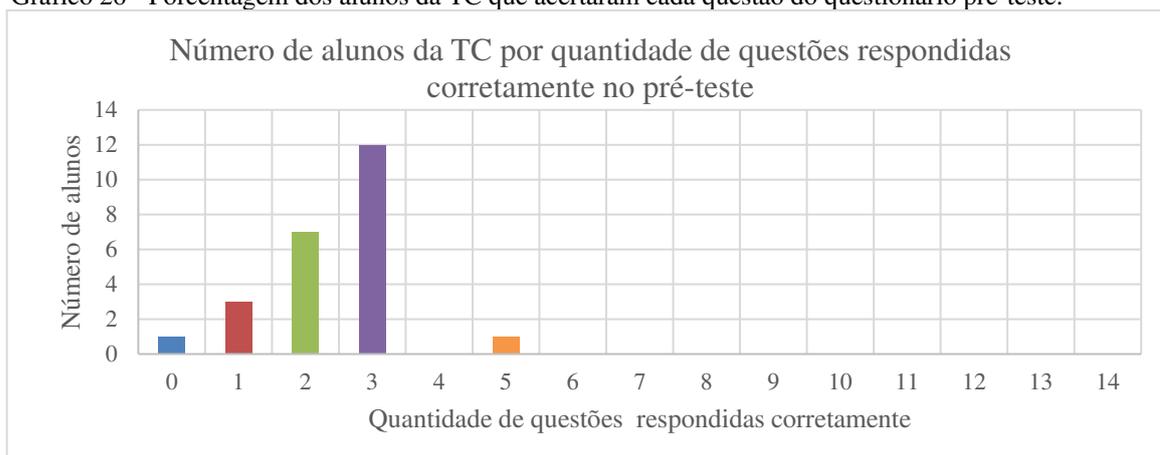
Número de questões que cada aluno acertou	Quantidade de alunos que acertou a quantidade de questões	Porcentagem do número de questões certas (%)	Nota atingida pelo aluno	Porcentagem de alunos que atingiram a nota (%)
0	1	0	0	4,17
1	3	7,14	0,71	12,50
2	7	14,28	1,43	29,17
3	12	21,42	2,14	50,00
4	0	28,57	2,86	0
5	1	35,71	3,57	4,17
6	0	42,86	4,29	0
7	0	50,00	5,00	0
8	0	57,14	5,71	0
9	0	64,28	6,43	0
10	0	71,43	7,14	0
11	0	78,57	7,86	0
12	0	85,71	8,57	0
13	0	92,86	9,29	0
14	0	100	10,0	0

Fonte: O próprio autor.

A distribuição da tabela anterior permite verificar a porcentagem de alunos da TC, por nota, dando a condição do levantamento do nível de conhecimento dos alunos analisados.

No gráfico 26 está representado o número de alunos da TC distribuídos por quantidade de questões do questionário pré-teste respondidas corretamente. Observa-se que a parcela maior de alunos na distribuição acertou 3 questões.

Gráfico 26 - Porcentagem dos alunos da TC que acertaram cada questão do questionário pré-teste.



Fonte: O próprio autor.

8.2.2 Questionários pré-testes da Turma Experimental (TE)

Durante a aplicação do questionário pré-teste na TE, estavam presentes um total de 31 alunos. Na tabela 7 está apresentada a porcentagem de alunos da TE que responderam corretamente à cada questão.

Tabela 7 - Porcentagem de alunos da TE que acertaram por questão.

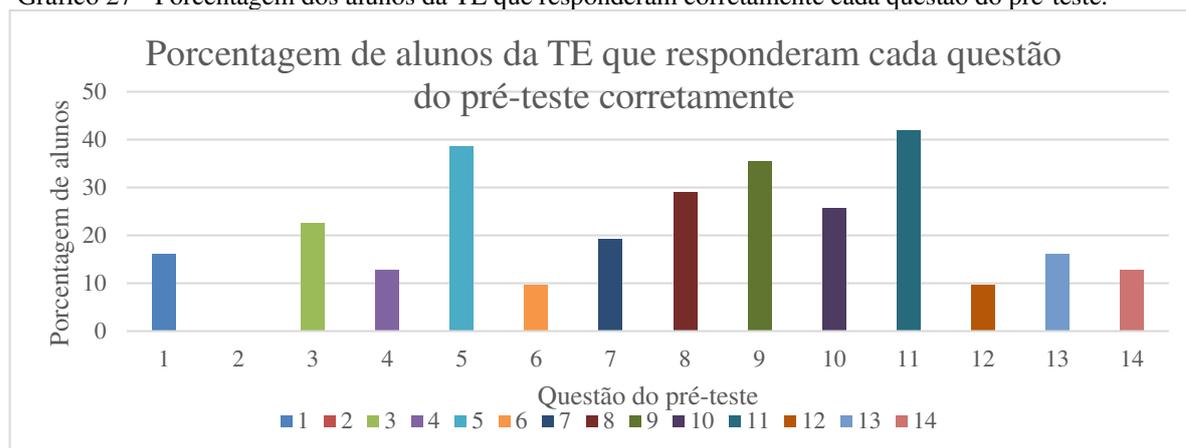
Questão	Número de acertos	Porcentagem de alunos que acertaram a questão (%)
1	5	16,13
2	0	0
3	7	22,58
4	5	12,90
5	12	38,70
6	3	9,68
7	6	19,35
8	9	29,03
9	11	35,48
10	08	25,80
11	13	41,93
12	3	9,68
13	5	16,13
14	4	12,90

Fonte: O próprio autor.

Esta distribuição permite perceber em quais questões os alunos tiveram maiores dificuldades, bem como em quais delas os alunos já possuíam um maior domínio do conteúdo.

No gráfico 27 está representada a porcentagem de alunos da TE que responderam corretamente cada questão do pré-teste. Observa-se que as maiores parcelas na distribuição das porcentagens acertaram as questões 5, 9 e 11.

Gráfico 27 - Porcentagem dos alunos da TE que responderam corretamente cada questão do pré-teste.



Fonte: O próprio autor.

A tabela 8, mostra, também, um detalhamento da nota atingida pelos alunos da TE. Está apresentada da quantidade de questões respondidas corretamente relacionada à quantidade de alunos que acertou a referida quantidade. Destaca-se a nota atingida pela porcentagem de alunos relativa à quantidade de questões respondidas corretamente.

Tabela 8 - Detalhamento da nota atingida pela TE.

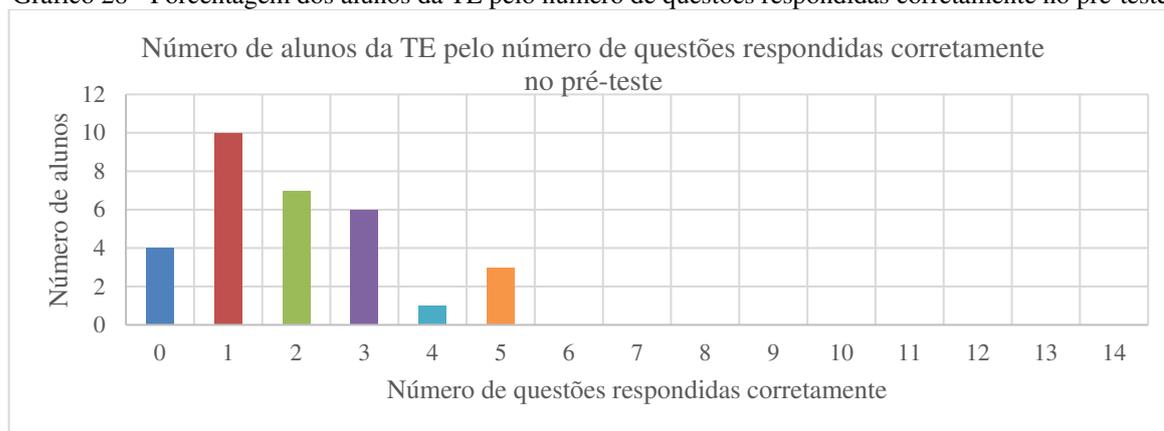
Número de questões que cada aluno acertou	Quantidade de alunos que acertou a quantidade de questões	Porcentagem do número de questões certas (%)	Nota atingida pelo aluno	Porcentagem de alunos que atingiram a nota (%)
0	04	0	0	12,90
01	10	7,14	0,71	32,26
02	7	14,28	1,43	22,58
03	6	21,42	2,14	19,35
04	1	28,57	2,86	3,22
05	3	35,71	3,57	9,68
06	0	42,86	4,29	0
07	0	50,00	5,00	0
08	0	57,14	5,71	0
09	0	64,28	6,43	0
10	0	71,43	7,14	0
11	0	78,57	7,86	0
12	0	85,71	8,57	0
13	0	92,86	9,29	0
14	0	100	10,0	0

Fonte: O próprio autor.

A distribuição dos dados da tabela 8 permite verificar a distribuição da porcentagem de alunos da TE, por nota, dando a condição da percepção do nível de conhecimento dos alunos analisados.

No gráfico 28 está representado o número de alunos da TE distribuídos pelo número de questões do questionário pré-teste respondidas corretamente. Observa-se que a maior parcela de alunos na distribuição acertou apenas uma questão.

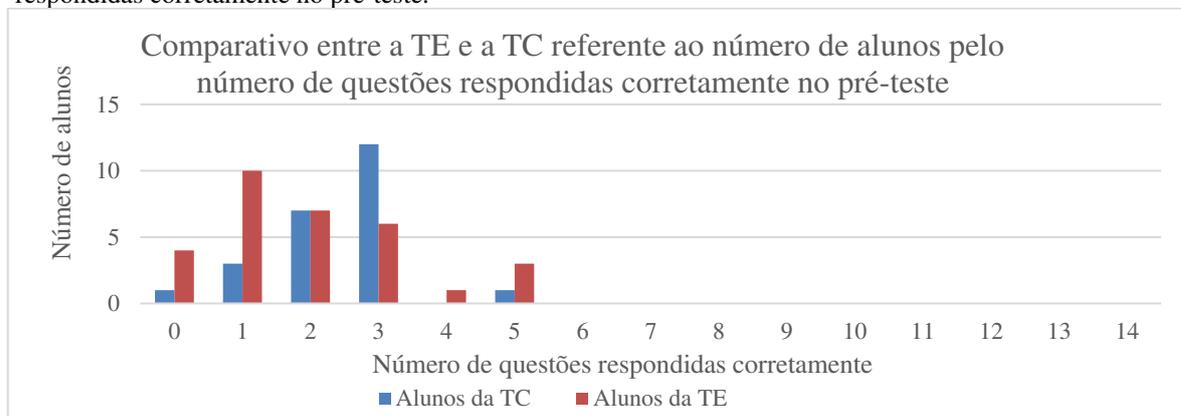
Gráfico 28 - Porcentagem dos alunos da TE pelo número de questões respondidas corretamente no pré-teste.



Fonte: O próprio autor.

Procedendo-se a comparação entre a TE e a TC referente ao número de alunos pelo número de questões respondidas corretamente no pré-teste, observa-se uma distinção inicial apresentada no gráfico 29, mostrando que as questões mais elementares sobre o Eletromagnetismo foram respondidas por um número maior de alunos. As questões envolvendo conceitos mais complexos foram respondidas de forma relativamente semelhante entre as duas turmas.

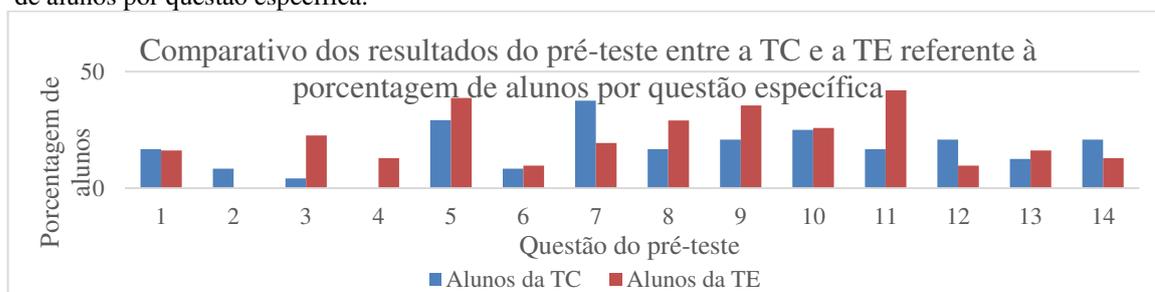
Gráfico 29 - Comparativo entre a TE e a TC referente ao número de alunos pelo número de questões respondidas corretamente no pré-teste.



Fonte: O próprio autor.

No gráfico 30, está apresentado um comparativo dos resultados do pré-teste entre a TC e a TE referente à porcentagem de alunos por questão específica. A cada questão específica corretamente respondida foi atribuída a respectiva porcentagem de alunos de cada turma.

Gráfico 30 - Comparativo dos resultados do pré-teste entre a TC e a TE referente à porcentagem de alunos por questão específica.



Fonte: O próprio autor.

Diante deste comparativo, observa-se que as duas turmas se apresentaram em condições de serem consideradas como tendo uma condição inicial de conhecimentos sobre o Eletromagnetismo semelhantes, fator que foi fundamental para a realização desta pesquisa.

8.3 Análise das notas obtidas durante a aplicação das aulas

Para o cálculo da nota final do aluno pela metodologia da Aprendizagem Cooperativa – Método STAD, foi utilizada a sequência que está no quadro 28 a seguir apresentado:

Quadro 28- Orientações para o cálculo das pontuações de superação individual e do grupo.

Orientações para o cálculo da pontuação de superação individual e do grupo	
1.	Como não foi utilizada nenhuma média anterior, a nota de base foi a nota do primeiro Mini Teste. Todos os resultados dos Minis Testes posteriores foram comparados com essa base.
2.	Comparando-se o resultado do mini teste de cada aluno com a nota de base, pode-se determinar os pontos de superação individual pelo quadro 1 do apêndice C. Os pontos de superação individual foram anotados no quadro folha de cálculo de pontuação individual e de grupo (Apêndice B), na coluna seguinte do resultado do Mini Teste.
3.	A pontuação de superação da equipe foi dada pelo total dos pontos de superação individual dividido pelo número de alunos que realizaram o Mini Teste.
4.	A nota de cada aluno foi calculada adicionando-se o valor da pontuação de superação da equipe à nota do Mini Teste anteriormente comparada com a nota de base, conforme o quadro 2 do apêndice C.
5.	Conservou-se a mesma base para os alunos que já têm a nota de base desde o início e para os alunos sem a nota de base utilizou-se a nota do primeiro Mini Teste que foram participando.
6.	Repetiu-se o procedimento toda vez que se teve o resultado de um novo Mini Teste, construindo assim as notas que formaram a média bimestral do aluno.
7.	A nota final foi a média aritmética das notas construídas. A nota final foi adicionada à nota da prova bimestral da escola resultando na média bimestral do aluno.

Fonte: O próprio autor.

O primeiro Mini Teste foi realizado em 27/08/2015 com o tema o campo magnético e serviu de nota de base para a turma experimental (TE). Cada aluno foi identificado com um código onde, por exemplo, G1/1 é a identificação do aluno 1 do grupo 1 e G2/5 é a identificação do aluno 5 do grupo 2. Os valores das pontuações para a nota 1 de cada aluno estão resumidos na tabela 9.

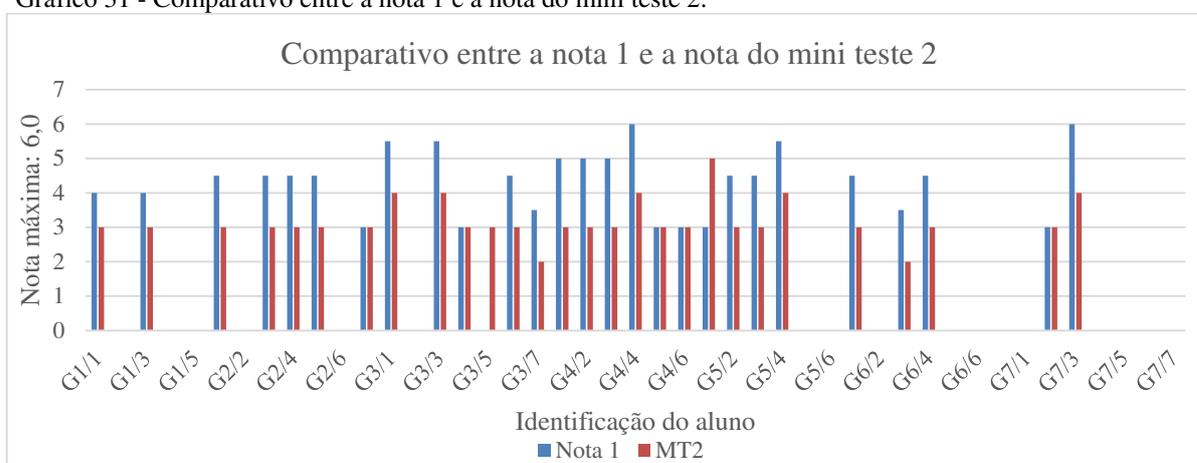
Tabela 9 - Folha de cálculo das pontuações de superação para a nota 1.

Grupo	Identificação do aluno	Base	MT2	Pontos individuais	Pontos ganhos pelo grupo	Nota1
1	G1/1	4,0	3,0	1,0	1,0	4,0
	G1/2	-	-	-	-	-
	G1/3	4,0	3,0	1,0	1,0	4,0
	G1/4	-	-	-	-	-
	G1/5	-	-	-	-	-
2	G2/1	4,0	3,0	1,0	1,5	4,5
	G2/2	4,0	-	-	-	-
	G2/3	3,0	3,0	2,0	1,5	4,5
	G2/4	3,0	3,0	2,0	1,5	4,5
	G2/5	4,0	3,0	1,0	1,5	4,5
	G2/6	3,0	-	-	-	-
	G2/7	-	3,0	-	-	3,0
3	G3/1	3,0	4,0	2,0	1,5	5,5
	G3/2	-	-	-	-	-
	G3/3	3,0	4,0	2,0	1,5	5,5
	G3/4	-	3,0	-	-	3,0
	G3/5	-	3,0	-	-	-
	G3/6	5,0	3,0	0,5	1,5	4,5
	G3/7	4,0	2,0	0,5	1,5	3,5
4	G4/1	3,0	3,0	2,0	2,0	5,0
	G4/2	4,0	3,0	1,0	2,0	5,0
	G4/3	3,0	3,0	2,0	2,0	5,0
	G4/4	3,0	4,0	2,0	2,0	6,0
	G4/5	-	3,0	-	-	3,0
	G4/6	-	3,0	-	-	3,0
5	G5/1	-	5,0	-	-	3,0
	G5/2	2,0	3,0	2,0	1,5	4,5
	G5/3	5,0	3,0	0,5	1,5	4,5
	G5/4	3,0	4,0	2,0	1,5	5,5
	G5/5	-	-	-	-	-
	G5/6	-	-	-	-	-
6	G6/1	4,0	3,0	1,0	1,5	4,5
	G6/2	3,0	-	-	-	-
	G6/3	3,0	2,0	1,0	1,5	3,5
	G6/4	2,0	3,0	2,0	1,5	4,5
	G6/5	4,0	-	-	-	-
	G6/6	-	-	-	-	-
	G6/7	3,0	-	-	-	-
7	G7/1	4,0	-	-	-	-
	G7/2	-	3,0	-	-	3,0
	G7/3	3,0	4,0	2,0	2,0	6,0
	G7/4	-	-	-	-	-
	G7/5	-	-	-	-	-
	G7/6	-	-	-	-	-
	G7/7	-	-	-	-	-

Fonte: O próprio autor.

No gráfico 31 está apresentado o comparativo entre a nota 1 e a nota do Mini Teste 2, obtidas pelos alunos da turma experimental (TE). Comparando-se os valores percebe-se que as notas obtidas pelos alunos nessa fase são iguais ou superiores aos valores obtidos apenas pela nota do Mini Teste, evidenciando-se que não foi possível nenhum prejuízo atribuído ao trabalho cooperativo em grupo. Dessa forma, o método STAD se apresentou como adequado quanto ao fato de resguardar a independência da nota individual da nota obtida pelo grupo, sendo possível apenas acrescentar pontos de superação da equipe aos alunos participantes dos Mini Testes que já tinham uma base registrada anteriormente.

Gráfico 31 - Comparativo entre a nota 1 e a nota do mini teste 2.



Fonte: O próprio autor.

8.3.1 Cálculo da pontuação de superação individual

A partir da tabela 10, anteriormente apresentada, cada aluno pôde participar com pontos de superação individual calculados usando como base o quadro 29 a seguir:

Quadro 29 - Critérios para pontuação de superação individual.

Se o resultado do teste foi...	O aluno ganhou...
Um trabalho perfeito, independente da classificação de base	3,0
Mais de 1,0 ponto acima da classificação de base	3,0
Até um ponto acima da classificação de base	2,0
Até 1,0 pontos abaixo da classificação de base	1,0
Mais de 1,0 ponto abaixo da classificação de base	0,5

Fonte: O próprio autor.

Tendo os pontos ganhos individualmente devidamente anotados na folha de cálculo da pontuação de superação da TE, procedeu-se o cálculo da média dos pontos de superação de cada grupo que foi anotado no mesmo quadro. Para a determinação dos pontos ganhos pelo grupo utilizou-se como referência o quadro 30.

Quadro 30 - Pontuação suplementar individual baseada na média da equipe.

Critério (Média dos pontos de superação da equipe)	Prêmio (pontos suplementares na nota individual)
Até 1,0	1,0
Acima de 1,0 até 1,5	1,5
Acima de 1,5 até 2,0	2,0
Acima de 2,0	2,5

Fonte: O próprio autor.

8.3.2 Composição das notas finais

As notas finais dos alunos da TE foram obtidas a partir de notas construídas ao longo das aulas, sendo o resultado da média aritmética de três notas (nota 1, nota 2 e nota 3). Durante o período de aplicação da pesquisa, a cada tópico abordado, o aluno respondia a um Mini Teste. O primeiro Mini Teste serviu de nota de base e, a partir do segundo Mini Teste, a nota obtida foi comparada com a nota de base, onde o aluno pôde alcançar uma pontuação de superação individual. A média aritmética dos pontos de superação individual gerou uma pontuação de superação da equipe. Os pontos de superação da equipe foram adicionados às notas dos Minis Testes constituindo as notas dos alunos. Para que os alunos atingissem uma nota final, foi calculada a média aritmética das três notas. Assim, o sucesso individual ficou diretamente atrelado ao resultado do grupo.

8.3.2.1 Detalhamento da sequência para obtenção da nota 1

A nota do Mini Teste 2 foi comparada com a nota de base (Mini Teste 1) e com base nos critérios de pontuação individual e do grupo se chegou à pontuação de superação de cada aluno.

O quadro 31 apresenta o cálculo da pontuação individual para a nota 1.

Quadro 31 - Cálculo da pontuação individual de superação para a nota 1:

Nº aluno	Base	MT2	Justificativa	Pontuação individual de superação
G1/1	4,0	3,0	1 ponto abaixo nota de base	1,0
G1/2			Sem notas	Não pontuou
G1/3	4,0	3,0	1 ponto abaixo nota de base	1,0
G1/4			Sem notas	Não pontuou
G1/5			Sem notas	Não pontuou
Nº aluno	Base	MT2	Justificativa	Pontuação individual de superação
G2/1	4,0	3,0	1 ponto abaixo nota de base	1,0
G2/2	4,0		Não compareceu ao MT	Não pontuou
G2/3	3,0	3,0	Mesma pontuação da nota de base	2,0
G2/4	3,0	3,0	Mesma pontuação da nota de base	2,0
G2/5	4,0	3,0	1 ponto abaixo nota de base	1,0
G2/6	3,0		Não compareceu ao MT	Não pontuou
G2/7		3,0	A nota do MT passou a ser a nota de base	Não pontuou
Nº aluno	Base	MT2	Justificativa	Pontuação individual de superação
G3/1	3,0	4,0	1 ponto acima da nota de base	2,0
G3/2			Sem notas	-
G3/3	3,0	4,0	1 ponto acima da nota de base	2,0
G3/4		3,0	A nota do MT passou a ser a nota de base	Não pontuou
G3/5		3,0	A nota do MT passou a ser a nota de base	Não pontuou
G3/6	5,0	3,0	2 pontos abaixo nota de base	0,5
G3/7	4,0	2,0	2 pontos abaixo nota de base	0,5
Nº aluno	Base	MT2	Justificativa	Pontuação individual de superação
G4/1	3,0	3,0	Mesma pontuação da nota de base	2,0
G4/2	4,0	3,0	1 ponto abaixo nota de base	1,0
G4/3	3,0	3,0	Mesma pontuação da nota de base	2,0
G4/4	3,0	4,0	1 ponto acima da nota de base	2,0
G4/5		3,0	A nota do MT passou a ser a nota de base	Não pontuou
G4/6		3,0	A nota do MT passou a ser a nota de base	Não pontuou
Nº aluno	Base	MT2	Justificativa	Pontuação individual de superação
G5/1		5,0	A nota do MT passou a ser a nota de base	Não pontuou
G5/2	2,0	3,0	1 ponto acima da nota de base	2,0
G5/3	5,0	3,0	2 pontos abaixo nota de base	0,5
G5/4	3,0	4,0	1 ponto acima da nota de base	2,0
G5/5			Sem notas	Não pontuou
G5/6			Sem notas	Não pontuou
Nº aluno	Base	MT2	Justificativa	Pontuação individual de superação
G6/1	4,0	3,0	1 ponto abaixo nota de base	1,0
G6/2	3,0		Não compareceu ao MT	Não pontuou
G6/3	3,0	2,0	1 ponto abaixo nota de base	1,0
G6/4	2,0	3,0	1 ponto acima da nota de base	2,0
G6/5	4,0		Não compareceu ao MT	Não pontuou
G6/6			Sem notas	Não pontuou
G6/7	3,0		Não compareceu ao MT	Não pontuou
Nº aluno	Base	MT2	Justificativa	Pontuação individual de superação
G7/1	4,0		Não compareceu ao MT	Não pontuou
G7/2		3,0	A nota do MT passou a ser a nota de base	Não pontuou
G7/3	3,0	4,0	1 ponto acima da nota de base	2,0
G7/4			Sem notas	Não pontuou
G7/5			Sem notas	Não pontuou
G7/6			Sem notas	Não pontuou
G7/7			Sem notas	Não pontuou

Fonte: O próprio autor.

O cálculo dos pontos de superação de cada grupo para compor a nota 1 foram resumidos na tabela 10, a seguir apresentada:

Tabela 10 - Cálculo da nova nota do mini teste 2 (mini teste 1) com acréscimo do valor encontrado a partir do quadro 1):

Grupo	Média de pontos de superação da equipe (soma dos pontos de superação individuais dividido pelo número de alunos no grupo)	Pontuação a ser acrescentada à nota do mini teste 2
01	$(1 + 1) / 2 = 2 / 2 = 1,0$	1,0
02	$(1 + 2 + 2 + 1) / 4 = 6 / 4 = 1,5$	1,5
03	$(2 + 2 + 0,5 + 0,5) / 4 = 5 / 4 = 1,25$	1,5
04	$(2 + 1 + 2 + 2) / 4 = 7 / 4 = 1,75$	2,0
05	$(2 + 0,5 + 2) / 3 = 4,5 / 3 = 1,5$	1,5
06	$(1 + 1 + 2) / 3 = 4 / 3 = 1,33$	1,5
07	$2 / 1 = 2,0$	2,0

Fonte: O próprio autor.

8.3.2.2 Detalhamento da sequência para obtenção da nota 2

Para a composição da nota 2, as pontuações individuais atingidas no Mini Teste 3 foram comparadas com a nota de base (Mini Teste 1). Para os alunos que ainda não possuíam nota de base, a nota do Mini Teste 3 passou a ser essa primeira nota e, neste caso, o aluno não obteve pontos de superação nessa fase. Os valores das pontuações para a nota 2 de cada aluno estão resumidos na tabela 11:

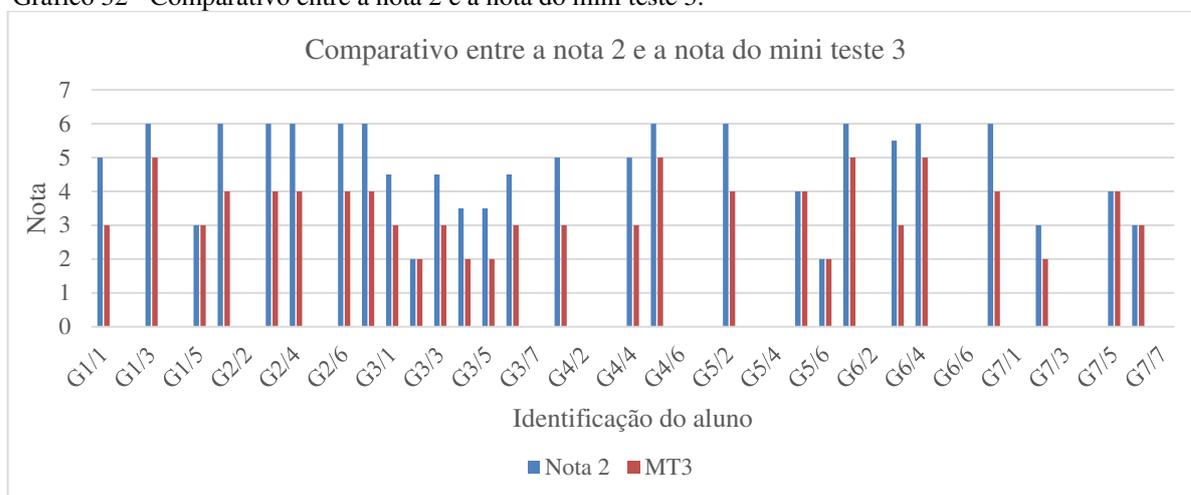
Tabela 11 - Folha de cálculo das pontuações de superação para a nota 2.

Grupo	Identificação do aluno	Base	MT3	Pontos individuais	Pontos ganhos pelo grupo	Nota 2
01	G1/1	4,0	3,0	1,0	2,0	5,0
	G1/2	-	-	-	-	-
	G1/3	4,0	5,0	3,0	2,0	6,0
	G1/4	-	-	-	-	-
	G1/5	-	3,0	-	-	3,0
02	G2/1	4,0	4,0	1,0	2,5	6,0
	G2/2	4,0	-	-	-	-
	G2/3	3,0	4,0	2,0	2,5	6,0
	G2/4	3,0	4,0	2,0	2,5	6,0
	G2/5	4,0	-	-	-	-
	G2/6	3,0	4,0	2,0	2,5	6,0
	G2/7	3,0	4,0	2,0	2,5	6,0
03	G3/1	3,0	3,0	2,0	1,5	4,5
	G3/2	-	2,0	-	-	2,0
	G3/3	3,0	3,0	2,0	1,5	4,5
	G3/4	3,0	2,0	1,0	1,5	3,5
	G3/5	3,0	2,0	1,0	1,5	3,5
	G3/6	5,0	3,0	0,5	1,5	4,5
	G3/7	4,0	-	-	-	-
04	G4/1	3,0	3,0	2,0	2,0	5,0
	G4/2	4,0	-	-	-	-
	G4/3	3,0	-	-	-	-
	G4/4	3,0	3,0	2,0	2,0	5,0
	G4/5	3,0	5,0	3,0	2,0	6,0
	G4/6	3,0	-	-	-	-
05	G5/1	5,0	-	-	-	-
	G5/2	2,0	4,0	3,0	2,5	6,0
	G5/3	5,0	-	-	-	-
	G5/4	3,0	-	-	-	-
	G5/5	-	4,0	-	-	4,0
	G5/6	-	2,0	-	-	2,0
06	G6/1	4,0	5,0	2,0	2,5	6,0
	G6/2	3,0	-	-	-	-
	G6/3	3,0	3,0	2,0	2,5	5,5
	G6/4	2,0	5,0	3,0	2,5	6,0
	G6/5	4,0	-	-	-	-
	G6/6	-	-	-	-	-
	G6/7	3,0	4,0	2,0	2,5	6,0
07	G7/1	4,0	-	-	-	-
	G7/2	3,0	2,0	1,0	1,0	3,0
	G7/3	3,0	-	-	-	-
	G7/4	-	-	-	-	-
	G7/5	-	4,0	-	-	4,0
	G7/6	-	3,0	-	-	3,0
	G7/7	-	-	-	-	-

Fonte: O próprio autor.

No gráfico 32 está apresentado o comparativo entre a nota 2 e a nota do Mini Teste 3, obtida pelos alunos da turma experimental (TE). Comparando-se os valores dessa segunda fase de obtenção de nota, percebe-se que as notas obtidas pelos alunos nessa fase também são iguais ou superiores aos valores obtidos apenas pela nota do Mini Teste, evidenciando-se que não foi constatado nenhum prejuízo atribuído ao trabalho cooperativo em grupo. Dessa forma, o método STAD se apresentou como adequado quanto à garantia de resguardar a independência da nota individual da nota obtida pelo grupo, sendo possível apenas acrescentar pontos de superação da equipe aos alunos participantes dos mini testes que já tinham uma base registrada anteriormente.

Gráfico 32 - Comparativo entre a nota 2 e a nota do mini teste 3.



Fonte: O próprio autor.

O tema do Mini Teste 3 foi a lei de Faraday, consolidando os conhecimentos adquiridos anteriormente. A nota do Mini Teste 3 foi comparada com a nota de base (Mini Teste 1) ou com a nota do Mini Teste 2 para alunos que iniciavam a participação. Os alunos que faltaram às aulas iniciais no período do trabalho de pesquisa, tiveram a oportunidade de construir a sua nota considerando como nota de base o primeiro Mini Teste realizado. Nesse ponto da aplicação da metodologia da Aprendizagem Cooperativa utilizando o método STAD, os alunos já estavam bastante familiarizados com a rotina das atividades, fato que facilitou sobremaneira o aproveitamento do tempo no decorrer da pesquisa.

Com base nos quadros anteriormente apresentados se chegou à pontuação de superação de cada grupo, como mostrado no quadro 32.

Quadro 32 - Cálculo da pontuação individual de superação para a nota 2:

Nº aluno	Base	MT3	Justificativa	Pontuação individual de superação
G1/1	4,0	3,0	1 ponto abaixo nota de base	1,0
G1/2			Sem notas	Não pontuou
G1/3	4,0	5,0	1 ponto acima da nota de base	3,0
G1/4			Sem notas	Não pontuou
G1/5		3,0	A nota do MT passou a ser a nota de base	Não pontuou
Nº aluno	Base	MT3	Justificativa	Pontuação individual de superação
G2/1	4,0	4,0	Mesma pontuação da nota de base	1,0
G2/2	4,0		Não compareceu ao MT	Não pontuou
G2/3	3,0	4,0	1 ponto acima da nota de base	2,0
G2/4	3,0	4,0	1 ponto acima da nota de base	2,0
G2/5	4,0		Não compareceu ao MT	Não pontuou
G2/6	3,0	4,0	1 ponto acima da nota de base	2,0
G2/7	3,0	4,0	1 ponto acima da nota de base	2,0
Nº aluno	Base	MT3	Justificativa	Pontuação individual de superação
G3/1	3,0	3,0	Mesma pontuação da nota de base	2,0
G3/2		2,0	A nota do MT passou a ser a nota de base	Não pontuou
G3/3	3,0	3,0	Mesma pontuação da nota de base	2,0
G3/4	3,0	2,0	1 ponto abaixo nota de base	1,0
G3/5	3,0	2,0	1 ponto abaixo nota de base	1,0
G3/6	5,0	3,0	2 pontos abaixo nota de base	0,5
G3/7	4,0		Não compareceu ao MT	Não pontuou
Nº aluno	Base	MT3	Justificativa	Pontuação individual de superação
G4/1	3,0	3,0	Mesma pontuação da nota de base	2,0
G4/2	4,0		Não compareceu ao MT	Não pontuou
G4/3	3,0		Não compareceu ao MT	Não pontuou
G4/4	3,0	3,0	Mesma pontuação da nota de base	2,0
G4/5	3,0	5,0	2 pontos acima da nota de base	3,0
G4/6	3,0		Não compareceu ao MT	Não pontuou
Nº aluno	Base	MT3	Justificativa	Pontuação individual de superação
G5/1	5,0		Não compareceu ao MT	Não pontuou
G5/2	2,0	4,0	2 pontos acima da nota de base	3,0
G5/3	5,0		Não compareceu ao MT	Não pontuou
G5/4	3,0		Não compareceu ao MT e	Não pontuou
G5/5		4,0	A nota do MT passou a ser a nota de base	Não pontuou
G5/6		2,0	A nota do MT passou a ser a nota de base	Não pontuou
Nº aluno	Base	MT3	Justificativa	Pontuação individual de superação
G6/1	4,0	5,0	1 ponto acima da nota de base	2,0
G6/2	3,0		Não compareceu ao MT	Não pontuou
G6/3	3,0	3,0	Mesma pontuação da nota de base	2,0
G6/4	2,0	5,0	3 pontos acima da nota de base	3,0
G6/5	4,0		Não compareceu ao MT	Não pontuou
G6/6			Sem notas	Não pontuou
G6/7	3,0	4,0	1 ponto acima da nota de base	2,0
Nº aluno	Base	MT3	Justificativa	Pontuação individual de superação
G7/1	4,0		Não compareceu ao MT	Não pontuou
G7/2	3,0	2,0	1 ponto abaixo nota de base	1,0
G7/3	3,0		Não compareceu ao MT	Não pontuou
G7/4			Sem notas	Não pontuou
G7/5		4,0	A nota do MT passou a ser a nota de base	Não pontuou
G7/6		3,0	A nota do MT passou a ser a nota de base	Não pontuou
G7/7			Sem notas	Não pontuou

Fonte: O próprio autor.

O cálculo dos pontos de superação de cada grupo para compor a nota 2 foram resumidos na tabela 12 apresentada a seguir:

Tabela 12 - Cálculo da nova nota do mini teste 3 (mini teste 3 com acréscimo do valor encontrado a partir do quadro 1):

Grupo	Média de pontos de superação da equipe (soma dos pontos de superação individuais dividido pelo número de alunos no grupo)	Pontuação a ser acrescentada à nota do mini teste
1	$(1 + 3) / 2 = 4 / 2 = 2,0$	2,0
2	$(1 + 2 + 2 + 2 + 2) / 5 = 9 / 4 = 2,25$	2,5
3	$(2 + 2 + 1 + 1 + 0,5) / 5 = 6,5 / 5 = 1,3$	1,5
4	$(2 + 2 + 3) / 3 = 7 / 4 = 1,75$	2,0
5	$3 / 1 = 3$	2,5
6	$(2 + 2 + 3 + 2) / 4 = 9 / 4 = 2,25$	2,5
7	$1 / 1 = 1,0$	1,0

Fonte: O próprio autor.

8.3.2.3 Detalhamento da sequência para obtenção da nota 3

Para a composição da nota 3, as pontuações individuais atingidas no Mini Teste 4 foram comparadas com a nota de base. Para os alunos que ainda não possuíam nota de base, a nota do Mini Teste 4 passou a ser essa nota e, neste caso, o aluno não obteve pontos de superação nessa fase. Os valores das pontuações para a nota 3 de cada aluno estão resumidos na tabela 13 a seguir:

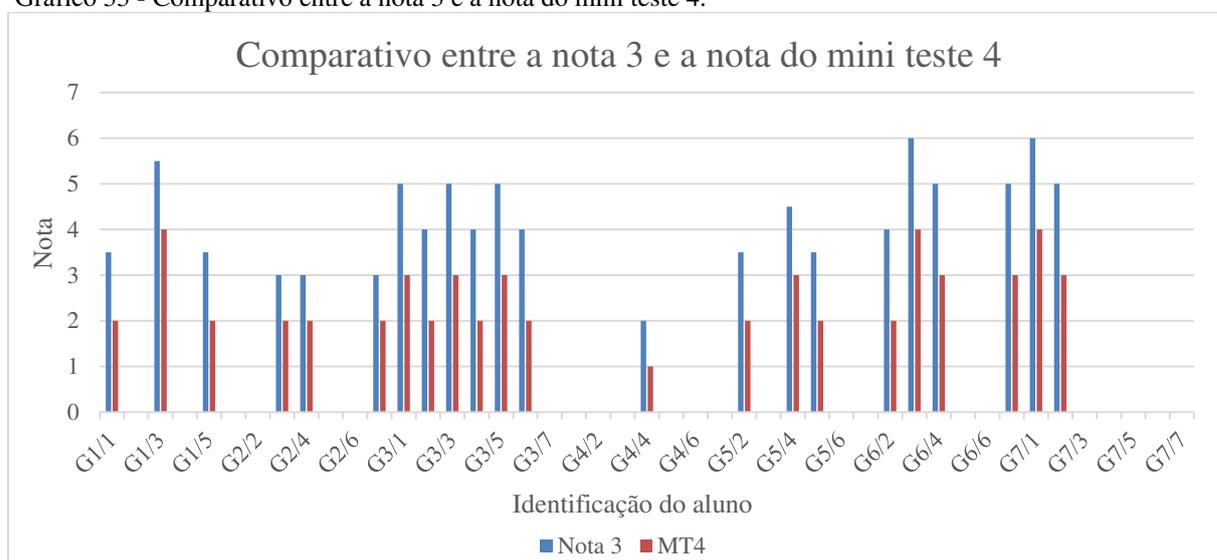
Tabela 13 - Folha de cálculo das pontuações de superação para a nota 3.

Grupo	Identificação do aluno	Base	MT4	Pontos individuais	Pontos ganhos pelo grupo	Nota 3
1	G1/1	4,0	2,0	0,5	1,5	3,5
	G1/2	-	-	-	-	-
	G1/3	4,0	4,0	2,0	1,5	5,5
	G1/4	-	-	-	-	-
	G1/5	3,0	2,0	1,0	1,5	3,5
2	G2/1	4,0	-	-	-	-
	G2/2	4,0	-	-	-	-
	G2/3	3,0	2,0	1,0	1,0	3,0
	G2/4	3,0	2,0	1,0	1,0	3,0
	G2/5	4,0	-	-	-	-
	G2/6	3,0	-	-	-	-
	G2/7	3,0	2,0	1,0	1,0	3,0
3	G3/1	3,0	3,0	2,0	2,0	5,0
	G3/2	2,0	2,0	2,0	2,0	4,0
	G3/3	3,0	3,0	2,0	2,0	5,0
	G3/4	3,0	2,0	1,0	2,0	4,0
	G3/5	3,0	3,0	2,0	2,0	5,0
	G3/6	5,0	2,0	0,5	2,0	4,0
	G3/7	4,0	-	-	-	-
4	G4/1	3,0	-	-	-	-
	G4/2	4,0	-	-	-	-
	G4/3	3,0	-	-	-	-
	G4/4	3,0	1,0	0,5	1,0	2,0
	G4/5	3,0	-	-	-	-
	G4/6	3,0	-	-	-	-
5	G5/1	5,0	-	-	-	-
	G5/2	2,0	2,0	2,0	1,5	3,5
	G5/3	5,0	-	-	-	-
	G5/4	3,0	3,0	2,0	1,5	4,5
	G5/5	4,0	2,0	0,5	1,5	3,5
	G5/6	2,0	-	-	-	-
6	G6/1	4,0	-	-	-	-
	G6/2	3,0	2,0	1,0	2,0	4,0
	G6/3	3,0	4,0	2,0	2,0	6,0
	G6/4	2,0	3,0	2,0	2,0	5,0
	G6/5	4,0	-	-	-	-
	G6/6	-	-	-	-	-
	G6/7	3,0	3,0	2,0	2,0	5,0
7	G7/1	4,0	4,0	2,0	2,0	6,0
	G7/2	3,0	3,0	2,0	2,0	5,0
	G7/3	3,0	-	-	-	-
	G7/4	-	-	-	-	-
	G7/5	4,0	-	-	-	-
	G7/6	3,0	-	-	-	-
	G7/7	-	-	-	-	-

Fonte: O próprio autor.

No gráfico 33 está apresentado o comparativo entre a nota 3 e a nota do Mini Teste 4, obtida pelos alunos da turma experimental (TE). Comparando-se os valores dessa terceira fase de obtenção de nota, percebe-se que as notas obtidas pelos alunos nessa fase também são iguais ou superiores aos valores obtidos apenas pela nota do Mini Teste, evidenciando-se que não foi constatado nenhum prejuízo atribuído ao trabalho cooperativo em grupo. Dessa forma, o método STAD se apresentou como adequado quanto à garantia de resguardar a independência da nota individual da nota obtida pelo grupo, sendo possível apenas acrescentar pontos de superação da equipe aos alunos participantes dos Mini Testes que já tinham uma base registrada anteriormente.

Gráfico 33 - Comparativo entre a nota 3 e a nota do mini teste 4.



Fonte: O próprio autor.

A construção da nota final do aluno proporcionou o trabalho em grupo de forma cooperativa. Os alunos dependeram dos resultados do grupo para o sucesso individual. Dado o caráter inovador da metodologia da Aprendizagem Cooperativa os alunos tiveram algumas dificuldades nas aulas iniciais: saber aproveitar melhor o tempo; aceitar a opinião dos colegas; participar com ideias e opiniões para facilitar o estudo, saber o momento certo de falar, foram habilidades desenvolvidas podendo ser constatado pelo pesquisador. Para incrementar o interesse em continuar envolvido com o trabalho em grupo foi fundamental o registro dos resultados das avaliações, o cálculo das pontuações de superação e a apresentação dos resultados exitosos aos alunos. Conhecer a superioridade das notas em relação ao resultado dos Minis Testes mostrou-se fundamental.

O cálculo dos pontos de superação de cada grupo para compor a nota 3 foram resumidos no quadro 33.

Quadro 33 - Cálculo da pontuação individual de superação para a nota 3:

Nº aluno	Base	MT	Justificativa	Pontuação individual de superação
G1/1	4,0	2,0	2 pontos abaixo nota de base	0,5
G1/2			Sem notas	Não pontuou
G1/3	4,0	4,0	Mesma pontuação da nota de base	2,0
G1/4			Sem notas	Não pontuou
G1/5	3,0	2,0	1 ponto abaixo nota de base	1,0
Nº aluno	Base	MT	Justificativa	Pontuação individual de superação
G2/1	4,0		Não compareceu ao MT	Não pontuou
G2/2	4,0		Não compareceu ao MT	Não pontuou
G2/3	3,0	2,0	1 ponto abaixo nota de base	1,0
G2/4	3,0	2,0	1 ponto abaixo nota de base	1,0
G2/5	4,0		Não compareceu ao MT	Não pontuou
G2/6	3,0		Não compareceu ao MT	Não pontuou
G2/7	3,0	2,0	1 ponto abaixo nota de base	1,0
Nº aluno	Base	MT	Justificativa	Pontuação individual de superação
G3/1	3,0	3,0	Mesma pontuação da nota de base	2,0
G3/2	2,0	2,0	Mesma pontuação da nota de base	2,0
G3/3	3,0	3,0	Mesma pontuação da nota de base	2,0
G3/4	3,0	2,0	1 ponto abaixo nota de base	1,0
G3/5	3,0	3,0	Mesma pontuação da nota de base	2,0
G3/6	5,0	2,0	2 pontos abaixo nota de base	0,5
G3/7	4,0		Não compareceu ao MT	Não pontuou
Nº aluno	Base	MT	Justificativa	Pontuação individual de superação
G4/1	3,0		Não compareceu ao MT	Não pontuou
G4/2	4,0		Não compareceu ao MT	Não pontuou
G4/3	3,0		Não compareceu ao MT	Não pontuou
G4/4	3,0	1,0	2 pontos abaixo nota de base	0,5
G4/5	3,0		Não compareceu ao MT	Não pontuou
G4/6	3,0		Não compareceu ao MT	Não pontuou
Nº aluno	Base	MT	Justificativa	Pontuação individual de superação
G5/1	5,0		Não compareceu ao MT	Não pontuou
G5/2	2,0	2,0	Mesma pontuação da nota de base	2,0
G5/3	5,0		Não compareceu ao MT	Não pontuou
G5/4	3,0	3,0	Mesma pontuação da nota de base	2,0
G5/5	4,0	2,0	2 pontos abaixo nota de base	0,5
G5/6	2,0		Não compareceu ao MT	Não pontuou
Nº aluno	Base	MT	Justificativa	Pontuação individual de superação
G6/1	4,0		Não compareceu ao MT	Não pontuou
G6/2	3,0	2,0	1 ponto abaixo nota de base	1,0
G6/3	3,0	4,0	1 ponto acima da nota de base	2,0
G6/4	2,0	3,0	1 ponto acima da nota de base	2,0
G6/5	4,0		Não compareceu ao MT	Não pontuou
G6/6			Sem notas	Não pontuou
G6/7	3,0	3,0	Mesma pontuação da nota de base	2,0
Nº aluno	Base	MT	Justificativa	Pontuação individual de superação
G7/1	4,0	4,0	Mesma pontuação da nota de base	2,0
G7/2	3,0	3,0	Mesma pontuação da nota de base	2,0
G7/3	3,0		Não compareceu ao MT	Não pontuou
G7/4			Sem notas	Não pontuou
G7/5	4,0		Não compareceu ao MT	Não pontuou
G7/6	3,0		Não compareceu ao MT	Não pontuou
G7/7			Sem notas	Não pontuou

Fonte: O próprio autor.

O cálculo dos pontos de superação de cada grupo para compor a nota 3 foram resumidos na tabela 14.

Tabela 14 - Cálculo da nova nota do Mini Teste 4 (mini teste 4 com acréscimo do valor encontrado a partir do quadro 1):

Grupo	Média de pontos de superação da equipe (soma dos pontos de superação individuais dividido pelo número de alunos no grupo)	Pontuação a ser acrescentada à nota do mini teste 4
01	$(0,5 + 2 + 1) / 3 = 3,5 / 3 = 1,17$	1,5
02	$(1 + 1 + 1) / 3 = 3 / 3 = 1,0$	1,0
03	$(2 + 2 + 2 + 1 + 2 + 0,5) / 5 = 9,5 / 6 = 1,58$	2,0
04	$0,5 / 1 = 0,5$	1,0
05	$(2 + 2 + 0,5) / 3 = 4,5 / 3 = 1,5$	1,5
06	$(1 + 2 + 2 + 2) / 4 = 7 / 4 = 1,75$	2,0
07	$(2 + 2) / 2 = 4 / 2 = 2,0$	2,0

Fonte: O próprio autor.

8.3.2.4 Cálculo e análise da nota final da unidade didática Eletromagnetismo

A nota final atingida na unidade didática Eletromagnetismo por cada aluno da TE foi calculada através da média aritmética das três notas obtidas pelos estudantes. Os valores das notas finais estão disponibilizados na tabela 15, apresentada a seguir:

Tabela 15 - Cálculo da nota final.

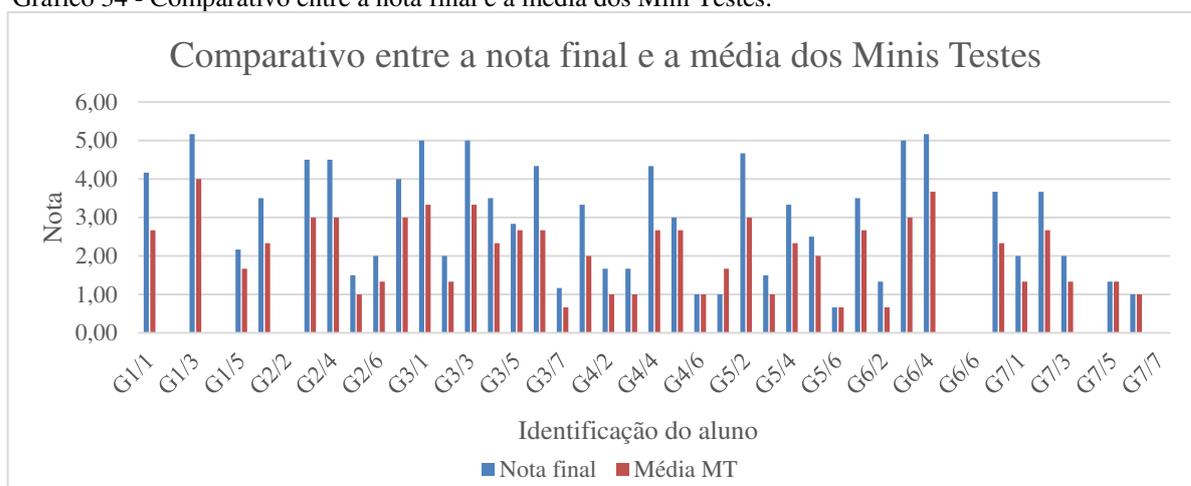
Grupo	Identificação do aluno	Nota 1	Nota 2	Nota 3	Nota final	Média dos Mini Testes
1	G1/1	4,0	5,0	3,5	4,17	2,67
	G1/2	-	-	-	0,00	0,00
	G1/3	4,0	6,0	5,5	5,17	4,00
	G1/4	-	-	-	0,00	0,00
	G1/5	-	3,0	3,5	2,17	1,67
2	G2/1	4,5	6,0	-	3,50	2,33
	G2/2	-	-	-	0,00	0,00
	G2/3	4,5	6,0	3,0	4,50	3,00
	G2/4	4,5	6,0	3,0	4,50	3,00
	G2/5	4,5	-	-	1,50	1,00
	G2/6	-	6,0	-	2,00	1,33
	G2/7	3,0	6,0	3,0	4,00	3,00
3	G3/1	5,5	4,5	5,0	5,00	3,33
	G3/2	-	2,0	4,0	2,00	1,33
	G3/3	5,5	4,5	5,0	5,00	3,33
	G3/4	3,0	3,5	4,0	3,50	2,33
	G3/5	-	3,5	5,0	2,83	2,67
	G3/6	4,5	4,5	4,0	4,33	2,67
	G3/7	3,5	-	-	1,17	0,67
4	G4/1	5,0	5,0	-	3,33	2,00
	G4/2	5,0	-	-	1,67	1,00
	G4/3	5,0	-	-	1,67	1,00
	G4/4	6,0	5,0	2,0	4,33	2,67
	G4/5	3,0	6,0	-	3,00	2,67
	G4/6	3,0	-	-	1,00	1,00
5	G5/1	3,0	-	-	1,00	1,67
	G5/2	4,5	6,0	3,5	4,67	3,00
	G5/3	4,5	-	-	1,50	1,00
	G5/4	5,5	-	4,5	3,33	2,33
	G5/5	-	4,0	3,5	2,50	2,00
	G5/6	-	2,0	-	0,67	0,67
6	G6/1	4,5	6,0	-	3,50	2,67
	G6/2	-	-	4,0	1,33	0,67
	G6/3	3,5	5,5	6,0	5,00	3,00
	G6/4	4,5	6,0	5,0	5,17	3,67
	G6/5	-	-	-	0,00	0,00
	G6/6	-	-	-	0,00	0,00
	G6/7	-	6,0	5,0	3,67	2,33
7	G7/1	-	-	6,0	2,00	1,33
	G7/2	3,0	3,0	5,0	3,67	2,67
	G7/3	6,0	-	-	2,00	1,33
	G7/4	-	-	-	0,00	0,00
	G7/5	-	4,0	-	1,33	1,33
	G7/6	-	3,0	-	1,00	1,00
	G7/7	-	-	-	0,00	0,00

Fonte: O próprio autor.

A nota máxima possível de ser alcançada foi 6,0. Considerando os resultados apresentados na tabela 15, anteriormente apresentada, 33 alunos obtiveram alguma nota durante a pesquisa.

No gráfico 34 está apresentado o comparativo entre a nota final e a média dos Minis Testes. Comparando-se os valores percebe-se que as notas finais obtidas pelos alunos da TE nessa fase também superaram os valores obtidos pela nota dos Minis Testes. Dessa forma, o método STAD se apresentou como adequado quanto à garantia de resguardar a independência da nota individual da nota obtida pelo grupo, sendo possível apenas acrescentar pontos de superação da equipe aos alunos participantes dos Mini Testes que já tinham uma base registrada anteriormente.

Gráfico 34 - Comparativo entre a nota final e a média dos Mini Testes.



Fonte: O próprio autor.

Na tabela 16, apresentada a seguir, estão distribuídas as quantidades dos alunos por intervalo da nota final na TE. Dessa forma, 21,21% dos alunos que obtiveram alguma nota final alcançaram uma nota entre 0 e 25% do máximo possível (6,0); 30,30% do total atingiram uma nota no intervalo acima de 25% até 50%; também 30,30% dos alunos analisados alcançaram notas acima de 50% até 75% do total e 18,18% conseguiram nota final acima de 75% do total possível.

Tabela 16 - Distribuição de alunos por intervalos na nota final geral na TE.

Intervalo da nota final	Número de alunos com nota final	Porcentagem de alunos com nota final (%)
Entre 0 e 25%	7	21,21
Acima de 25% até 50%	10	30,30
Acima de 50% até 75%	10	30,30
Acima de 75%	6	18,18

Fonte: O próprio autor.

Na tabela 17 estão apresentadas as porcentagens dos alunos distribuídos em intervalos percentuais da nota final na TE: no grupo 1 a distribuição de notas foi heterogênea, onde cada aluno atingiu uma nota diferenciada, mesmo compondo o mesmo grupo; no grupo 2,

a maioria atingiu uma nota superior a 50% do total possível (6,0); pelos dados do grupo 03, novamente um grupo apresentou uma distribuição de notas heterogênea; no grupo 4, destacou-se a concentração de notas acima de 50% do disponível; para o grupo 5, metade do grupo apresentou um baixo desempenho ficando dentro do primeiro intervalo (entre 0 e 25%), enquanto a outra metade alcançou um desempenho satisfatório (acima de 50% do possível); no grupo 6, a maior parte dos alunos (80%) ficou com nota acima de 50% do máximo e para o grupo 7, 100% dos alunos atingiu uma nota mediana (acima de 25% até 50%).

Tabela 17 - Distribuição de alunos por intervalos na nota final por grupos na TE.

Total de alunos que obtiveram nota final: 33 alunos.									
Nota máxima: 6,0 (100%).									
Grupo	Total de alunos	Intervalo da nota final							
		Entre 0 e 25%		Acima de 25% até 50%		Acima de 50% até 75%		Acima de 75%	
		Quantidade	(%)	Quantidade	(%)	Quantidade	(%)	Quantidade	(%)
01	3	1	33,33	-	-	1	33,33	1	33,33
02	6	1	16,67	2	33,33	3	50,00	-	-
03	7	2	28,57	2	28,57	1	14,28	2	28,57
04	5	-	-	3	60,00	2	40,00	-	-
05	4	2	50,00	-	-	1	25,00	1	25,00
06	5	1	20,00	-	-	2	40,00	2	40,00
07	3	-	-	3	100	-	-	-	-

Fonte: O próprio autor.

A importância da nota final atingida nessa fase esteve na sua representação na nota bimestral. A nota bimestral foi composta da seguinte forma: a nota final (máximo 6,0) foi adicionada à nota da avaliação bimestral na área de Ciências da Natureza (máximo 4,0), compondo o total de 10,0 pontos na média bimestral; a nota final considerada anteriormente foi a média de três notas parciais dos tópicos abordados no Eletromagnetismo que foram calculadas pelo desempenho do aluno ao longo da pesquisa realizada na TE.

O quadro 34, apresenta a seguir a forma de cálculo da média bimestral, onde parte dessa nota é composta pela nota final atingida pelo aluno durante a pesquisa, sendo a outra parte constituída pela nota da avaliação bimestral realizada sistematicamente a cada bimestre.

Quadro 34 - Fórmula de cálculo da média bimestral do aluno.

Formula de cálculo da média bimestral
$MB = NF + NAB$
Legenda:
MB: Média bimestral (máximo 10,0)
NF: Nota final (máximo 6,0 – Construída ao longo da pesquisa)
NAB: Nota bimestral da Área da Ciências da Natureza (máximo 4,0)

Fonte: O próprio autor.

8.4 Análise dos resultados obtidos na avaliação bimestral do 3º bimestre de 2015

A primeira avaliação geral em que se pôde interpretar a evolução da aprendizagem sobre o estudo feito do Eletromagnetismo foi a prova bimestral do terceiro bimestre de 2015 (anexo V). Essa prova esteve incluída na avaliação da área do conhecimento Ciências da Natureza e Matemática realizada na escola em cada bimestre. A prova específica de Física foi composta por cinco questões sobre Eletromagnetismo, contemplando os temas: o campo magnético; a lei de Ampère; a lei de Faraday e ondas eletromagnéticas.

A tabela 18 apresenta o resumo de acertos na prova bimestral do 3º bimestre de 2015:

Tabela 18 - Resumo de acertos na prova bimestral do 3º bimestre de 2015.

Totais de acertos	Número de alunos		Porcentagens de alunos	
	TC	TE	TC	TE
0%	09	06	21,95	14,28
20%	17	19	41,46	45,24
40%	14	12	34,15	28,57
60%	0	04	0	9,52
80%	01	01	2,44	2,38
100%	0	0	0	0

Fonte: o próprio autor.

As questões da prova bimestral do 3º bimestre de 2015 constam do anexo V.

Do total de alunos da TC que fizeram a prova, 21,95% não acertaram nenhuma questão do total de cinco da prova de Física. Na TE, 14,28% dos alunos não marcaram pontos em Física. Considerando os alunos que não atingiram nenhuma pontuação, muitos deles não vinham participando das aulas regularmente, estando bastante despreparados para a avaliação. Observou-se que os percentuais de alunos que não marcaram pontos na TE foram menores (14,28%) do que o valor observado para a TC (21,95%).

O percentual de alunos da TC que acertaram 20% das questões foi de 41,46%. Já na TE, a porcentagem de alunos que tiveram o mesmo resultado foi de 45,24%. Mesmo sendo próximos os valores levantados, se constata uma superioridade na quantidade de alunos da TE que atingiram a marca percentual de 20% sobre a quantidade de alunos da TC.

Considerando os alunos que acertaram 40% das questões de Física, na TC o percentual foi de 34,15%. Na TE, o percentual foi de 28,57. Embora a quantidade de alunos da TC ter superado a quantidade de alunos da TE neste item, se pode observar pela análise do quadro inteiro que alguns alunos da TE migraram para números melhores.

Para o acerto de 60% das questões de Física, nenhum aluno da TC atingiu a marca. Na TE, 9,52% dos alunos atingiu o percentual de questões acertadas. Constatou-se, então, a

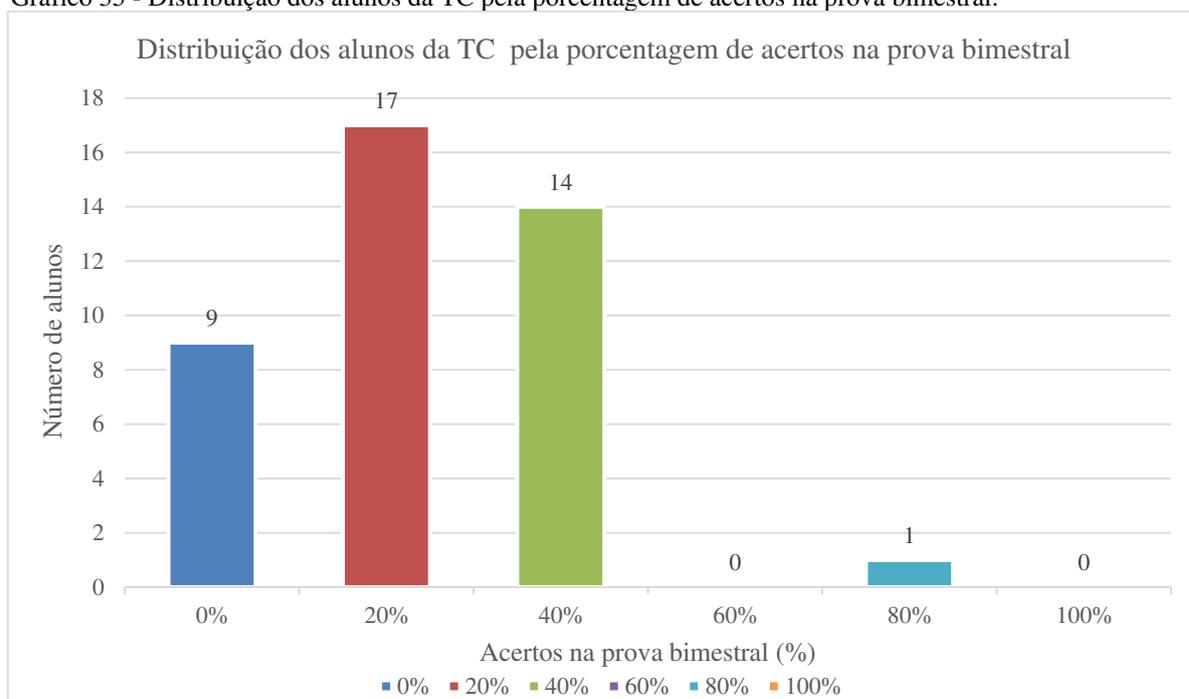
migração de alunos da TE para uma marca consideravelmente melhor (60% das questões certas).

Para a marca de 80% de acerto nas questões, 2,44% dos alunos da TC conseguiram a meta, enquanto 2,38% dos alunos da TE atingiram o mesmo resultado. Neste item os números percentuais dos alunos que atingiram o resultado foram próximos e representaram que apenas uma pequena quantidade de alunos das duas turmas conseguiu o resultado.

Quanto ao acerto da totalidade das questões de Física na prova bimestral do terceiro bimestre de 2015, nenhum aluno das turmas pesquisadas atingiu 100% de acerto em Física.

O gráfico 35 mostra a distribuição dos alunos da TC pela porcentagem de acertos na prova bimestral do 3º bimestre de 2015. Observa-se que a maior parcela dos alunos acertou 20% das questões, sendo seguida pela parcela que acertou 40% das questões.

Gráfico 35 - Distribuição dos alunos da TC pela porcentagem de acertos na prova bimestral.

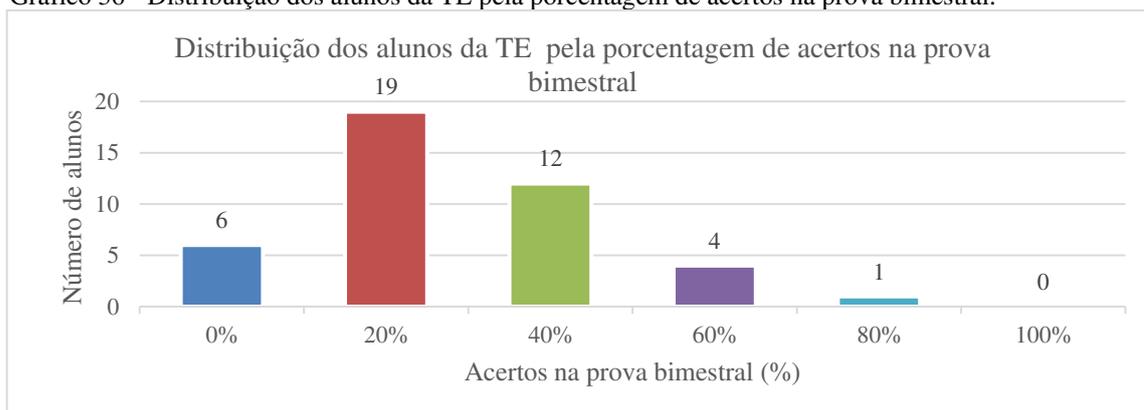


Fonte: o próprio autor.

Para a avaliação bimestral da turma experimental (TE), foi aplicada uma prova no mesmo dia em que foi aplicada na turma de controle (TC). As questões da avaliação bimestral foram as mesmas para as duas turmas, onde foram explorados os mesmos conteúdos referentes ao Eletromagnetismo, ou seja, o campo magnético, a lei de Ampère, a lei da Faraday e ondas eletromagnéticas.

O gráfico 36 mostra a distribuição dos alunos da TE pela porcentagem de acertos na prova bimestral do 3º bimestre de 2015. Observa-se que a maior parcela dos alunos também acertou 20% das questões, sendo seguida pela parcela que acertou 40% das questões. No entanto, 4 alunos da TE acertaram 60% do total de questões, porcentagem não atingida por nenhum aluno da TC.

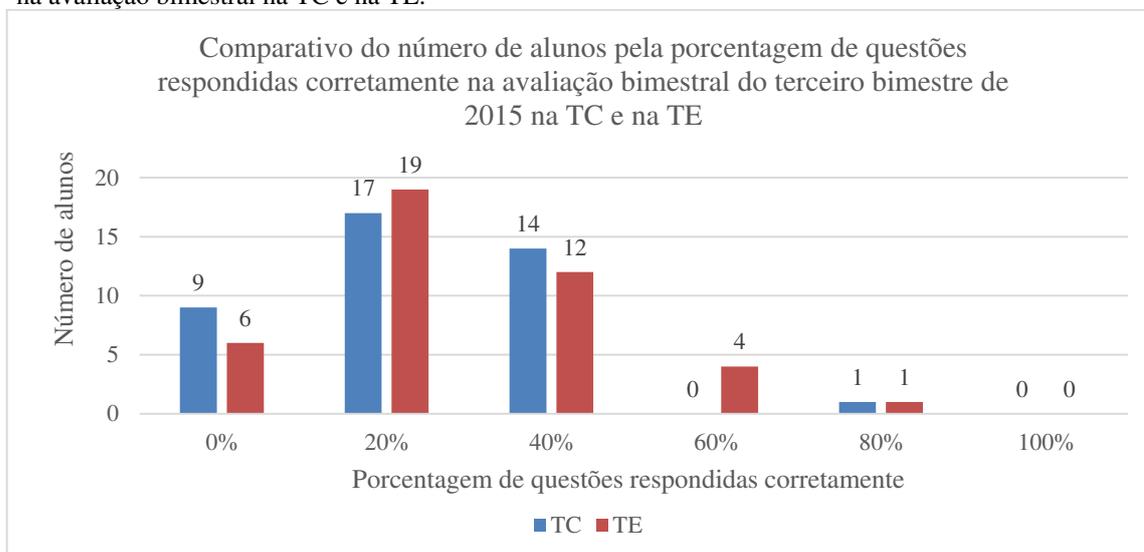
Gráfico 36 - Distribuição dos alunos da TE pela porcentagem de acertos na prova bimestral.



Fonte: o próprio autor.

Observando o gráfico 37, pode-se ter uma ideia do comparativo do número de alunos pela porcentagem de questões respondidas corretamente na avaliação bimestral na TC e na TE. Pode ser percebido o destaque do percentual de 60% na TE, não presente na TC. O restante da representação demonstra uma proximidade entre os resultados obtidos pelas duas turmas.

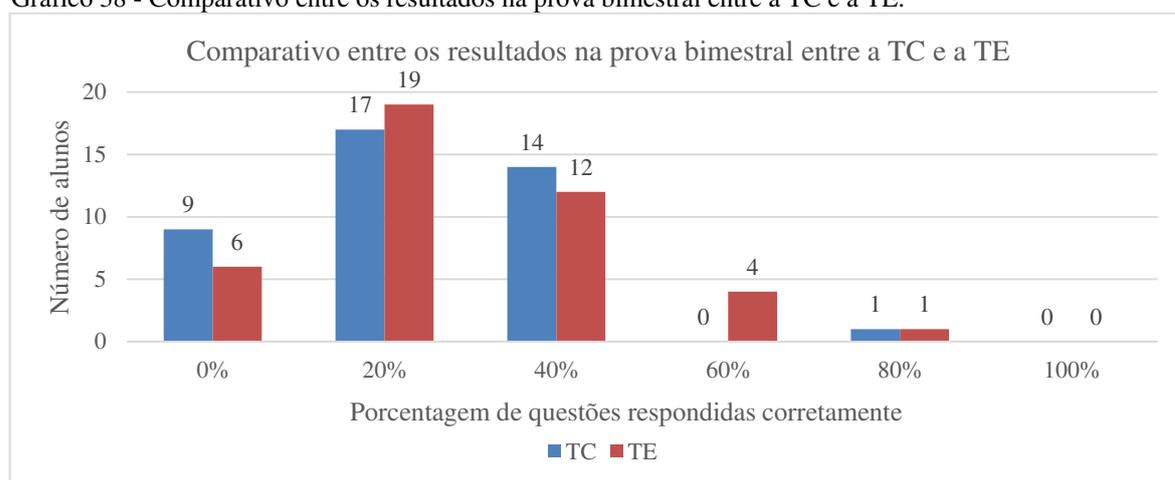
Gráfico 37 - Comparativo do número de alunos pela porcentagem de questões respondidas corretamente na avaliação bimestral na TC e na TE.



Fonte: o próprio autor.

No gráfico 38 pode-se fazer uma comparação mais direta dos resultados obtidos pelas duas turmas estudadas na avaliação bimestral. Percebe-se um entrelaçamento das linhas dos gráficos ratificando a semelhança entre os dois resultados, destacando-se o resultado referente à porcentagem de questões respondidas corretamente de 60% alcançada pela TE.

Gráfico 38 - Comparativo entre os resultados na prova bimestral entre a TC e a TE.



Fonte: o próprio autor.

8.5 Análise dos questionários pós-testes

Para que fosse possível realizar um trabalho em que a aprendizagem fosse realmente significativa foram considerados os conhecimentos prévios dos alunos. No estudo do Eletromagnetismo, alguns conhecimentos intuitivos os alunos trazem consigo, necessitando do dimensionamento dos verdadeiros conhecimentos teóricos vistos em estudo anteriores. Para diagnosticar o real nível dos alunos analisados foi aplicado um mesmo questionário pós-teste (anexo W) composto de 7 questões na turma de controle (TC), como também, na turma experimental (TE).

8.5.1 Análise dos questionários pós-testes da Turma de Controle (TC)

Na ocasião da aplicação do questionário pós-teste na TC, estavam presentes um total de 23 alunos. Na tabela 19 está apresentada a porcentagem de acertos de alunos da TC que acertaram por cada questão.

Tabela 19 - Porcentagem de alunos da TC que acertaram por questão.

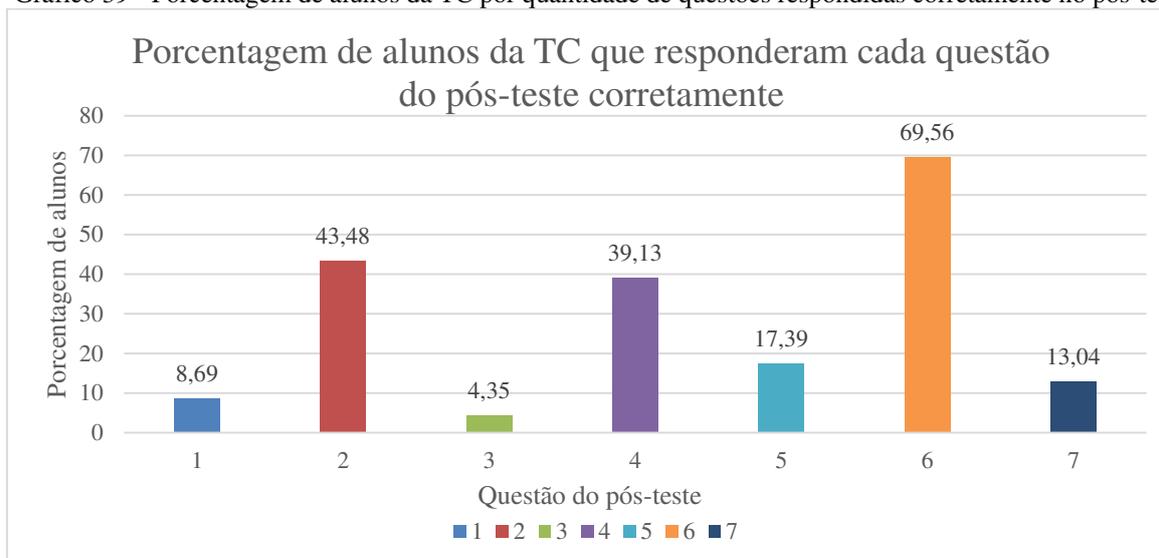
Questão	Número de acertos	Porcentagem de alunos que acertaram a questão (%)
01	02	8,69
02	10	43,48
03	01	4,35
04	09	39,13
05	04	17,39
06	16	69,56
07	03	13,04

Fonte: o próprio autor.

Esta distribuição permite perceber em quais questões os alunos tiveram maiores dificuldades, bem como em quais delas os alunos já construíram um maior domínio do conteúdo após o ensino do Eletromagnetismo com uma abordagem tradicional.

No gráfico 39 está representada a porcentagem de alunos da TC que responderam corretamente cada questão do pós-teste. Observa-se que a maiores parcelas na distribuição das porcentagens acertaram a questão 2, que tratou sobre a polarização magnética; a questão 4, sobre a magnetização terrestre e a questão 6, que envolveu conhecimentos sobre a indução eletromagnética. As questões que apresentavam maiores erros foram a questão 1, que tratou das propriedades magnéticas dos materiais; a questão 3, sobre a indução eletromagnética e a questão 7, que envolveu a indução eletromagnética.

Gráfico 39 - Porcentagem de alunos da TC por quantidade de questões respondidas corretamente no pós-teste.



Fonte: O próprio autor.

A tabela 20, mostra um detalhamento da nota atingida pelos alunos da TC. Nela está apresentada a quantidade de questões que cada aluno acertou associada à quantidade de alunos que acertou a cada quantidade. Destaca-se a nota atingida pela porcentagem de alunos relativa à quantidade de questões certas.

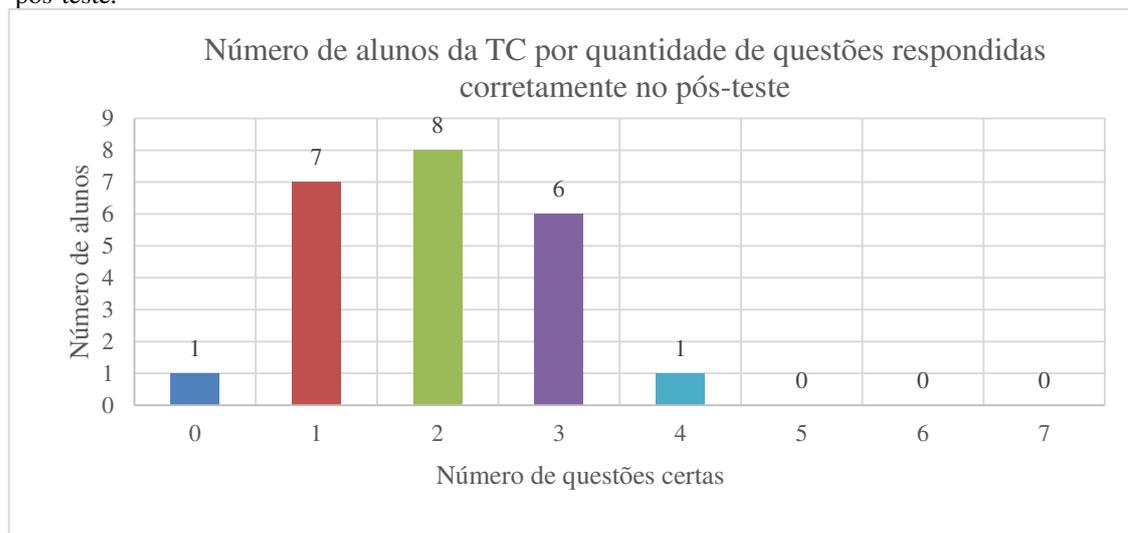
Tabela 20- Detalhamento da nota atingida pela TC.

Número de questões que cada aluno acertou	Quantidade de alunos que acertou a quantidade de questões	Porcentagem do número de questões certas (%)	Nota atingida pelo aluno	Porcentagem de alunos que atingiram a nota (%)
0	01	0	0	4,35
1	07	14,28	1,43	30,43
2	08	28,57	2,86	34,78
3	06	42,86	4,28	26,08
4	01	57,14	5,71	4,35
5	0	0	-	-
6	0	0	-	-
7	0	0	-	-

Fonte: o próprio autor.

A distribuição da porcentagem de alunos da TC, por nota, dá a condição do levantamento do rendimento atingido pelos alunos analisados após a realização da pesquisa. No gráfico 40 está representado o número de alunos da TC distribuídos por quantidade de questões do questionário pós-teste respondidas corretamente. Observa-se que a maior parcela de alunos na distribuição acertou duas questões.

Gráfico 40 - Número de alunos da TC por quantidade de questões respondidas corretamente no pós-teste.



Fonte: O próprio autor.

8.5.2 Análise dos questionários pós-testes da Turma Experimental (TE)

Na ocasião da aplicação do questionário pós-teste na TE, estava presente um total de 29 alunos. Na tabela 21 está apresentada a porcentagem de acertos de alunos da TE que acertaram por cada questão.

Tabela 21 - Porcentagem de alunos da TE que acertaram por questão.

Questão	Número de acertos	Porcentagem de alunos que acertaram a questão (%)
01	08	27,58
02	17	58,62
03	04	13,79
04	14	48,27
05	05	17,24
06	20	68,96
07	03	10,34

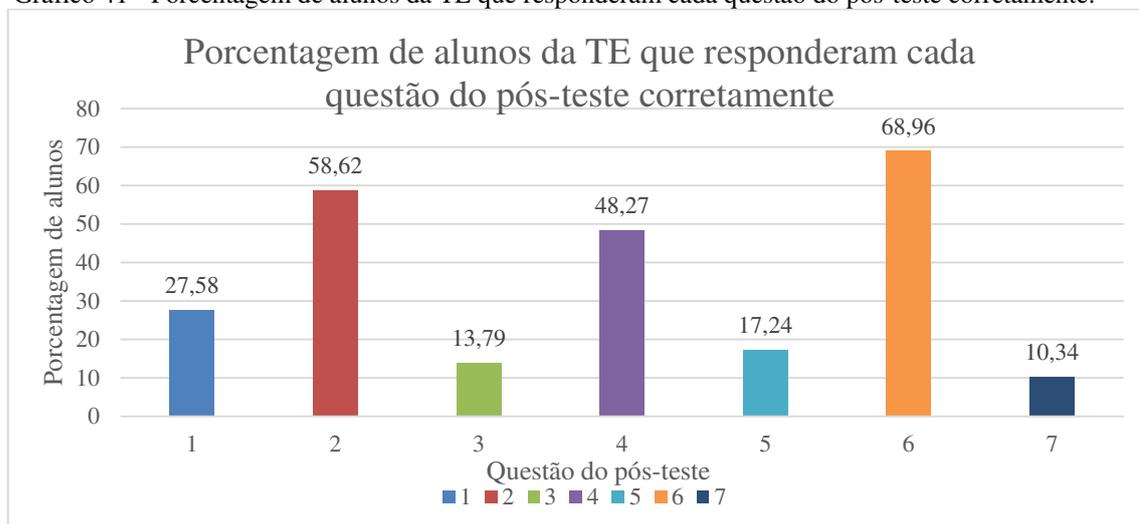
Fonte: o próprio autor.

Esta distribuição permite perceber em quais questões os alunos tiveram maiores dificuldades, havendo um número menor de acertos, bem como em quais delas os alunos já construíram, após o período da pesquisa, um maior domínio do conteúdo.

No gráfico 41 está representada a porcentagem de alunos da TE que responderam corretamente cada questão do pós-teste. Observa-se que as maiores parcelas na distribuição das porcentagens acertaram a questão 1, que tratou das propriedades magnéticas dos materiais; a questão 2, que tratou sobre a polarização magnética; a questão 4, sobre a magnetização terrestre

e a questão 6, que envolveu conhecimentos sobre a indução eletromagnética. As questões que apresentavam maiores erros foram a questão 3, sobre a indução eletromagnética e a questão 7, que envolveu a indução eletromagnética.

Gráfico 41 - Porcentagem de alunos da TE que responderam cada questão do pós-teste corretamente.



Fonte: O próprio autor.

A tabela 22, mostra um detalhamento da nota atingida pelos alunos da TC. Está apresentada a quantidade de questões que cada aluno acertou associada à quantidade de alunos que acertou a cada quantidade. Destaca-se a nota atingida pela porcentagem de alunos relativa à quantidade de questões certas.

Tabela 22 - Detalhamento da nota atingida pela TE.

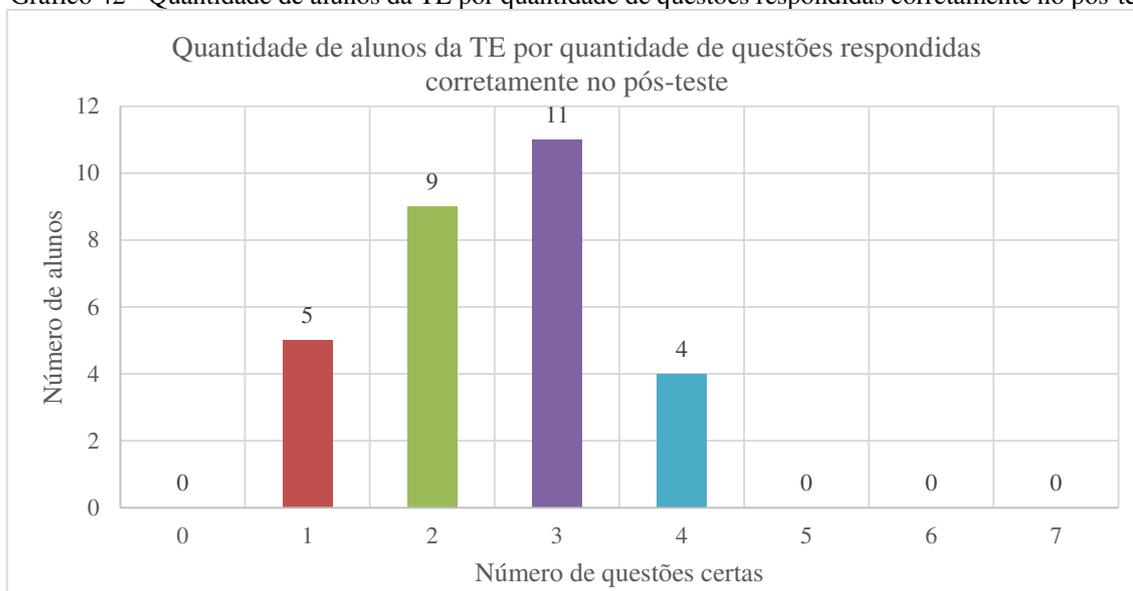
Número de questões que cada aluno acertou	Quantidade de alunos que acertou a quantidade de questões	Porcentagem do número de questões certas (%)	Nota atingida pelo aluno	Porcentagem de alunos que atingiram a nota (%)
0	0	0	-	-
1	05	14,28	1,43	17,24
2	09	28,57	2,86	31,03
3	11	42,86	4,29	37,93
4	04	57,14	5,71	13,79
5	0	0	-	-
6	0	0	-	-
7	0	0	-	-

Fonte: o próprio autor.

A distribuição da tabela 22 permite verificar a porcentagem de alunos da TE, por nota, dando a condição do levantamento do nível de conhecimento atingido pelos alunos analisados após a realização da pesquisa.

No gráfico 42 está representado o número de alunos da TE distribuídos por quantidade de questões do questionário pós-teste respondidas corretamente. Observa-se que a maior parcela de alunos na distribuição acertou 3 questões.

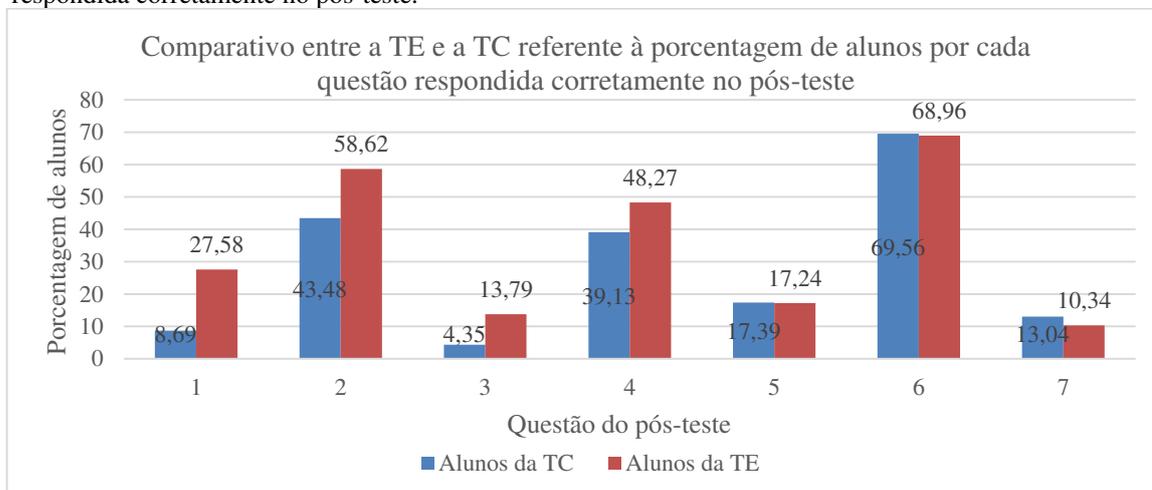
Gráfico 42 - Quantidade de alunos da TE por quantidade de questões respondidas corretamente no pós-teste.



Fonte: O próprio autor.

Procedendo-se à comparação entre a TE e a TC referente à porcentagem de alunos por cada questão específica respondida corretamente no pós-teste, observa-se o gráfico 43 mostrando destacadamente a superioridade dos resultados da turma experimental (TE) sobre os resultados da turma de controle (TC).

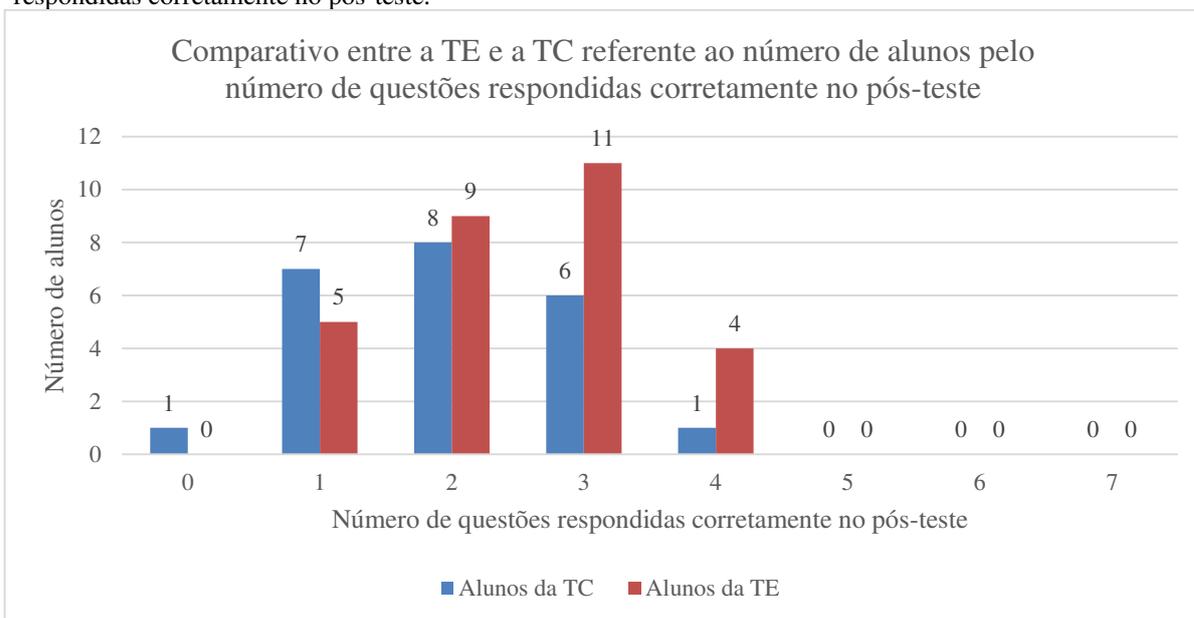
Gráfico 43 - Comparativo entre a TE e a TC referente à porcentagem de alunos por cada questão respondida corretamente no pós-teste.



Fonte: O próprio autor.

Comparando-se a TE e a TC com referência ao número de alunos pelo número de questões respondidas corretamente no pós-teste, observa-se o gráfico 44 mostrando uma certa uniformidade entre quais questões foram respondidas de forma correta entre as duas turmas, com base na proximidade dos números de alunos que acertaram as questões. No entanto, apresenta-se uma superioridade dos resultados da TE sobre os resultados da TC na maioria das questões.

Gráfico 44 - Comparativo entre a TE e a TC referente ao número de alunos pelo número de questões respondidas corretamente no pós-teste.



Fonte: O próprio autor.

Pode ser observado que um maior número de alunos da TE conseguiu um melhor resultado na resposta ao questionário do pós-teste.

8.6 Análise das impressões dos alunos sobre a metodologia da Aprendizagem Cooperativa

Após a aplicação dos Mines Testes, nas aulas 2, 4, 6 e 8, os alunos foram convidados a responder um questionário onde puderam se colocar quanto às questões relativas ao seu desenvolvimento da aprendizagem, à sua participação no grupo, como também puderam avaliar o desempenho do grupo. O quadro 35 mostra o formulário fornecido aos alunos.

Quadro 35 – Formulário para a auto avaliação e avaliação do grupo.

Auto avaliação	Sim	Poderia melhorar	Não	
2. Compreendi a tarefa?				
10. Mantive a concentração na tarefa?				
11. Procurei compreender e aceitar as ideias e opiniões dos colegas?				
12. Participei com ideias e opiniões na realização da tarefa?				
13. Incentivei os colegas a participarem?				
14. Ofereci ajuda quando necessário?				
15. Pedi ajuda quando necessário?				
16. Aceitei a ajuda dos colegas?				
17. Senti entusiasmo no trabalho?				
Avalie o trabalho realizado pelo grupo				
	Muito bom	Bom	Satisfatório	Insatisfatório
4. Todos compreendemos e realizamos a tarefa.				
5. Mantivemos a atenção e a motivação na realização da tarefa.				
6. Colaboramos com respeito, compartilhando ideias e opiniões.				
Algum comentário a fazer sobre o trabalho em grupo?				

Fonte: Adaptado de Simões, S. E. F. “Um por todos e todos por um – Fomentar a Aprendizagem Cooperativa do inglês no 1º CEB”. Dissertação de mestrado. Universidade do Minho. 2012.

Ao concluir a resolução dos Mines Testes, os alunos preencheram o formulário (anexo Y), onde se colocaram quanto às impressões sobre a metodologia da Aprendizagem Cooperativa, utilizando o método STAD. Na ocasião, os estudantes também puderam fazer comentários sobre o trabalho desenvolvido pelo grupo.

Para que se pudesse analisar os resultados da pesquisa envolvendo aspectos qualitativos foi utilizado, além da observação do professor, as respostas dos alunos aos questionários (anexo Y) aplicados após os Mines Testes. Os questionários constaram de algumas perguntas relativas ao desempenho individual do estudante, opinando se atingiram plenamente os objetivos, se poderia melhorar e se não foi possível a aprendizagem. Na mesma ocasião os alunos puderam avaliar o trabalho em grupo, com o posicionamento sobre alguns aspectos, classificando em muito bom, bom, satisfatório ou insatisfatório.

A avaliação sobre a metodologia da Aprendizagem Cooperativa, utilizando o método STAD, foi aplicada ao final da aula 2, da aula 4, da aula 6 e da aula 8.

8.6.1 Impressões dos alunos sobre o trabalho em grupo na metodologia da Aprendizagem Cooperativa na aula 2 - O Campo Magnético

O quadro 36 apresenta o resumo da auto avaliação e da avaliação trabalho em grupo usando o método STAD, para o grupo 01, na aula 2. Destaca o número de alunos por afirmação sobre o questionamento apresentado no questionário do anexo Y.

Quadro 36 – Resumo das constatações qualitativas sobre o grupo 01 na aula 2

Avaliação individual e do grupo – Aula 2 O campo magnético Grupo 01		Número de alunos por opinião escolhida			
		Sim	Poderia melhorar	Não	
3.	Compreendi a tarefa?	2	-	-	
18.	Mantive a concentração na tarefa?	-	2	-	
19.	Procurei compreender e aceitar as ideias e opiniões dos colegas?	1	-	1	
20.	Participei com ideias e opiniões na realização da tarefa?	1	-	1	
21.	Incentivei os colegas a participarem?	2	-	-	
22.	Ofereci ajuda quando necessário?	1	1	-	
23.	Pedi ajuda quando necessário?	2	-	-	
24.	Aceitei a ajuda dos colegas?	2	-	-	
25.	Senti entusiasmo no trabalho?	1	1	-	
Avaliação do trabalho realizado pelo grupo					
Critérios		Número de alunos por opinião escolhida			
		Muito bom	Bom	Satisfatório	Insatisfatório
7.	Todos compreendemos e realizamos a tarefa.	1	-	1	-
8.	Mantivemos a atenção e a motivação na realização da tarefa.	1	1	-	-
9.	Colaboramos com respeito, compartilhando ideias e opiniões.	1	1	-	-
Comentário sobre o trabalho em grupo:					
1. “A troca de ideias foi boa, mas poderia melhorar. Se acontecessem atividades assim, acho que seria bom pra turma toda”.					

Fonte: O próprio autor.

Quanto ao comentário de um aluno do grupo 01, na aula 2, “A troca de ideias foi boa, mas poderia melhorar. Se acontecessem atividades assim, acho que seria bom pra turma toda”, este demonstrou entusiasmo quanto à participação na metodologia da Aprendizagem Cooperativa. Contudo, mostrou que os trabalhos ainda não apresentavam resultados satisfatórios. Mostrou também interesse pela continuidade da aplicação da abordagem metodológica.

O quadro 37 apresenta o resumo da auto avaliação e da avaliação trabalho em grupo usando o método STAD, para o grupo 02, na aula 2. Destaca o número de alunos por afirmação sobre o questionamento apresentado no questionário do anexo Y.

Quadro 37 – Resumo das constatações qualitativas sobre o grupo 02 na aula 2.

Avaliação individual e do grupo – Aula 2 O campo magnético Grupo 02		Número de alunos por opinião escolhida		
		Sim	Poderia melhorar	Não
1. Compreendi a tarefa?	2	-	4	
2. Mantive a concentração na tarefa?	2	2	2	
3. Procurei compreender e aceitar as ideias e opiniões dos colegas?	6	-	-	
4. Participei com ideias e opiniões na realização da tarefa?	6	-	-	
5. Incentivei os colegas a participarem?	5	-	1	
6. Ofereci ajuda quando necessário?	6	-	-	
7. Pedi ajuda quando necessário?	6	-	-	
8. Aceitei a ajuda dos colegas?	6	-	-	
9. Senti entusiasmo no trabalho?	4	2	-	
Avaliação do trabalho realizado pelo grupo				
Critérios	Número de alunos por opinião escolhida			
	Muito bom	Bom	Satisfatório	Insatisfatório
1. Todos compreendemos e realizamos a tarefa.	1	5	-	-
2. Mantivemos a atenção e a motivação na realização da tarefa.	2	4	-	-
3. Colaboramos com respeito, compartilhando ideias e opiniões.	3	3	-	-
Algum comentário a fazer sobre o trabalho em grupo?				
1. “ <i>Poderia haver mais sintonia entre os alunos</i> ”.				

Fonte: O próprio autor.

Quanto ao comentário de um aluno do grupo 02, na aula 2, “*Poderia haver mais sintonia entre os alunos*”, este mostrou insatisfação quanto à participação dos outros componentes do grupo. Destacou a preocupação com a diversidade de ideias na equipe.

O quadro 38 apresenta o resumo da auto avaliação e da avaliação trabalho em grupo usando o método STAD, para o grupo 03, na aula 2. Destaca o número de alunos por afirmação sobre o questionamento apresentado no questionário do anexo Y.

Quadro 38 – Resumo das constatações qualitativas sobre o grupo 03 na aula 2.

Avaliação individual e do grupo – Aula 2 O campo magnético Grupo 03		Número de alunos por opinião escolhida		
		Sim	Poderia melhorar	Não
1. Compreendi a tarefa?	3	1	-	
2. Mantive a concentração na tarefa?	-	2	-	
3. Procurei compreender e aceitar as ideias e opiniões dos colegas?	4	-	-	
4. Participei com ideias e opiniões na realização da tarefa?	4	-	-	
5. Incentivei os colegas a participarem?	4	-	-	
6. Ofereci ajuda quando necessário?	4	-	-	
7. Pedi ajuda quando necessário?	4	-	-	
8. Aceitei a ajuda dos colegas?	4	-	-	
9. Senti entusiasmo no trabalho?	4	-	-	
Avaliação do trabalho realizado pelo grupo				
Critérios	Número de alunos por opinião escolhida			
	Muito bom	Bom	Satisfatório	Insatisfatório
1. Todos compreendemos e realizamos a tarefa.	1	-	3	-
2. Mantivemos a atenção e a motivação na realização da tarefa.	1	3	-	-
3. Colaboramos com respeito, compartilhando ideias e opiniões.	1	3	-	-
Algum comentário a fazer sobre o trabalho em grupo?				
1. <i>“É uma equipe bem esforçada e todos estão em harmonia”.</i>				
2. <i>“Vamos melhorar esse trabalho em grupo”.</i>				

Fonte: O próprio autor.

Quanto aos comentários dos alunos do grupo 03, na aula 2, *“É uma equipe bem esforçada e todos estão em harmonia”*, este demonstrou satisfação pelos resultados dos trabalhos em equipe. O comentário tecido por outro aluno, *“Vamos melhorar esse trabalho em grupo”*, enxergou a possibilidade de se melhorar os resultados.

O quadro 39 apresenta o resumo da auto avaliação e da avaliação trabalho em grupo usando o método STAD, para o grupo 04, na aula 2. Destaca o número de alunos por afirmação sobre o questionamento apresentado no questionário do anexo Y.

Quadro 39 – Resumo das constatações qualitativas sobre o grupo 04 na aula 2.

Avaliação individual e do grupo – Aula 2 O campo magnético Grupo 04		Número de alunos por opinião escolhida			
		Sim	Poderia melhorar	Não	
1.	Compreendi a tarefa?	3	1	-	
2.	Mantive a concentração na tarefa?	3	1	-	
3.	Procurei compreender e aceitar as ideias e opiniões dos colegas?	4	-	-	
4.	Participei com ideias e opiniões na realização da tarefa?	4	-	-	
5.	Incentivei os colegas a participarem?	4	-	-	
6.	Ofereci ajuda quando necessário?	4	-	-	
7.	Pedi ajuda quando necessário?	4	-	-	
8.	Aceitei a ajuda dos colegas?	3	-	1	
9.	Senti entusiasmo no trabalho?	3	1	-	
Avaliação do trabalho realizado pelo grupo					
Critérios		Número de alunos por opinião escolhida			
		Muito bom	Bom	Satisfatório	Insatisfatório
1.	Todos compreendemos e realizamos a tarefa.	1	2	-	1
2.	Mantivemos a atenção e a motivação na realização da tarefa.	3	1	-	-
3.	Colaboramos com respeito, compartilhando ideias e opiniões.	1	2	1	-
Algum comentário a fazer sobre o trabalho em grupo?					

Fonte: O próprio autor.

Não houve comentários no grupo 04, na aula 2.

O quadro 40 apresenta o resumo da auto avaliação e da avaliação trabalho em grupo usando o método STAD, para o grupo 05, na aula 2. Destaca o número de alunos por afirmação sobre o questionamento apresentado no questionário do anexo Y.

Quadro 40 – Resumo das constatações qualitativas sobre o grupo 05 na aula 2.

Avaliação individual e do grupo – Aula 2 O campo magnético Grupo 05		Número de alunos por opinião escolhida		
		Sim	Poderia melhorar	Não
1. Compreendi a tarefa?	1	1	-	
2. Mantive a concentração na tarefa?	1	1	-	
3. Procurei compreender e aceitar as ideias e opiniões dos colegas?	2	-	-	
4. Participei com ideias e opiniões na realização da tarefa?	2	-	-	
5. Incentivei os colegas a participarem?	2	-	-	
6. Ofereci ajuda quando necessário?	2	-	-	
7. Pedi ajuda quando necessário?	2	--	-	
8. Aceitei a ajuda dos colegas?	2	-	-	
9. Senti entusiasmo no trabalho?	2	-	-	
Avaliação do trabalho realizado pelo grupo				
Critérios	Número de alunos por opinião escolhida			
	Muito bom	Bom	Satisfatório	Insatisfatório
1. Todos compreendemos e realizamos a tarefa.	1	-	1	-
2. Mantivemos a atenção e a motivação na realização da tarefa.	1	-	-	1
3. Colaboramos com respeito, compartilhando ideias e opiniões.	1	-	1	-
Algum comentário a fazer sobre o trabalho em grupo?				
1. <i>“Tiramos muitas dúvidas entre nós e foi muito interessante aprendermos e tirarmos dúvidas juntos”.</i>				
2. <i>“Gostaria de vir sempre ao laboratório de ciências, pois me sinto muito bem com as experimentações que acontecem”.</i>				

Fonte: O próprio autor.

Analisando os comentários dos alunos do grupo 05, na aula 2, o primeiro, *“Tiramos muitas dúvidas entre nós e foi muito interessante aprendermos e tirarmos dúvidas juntos”*, retrata a satisfação do aluno pela possibilidade de ter no companheiro uma fonte de ajuda na compreensão do assunto, com a possibilidade de poder tirar dúvidas. O outro comentário, *“Gostaria de vir sempre ao laboratório de ciências, pois me sinto muito bem com as experimentações que acontecem”*, demonstra o interesse pelas atividades experimentais.

O quadro 41 apresenta o resumo da auto avaliação e da avaliação trabalho em grupo usando o método STAD, para o grupo 06, na aula 2. Destaca o número de alunos por afirmação sobre o questionamento apresentado no questionário do anexo Y.

Quadro 41 – Resumo das constatações qualitativas sobre o grupo 06 na aula 2.

Avaliação individual e do grupo – Aula 2 O campo magnético Grupo 06		Número de alunos por opinião escolhida		
		Sim	Poderia melhorar	Não
1. Compreendi a tarefa?		3	-	1
2. Mantive a concentração na tarefa?		4	-	-
3. Procurei compreender e aceitar as ideias e opiniões dos colegas?		2	2	-
4. Participei com ideias e opiniões na realização da tarefa?		2	2	-
5. Incentivei os colegas a participarem?		3	1	-
6. Ofereci ajuda quando necessário?		4	-	-
7. Pedi ajuda quando necessário?		4	-	-
8. Aceitei a ajuda dos colegas?		4	-	-
9. Senti entusiasmo no trabalho?		3	1	-
Avaliação do trabalho realizado pelo grupo				
Critérios	Número de alunos por opinião escolhida			
	Muito bom	Bom	Satisfatório	Insatisfatório
1. Todos compreendemos e realizamos a tarefa.	1	1	2	-
2. Mantivemos a atenção e a motivação na realização da tarefa.	1	1	2	-
3. Colaboramos com respeito, compartilhando ideias e opiniões.	1	1	2	-
Alguns comentários a fazer sobre o trabalho em grupo? 1. “ <i>Não tenho comentário. Tudo ótimo, até hoje</i> ”. 2. “ <i>Bom</i> ”. 3. “ <i>Grupo 06, muito bom!</i> ”.				

Fonte: o próprio autor.

Analisando os comentários dos alunos do grupo 06, na aula 2, um aluno relatou a satisfação plena pelo trabalho em grupo cooperativo, comentando: “*Não tenho comentário. Tudo ótimo, até hoje*”. Outro aluno foi simples no comentário, mostrando objetivamente a sua satisfação: “*Bom*”. O terceiro aluno elogiou o grupo comentando em tom exclamativo: “*Grupo 06, muito bom!*”.

O quadro 42 apresenta o resumo da auto avaliação e da avaliação trabalho em grupo usando o método STAD, para o grupo 07, na aula 2. Destaca o número de alunos por afirmação sobre o questionamento apresentado no questionário do anexo Y.

Quadro 42 – Resumo das constatações qualitativas sobre o grupo 07 na aula 2.

Avaliação individual e do grupo – Aula 2 O campo magnético Grupo 07		Número de alunos por opinião escolhida			
		Sim	Poderia melhorar	Não	
1.	Compreendi a tarefa?	3	1	-	
2.	Mantive a concentração na tarefa?	2	2	-	
3.	Procurei compreender e aceitar as ideias e opiniões dos colegas?	4	-	-	
4.	Participei com ideias e opiniões na realização da tarefa?	3	1	-	
5.	Incentivei os colegas a participarem?	4	-	-	
6.	Ofereci ajuda quando necessário?	4	-	-	
7.	Pedi ajuda quando necessário?	4	-	-	
8.	Aceitei a ajuda dos colegas?	4	-	-	
9.	Senti entusiasmo no trabalho?	4	-	-	
Avaliação do trabalho realizado pelo grupo					
Critérios		Número de alunos por opinião escolhida			
		Muito bom	Bom	Satisfatório	Insatisfatório
1.	Todos compreendemos e realizamos a tarefa.	2	2	-	-
2.	Mantivemos a atenção e a motivação na realização da tarefa.	2	1	1	-
3.	Colaboramos com respeito, compartilhando ideias e opiniões.	3	-	1	-
Algum comentário a fazer sobre o trabalho em grupo?					
1. <i>“Foi satisfatório trabalharmos em grupo”</i> .					
2. <i>“Tiramos todas as dúvidas sobre o assunto e fiquei muito satisfeita com a aula. Professor muito ótimo, sempre procurando ajudar os alunos”</i> .					
3. <i>“Muito bom”</i> .					

Fonte: O próprio autor.

Os alunos do grupo 07, na aula 2, teceram alguns comentários. No primeiro, *“Foi satisfatório trabalharmos em grupo”*, o aluno demonstrou uma impressão positiva quanto ao trabalho em equipe. No segundo, *“Tiramos todas as dúvidas sobre o assunto e fiquei muito satisfeita com a aula. Professor muito ótimo, sempre procurando ajudar os alunos”*, o aluno afirmou que a condição de ajuda mútua, típica da aprendizagem cooperativa, foi realizada no grupo e demonstrou satisfação com o trabalho do professor. No último comentário, *“Muito bom”*, o aluno foi direto na afirmação de que o trabalho em grupo foi positivo.

8.6.2 Impressões dos alunos sobre o trabalho em grupo na metodologia da Aprendizagem Cooperativa na aula 4 – A lei de Ampère

O quadro 43 apresenta o resumo da auto avaliação e da avaliação trabalho em grupo usando o método STAD, para o grupo 01, na aula 4. Destaca o número de alunos por afirmação sobre o questionamento apresentado no questionário do anexo Y.

Quadro 43 – Resumo das constatações qualitativas sobre o grupo 01 na aula 4.

Avaliação individual e do grupo – Aula 4 A lei de Ampère Grupo 01		Número de alunos por opinião escolhida			
		Sim	Poderia melhorar	Não	
1.	Compreendi a tarefa?	-	2	3	
2.	Mantive a concentração na tarefa?	2	1	2	
3.	Procurei compreender e aceitar as ideias e opiniões dos colegas?	4	-	1	
4.	Participei com ideias e opiniões na realização da tarefa?	1	1	3	
5.	Incentivei os colegas a participarem?	-	2	3	
6.	Ofereci ajuda quando necessário?	2	1	2	
7.	Pedi ajuda quando necessário?	3	-	2	
8.	Aceitei a ajuda dos colegas?	2	-	3	
9.	Senti entusiasmo no trabalho?	2	1	2	
Avaliação do trabalho realizado pelo grupo					
Critérios		Número de alunos por opinião escolhida			
		Muito bom	Bom	Satisfatório	Insatisfatório
1.	Todos compreendemos e realizamos a tarefa.	-	1	3	1
2.	Mantivemos a atenção e a motivação na realização da tarefa.	1	1	1	2
3.	Colaboramos com respeito, compartilhando ideias e opiniões.	1	1	2	1
Algum comentário a fazer sobre o trabalho em grupo?					
1. “Não peguei a explicação no início”.					
2. “Não cheguei a tempo para a explicação, mas meus colegas são maravilhosos”.					
3. “Boa interação”.					

Fonte: O próprio autor.

Os primeiros comentários do grupo 01, na aula 4, “*Não peguei a explicação no início*” e “*Não cheguei a tempo para a explicação, mas meus colegas são maravilhosos*”, demonstraram a insatisfação de alguns alunos em chegar com atraso, mas identificou a atitude do grupo em ajudar os retardatários. Houve objetividade no último comentário, “*Boa interação*”, demonstrando o clima amistoso do grupo.

O quadro 44 apresenta o resumo da auto avaliação e da avaliação trabalho em grupo usando o método STAD, para o grupo 02, na aula 4. Destaca o número de alunos por afirmação sobre o questionamento apresentado no questionário do anexo Y.

Quadro 44 – Resumo das constatações qualitativas do grupo 2 na aula 4.

Avaliação individual e do grupo – Aula 4 A lei de Ampère Grupo 02		Número de alunos por opinião escolhida			
		Sim	Poderia melhorar	Não	
1.	Compreendi a tarefa?	3	-	2	
2.	Mantive a concentração na tarefa?	4	-	1	
3.	Procurei compreender e aceitar as ideias e opiniões dos colegas?	4	1	-	
4.	Participei com ideias e opiniões na realização da tarefa?	5	-	-	
5.	Incentivei os colegas a participarem?	4	1	-	
6.	Ofereci ajuda quando necessário?	5	-	-	
7.	Pedi ajuda quando necessário?	5	-	-	
8.	Aceitei a ajuda dos colegas?	5	-	-	
9.	Senti entusiasmo no trabalho?	3	1	1	
Avaliação do trabalho realizado pelo grupo					
Critérios		Número de alunos por opinião escolhida			
		Muito bom	Bom	Satisfatório	Insatisfatório
1.	Todos compreendemos e realizamos a tarefa.	-	2	2	1
2.	Mantivemos a atenção e a motivação na realização da tarefa.	1	1	2	1
3.	Colaboramos com respeito, compartilhando ideias e opiniões.	1	2	2	-
Alguns comentários a fazer sobre o trabalho em grupo?					
1. <i>“Todos estão se esforçando”.</i>					

Fonte: O próprio autor.

No comentário do grupo 02, na aula 4, *“Todos estão se esforçando”*, foi demonstrada a condição do grupo de cooperação diante das dificuldades de aprendizagem.

O quadro 45 apresenta o resumo da auto avaliação e da avaliação trabalho em grupo usando o método STAD, para o grupo 03, na aula 4. Destaca o número de alunos por afirmação sobre o questionamento apresentado no questionário do anexo Y.

Quadro 45 – Resumo das constatações qualitativas do grupo 3 na aula 4.

Avaliação individual e do grupo – Aula 4 A lei de Ampère Grupo 03		Número de alunos por opinião escolhida		
		Sim	Poderia melhorar	Não
1. Compreendi a tarefa?	-	2	-	-
2. Mantive a concentração na tarefa?	2	-	-	-
3. Procurei compreender e aceitar as ideias e opiniões dos colegas?	2	-	-	-
4. Participei com ideias e opiniões na realização da tarefa?	2	-	-	-
5. Incentivei os colegas a participarem?	1	1	-	-
6. Ofereci ajuda quando necessário?	2	-	-	-
7. Pedi ajuda quando necessário?	2	-	-	-
8. Aceitei a ajuda dos colegas?	2	-	-	-
9. Senti entusiasmo no trabalho?	2	-	-	-
Avaliação do trabalho realizado pelo grupo				
Critérios	Número de alunos por opinião escolhida			
	Muito bom	Bom	Satisfatório	Insatisfatório
1. Todos compreendemos e realizamos a tarefa.	-	2	-	-
2. Mantivemos a atenção e a motivação na realização da tarefa.	-	2	-	-
3. Colaboramos com respeito, compartilhando ideias e opiniões.	-	2	-	-
Algum comentário a fazer sobre o trabalho em grupo?				

Fonte: O próprio autor.

Não houve comentário do grupo 03, na aula 4.

O quadro 46 apresenta o resumo da auto avaliação e da avaliação trabalho em grupo usando o método STAD, para o grupo 04, na aula 4. Destaca o número de alunos por afirmação sobre o questionamento apresentado no questionário do anexo Y.

Quadro 46 – Resumo das constatações qualitativas do grupo 4 na aula 4.

Avaliação individual e do grupo – Aula 4 A lei de Ampère Grupo 04		Número de alunos por opinião escolhida			
		Sim	Poderia melhorar	Não	
1.	Compreendi a tarefa?	2	-	2	
2.	Mantive a concentração na tarefa?	3	-	1	
3.	Procurei compreender e aceitar as ideias e opiniões dos colegas?	3	-	1	
4.	Participei com ideias e opiniões na realização da tarefa?	1	-	3	
5.	Incentivei os colegas a participarem?	1	-	3	
6.	Ofereci ajuda quando necessário?	2	-	2	
7.	Pedi ajuda quando necessário?	3	-	1	
8.	Aceitei a ajuda dos colegas?	3	-	1	
9.	Senti entusiasmo no trabalho?	2	1	1	
Avaliação do trabalho realizado pelo grupo					
Critérios		Número de alunos por opinião escolhida			
		Muito bom	Bom	Satisfatório	Insatisfatório
1.	Todos compreendemos e realizamos a tarefa.	-	2	2	-
2.	Mantivemos a atenção e a motivação na realização da tarefa.	1	2	1	-
3.	Colaboramos com respeito, compartilhando ideias e opiniões.	1	1	2	-
Algum comentário a fazer sobre o trabalho em grupo? 1. “ <i>Não compreendi, pois sempre chego atrasada, então perco as explicações</i> ”. 2. “ <i>Muito bom. Fica mais fácil de entender com a ajuda e opiniões dos colegas</i> ”.					

Fonte: O próprio autor.

O grupo 04, na aula 4, teceu comentários. O primeiro, “*Não compreendi, pois sempre chego atrasada, então perco as explicações*”, ficou demonstrada a influência da condição de chegada com atraso às aulas. No segundo comentário, “*Muito bom. Fica mais fácil de entender com a ajuda e opiniões dos colegas*”, fica destacado que houve ajuda dos colegas para a compreensão dos conteúdos, bem como o respeito às opiniões dos componentes do grupo.

O quadro 47 apresenta o resumo da auto avaliação e da avaliação trabalho em grupo usando o método STAD, para o grupo 05, na aula 4. Destaca o número de alunos por afirmação sobre o questionamento apresentado no questionário do anexo Y.

Quadro 47 – Resumo das constatações qualitativas do grupo 05 na aula 4.

Avaliação individual e do grupo – Aula 4 A lei de Ampère Grupo 05		Número de alunos por opinião escolhida			
		Sim	Poderia melhorar	Não	
1.	Compreendi a tarefa?	3	1	2	
2.	Mantive a concentração na tarefa?	4	2	-	
3.	Procurei compreender e aceitar as ideias e opiniões dos colegas?	6	-	-	
4.	Participei com ideias e opiniões na realização da tarefa?	4	1	1	
5.	Incentivei os colegas a participarem?	5	-	1	
6.	Ofereci ajuda quando necessário?	4	1	1	
7.	Pedi ajuda quando necessário?	4	1	1	
8.	Aceitei a ajuda dos colegas?	5	1	-	
9.	Senti entusiasmo no trabalho?	5	1	-	
Avaliação do trabalho realizado pelo grupo					
Critérios		Número de alunos por opinião escolhida			
		Muito bom	Bom	Satisfatório	Insatisfatório
1.	Todos compreendemos e realizamos a tarefa.	-	3	3	-
2.	Mantivemos a atenção e a motivação na realização da tarefa.	1	3	2	-
3.	Colaboramos com respeito, compartilhando ideias e opiniões.	2	1	3	-
Algum comentário a fazer sobre o trabalho em grupo?					

Fonte: O próprio autor.

Não houve comentário do grupo 05, na aula 4.

O quadro 48 apresenta o resumo da auto avaliação e da avaliação trabalho em grupo usando o método STAD, para o grupo 06, na aula 4. Destaca o número de alunos por afirmação sobre o questionamento apresentado no questionário do anexo Y.

Quadro 48 – Resumo das constatações qualitativas do grupo 06 na aula 4.

Avaliação individual e do grupo – Aula 4 A lei de Ampère Grupo 06		Número de alunos por opinião escolhida		
		Sim	Poderia melhorar	Não
1. Compreendi a tarefa?	2	-	2	
2. Mantive a concentração na tarefa?	3	1	-	
3. Procurei compreender e aceitar as ideias e opiniões dos colegas?	3	1	-	
4. Participei com ideias e opiniões na realização da tarefa?	3	1	-	
5. Incentivei os colegas a participarem?	4	-	-	
6. Ofereci ajuda quando necessário?	4	-	-	
7. Pedi ajuda quando necessário?	4	-	-	
8. Aceitei a ajuda dos colegas?	4	-	-	
9. Senti entusiasmo no trabalho?	3	-	1	
Avaliação do trabalho realizado pelo grupo				
Critérios	Número de alunos por opinião escolhida			
	Muito bom	Bom	Satisfatório	Insatisfatório
1. Todos compreendemos e realizamos a tarefa.	3	-	-	1
2. Mantivemos a atenção e a motivação na realização da tarefa.	3	1	-	-
3. Colaboramos com respeito, compartilhando ideias e opiniões.	3	1	-	-
Alguns comentários a fazer sobre o trabalho em grupo?				
1. “ <i>Tudo bem com o grupo</i> ”.				
2. “ <i>Foi muito legal aprender alguma coisa a respeito dos ímãs</i> ”.				

Fonte: O próprio autor.

Quanto aos comentários do grupo 06, na aula 4, no primeiro, “*Tudo bem com o grupo*”, o aluno demonstrou satisfação com o desempenho do grupo. No segundo comentário, “*Foi muito legal aprender alguma coisa a respeito dos ímãs*”, o aluno foi específico em demonstrar interesse pelos estudos sobre o Eletromagnetismo.

O quadro 49 apresenta o resumo da auto avaliação e da avaliação trabalho em grupo usando o método STAD, para o grupo 07, na aula 4. Destaca o número de alunos por afirmação sobre o questionamento apresentado no questionário do anexo Y.

Quadro 49 – Resumo das constatações qualitativas do grupo 07 na aula 4.

Avaliação individual e do grupo – Aula 4 A lei de Ampère Grupo 07		Número de alunos por opinião escolhida			
		Sim	Poderia melhorar	Não	
1.	Compreendi a tarefa?	1	1	1	
2.	Mantive a concentração na tarefa?	1	2	-	
3.	Procurei compreender e aceitar as ideias e opiniões dos colegas?	1	2	-	
4.	Participei com ideias e opiniões na realização da tarefa?	1	1	1	
5.	Incentivei os colegas a participarem?	1	1	1	
6.	Ofereci ajuda quando necessário?	2	1	-	
7.	Pedi ajuda quando necessário?	2	1	-	
8.	Aceitei a ajuda dos colegas?	2	1	-	
9.	Senti entusiasmo no trabalho?	-	3	-	
Avaliação do trabalho realizado pelo grupo					
Critérios		Número de alunos por opinião escolhida			
		Muito bom	Bom	Satisfatório	Insatisfatório
1.	Todos compreendemos e realizamos a tarefa.	-	2	-	1
2.	Mantivemos a atenção e a motivação na realização da tarefa.	-	-	3	-
3.	Colaboramos com respeito, compartilhando ideias e opiniões.	1	-	1	1
Algum comentário a fazer sobre o trabalho em grupo?					

Fonte: O próprio autor.

Não houve comentário no grupo 07, na aula 4.

8.6.3 Impressões dos alunos sobre o trabalho em grupo na metodologia da Aprendizagem Cooperativa na aula 6 – A lei de Faraday

O quadro 50 apresenta o resumo da auto avaliação e da avaliação trabalho em grupo usando o método STAD, para o grupo 01, na aula 6. Destaca o número de alunos por afirmação sobre o questionamento apresentado no questionário do anexo Y.

Quadro 50 – Resumo das constatações qualitativas do grupo 01 na aula 6.

Avaliação individual e do grupo – Aula 6 A lei de Faraday Grupo 01		Número de alunos por opinião escolhida		
		Sim	Poderia melhorar	Não
1. Compreendi a tarefa?	1	-	1	
2. Mantive a concentração na tarefa?	1	1	-	
3. Procurei compreender e aceitar as ideias e opiniões dos colegas?	2	-	-	
4. Participei com ideias e opiniões na realização da tarefa?	2	-	-	
5. Incentivei os colegas a participarem?	1	1	-	
6. Ofereci ajuda quando necessário?	1	1	-	
7. Pedi ajuda quando necessário?	-	2	-	
8. Aceitei a ajuda dos colegas?	1	1	-	
9. Senti entusiasmo no trabalho?	-	2	-	
Avaliação do trabalho realizado pelo grupo				
Critérios	Número de alunos por opinião escolhida			
	Muito bom	Bom	Satisfatório	Insatisfatório
1. Todos compreendemos e realizamos a tarefa.	-	2	-	-
2. Mantivemos a atenção e a motivação na realização da tarefa.	1	1	-	-
3. Colaboramos com respeito, compartilhando ideias e opiniões.	1	1	-	-
Algum comentário a fazer sobre o trabalho em grupo?				

Fonte: O próprio autor.

Não houve comentário no grupo 01, na aula 6.

O quadro 51 apresenta o resumo da auto avaliação e da avaliação trabalho em grupo usando o método STAD, para o grupo 02, na aula 6. Destaca o número de alunos por afirmação sobre o questionamento apresentado no questionário do anexo Y.

Quadro 51 – Resumo das constatações qualitativas do grupo 02 na aula 6.

Avaliação individual e do grupo – Aula 6 A lei de Faraday Grupo 02		Número de alunos por opinião escolhida		
		Sim	Poderia melhorar	Não
1. Compreendi a tarefa?	3	1	1	
2. Mantive a concentração na tarefa?	4	1	-	
3. Procurei compreender e aceitar as ideias e opiniões dos colegas?	5	-	-	
4. Participei com ideias e opiniões na realização da tarefa?	3	2	-	
5. Incentivei os colegas a participarem?	4	1	-	
6. Ofereci ajuda quando necessário?	5	-	-	
7. Pedi ajuda quando necessário?	5	-	-	
8. Aceitei a ajuda dos colegas?	5	-	-	
9. Senti entusiasmo no trabalho?	3	-	2	
Avaliação do trabalho realizado pelo grupo				
Critérios	Número de alunos por opinião escolhida			
	Muito bom	Bom	Satisfatório	Insatisfatório
1. Todos compreendemos e realizamos a tarefa.	1	1	3	-
2. Mantivemos a atenção e a motivação na realização da tarefa.	1	3	1	-
3. Colaboramos com respeito, compartilhando ideias e opiniões.	1	3	1	-
Alguns comentários a fazer sobre o trabalho em grupo?				
1. “Precisamos de mais aulas para aprimorar o aprendizado”.				

Fonte: o próprio autor.

No comentário do grupo 02, na aula 6, “Precisamos de mais aulas para aprimorar o aprendizado”, o aluno demonstrou que o tempo estava insuficiente para garantir a aprendizagem plena. Fato também observado pelo pesquisador em alguns momentos durante as aulas.

O quadro 52 apresenta o resumo da auto avaliação e da avaliação trabalho em grupo usando o método STAD, para o grupo 03, na aula 6. Destaca o número de alunos por afirmação sobre o questionamento apresentado no questionário do anexo Y.

Quadro 52 – Resumo das constatações qualitativas do grupo 03 na aula 6.

Avaliação individual e do grupo – Aula 6 A lei de Faraday Grupo 03		Número de alunos por opinião escolhida		
		Sim	Poderia melhorar	Não
1. Compreendi a tarefa?	2	1	-	-
2. Mantive a concentração na tarefa?	3	-	-	-
3. Procurei compreender e aceitar as ideias e opiniões dos colegas?	3	-	-	-
4. Participei com ideias e opiniões na realização da tarefa?	3	-	-	-
5. Incentivei os colegas a participarem?	3	-	-	-
6. Ofereci ajuda quando necessário?	3	-	-	-
7. Pedi ajuda quando necessário?	3	-	-	-
8. Aceitei a ajuda dos colegas?	3	-	-	-
9. Senti entusiasmo no trabalho?	2	1	-	-
Avaliação do trabalho realizado pelo grupo				
Critérios	Número de alunos por opinião escolhida			
	Muito bom	Bom	Satisfatório	Insatisfatório
1. Todos compreendemos e realizamos a tarefa.	1	1	1	-
2. Mantivemos a atenção e a motivação na realização da tarefa.	1	1	1	-
3. Colaboramos com respeito, compartilhando ideias e opiniões.	2	1	-	-
Algum comentário a fazer sobre o trabalho em grupo?				
1. <i>“No último trabalho houve uma pequena falta de interesse por parte de uma participante”.</i>				
2. <i>“Muito bom trabalhar em grupo”.</i>				

Fonte: O próprio autor.

O grupo 03, na aula 6, teceu alguns comentários. O primeiro, *“No último trabalho houve uma pequena falta de interesse por parte de uma participante”*, o aluno demonstrou que percebeu um declínio no interesse dos participantes do grupo. No segundo comentário, *“Muito bom trabalhar em grupo”*, outro aluno afirmou estar satisfeito em trabalhar em grupo de forma cooperativa..

O quadro 53 apresenta o resumo da auto avaliação e da avaliação trabalho em grupo usando o método STAD, para o grupo 04, na aula 6. Destaca o número de alunos por afirmação sobre o questionamento apresentado no questionário do anexo Y.

Quadro 53 – Resumo das constatações qualitativas do grupo 04 na aula 6.

Avaliação individual e do grupo – Aula 6 A lei de Faraday Grupo 04	Número de alunos por opinião escolhida			
	Sim	Poderia melhorar	Não	
1. Compreendi a tarefa?	2	-	2	
2. Mantive a concentração na tarefa?	4	-	-	
3. Procurei compreender e aceitar as ideias e opiniões dos colegas?	3	1	-	
4. Participei com ideias e opiniões na realização da tarefa?	4	-	-	
5. Incentivei os colegas a participarem?	4	-	-	
6. Ofereci ajuda quando necessário?	4	-	-	
7. Pedi ajuda quando necessário?	4	-	-	
8. Aceitei a ajuda dos colegas?	4	-	-	
9. Senti entusiasmo no trabalho?	3	1	-	
Avalie o trabalho realizado pelo grupo				
	Muito bom	Bom	Satisfatório	Insatisfatório
1. Todos compreendemos e realizamos a tarefa.	1	2	1	-
2. Mantivemos a atenção e a motivação na realização da tarefa.	1	1	2	-
3. Colaboramos com respeito, compartilhando ideias e opiniões.	2	1	1	-
Alguns comentários a fazer sobre o trabalho em grupo? 1. <i>“Foi interessante. Deu pra aprender um pouco com esse trabalho de grupo”</i> . 2. <i>“Estamos nos esforçando para aprender toda a matéria”</i> .				

Fonte: O próprio autor.

Nos comentários do grupo 04, na aula 6, primeiramente com a afirmação de que *“Foi interessante. Deu pra aprender um pouco com esse trabalho de grupo”*, o aluno demonstrou a evolução do resultado da aprendizagem. No segundo comentário, *“Estamos nos esforçando para aprender toda a matéria”*, o aluno afirma perceber o esforço da turma durante os estudos.

O quadro 54 apresenta o resumo da auto avaliação e da avaliação trabalho em grupo usando o método STAD, para o grupo 05, na aula 6. Destaca o número de alunos por afirmação sobre o questionamento apresentado no questionário do anexo Y.

Quadro 54 – Resumo das constatações qualitativas do grupo 05 na aula 6.

Avaliação individual e do grupo – Aula 6 A lei de Faraday Grupo 05		Número de alunos por opinião escolhida		
		Sim	Poderia melhorar	Não
1. Compreendi a tarefa?	3	-	1	
2. Mantive a concentração na tarefa?	3	-	1	
3. Procurei compreender e aceitar as ideias e opiniões dos colegas?	3	1	-	
4. Participei com ideias e opiniões na realização da tarefa?	4	-	-	
5. Incentivei os colegas a participarem?	4	-	-	
6. Ofereci ajuda quando necessário?	4	-	-	
7. Pedi ajuda quando necessário?	4	-	-	
8. Aceitei a ajuda dos colegas?	4	-	-	
9. Senti entusiasmo no trabalho?	2	1	1	
Avaliação do trabalho realizado pelo grupo				
Critérios	Número de alunos por opinião escolhida			
	Muito bom	Bom	Satisfatório	Insatisfatório
1. Todos compreendemos e realizamos a tarefa.	-	1	2	1
2. Mantivemos a atenção e a motivação na realização da tarefa.	-	3	-	1
3. Colaboramos com respeito, compartilhando ideias e opiniões.	1	2	1	-
Algum comentário a fazer sobre o trabalho em grupo?				
1. <i>“No meu grupo não tem nenhum inteligente, mas todos se esforçaram para dar o melhor para o grupo”.</i>				

Fonte: O próprio autor.

O comentário do grupo 05, na aula 6, *“No meu grupo não tem nenhum inteligente, mas todos se esforçaram para dar o melhor para o grupo”*, o aluno destaca as limitações observadas nos componentes da equipe, mas afirma que o grupo está se esforçando para garantir a aprendizagem, de forma cooperativa.

O quadro 55 apresenta o resumo da auto avaliação e da avaliação trabalho em grupo usando o método STAD, para o grupo 06, na aula 6. Destaca o número de alunos por afirmação sobre o questionamento apresentado no questionário do anexo Y.

Quadro 55 – Resumo das constatações qualitativas do grupo 06 na aula 6.

Avaliação individual e do grupo – Aula 6 A lei de Faraday Grupo 06		Número de alunos por opinião escolhida		
		Sim	Poderia melhorar	Não
1. Compreendi a tarefa?	2	-	2	
2. Mantive a concentração na tarefa?	4	-	-	
3. Procurei compreender e aceitar as ideias e opiniões dos colegas?	4	-	-	
4. Participei com ideias e opiniões na realização da tarefa?	4	-	-	
5. Incentivei os colegas a participarem?	4	-	-	
6. Ofereci ajuda quando necessário?	4	-	-	
7. Pedi ajuda quando necessário?	4	-	-	
8. Aceitei a ajuda dos colegas?	4	-	-	
9. Senti entusiasmo no trabalho?	4	-	-	
Avaliação do trabalho realizado pelo grupo				
Critérios	Número de alunos por opinião escolhida			
	Muito bom	Bom	Satisfatório	Insatisfatório
1. Todos compreendemos e realizamos a tarefa.	1	2	1	-
2. Mantivemos a atenção e a motivação na realização da tarefa.	2	1	1	-
3. Colaboramos com respeito, compartilhando ideias e opiniões.	3	1	-	-
Algum comentário a fazer sobre o trabalho em grupo?				

Fonte: O próprio autor.

Não houve comentário no grupo 06, na aula 6.

O quadro 56 apresenta o resumo da auto avaliação e da avaliação trabalho em grupo usando o método STAD, para o grupo 07, na aula 6. Destaca o número de alunos por afirmação sobre o questionamento apresentado no questionário do anexo Y.

Quadro 56 – Resumo das constatações qualitativas do grupo 07 na aula 6.

Avaliação individual e do grupo – Aula 6 A lei de Faraday Grupo 07		Número de alunos por opinião escolhida		
		Sim	Poderia melhorar	Não
1. Compreendi a tarefa?	2	1	1	
2. Mantive a concentração na tarefa?	1	3	-	
3. Procurei compreender e aceitar as ideias e opiniões dos colegas?	2	-	2	
4. Participei com ideias e opiniões na realização da tarefa?	-	3	1	
5. Incentivei os colegas a participarem?	-	2	2	
6. Ofereci ajuda quando necessário?	1	2	1	
7. Pedi ajuda quando necessário?	3	-	1	
8. Aceitei a ajuda dos colegas?	3	-	1	
9. Senti entusiasmo no trabalho?	1	2	1	
Avaliação do trabalho realizado pelo grupo				
Critérios	Número de alunos por opinião escolhida			
	Muito bom	Bom	Satisfatório	Insatisfatório
1. Todos compreendemos e realizamos a tarefa.	-	2	2	-
2. Mantivemos a atenção e a motivação na realização da tarefa.	-	2	2	-
3. Colaboramos com respeito, compartilhando ideias e opiniões.	1	2	1	-
Algum comentário a fazer sobre o trabalho em grupo?				

Fonte: O próprio autor.

Não houve comentário no grupo 07, na aula 6.

8.6.4 Impressões dos alunos sobre o trabalho em grupo na metodologia da Aprendizagem Cooperativa na aula 8 – Ondas eletromagnéticas

O quadro 57 apresenta o resumo da auto avaliação e da avaliação trabalho em grupo usando o método STAD, para o grupo 01, na aula 8. Destaca o número de alunos por afirmação sobre o questionamento apresentado no questionário do anexo Y.

Quadro 57 – Resumo das constatações qualitativas do grupo 01 na aula 8.

Avaliação individual e do grupo – Aula 8 Ondas eletromagnéticas Grupo 01		Número de alunos por opinião escolhida			
		Sim	Poderia melhorar	Não	
1.	Compreendi a tarefa?	3	-	-	
2.	Mantive a concentração na tarefa?	1	2	-	
3.	Procurei compreender e aceitar as ideias e opiniões dos colegas?	3	-	-	
4.	Participei com ideias e opiniões na realização da tarefa?	3	-	-	
5.	Incentivei os colegas a participarem?	3	-	-	
6.	Ofereci ajuda quando necessário?	3	-	-	
7.	Pedi ajuda quando necessário?	3	-	-	
8.	Aceitei a ajuda dos colegas?	3	-	-	
9.	Senti entusiasmo no trabalho?	3	-	-	
Avaliação do trabalho realizado pelo grupo					
Critérios		Número de alunos por opinião escolhida			
		Muito bom	Bom	Satisfatório	Insatisfatório
1.	Todos compreendemos e realizamos a tarefa.	2	1	-	-
2.	Mantivemos a atenção e a motivação na realização da tarefa.	2	1	-	-
3.	Colaboramos com respeito, compartilhando ideias e opiniões.	2	1	-	-
Algum comentário a fazer sobre o trabalho em grupo?					

Fonte: O próprio autor.

Não houve comentário no grupo 01, na aula 8.

O quadro 58 apresenta o resumo da auto avaliação e da avaliação trabalho em grupo usando o método STAD, para o grupo 02, na aula 8. Destaca o número de alunos por afirmação sobre o questionamento apresentado no questionário do anexo Y.

Quadro 58 – Resumo das constatações qualitativas do grupo 02 na aula 8.

Avaliação individual e do grupo – Aula 8 Ondas eletromagnéticas Grupo 02		Número de alunos por opinião escolhida		
		Sim	Poderia melhorar	Não
1. Compreendi a tarefa?		2	1	1
2. Mantive a concentração na tarefa?		3	1	-
3. Procurei compreender e aceitar as ideias e opiniões dos colegas?		3	1	-
4. Participei com ideias e opiniões na realização da tarefa?		3	1	-
5. Incentivei os colegas a participarem?		4	-	-
6. Ofereci ajuda quando necessário?		4	-	-
7. Pedi ajuda quando necessário?		4	-	-
8. Aceitei a ajuda dos colegas?		4	-	-
9. Senti entusiasmo no trabalho?		4	-	-
Avaliação do trabalho realizado pelo grupo				
Critérios	Número de alunos por opinião escolhida			
	Muito bom	Bom	Satisfatório	Insatisfatório
1. Todos compreendemos e realizamos a tarefa.	-	3	1	-
2. Mantivemos a atenção e a motivação na realização da tarefa.	1	2	1	-
3. Colaboramos com respeito, compartilhando ideias e opiniões.	1	2	1	-
Algum comentário a fazer sobre o trabalho em grupo?				
1. <i>“É muito importante que temos que trabalhar em grupo”.</i>				

Fonte: O próprio autor.

No comentário do grupo 02, na aula 8, *“É muito importante que temos que trabalhar em grupo”*, o aluno destaca a importância de se aplicar uma metodologia que privilegie o trabalho em grupo de forma cooperativa.

O quadro 59 apresenta o resumo da auto avaliação e da avaliação trabalho em grupo usando o método STAD, para o grupo 03, na aula 8. Destaca o número de alunos por afirmação sobre o questionamento apresentado no questionário do anexo Y.

Quadro 59 – Resumo das constatações qualitativas do grupo 03 na aula 8.

Avaliação individual e do grupo – Aula 8 Ondas eletromagnéticas Grupo 03		Número de alunos por opinião escolhida		
		Sim	Poderia melhorar	Não
1. Compreendi a tarefa?	4	2	-	
2. Mantive a concentração na tarefa?	5	1	-	
3. Procurei compreender e aceitar as ideias e opiniões dos colegas?	5	-	1	
4. Participei com ideias e opiniões na realização da tarefa?	6	-	-	
5. Incentivei os colegas a participarem?	5	1	-	
6. Ofereci ajuda quando necessário?	5	1	-	
7. Pedi ajuda quando necessário?	6	-	-	
8. Aceitei a ajuda dos colegas?	5	-	1	
9. Senti entusiasmo no trabalho?	4	-	2	
Avaliação do trabalho realizado pelo grupo				
Critérios	Número de alunos por opinião escolhida			
	Muito bom	Bom	Satisfatório	Insatisfatório
1. Todos compreendemos e realizamos a tarefa.	1	3	2	-
2. Mantivemos a atenção e a motivação na realização da tarefa.	1	2	3	-
3. Colaboramos com respeito, compartilhando ideias e opiniões.	2	2	2	-
Algum comentário a fazer sobre o trabalho em grupo?				
1. “É muito importante o trabalho em grupo porque o desenvolvimento fica melhor para cada um de nós”.				
2. “Foi muito bom, mas vamos tentar melhorar com a ajuda de todos”.				

Fonte: O próprio autor.

Quanto aos comentários do grupo 03, na aula 8, primeiramente a afirmação “*É muito importante o trabalho em grupo porque o desenvolvimento fica melhor para cada um de nós*” demonstra a percepção da melhoria da aprendizagem dos componentes influenciado pelo trabalho do grupo. O segundo comentário, “*Foi muito bom, mas vamos tentar melhorar com a ajuda de todos*”, afirma satisfação e demonstra a possibilidade de melhoria da aprendizagem com a ajuda dos componentes do grupo.

O quadro 60 apresenta o resumo da auto avaliação e da avaliação trabalho em grupo usando o método STAD, para o grupo 04, na aula 8. Destaca o número de alunos por afirmação sobre o questionamento apresentado no questionário do anexo Y.

Quadro 60 – Resumo das constatações qualitativas do grupo 04 na aula 8.

Avaliação individual e do grupo – Aula 8 Ondas eletromagnéticas Grupo 04		Número de alunos por opinião escolhida		
		Sim	Poderia melhorar	Não
1. Compreendi a tarefa?	2	-	-	
2. Mantive a concentração na tarefa?	1	1	-	
3. Procurei compreender e aceitar as ideias e opiniões dos colegas?	2	-	-	
4. Participei com ideias e opiniões na realização da tarefa?	2	-	-	
5. Incentivei os colegas a participarem?	1	1	-	
6. Ofereci ajuda quando necessário?	2	-	-	
7. Pedi ajuda quando necessário?	2	-	-	
8. Aceitei a ajuda dos colegas?	2	-	-	
9. Senti entusiasmo no trabalho?	2	-	-	
Avaliação do trabalho realizado pelo grupo				
Critérios	Número de alunos por opinião escolhida			
	Muito bom	Bom	Satisfatório	Insatisfatório
1. Todos compreendemos e realizamos a tarefa.	-	2	-	-
2. Mantivemos a atenção e a motivação na realização da tarefa.	1	1	-	-
3. Colaboramos com respeito, compartilhando ideias e opiniões.	1	1	-	-
Algum comentário a fazer sobre o trabalho em grupo?				

Fonte: O próprio autor.

Não houve comentário no grupo 04, na aula 8.

O quadro 61 apresenta o resumo da auto avaliação e da avaliação trabalho em grupo usando o método STAD, para o grupo 05, na aula 8. Destaca o número de alunos por afirmação sobre o questionamento apresentado no questionário do anexo Y.

Quadro 61 – Resumo das constatações qualitativas do grupo 05 na aula 8.

Avaliação individual e do grupo – Aula 8 Ondas eletromagnéticas Grupo 05		Número de alunos por opinião escolhida		
		Sim	Poderia melhorar	Não
1. Compreendi a tarefa?	2	-	-	
2. Mantive a concentração na tarefa?	2	-	-	
3. Procurei compreender e aceitar as ideias e opiniões dos colegas?	2	-	-	
4. Participei com ideias e opiniões na realização da tarefa?	2	-	-	
5. Incentivei os colegas a participarem?	2	-	-	
6. Ofereci ajuda quando necessário?	2	-	-	
7. Pedi ajuda quando necessário?	2	-	-	
8. Aceitei a ajuda dos colegas?	2	-	-	
9. Senti entusiasmo no trabalho?	2	-	-	
Avaliação do trabalho realizado pelo grupo				
Critérios	Número de alunos por opinião escolhida			
	Muito bom	Bom	Satisfatório	Insatisfatório
1. Todos compreendemos e realizamos a tarefa.	1	-	1	-
2. Mantivemos a atenção e a motivação na realização da tarefa.	1	-	1	-
3. Colaboramos com respeito, compartilhando ideias e opiniões.	1	-	1	-
Algum comentário a fazer sobre o trabalho em grupo?				
1. “ <i>É muito importante o trabalho em grupo</i> ”.				

Fonte: o próprio autor.

O comentário do grupo 05, na aula 8, “*É muito importante o trabalho em grupo*”, demonstra a percepção da importância do trabalho coletivo e cooperativo.

O quadro 62 apresenta o resumo da auto avaliação e da avaliação trabalho em grupo usando o método STAD, para o grupo 06, na aula 8. Destaca o número de alunos por afirmação sobre o questionamento apresentado no questionário do anexo Y.

Quadro 62 – Resumo das constatações qualitativas do grupo 06 na aula 8.

Avaliação individual e do grupo – Aula 8 Ondas eletromagnéticas Grupo 06		Número de alunos por opinião escolhida		
		Sim	Poderia melhorar	Não
1. Compreendi a tarefa?	3	-	-	
2. Mantive a concentração na tarefa?	3	-	-	
3. Procurei compreender e aceitar as ideias e opiniões dos colegas?	3	-	-	
4. Participei com ideias e opiniões na realização da tarefa?	3	-	-	
5. Incentivei os colegas a participarem?	2	-	1	
6. Ofereci ajuda quando necessário?	3	-	-	
7. Pedi ajuda quando necessário?	3	-	-	
8. Aceitei a ajuda dos colegas?	3	-	-	
9. Senti entusiasmo no trabalho?	3	-	-	
Avaliação do trabalho realizado pelo grupo				
Critérios	Número de alunos por opinião escolhida			
	Muito bom	Bom	Satisfatório	Insatisfatório
1. Todos compreendemos e realizamos a tarefa.	1	1	1	-
2. Mantivemos a atenção e a motivação na realização da tarefa.	1	2	-	-
3. Colaboramos com respeito, compartilhando ideias e opiniões.	1	2	-	-
Alguns comentários a fazer sobre o trabalho em grupo?				

Fonte: O próprio autor.

Não houve comentário no grupo 06, na aula 8.

O quadro 63 apresenta o resumo da auto avaliação e da avaliação trabalho em grupo usando o método STAD, para o grupo 07, na aula 8. Destaca o número de alunos por afirmação sobre o questionamento apresentado no questionário do anexo Y.

Quadro 63 – Resumo das constatações qualitativas do grupo 07 na aula 8.

Avaliação individual e do grupo – Aula 8 Ondas eletromagnéticas Grupo 07		Número de alunos por opinião escolhida		
		Sim	Poderia melhorar	Não
1. Compreendi a tarefa?	2	1	-	
2. Mantive a concentração na tarefa?	2	1	-	
3. Procurei compreender e aceitar as ideias e opiniões dos colegas?	3	-	-	
4. Participei com ideias e opiniões na realização da tarefa?	3	-	-	
5. Incentivei os colegas a participarem?	3	-	-	
6. Ofereci ajuda quando necessário?	3	-	-	
7. Pedi ajuda quando necessário?	3	-	-	
8. Aceitei a ajuda dos colegas?	3	-	-	
9. Senti entusiasmo no trabalho?	3	-	-	
Avaliação do trabalho realizado pelo grupo				
Critérios	Número de alunos por opinião escolhida			
	Muito bom	Bom	Satisfatório	Insatisfatório
1. Todos compreendemos e realizamos a tarefa.	-	3	-	-
2. Mantivemos a atenção e a motivação na realização da tarefa.	-	3	-	-
3. Colaboramos com respeito, compartilhando ideias e opiniões.	-	3	-	-
Alguns comentários a fazer sobre o trabalho em grupo?				
1. “O trabalho em grupo foi ótimo porque tivemos a participação de todos”. 2. “O trabalho em grupo é bom, pois temos a participação de todos”.				

Fonte: O próprio autor.

O grupo 07, na aula 8, teceu comentários. Primeiramente, “*O trabalho em grupo foi ótimo porque tivemos a participação de todos*”, afirma a satisfação com o desempenho do grupo. O segundo comentário, “*O trabalho em grupo é bom, pois temos a participação de todos*”, destaca o interesse de todos os componentes quanto à participação nos estudos.

8.6.5 Resultados das auto avaliações dos alunos da TE

No quadro 64 está apresentada a distribuição do número de alunos da turma experimental (TE), na aula 2, que indicou nos formulários individuais se, para cada questionamento, atingiram plenamente os objetivos, se poderia melhorar e se o rendimento não foi positivo.

Quadro 64 – Distribuição do total de alunos por questionamento na auto avaliação da aula 2.

Auto avaliação sobre a metodologia da Aprendizagem Cooperativa Aula 2 – O campo magnético				Observação do pesquisador
Questionamento	Sim	Pode melhorar	Não	
1. Compreendi a tarefa?	17	4	5	12
2. Mantive a concentração na tarefa?	12	10	4	8
3. Procurei compreender e aceitar as ideias e opiniões dos colegas?	23	2	1	15
4. Participei com ideias e opiniões na realização da tarefa?	22	3	1	12
5. Incentivei os colegas a participarem?	24	1	1	10
6. Ofereci ajuda quando necessário?	25	1	-	15
7. Pedi ajuda quando necessário?	26	-	-	22
8. Aceitei a ajuda dos colegas?	25	-	1	22
9. Senti entusiasmo no trabalho?	21	6	-	15

Fonte: O próprio autor.

Os dados observados nos questionamentos mostram que 65, 38% dos alunos consideraram que se mantiveram atentos às tarefas e 46,15% que a aprendizagem foi satisfatória. A parcela de 88,46% dos alunos afirmou que houve uma participação plena nas atividades em grupo. Uma parcela de 84,61% opinou ativamente durante o trabalho coletivo. 92,30% realizaram um trabalho de incentivo ao grupo. 96,15% dos estudantes ajudaram o grupo nas atividades. A totalidade de alunos, 100%, consideraram que pediram ajuda, quando necessário, aos outros componentes. 96,15% dos alunos afirmaram que aceitaram a ajuda dos colegas e 80,76% realizaram as atividades com entusiasmo. Observa-se uma distorção dos valores relativos às impressões individuais dos alunos em relação com a observação do professor, apresentada na última coluna do quadro, que mostra a percepção do pesquisador quanto aos parâmetros questionados.

No quadro 65 está apresentada a distribuição do número de alunos da turma experimental (TE), na aula 4, que indicou nos formulários individuais se, para cada questionamento, atingiram plenamente os objetivos, se poderia melhorar e se o rendimento não foi positivo.

Quadro 65 – Distribuição do total de alunos por questionamento na auto avaliação da aula 4.

Auto avaliação sobre a metodologia da Aprendizagem Cooperativa Aula 4 – A lei de Ampère				Observação do pesquisador
Questionamento	Sim	Pode melhorar	Não	
1. Compreendi a tarefa?	11	6	12	8
2. Mantive a concentração na tarefa?	19	6	4	14
3. Procurei compreender e aceitar as ideias e opiniões dos colegas?	23	4	2	18
4. Participei com ideias e opiniões na realização da tarefa?	17	4	8	12
5. Incentivei os colegas a participarem?	16	5	8	12
6. Ofereci ajuda quando necessário?	21	3	5	19
7. Pedi ajuda quando necessário?	23	2	4	18
8. Aceitei a ajuda dos colegas?	23	2	4	20
9. Senti entusiasmo no trabalho?	17	7	5	12

Fonte: O próprio autor.

Os dados observados nos questionamentos mostram que 37,93% consideraram que se mantiveram atentos às tarefas e 65,51% que a aprendizagem foi satisfatória. A parcela de 79,31% dos alunos afirmou que houve uma participação plena nas atividades em grupo. Uma parcela de 58,62% opinou ativamente durante o trabalho coletivo. 55,17% realizaram um trabalho de incentivo ao grupo. 72,41% dos estudantes ajudaram o grupo nas atividades. A totalidade de alunos, 79,31%, consideraram que pediram ajuda, quando necessário, aos outros componentes. 79,31% dos alunos afirmaram que aceitaram a ajuda dos colegas e 58,62% realizaram as atividades com entusiasmo. Observa-se uma distorção dos valores relativos às impressões individuais dos alunos em relação com a observação do professor, apresentada na última coluna do quadro, que mostra a percepção do pesquisador quanto aos parâmetros questionados.

No quadro 66 está apresentada a distribuição do número de alunos da turma experimental (TE), na aula 6, que indicou nos formulários individuais se, para cada questionamento, atingiram plenamente os objetivos, se poderia melhorar e se o rendimento não foi positivo.

Quadro 66 – Distribuição do total de alunos por questionamento na auto avaliação da aula 6.

Auto avaliação sobre a metodologia da Aprendizagem Cooperativa Aula 6 – A lei de Faraday				Observação do pesquisador
Questionamento	Sim	Pode melhorar	Não	
1. Compreendi a tarefa?	15	3	8	11
2. Mantive a concentração na tarefa?	20	5	1	15
3. Procurei compreender e aceitar as ideias e opiniões dos colegas?	22	2	2	18
4. Participei com ideias e opiniões na realização da tarefa?	20	5	1	15
5. Incentivei os colegas a participarem?	20	4	2	15
6. Ofereci ajuda quando necessário?	22	3	1	18
7. Pedi ajuda quando necessário?	23	2	1	16
8. Aceitei a ajuda dos colegas?	24	1	1	20
9. Senti entusiasmo no trabalho?	15	7	4	12

Fonte: O próprio autor.

Os dados observados nos questionamentos mostram que 57,69% consideraram que se mantiveram atentos às tarefas e 76,92% que a aprendizagem foi satisfatória. A parcela de 84,61% dos alunos afirmou que houve uma participação plena nas atividades em grupo. Uma parcela de 76,92% opinou ativamente durante o trabalho coletivo. 76,92% realizaram um trabalho de incentivo ao grupo. 84,61% dos estudantes ajudaram o grupo nas atividades. A totalidade de alunos, 88,46%, consideraram que pediram ajuda, quando necessário, aos outros componentes. 92,30% dos alunos afirmaram que aceitaram a ajuda dos colegas e 57,69% realizaram as atividades com entusiasmo. Observa-se uma distorção dos valores relativos às impressões individuais dos alunos em relação com a observação do professor, apresentada na última coluna do quadro, que mostra a percepção do pesquisador quanto aos parâmetros questionados.

No quadro 67 está apresentada a distribuição do número de alunos da turma experimental (TE), na aula 2, que indicou nos formulários individuais se, para cada questionamento, atingiram plenamente os objetivos, se poderia melhorar e se o rendimento não foi positivo.

Quadro 67 – Distribuição do total de alunos por questionamento na auto avaliação da aula 8.

Auto avaliação sobre a metodologia da Aprendizagem Cooperativa Aula 8 – Ondas eletromagnéticas				Observação do pesquisador
Questionamento	Sim	Pode melhorar	Não	
1. Compreendi a tarefa?	18	4	1	12
2. Mantive a concentração na tarefa?	17	6	-	14
3. Procurei compreender e aceitar as ideias e opiniões dos colegas?	21	1	1	18
4. Participei com ideias e opiniões na realização da tarefa?	22	1	-	16
5. Incentivei os colegas a participarem?	20	2	1	16
6. Ofereci ajuda quando necessário?	22	1	-	15
7. Pedi ajuda quando necessário?	23	-	-	14
8. Aceitei a ajuda dos colegas?	22	-	1	18
9. Senti entusiasmo no trabalho?	21	-	2	16

Fonte: O próprio autor.

Os dados observados nos questionamentos mostram que 78,26% consideraram que se mantiveram atentos às tarefas e 73,91% que a aprendizagem foi satisfatória. A parcela de 91,30% dos alunos afirmou que houve uma participação plena nas atividades em grupo. Uma parcela de 95,65% opinou ativamente durante o trabalho coletivo. 86,95% realizaram um trabalho de incentivo ao grupo. 95,65% dos estudantes ajudaram o grupo nas atividades. A totalidade de alunos, 100%, consideraram que pediram ajuda, quando necessário, aos outros componentes. 95,65% dos alunos afirmaram que aceitou a ajuda dos colegas e 91,30% realizaram as atividades com entusiasmo. Observa-se uma distorção dos valores relativos às impressões individuais dos alunos em relação com a observação do professor, apresentada na última coluna do quadro, que mostra a percepção do pesquisador quanto aos parâmetros questionados.

8.6.6 Resultados das avaliações do trabalho de grupo pelos seus componentes

No quadro 68 está apresentada a distribuição do número de alunos da turma experimental (TE), na aula 2, que indicou nos formulários individuais se, para cada questionamento, se quanto à avaliação do trabalho em grupo, o rendimento apresentado foi muito bom, bom, satisfatório ou insatisfatório.

Quadro 68 – Distribuição do número de alunos quanto à avaliação do grupo na aula 2.

Avaliação do grupo na metodologia da Aprendizagem Cooperativa Aula 2 – O campo magnético				
Critério	Muito bom	Bom	Satisfatório	Insatisfatório
1. Todos compreendemos e realizamos a tarefa.	8	10	7	1
2. Mantivemos a atenção e a motivação na realização da tarefa.	11	11	3	1
3. Colaboramos com respeito, compartilhando ideias e opiniões.	11	10	5	-

Fonte: O próprio autor.

Os dados mostram que 96,15% dos alunos afirmaram ficar satisfeitos quanto à compreensão e à realização da tarefa pelo grupo; que a mesma parcela de alunos, 96,15%, manteve a atenção na aula e estava motivada e que 80,76% dos estudantes mantiveram o respeito por seus colegas e compartilharam ideias e opiniões sobre o estudo realizado.

No quadro 69 está apresentada a distribuição do número de alunos da turma experimental (TE), na aula 4, que indicou nos formulários individuais se, para cada questionamento, se quanto à avaliação do trabalho em grupo, o rendimento apresentado foi muito bom, bom, satisfatório ou insatisfatório.

Quadro 69 – Distribuição do número de alunos quanto à avaliação do grupo na aula 4.

Avaliação do grupo na metodologia da Aprendizagem Cooperativa Aula 4 – A lei de Ampère				
Critério	Muito bom	Bom	Satisfatório	Insatisfatório
1. Todos compreendemos e realizamos a tarefa.	3	12	10	4
2. Mantivemos a atenção e a motivação na realização da tarefa.	7	10	9	3
3. Colaboramos com respeito, compartilhando ideias e opiniões.	9	8	10	2

Fonte: O próprio autor.

Os dados mostram que 86,20% dos alunos afirmaram ficar satisfeitos quanto à compreensão e à realização da tarefa pelo grupo; a parcela de alunos, 89,65%, mantiveram a atenção na aula e estavam motivados e que 93,10% dos estudantes mantiveram o respeito por seus colegas e compartilharam ideias e opiniões sobre o estudo realizado

No quadro 70 está apresentada a distribuição do número de alunos da turma experimental (TE), na aula 6, que indicou nos formulários individuais se, para cada questionamento, se quanto à avaliação do trabalho em grupo, o rendimento apresentado foi muito bom, bom, satisfatório ou insatisfatório.

Quadro 70 – Distribuição do número de alunos quanto à avaliação do grupo na aula 6.

Avaliação do grupo na metodologia da Aprendizagem Cooperativa Aula 6 – A lei de Faraday				
Critério	Muito bom	Bom	Satisfatório	Insatisfatório
1. Todos compreendemos e realizamos a tarefa.	4	11	10	1
2. Mantivemos a atenção e a motivação na realização da tarefa.	6	12	7	1
3. Colaboramos com respeito, compartilhando ideias e opiniões.	11	11	4	-

Fonte: O próprio autor.

Os dados mostram que 96,15% dos alunos afirmaram ficar satisfeitos quanto à compreensão e à realização da tarefa pelo grupo; que a mesma parcela de alunos, 96,15%, mantiveram a atenção na aula e estavam motivados e que 88,00% dos estudantes mantiveram o respeito por seus colegas e compartilharam ideias e opiniões sobre o estudo realizado.

No quadro 71 está apresentada a distribuição do número de alunos da turma experimental (TE), na aula 8, que indicou nos formulários individuais se, para cada questionamento, se quanto à avaliação do trabalho em grupo, o rendimento apresentado foi muito bom, bom, satisfatório ou insatisfatório.

Quadro 71 – Distribuição do número de alunos quanto à avaliação do grupo na aula 8.

Avaliação do grupo na metodologia da Aprendizagem Cooperativa Aula 8 – Ondas eletromagnéticas				
Critério	Muito bom	Bom	Satisfatório	Insatisfatório
1. Todos compreendemos e realizamos a tarefa.	5	13	5	-
2. Mantivemos a atenção e a motivação na realização da tarefa.	7	11	5	-
3. Colaboramos com respeito, compartilhando ideias e opiniões.	8	11	4	-

Fonte: O próprio autor.

Os dados mostram que a totalidade, 100%, dos alunos afirmaram ficar satisfeitos quanto à compreensão e à realização da tarefa pelo grupo; que a mesma parcela de alunos, 100%, mantiveram a atenção na aula e estavam motivados e que 100% dos estudantes mantiveram o respeito por seus colegas e compartilharam ideias e opiniões sobre o estudo realizado.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho foi realizado com duas turmas de terceiro ano do Ensino Médio no turno da noite de uma escola pública da rede estadual do Ceará, localizada na periferia de Fortaleza. A turma de controle (TC) contou com 56 alunos matriculados. Na turma experimental (TE), foram matriculados um total de 55 alunos.

Conforme o levantamento socioeconômico, a grande maioria dos alunos matriculados nas duas turmas nasceu em Fortaleza, sendo 92,86% na TC e 80,64 na TE. Embora a TC apresentasse uma média de idade menor do que a TE, este aspecto não influenciou no desempenho dos alunos, pois não foram apresentadas grandes discrepâncias nos resultados ao longo da pesquisa. Assim, as duas populações puderam ser consideradas homogêneas.

Buscou-se no questionário pré-teste sondar de diferentes formas os conhecimentos relativos aos conceitos do Eletromagnetismo a partir dos tópicos: o campo magnético; a lei de Ampère; a lei de Faraday e questões sobre ondas eletromagnéticas. A análise dos questionários pré-testes mostrou que as duas turmas avaliadas apresentaram um nível de conhecimento precário quanto ao estudo do Eletromagnetismo. O rendimento apresentado mostrou que os conhecimentos eram intuitivos, construídos a partir de senso comum, não apresentando fundamentação teórica a partir de algum conhecimento acadêmico constituído anteriormente. Percebeu-se que as questões que foram respondidas corretamente eram sobre temas que envolviam conhecimentos comuns sobre as propriedades básicas dos ímãs (atração e repulsão) e não apresentavam profundidade na análise teórica do campo magnético, não considerando as análises a partir de linhas de campo magnético, nem de propriedades dos materiais.

Quanto às propriedades relacionadas à existência de uma carga elétrica em movimento na presença de um campo magnético, percebeu-se que não havia o domínio desse conhecimento pelos alunos. Fundamentos sobre a força magnética e suas aplicações não foram constatados. Considerando o fenômeno da indução eletromagnética, a quantidade de acertos por questão refletiu a dificuldade em responder corretamente, dando assim a noção da aprendizagem dos conhecimentos das duas turmas quanto a esse tópico do Eletromagnetismo.

Nas questões que apresentavam como temas conhecimentos relativos à natureza e propagação das ondas eletromagnéticas os resultados demonstraram que, embora fosse de uso comum no seu cotidiano, os alunos não dominavam os conceitos físicos sobre ondas de natureza eletromagnética. Assim, a turma de controle (TC) e a turma experimental (TE) se apresentaram como tendo condições de conhecimento semelhantes para o início dos trabalhos de pesquisa.

Os temas referentes ao estudo da unidade didática Eletromagnetismo para as duas turmas investigadas foram os seguintes: o campo magnético; a lei de Ampère; a lei de Faraday e ondas eletromagnéticas.

Na TC, o ensino ocorreu de forma tradicional, com aulas expositivas, demonstrações de experimentações simples e discussão dos resultados observados, sendo os mesmos tópicos abordados com o mesmo conteúdo e na mesma sequência que na TE. Na TE, embora inicialmente se tenha observado uma certa aversão a aplicação de uma metodologia diferente, a Aprendizagem Cooperativa, logo a partir da segunda aula já se percebeu o envolvimento e a predisposição para o trabalho em grupo da maioria dos alunos, fator fundamental para futuras aplicações em unidades no ensino de Física.

Com a evolução da aplicação da metodologia da Aprendizagem Cooperativa usando o método STAD a avaliação inicial de dificuldade no cálculo das notas foi diminuindo por parte dos alunos da TE. Depois da aplicação de cada Mini Teste e sua utilização como comparativo com a nota de base os alunos puderam compreender com maior facilidade a importância de um trabalho cooperativo na aprendizagem de uma disciplina como a Física. A dificuldade individual já conhecida no estudo da Física deu lugar a um trabalho mais cooperativo em que os alunos interagiram mais e alunos mais capacitados e experientes puderam dar uma maior contribuição ao rendimento do grupo. A apresentação sistematizada da evolução das notas de cada aluno e do grupo foi fundamental para o crescente engajamento dos alunos nessa fase da aplicação da metodologia da Aprendizagem Cooperativa.

Outra percepção do aluno que influenciou na aceitação da metodologia proposta pelo professor foi a condição de que uma nota mais baixa de um componente do grupo não prejudicava a nota de cada aluno individualmente, mas uma nota melhor de algum participante poderia influenciar positivamente na pontuação do grupo. A pontuação de superação do grupo influenciava diretamente na nota individual, possibilitando que alunos de menor rendimento pudessem ter a vontade de se esforçar ainda mais para poder contribuir com o sucesso da equipe. Dessa forma, a metodologia da Aprendizagem Cooperativa se mostrou bastante adequada ao ensino de Física por criar um clima de participação e interdependência positiva entre os alunos.

No decorrer da pesquisa se observou a evolução dos alunos em diversos aspectos quanto ao convívio social e à cooperação. O desenvolvimento de habilidades sociais foi constatado pelo pesquisador ao longo da aplicação das aulas. Posturas antes não observadas puderam ser presenciadas como: a capacidade de esperar o momento certo para falar; saber ouvir o outro componente do grupo; ter atitude para desenvolver atividades experimentais e controlar melhor o tempo das atividades.

Especificamente, quanto à aprendizagem da Física, os alunos da TE demonstraram uma evolução na forma de participar das aulas experimentais, sendo constatada pela observação do pesquisador. Antes, os alunos ficavam dispersos no início das atividades no laboratório de Ciências até que o professor chamasse a atenção para a atividade que era estudada de forma individual. O rendimento nas avaliações individuais, destacando a interpretação de termos científicos, foi o que diferenciou o desempenho dos estudantes. Na metodologia da Aprendizagem Cooperativa no ensino de Física, se pôde observar que a interdependência entre os alunos e o grupo, além de desenvolver habilidades sociais, em uma disciplina de caráter científico se mostrou de grande valia na sistematização da aplicação do método científico em si. Assim, os alunos da TE demonstraram, ao longo do desenvolvimento das aulas pelo método STAD, uma capacitação quanto à postura e atitude numa atividade científica. Observou-se que os alunos, já nas primeiras aulas, apresentavam adaptabilidade ativa à forma de trabalho proposta pelo professor.

Quanto aos resultados insatisfatórios no decorrer da aplicação da metodologia proposta, podemos citar: rejeição inicial de alguns alunos por ter que trabalhar cooperativamente; isolamento de alguns alunos, necessitando da interferência do professor na formação dos grupos; agrupamento de alunos com dificuldades em alguns grupos, havendo a identificação, entre os alunos, pelas características referentes às dificuldades de aprendizagem; a chegada de alunos retardatários nos grupos, ou seja, alunos que faltaram na aula inicial para formação dos grupos; isolamento inicial de alguns grupos, havendo a necessidade da intervenção do professor para a melhor forma de fazer, observando as regras da Aprendizagem Cooperativa, bem como a dificuldade inicial da adequação das tarefas planejadas com o tempo disponível para as aulas, já que os alunos ainda não estavam adaptados e demoravam muito para formar os grupos.

Fazendo uma análise mais apurada quanto à adequação do método STAD ao ensino de Física, este mostrou-se bastante adequado, pois as notas obtidas pelos alunos foram condizentes com o desempenho apresentado pelos estudantes. Grupos mais organizados atingiram melhores resultados baseados nas notas de superação da equipe, como também, individualmente, alunos com mais dificuldades em compreender o Eletromagnetismo puderam ser auxiliados por alunos mais experientes e puderam ser beneficiados pelas maiores notas de superação.

Ainda considerando a adequação do método STAD ao ensino de Física, percebeu-se que a sequência adotada no planejamento das aulas foi satisfatória. Inicialmente, a apresentação do conteúdo realizada pelo professor de forma expositiva e interativa com os

alunos deu a condição para o aluno ter as primeiras impressões sobre cada tópico do Eletromagnetismo. Os textos teóricos disponibilizados permitiram uma base teórica encorpada, mas de fácil compreensão, já que foi discutida amplamente pelo professor.

A resposta aos questionários guias sobre cada assunto pelos componentes em grupo serviu de ampla base para a compreensão das práticas da aula seguinte. Através de um guia teórico, na segunda aula de cada tópico, os alunos puderam associar as demonstrações aos conceitos e entender as relações entre conceitos envolvidos nas práticas experimentais desenvolvidas.

A sequência do método STAD: apresentação do conteúdo pelo professor; resposta ao questionário guia sobre cada tema; demonstração, pelo professor, de uma experiência ou simulação e desenvolvimento de uma prática experimental pelos alunos, culminou com a resolução de um questionário individual (Mini Teste) que se mostrou adequado para a determinação da aprendizagem de cada aluno. Observou-se que as notas finais se apresentaram proporcionais ao rendimento individual dos alunos.

A metodologia da Aprendizagem Cooperativa utilizada na TE apresentou-se satisfatória quanto sua inserção no ensino de Física e sua adaptação à forma de levantamento da avaliação da aprendizagem realizada na avaliação bimestral da escola onde a pesquisa foi realizada. Pôde-se avaliar os alunos de TE considerando-se uma nota máxima igual a 6,0, nos testes aplicados durante a pesquisa, à qual foi adicionada uma nota adquirida através de uma avaliação bimestral cuja nota máxima foi 4,0. A soma resultante da nota final dos testes durante a pesquisa com a nota da avaliação bimestral, dando como resultado a média bimestral do aluno, apresentou-se de forma satisfatória para a avaliação dos conhecimentos adquiridos no bimestre.

O ensino do Eletromagnetismo foi realizado na turma de controle (TC) de forma tradicional, ou seja, foram aplicadas aulas expositivas, demonstrações e experimentações simples com discussões entre alunos e professor. Foram realizadas duas provas parciais e uma prova bimestral para a avaliação da aprendizagem.

Quanto aos aspectos qualitativos deste trabalho, o pesquisador, com base nos resultados dos questionários de avaliação individual e do grupo, concluiu que as habilidades sociais foram desenvolvidas durante as aulas. Nos comentários tecidos quanto ao desenvolvimento do trabalho em grupo, percebeu-se o interesse dos alunos em esforçarem-se nos estudos, em poder contar com a ajuda dos outros componentes do grupo e em elogiar a equipe.

Nos questionários de avaliação individual, em que os alunos puderam se posicionar quanto a alguns aspectos da aprendizagem na Aprendizagem Cooperativa, houve predomínio

da classificação dos alunos em se colocar em ter atingido plenamente os objetivos do estudo ativo.

Analisando-se os resultados obtidos nos questionários pós-testes pelas duas turmas analisadas, observou-se que a TE teve um rendimento mais satisfatório no estudo do Eletromagnetismo. Mesmo as duas turmas tendo iniciado o processo de ensino em condições praticamente iguais, a TE apresentou um desenvolvimento mais encorpado, onde apresentou, além de um rendimento satisfatório, observado nas notas, um desenvolvimento de habilidades sociais e atitudes de trabalho que servirão para futuros estudos na Física.

Observou-se que o objetivo geral foi atingido, visto que foi proporcionado aos alunos de uma turma experimental do 3º ano do ensino médio em uma escola pública estadual em Fortaleza, a compreensão de conceitos do eletromagnetismo através dos princípios da proposta metodológica da Aprendizagem Cooperativa, adotando-se o método STAD.

Especificamente, foram atingidos os objetivos pela pesquisa ter: promovido o ensino de Física através do trabalho em grupo de alunos apresentando e desenvolvendo o uso de competências sociais; desenvolvido projetos experimentais envolvendo componentes simples e de baixo custo na construção do conhecimento dos conceitos do eletromagnetismo; proporcionado aos alunos a compreensão dos conceitos do Eletromagnetismo através da proposta metodológica da Aprendizagem Cooperativa pelo método STAD.

Avaliando o produto educacional desenvolvido ao longo da pesquisa, um manual de apoio ao professor pôde ser construído na medida em que a sequência de ensino e de atividades implementadas mostraram-se satisfatórias para se atingir os objetivos propostos.

A construção de um manual composto por: formulários para registro do desempenho dos alunos; uma sequência de textos teóricos sobre cada um dos tópicos abordados na unidade didática ensinada; uma sequência de questionários guias para servir de apoio a cada grupo formado na consolidação da compreensão dos conceitos; um conjunto de demonstrações e simulações de experimentos a serem utilizados na segunda aula de cada tópico; uma sequência de roteiros experimentais a serem realizados pelos grupos; uma sequência de questionários individuais a serem aplicados aos alunos para obtenção das notas individuais e conjuntos contendo materiais de baixo custo a serem utilizados durante as aulas experimentais mostrou-se adequada ao ensino da unidade didática Eletromagnetismo.

A proposta metodológica da Aprendizagem Cooperativa mostrou-se adequada ao ensino de Física, especificamente do Eletromagnetismo. Dada a semelhança entre as disciplinas componentes das Ciências da Natureza e Matemática, a metodologia da Aprendizagem Cooperativa, dado ao grande número de métodos disponíveis, se apresenta como poderoso

recurso com grande potencial de utilização pelos professores dessas disciplinas. A formação continuada, aliada à capacidade inovadora do professor na busca de novas tecnologias e metodologias de ensino se apresenta como fator fundamental para o ensino de Ciências. Assim, esta pesquisa mostrou-se satisfatória na medida em que contribuiu com um conjunto significativa de elementos levantados e analisados que podem ser utilizados por professores em futuras investigações sobre a sua prática, como também na realização do seu trabalho docente.

REFERÊNCIAS

ABRAMOVAY. M. *et al.* **Escolas inovadoras: experiências bem-sucedidas em escolas públicas**. Brasília: UNESCO, Ministério da educação, 2004.

ALMEIDA JR. J. b. **A evolução do ensino de Física no Brasil**. Revista de Ensino de Física, São Paulo. Vol. 1, nº 02, outubro/ 79, 1. Parte, vol. 02, nº 1, fevereiro/ 1980, 2ª parte.

AMARAL, L. H.; ELIAS, D. Espaços não formais de aprendizagem e alfabetização científica. *In*: ARAÚJO Jr.; AMARAL, L. H. (Org.). **Ensino de Ciências e Matemática**. São Paulo: Editora Andross, 2006.

BRASIL. **Lei nº 4.024, de 20 de dezembro de 1961**. Brasília: Casa Civil da Presidência da República Federativa do Brasil/Subsecretaria para Assuntos Jurídicos, 1996. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L4024.htm. Acesso em: 10 dez. 2016.

BRASIL. **Lei nº 5.692 de 11 de agosto de 1971**. Brasília: Casa Civil da Presidência da República Federativa do Brasil/Subsecretaria para Assuntos Jurídicos, 1996. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L5692.htm. Acesso em: 10 dez. 2016.

BRASIL. **Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996**. Brasília: Casa Civil da Presidência da República Federativa do Brasil/Subsecretaria para Assuntos Jurídicos, 1996. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9394.htm. Acesso em 10 dez. 2016.

BRASIL. Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM). Ciências da Natureza e Matemática e suas tecnologias. Brasília: MEC, 2006. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/component/content/article?id=12598:publicacoes>. Acesso em 10 dez. 2016.

BRASIL. Orientações Educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCN+). Ciências da Natureza e Matemática e suas tecnologias. Brasília: MEC, 2006. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/busca-geral/195-secretarias-112877938/seb-educacao-basica-2007048997/12598-publicacoes>. Acesso em 10 dez. 2016.

GHIRALDELLI JUNIOR, P. **História da educação brasileira**. 3. ed. São Paulo: Cortez, 2008.

GRIFFITHS, David J. **Eletrodinâmica**. Tradução: Heloísa Coimbra de Souza; revisão técnica Antônio Manuel Mansanares. 3. Ed. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2011.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J.; **Fundamentos de Física: Eletromagnetismo**. 8a ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009. v3.

HAMBURGER, A. I. **Por que história e filosofia da Física no ensino da Física?** In: Atas, 6º Simpósio Nacional de Ensino de Física, Niterói, 1985, p. 98-110.

HEWITT, Paul G. **Física conceitual**. Tradução Trieste Ferreira Ricci e Maria Helena Gravinha. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

LA TAILLE, Yves de, OLIVEIRA, M. K., DANTAS, H. **Piaget, Vygotsky, Wallon. Teorias psicogenéticas em discussão**. São Paulo: Summus. 1992.

LOPES, José; SILVA, Helena Santos. **A aprendizagem cooperativa na sala de aula: um guia prático para o professor**. Lisboa: Lidel, 2009.

MARANDINO, M. **O Ensino de Ciências na Perspectiva da Didática Crítica**. Dissertação de Mestrado. PUC-RJ, Rio de Janeiro, 1994.

MARTINS Jr, F. R. F.; M. G. V. SILVA. A teoria e a experimentação aplicada ao estudo das leis ponderais da matéria para a promoção da aprendizagem. *In*: LIMA, I. B. (Org.). **Didática, Educação Ambiental e Ensino de Ciências e Matemática**. Fortaleza: EdUECE. 2013.

MATOS, K. S. L; VIEIRA, S. L. **Pesquisa educacional: o prazer de conhecer**. Fortaleza: edições Demócrito Rocha, UECE, 2001.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1999.

NASCIMENTO, E. P. Educação e desenvolvimento na contemporaneidade: dilema ou desafio? *In: BURSZTYN, M. (Org.). Ciência, Ética e Sustentabilidade*. São Paulo: Ed. Cortez; Brasília: UNESCO, 2002.

NUSSENZVEIG, H. Moysés. *Curso de Física Básica 3 - Eletromagnetismo, 1ª Edição*. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 1997.

PAIVA, F. M.; ALMEIDA, C. A. S. O contexto histórico educacional brasileiro e a inserção do ensino de Física na escola secundária: um enfoque no Regime Militar. *In: LIMA, I. B. (Org.). Didática, Educação Ambiental e Ensino de Ciências e Matemática*. Fortaleza: EdUECE. 2013.

PAIVA, F. M.; ALMEIDA, C. A. S. Seara da Ciência e a formação docente dos licenciandos de Física. *In: SILVA, M. G. V.; ALMEIDA, C. A. S. (Org.). Educação científica e experimentação no ensino de ciências*. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2014.

RESNICK, Robert e HALLIDAY, David. *Física 3*, 4ª Edição. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S/A, 1996.

SADIKU, Matthew N. O. *Elementos de Eletromagnetismo*. Tradução Liane Ludwig Loder e Jorge Amoretti Lisboa. 3. ed. – porto Alegre: Bookman, 2004.

SANTOS, W. L. P. Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios. *Revista Brasileira de Educação*, Rio de Janeiro, v. 12, n. 36, p. 474, 2007. Disponível em: <www.scielo.br> Acesso em: 5 dez. 2016.

SAVIANI, D. *História das ideias pedagógicas no Brasil*. 2. ed. Campinas: Autores Associados, 2008.

TEODORO, D. L. *Aprendizagem cooperativa no ensino de química: investigando uma atividade didática elaborada no formato jigsaw*. 2011. Dissertação (Mestrado em Química Analítica) - Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/>>. Acesso em: 5 dez. 2016.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. Disponível em: <<http://www.prece.ufc.br/>>.

Acesso em: 10 mar. 2013.

VILATORRE, A. M.; JIGA, I.; TYCHANOWICZ, S. D. **Didática e avaliação em física**. São Paulo: Editora Saraiva, 2009.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**: O desenvolvimento dos processos psicológicos superiores. São Paulo: Martins Fontes, 2010.

WALLON, H. **A evolução psicológica da criança**. São Paulo: Martins Fontes, 2010.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO SOCIOECONÔMICO

QUESTIONÁRIO SÓCIO-ECONÔMICO

1. DADOS PESSOAIS:

- a) Cidade onde nasceu: _____
- b) Sexo: Masculino Feminino
- c) Qual a sua idade?
- menos de 16 anos de 16 a 18 anos de 19 a 21 anos
- de 22 a 25 anos de 26 a 30 anos mais de 31 anos
- d) Qual o seu estado Civil?
- Solteiro(a) Casado(a) ou mora com um(a) companheiro(a)
- Separado(a), divorciado(a), desquitado(a)
- Outro. Especificar _____
- e) Você mora atualmente com:
- Mãe e Pai Apenas com seu Pai Apenas com sua Mãe
- Com um responsável Mora só Outro:
- f) Como você se declara quanto a cor/etnia?
- Branca. Preta. Parda. Amarela. Indígena. Não-declarada.

2. DADOS ESCOLARES:

- a) Que tipo de Ensino Fundamental (1ª à 8ª série) você cursou?
- Regular Supletivo na Educação de Jovens e Adultos (EJA)
- b) Em seu Ensino Fundamental, você estudou em instituições:
- Públicas Privadas Maior parte em públicas Maior parte em privadas
- c) Em que ano você concluiu o Ensino Fundamental? _____.
- d) Que tipo de Ensino Médio você cursou?
- Regular Supletivo na Educação de Jovens e Adultos (EJA)
- e) Até o presente momento, no seu Ensino Médio, você estudou em instituições:
- Públicas Privadas Maior parte em públicas Maior parte em privadas
- f) Qual a formação escolar de seu PAI?
- Não estudou Ensino Superior incompleto (graduação)
- 1ª a 4ª série do Ensino Fundamental Ensino Superior completo (graduação)
- 5ª a 8ª série do Ensino Fundamental Pós-graduação (especialização)
- Ensino Médio (2º grau) incompleto Pós-graduação (mestrado e/ou doutorado)
- Ensino Médio (2º grau) completo Não sei
- g) Qual a formação escolar de sua MÃE?
- Não estudou Ensino Superior incompleto (graduação)
- 1ª a 4ª série do Ensino Fundamental Ensino Superior completo (graduação)
- 5ª a 8ª série do Ensino Fundamental Pós-graduação (especialização)
- Ensino Médio (2º grau) incompleto Pós-graduação (mestrado e/ou doutorado)
- Ensino Médio (2º grau) completo Não sei

3. DADOS ECONÔMICOS:

a) Quantas pessoas residem em sua casa, contando com você?

1 2 3 4 5 6 7 mais que 7

b) Das pessoas que residem em sua casa, quantas realizam atividades remuneradas (salário ou outra forma de renda):

1 2 3 4 mais que 4

c) A renda mensal de sua família é, aproximadamente: (Considere a renda de todos que moram na sua casa)

até 1 salário mínimo 1 a 2 salários mínimos 2 a 5 salários mínimos

5 a 10 salários mínimos Acima de 10 salários mínimos

d) Assinale quais e quantos dos itens abaixo há em sua casa?

	1	2	3 ou mais	Não tem
TV				
Celular				
Micro computador				
Moto				
Automóvel				

e) Em sua casa, sua família utiliza:

Telefone fixo Telefone celular Acesso à Internet

Assinatura de jornal, revistas ou boletins técnicos TV por assinatura

f) Em relação à moradia:

mora em casa própria não tem casa própria

i) Você contribui na renda familiar?

Sim Não

j) Qual a sua situação de trabalho?

Trabalha com vínculo empregatício. Trabalha sem vínculo empregatício.

Não está trabalhando. Nunca trabalhou. Aposentado

APÊNDICE B – FOLHA DE CÁLCULO DA PONTUAÇÃO DE SUPERAÇÃO INDIVIDUAL E DO GRUPO

Quadro: Folha de cálculo das pontuações de superação para a composição da nota.

Mini teste		Tema:				
Data:						
Grupo	Identificação do aluno	Base	MT	Pontos individuais	Pontos ganhos pelo grupo	Nota
1	G1/1					
	G1/2					
	G1/3					
	G1/4					
	G1/5					
2	G2/1					
	G2/2					
	G2/3					
	G2/4					
	G2/5					
3	G3/1					
	G3/2					
	G3/3					
	G3/4					
	G3/5					
4	G4/1					
	G4/2					
	G4/3					
	G4/4					
	G4/5					
5	G5/1					
	G5/2					
	G5/3					
	G5/4					
	G5/5					
6	G6/1					
	G6/2					
	G6/3					
	G6/4					
	G6/5					
7	G7/1					
	G7/2					
	G7/3					
	G7/4					
	G7/5					

Fonte: O próprio autor.

APÊNDICE C – ORIENTAÇÕES PARA O CÁLCULO DA PONTUAÇÃO DE SUPERAÇÃO INDIVIDUAL E DA PONTUAÇÃO DE SUPERAÇÃO DO GRUPO

A partir do quadro anteriormente apresentado, cada aluno pôde participar com pontos de superação individual calculada usando como base o quadro 1 a seguir:

Quadro 1: Critérios para pontuação individual.

Se o resultado do teste é...	O aluno ganha...
Um trabalho perfeito, independente da classificação de base	3,0
Mais de 1,0 ponto acima da classificação de base	3,0
Até um ponto acima da classificação de base	2,0
Até 1,0 pontos abaixo da classificação de base	1,0
Mais de 1,0 ponto abaixo da classificação de base	0,5

Fonte: O próprio autor.

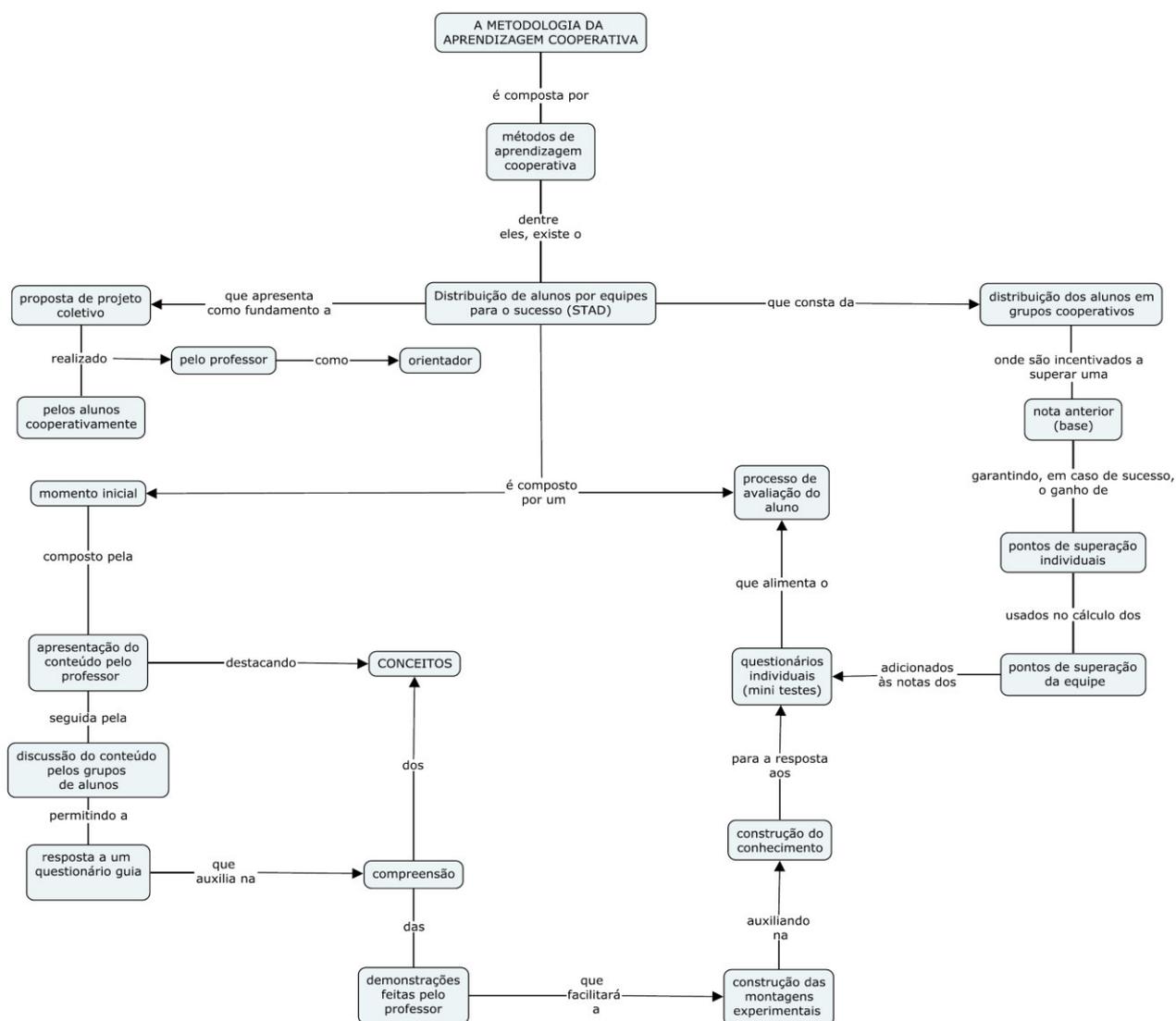
Tendo os pontos ganhos individualmente devidamente anotados na folha de cálculo da pontuação de superação (quadro 2), procedeu-se o cálculo da média dos pontos de superação de cada grupo que deve ser anotado no mesmo quadro. Para a determinação dos pontos ganhos pelo grupo utiliza-se como referência o quadro a seguir apresentado:

Quadro 2: pontuação suplementar individual baseada na média da equipe.

Critério (Média dos pontos de superação da equipe)	Prêmio (pontos suplementares na nota individual)
Até 1,0	1,0
Acima de 1,0 até 1,5	1,5
Acima de 1,5 até 2,0	2,0
Acima de 2,0	2,5

Fonte: O próprio autor.

APÊNDICE D – MAPA CONCEITUAL REFERENTE AO PROCESSO DA APLICAÇÃO DO MÉTODO STAD



Fonte: O próprio autor.

ANEXO A – PRÉ-TESTE APLICADO AOS ALUNOS

QUESTIONÁRIO SOBRE ELETROMAGNETISMO

Aluno:

Nº:

turma:

data:

Resolva as questões

01. (F. C. M. SANTA CASA) Em um ponto do espaço:

I. Uma carga elétrica não sofre ação da força elétrica se o campo nesse local for nulo.

II. Pode existir campo elétrico sem que aí exista força elétrica.

III. Sempre que houver uma carga elétrica, esta sofrerá ação da força elétrica.

Use: C (certo) ou E (errado).

A) CCC B) CEE C) ECE D) CCE E) EEE

02. (PUC-RJ) Uma carga positiva puntiforme é liberada a partir do repouso em uma região do espaço onde o campo elétrico é uniforme e constante. Se a partícula se move na mesma direção e sentido do campo elétrico, a energia potencial eletrostática do sistema ...

A) aumenta e a energia cinética da partícula aumenta.

B) diminui e a energia cinética da partícula diminui.

C) e a energia cinética da partícula permanecem constantes.

D) aumenta e a energia cinética da partícula diminui.

E) diminui e a energia cinética da partícula aumenta.

03. (UFPA) A Terra é considerada um ímã gigantesco, que tem as seguintes características:



A) O polo Norte geográfico está exatamente sobre o polo sul magnético, e o Sul geográfico está na mesma posição que o norte magnético.

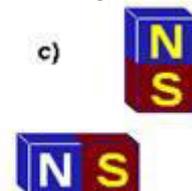
B) O polo Norte geográfico está exatamente sobre o polo norte magnético, e o Sul geográfico está na mesma posição que o sul magnético.

C) O polo norte magnético está próximo do polo Sul geográfico, e o polo sul magnético está próximo do polo Norte geográfico.

D) O polo norte magnético está próximo do polo Norte geográfico, e o polo sul magnético está próximo do polo Sul geográfico.

E) O polo Norte geográfico está defasado de um ângulo de 45° do polo sul magnético, e o polo Sul geográfico está defasado de 45° do polo norte magnético.

04. (UFB) Pares de ímãs em forma de barra são dispostos conforme indicam as figuras a seguir:



A letra N indica o polo Norte e o S o polo Sul de cada uma das barras. Entre os ímãs de cada um dos pares anteriores (a), (b) e (c) ocorrerão, respectivamente, forças de:

A) atração, repulsão, repulsão;

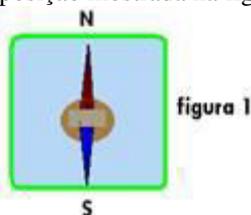
B) atração, atração, repulsão;

C) atração, repulsão, atração;

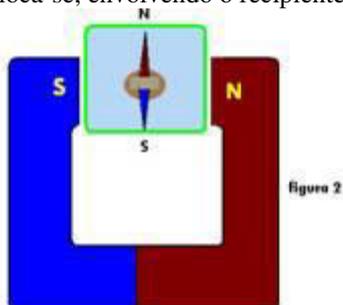
D) repulsão, repulsão, atração;

E) repulsão, atração, atração.

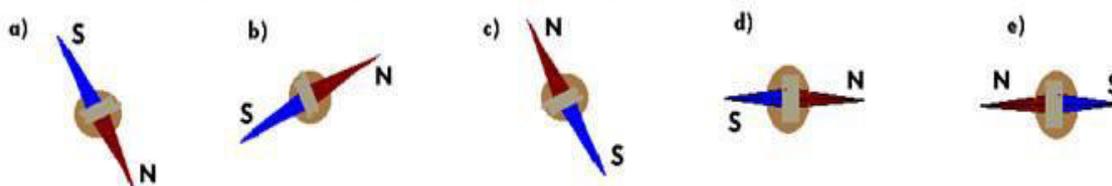
05. (UERJ-RJ) Uma agulha magnética atravessada numa rolha de cortiça flutua num recipiente que contém água, na posição mostrada na figura 1, sob a ação do campo magnético terrestre.



Coloca-se, envolvendo o recipiente, um outro imã com seus polos posicionados como indicado na figura 2:

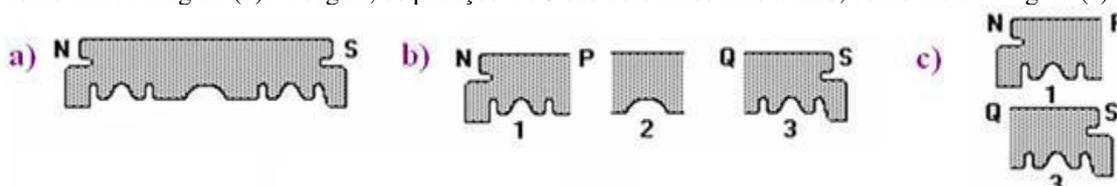


A nova posição da agulha, sob a ação dos dois campos magnéticos, será:



RESPOSTA: C

06. (UFRS-RS) A figura (a) representa uma metade magnetizada de uma lâmina de barbear, com os polos norte e sul indicados respectivamente pelas letras N e S. Primeiramente, esta metade de lâmina é dividida em três pedaços, como indica a figura (b). A seguir, os pedaços 1 e 3 são colocados lado a lado, como indica a figura (c).



Nestas condições, podemos afirmar que os pedaços 1 e 3 se _____, pois P assinala um polo _____ e Q um polo _____.

A alternativa que preenche corretamente as lacunas na afirmativa anterior é:

- A) atrairão – norte – sul
- B) atrairão – sul – norte
- C) repelirão – norte – sul
- D) repelirão – sul – norte
- E) atrairão – sul – sul

07. (UEMG) Assinale a alternativa incorreta:

- A) Numa bússola, o polo norte é o polo da agulha que aponta para o norte geográfico da Terra.
- B) Polo de um ímã é a região desse ímã onde o magnetismo é mais intenso.
- C) Ao se cortar um ímã, obtêm-se dois ímãs com um único polo cada um.
- D) Um fio condutor percorrido por uma corrente elétrica gera um campo magnético.

08. (UFRGS 1994) Considere as afirmações abaixo sobre um ímã permanente.
I. É capaz de exercer uma força sobre uma carga elétrica puntiforme apenas se esta possuir movimento com relação ao ímã.

II. É capaz de deixar imantado qualquer corpo metálico que tenha sido aproximado dele.
 III. É capaz de exercer uma força sobre um fio metálico percorrido por uma corrente elétrica.
 Quais delas são corretas?

- A) Apenas I e II
 B) Apenas I e III.
 C) Apenas II e III
 D) Apenas III.
 E) I, II e III.

09. (UFRGS 1995) Analise cada uma das afirmações e indique se é verdadeira (V) ou falsa (F).

- () Nas regiões próximas aos polos de um ímã permanente, a concentração de linhas de indução é maior do que em qualquer outra região ao seu redor.
 () Qualquer pedaço de metal colocado nas proximidades de um ímã permanente torna-se magnetizado e passa a ser atraído por ele.
 () Tomando-se um ímã permanente em forma de barra e partindo-o ao meio em seu comprimento, obtém-se dois polos magnéticos isolados, um polo norte em uma das metades e um polo sul na outra.
 Quais são, pela ordem, as indicações corretas?

- A) V - F - F
 B) V - F - V
 C) V - V - F
 D) F - F - V
 E) F - V - V

10. (FATEC-SP) Em qualquer tempo da história da Física, cientistas buscaram unificar algumas teorias e áreas de atuação. Hans Christian Oersted, físico dinamarquês, conseguiu prever a existência de ligação entre duas áreas da física, ao formular a tese de que quando duas cargas elétricas estão em movimento, manifesta-se entre elas, além da força eletrostática, uma outra força, denominada força magnética.

Este feito levou a física a uma nova área de conhecimento denominada:

- A) eletricidade. B) magnetostática. C) eletroeletrônica.
 D) eletromagnetismo. E) indução eletromagnética.

11. (PUC-RS) O fenômeno da indução eletromagnética é usado para gerar praticamente toda a energia elétrica que empregamos. Supondo-se um condutor em forma de espira retangular contido num plano, uma corrente elétrica é induzida através dele quando ele é submetido a um campo

- A) magnético variável e paralelo ao plano do condutor.
 B) magnético constante e perpendicular ao plano do condutor.
 C) magnético variável e não-paralelo ao plano do condutor.
 D) elétrico constante e paralelo a plano do condutor.
 E) elétrico constante e perpendicular ao plano do condutor.

12. (ENEM-MEC- 2ª aplicação-010)

Os dínamos são geradores de energia elétrica utilizados em bicicletas para acender uma pequena lâmpada. Para isso, é necessário que a parte móvel esteja em contato com o pneu da bicicleta e, quando ela entra em movimento, é gerada energia elétrica para acender a lâmpada. Dentro desse gerador, encontram-se um ímã e uma bobina.



O princípio de funcionamento desse equipamento é explicado pelo fato de que a

- A) corrente elétrica no circuito fechado gera um campo magnético nessa região.
 B) bobina imersa no campo magnético em circuito fechado gera uma corrente elétrica.
 C) bobina em atrito com o campo magnético no circuito fechado gera uma corrente elétrica.
 D) corrente elétrica é gerada em circuito fechado por causa da presença do campo magnético.
 E) corrente elétrica é gerada em circuito fechado quando há variação do campo magnético.

13. (UFSM-RS-012) A presença e a abrangência dos meios de comunicação na sociedade contemporânea vêm introduzindo elementos novos na relação entre as pessoas e entre elas e o seu contexto. Radio, televisão e telefone

celular são meios de comunicação que utilizam ondas eletromagnéticas, as quais tem a(s) seguinte(s) propriedade(s):

I - propagação no vácuo.

II - existência de campos elétricos variáveis perpendiculares a campos magnéticos variáveis.

III - transporte de energia e não de matéria.

Esta(ao) correta(s):

- a) apenas I. b) apenas II. c) apenas III. d) apenas I e II. e) I, II e III.

14. (Ufmg) As ondas eletromagnéticas, ao contrário das ondas mecânicas, não precisam de um meio material para se propagar. Considere as seguintes ondas: som, ultra-som, ondas de rádio, microondas e luz.

Sobre essas ondas é correto afirmar que

- a) luz e microondas são ondas eletromagnéticas e as outras são ondas mecânicas.
b) luz é onda eletromagnética e as outras são ondas mecânicas.
c) som é onda mecânica e as outras são ondas eletromagnéticas.
d) som e ultra-som são ondas mecânicas e as outras são ondas eletromagnéticas.

15. (UFRN) Ao término da sua jornada de trabalho, Pedro Pedreiro enfrenta com serenidade a escuridão das estradas em sua bicicleta porque, a fim de transitar à noite com maior segurança, ele colocou em sua bicicleta um dínamo que alimenta uma lâmpada de 12 V. Num dínamo de bicicleta, a parte fixa (estator) é constituída de bobinas (espiras), onde é gerada a corrente elétrica, e de uma parte móvel (rotor), onde existe um ímã permanente, que gira devido ao contato do eixo do rotor com o pneu da bicicleta.

Face à descrição acima e com o auxílio de conhecimentos de Física, pode-se afirmar:

- A) A energia por unidade de tempo emitida pela lâmpada mostrada na figura I não depende da velocidade da bicicleta.
B) No instante representado na figura II, o sentido correto da corrente elétrica induzida é do ponto Q para o ponto P.
C) A conversão de energia mecânica em energia elétrica ocorre devido à variação temporal do fluxo magnético nas espiras (figura II).
D) A velocidade angular do rotor (figura II) tem que ser igual à velocidade angular do pneu da bicicleta (figura I), para a lâmpada funcionar.

ANEXO B – QUESTIONÁRIO INDIVIDUAL APLICADO NA AULA 2

QUESTIONÁRIO INDIVIDUAL – AULA 2 – O CAMPO MAGNÉTICO

Nome:

Nº:

turma:

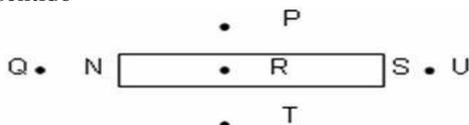
data:

01. O que é o polo norte de um ímã? E o polo sul?

02. Diga com suas palavras o que se entende por eletromagnetismo.

03. Explique como se determina, usando-se uma pequena agulha magnética, a direção e o sentido do vetor campo magnético, B , em um ponto.

04. (UFRGS/1987/2ª Etapa) A figura mostra um ímã permanente, no qual estão indicados os seus polos norte (N) e sul (S). O ímã e os pontos indicados estão no plano da página. O campo magnético gerado pelo ímã tem o mesmo sentido

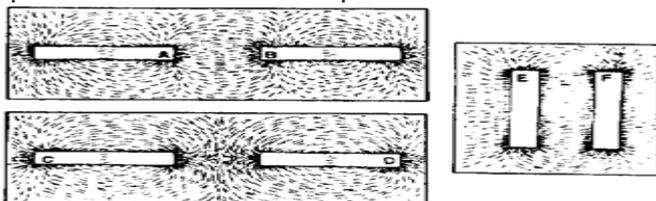


- a) Q e P b) P e R c) T e U d) P e T e) Q e T

08. (UFRGS 1995/PPCV/1ª Etapa) Assinale a afirmativa INCORRETA:

- a) Toda carga elétrica em movimento gera campo magnético a seu redor.
 b) Um transformador elétrico funciona somente com corrente variável no tempo.
 c) Todo corpo próximo de um ímã é atraído por ele.
 d) A intensidade do campo magnético, externamente a um ímã, é maior nas proximidades dos seus polos.
 e) O polo norte de uma bússola aponta para o norte geográfico da Terra.

09. (UFRGS 1985/2ª Etapa) As três figuras mostram esquematicamente como se alinhou a limalha de ferro espalhada sobre um vidro sob o qual havia dois ímãs.



Analisando essas figuras, podemos afirmar que as polaridades nos pontos identificados nas figuras eram:

- a) A e B iguais - C e D opostas - E e F iguais
 b) A e B iguais - C e D opostas - E e F opostas
 c) A e B iguais - C e D iguais - E e F opostas
 d) A e B opostas - C e D iguais - E e F opostas
 e) A e B opostas - C e D iguais - E e F iguais

10. (UFRGS 1986/2ª Etapa) Considere as seguintes afirmações sobre magnetismo:

- I. Um polo magnético de um ímã repele uma das extremidades de uma barra de aço. Esse fato prova que a barra de aço não é um ímã permanente.
 II. O polo norte de um ímã atrai o polo sul de uma barra de ferro com uma força menor do que aquela com que repele o polo norte (mais distante) dessa mesma barra.
 III. Se um ímã atrai um pedaço de ferro, esse pedaço de ferro atrai o ímã.
 Quais as afirmações corretas?

- a) Apenas I b) Apenas III c) Apenas I e II d) Apenas II e III e) I, II e III

ANEXO C – QUESTIONÁRIO INDIVIDUAL APLICADO NA AULA 4

QUESTIONÁRIO INDIVIDUAL – AULA 4 – LEI DE AMPÈRE

Nome:

Nº:

turma:

data:

01. (UFRGS 1985/1ª Etapa) Considere as seguintes situações:

I. Um corpo condutor retilíneo percorrido por uma corrente elétrica.

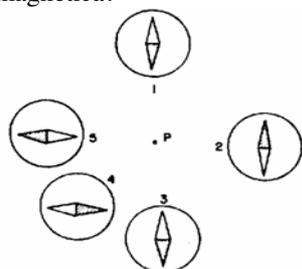
II. Um transformador em funcionamento.

III. Um feixe de elétrons movimentando-se com velocidade constante.

Em que situações se forma um campo magnético?

a) Apenas I. b) Apenas II. c) Apenas I e II. d) Apenas II e III e) I, II e III.

02. (UFRGS 1985/1ª Etapa) Um fio retilíneo e muito longo, percorrido por uma corrente elétrica constante, é colocado perpendicularmente ao plano da página no ponto P. Se o campo magnético da Terra é desprezível em relação ao produzido por essa corrente, qual o número que indica corretamente o alinhamento da agulha magnética?



a) 1 b) 2 c) 3 d) 4 e) 5

03. a) Qual é a direção do vetor B criado no centro de uma espira circular por uma corrente que passa nesta espira?

b) Explique como podemos determinar o sentido do vetor B , usando a regra de Ampère.

04. a) O que é um solenoide (ou bobina)? Faça um desenho para ilustrar sua resposta.

b) Suponha uma corrente passando no solenoide que você desenhou. Trace algumas linhas de indução do campo magnético criado por esta corrente em pontos interiores e exteriores ao solenoide.

c) Indique qual é a extremidade do eletroímã assim obtido que se comporta como um polo norte.

05. (UFRGS 1992) A figura mostra os polos norte (N) e sul (S) de dois ímãs. Na região entre esses polos existe um campo magnético uniforme na direção x .



Seja z a direção perpendicular ao plano formado pelas direções x e y . A força magnética exercida sobre um elétron é nula somente quando ele for lançado nessa região segundo a direção

a) x . b) y . c) z . d) x ou z . e) y ou z .

ANEXO D – QUESTIONÁRIO INDIVIDUAL APLICADO NA AULA 6

QUESTIONÁRIO INDIVIDUAL – AULA 6 – LEI DE FARADAY

Nome:

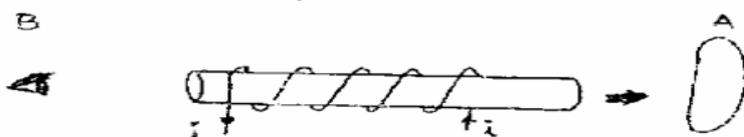
Nº:

turma:

data:

02. Enuncie e expresse matematicamente a lei de Faraday da Indução Eletromagnética.

03. (PUCRS) Um solenoide, conduzindo uma corrente i é aproximado, com velocidade constante, de uma espira condutora A, como se vê na figura.



Um observador que se encontra em B dirá:

- Surge uma corrente elétrica induzida na espira no sentido horário e o solenoide sofrerá uma força atrativa por parte da espira.
- Surge uma corrente induzida constante na espira, pois o solenoide se aproxima com velocidade constante.
- Não surge corrente elétrica induzida na espira, pois o solenoide está sendo aproximado com velocidade constante.
- Surge uma corrente elétrica induzida na espira no sentido horário e o solenoide sofre uma força repulsiva por parte da espira.
- Surge uma corrente elétrica induzida na espira no sentido anti-horário e o solenoide sofre uma força repulsiva.

04. Diga qual será o sentido do campo magnético, criado pela corrente induzida em um circuito, quando o fluxo magnético através dele estiver diminuindo.

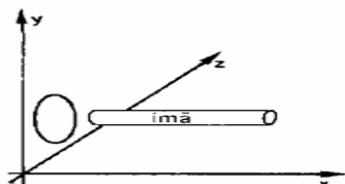
05. a) Diga quais são as partes fundamentais que constituem um transformador.

b) Escreva a relação matemática entre as voltagens no primário e no secundário e o número de espiras em cada um desses enrolamentos.

06. (UFRGS 1994) Assinale a afirmativa INCORRETA:

- O gerador elétrico é um dispositivo que converte outras formas de energia em energia elétrica.
- O polo negativo de uma pilha corresponde ao terminal de menor potencial elétrico dessa pilha.
- Um transformador elétrico funciona tanto com corrente alternada quanto com corrente contínua.
- Um motor elétrico converte energia elétrica em energia mecânica.
- Uma bateria de carro converte energia proveniente de reações químicas em energia elétrica.

07. (UFRGS 1992) A figura mostra uma espira condutora circular no plano yz e um ímã alinhado segundo a direção horizontal x.



Em qual das situações apresentadas nas alternativas NÃO haverá corrente elétrica induzida na espira?

- O ímã e espira deslocando-se com a mesma velocidade.
- O ímã parado e a espira deslocando-se na direção Y.
- O ímã parado e a espira girando em torno de um eixo vertical (y) que passa pelo seu centro.
- A espira parada e o ímã deslocando-se na direção x.
- A espira parada e o ímã deslocando-se na direção Y.

ANEXO E – QUESTIONÁRIO INDIVIDUAL APLICADO NA AULA 8

QUESTIONÁRIO INDIVIDUAL – AULA 8 – ONDAS ELETROMAGNÉTICAS

Nome:

Nº:

turma:

data:

01. (UF RS 2000) Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do parágrafo abaixo. As emissoras de rádio emitem ondas que são sintonizadas pelo radioreceptor. No processo de transmissão, essas ondas devem sofrer modulação. A sigla FM adotada por certas emissoras de rádio significa modulada.

- a) eletromagnéticas - frequência
- b) eletromagnéticas - fase
- c) sonoras - faixa
- d) sonoras - fase
- e) sonoras - frequência

02. (SANTA CASA) Uma partícula com carga elétrica q , não nula, e massa M , penetra numa região R onde existe um campo magnético uniforme, onde foi feito o vácuo. A carga penetra na região R numa direção perpendicular ao campo magnético. Nestas condições, e não havendo outras interações com a partícula, considere as seguintes afirmações relacionadas com a partícula em R :

- I. O movimento da partícula é retilíneo e uniforme.
- II. O movimento da partícula é circular, sendo que sua velocidade aumenta com o tempo.
- III. A partícula está constantemente sob a ação de uma força perpendicular à direção do seu movimento.

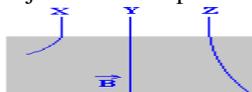
Qual(ais) desta(s) afirmativa(s) é(são) correta(s)?

- a) somente I; b) somente II; c) somente III; d) I e II; e) II e III.

03. (OURO PRETO) Duas partículas dotadas de cargas elétricas são lançadas em uma região onde existe um campo magnético uniforme. Os seus vetores velocidade inicial têm igual módulo e são ortogonais ao campo. As partículas descrevem trajetórias circulares iguais, mas percorridas em sentidos opostos. Pode-se afirmar que:

- a) As partículas têm massas iguais e cargas de mesma grandeza.
- b) As partículas têm a mesma relação carga por unidade de massa, mas de sinais opostos.
- c) As partículas têm cargas de sinais opostos e suas massas são quaisquer.
- d) As partículas têm massas iguais e suas cargas são quaisquer, desde que de sinais opostos.
- e) n.d.a.

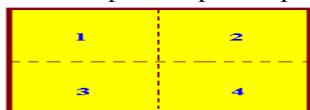
04. (CESGRANRIO) Feixes de nêutrons, prótons e elétrons penetram, com a mesma velocidade inicial, numa região do espaço (sombreada na figura) onde existe um campo magnético uniforme, cuja direção é indicada. As trajetórias são representadas na figura:



Podemos afirmar que essas trajetórias correspondem respectivamente a:

- a) X prótons / Y nêutrons / Z elétrons
- b) X elétrons / Y nêutrons / Z prótons
- c) X elétrons / Y prótons / Z nêutrons
- d) X prótons / Y elétrons / Z nêutrons
- e) X nêutrons / Y prótons / Z elétrons

05. Suponha que o alvo da figura esteja em posição vertical. Uma partícula alfa (carga positiva) é lançada horizontalmente na direção do centro do alvo. Sabendo-se que a partícula atravessa um campo elétrico uniforme, orientado verticalmente para baixo e um campo magnético uniforme na mesma direção e sentido, pode-se prever que a carga atingirá o alvo:



- a) somente a região (1)
- b) somente a região (2)
- c) somente a região (3)
- d) somente a região (4)
- e) a região (1) ou (2)

ANEXO F – QUESTIONÁRIO GUIA APLICADO NAS AULAS 1 E 2**QUESTIONÁRIO GUIA – AULA 1 e 2 – CAMPO MAGNÉTICO****Nome:****Nº:****turma:****data:**

01. O que são polos de um ímã?

02. Por que uma agulha magnética pode ser usada como bússola?

03. a) Entre que polos de dois ímãs existe uma força de atração? E de repulsão?

b) É possível obter um ímã que possua apenas um polo (norte ou sul)? Explique.

04. Descreva a experiência de Oersted, ilustrando sua explicação com um diagrama.

05. Em que condições existirá uma força magnética entre duas cargas elétricas?

06. a) Explique o que são as linhas de campo magnético.

b) Faça um desenho mostrando como se pode obter experimentalmente um campo magnético uniforme.

ANEXO G – QUESTIONÁRIO GUIA APLICADO NAS AULA 3 E 4

QUESTIONÁRIO GUIA – AULA 3 e 4 – LEI DE AMPÈRE

Nome:

Nº:

turma:

data:

01. a) Como são as linhas de indução do campo magnético criado pela corrente que passa em um condutor reto e comprido. Faça um desenho ilustrando sua resposta.

b) Descreva a regra de Ampère, que nos permite determinar o sentido do campo magnético em torno do fio.

02. a) Qual é a direção do vetor B criado no centro de uma espira circular por uma corrente que passa nesta espira?

b) Explique como podemos determinar o sentido do vetor B , usando a regra de Ampère.

03. a) O que é um solenoide (ou bobina)? Faça um desenho para ilustrar sua resposta.

b) Suponha uma corrente passando no solenoide que você desenhou. Trace algumas linhas de campo magnético criado por esta corrente em pontos interiores e exteriores ao solenoide.

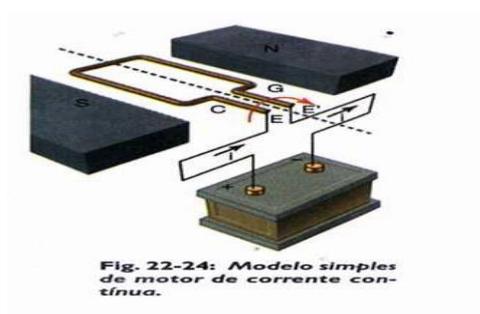
04. Explique resumidamente o que é e dê exemplos de:

a) Uma substância paramagnética.

b) Uma substância diamagnética.

c) Uma substância ferromagnética.

05. Observando a figura, descreva com suas palavras como funciona o motor de corrente contínua.



ANEXO H – QUESTIONÁRIO GUIA APLICADO NAS AULAS 5 E 6

QUESTIONÁRIO GUIA – AULA 5 e 6 – LEI DE FARADAY

Nome:

Nº:

turma:

data:

01. a) Qual a relação entre o número de linhas de indução que “furam” uma superfície e o valor do fluxo magnético através dela?

b) Descreva três maneiras de fazer variar o fluxo magnético através de um circuito elétrico.

02. Enuncie e expresse matematicamente a lei de Faraday da Indução Eletromagnética.

03. a) Usando a lei de Faraday, explique por que aparece uma f.e.m. induzida na espira da figura.

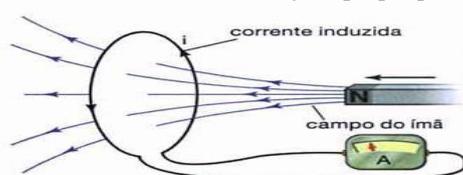


Fig. 24-7: Corrente induzida em uma espira, causada pela aproximação do pólo norte de um ímã.

b) Faça o mesmo para a bobina G da figura.

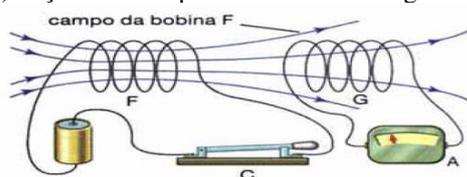


Fig. 24-8: No instante em que a chave C é aberta ou fechada, aparece, na bobina G, uma corrente induzida.

04. a) Enuncie a lei de Lenz.

b) Diga qual será o sentido do campo magnético, criado pela corrente induzida em um circuito, quando o fluxo magnético através dele estiver aumentando.

05. a) Para que serve um transformador?

b) Explique como funciona este aparelho.

ANEXO I – QUESTIONÁRIO GUIA APLICADO NAS AULAS 7 E 8

QUESTIONÁRIO GUIA – AULA 7 e 8– ONDAS ELETROMAGNÉTICAS

Nome:

Nº:

turma:

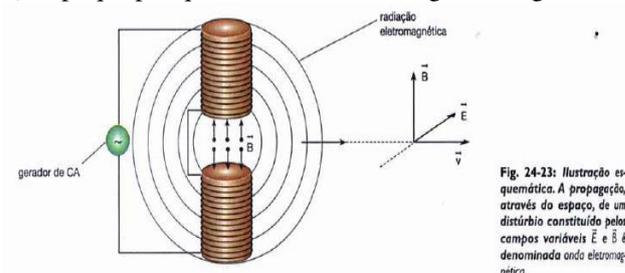
data:

01. a) O que é um campo elétrico induzido?

b) O que é um campo magnético induzido?

02. a) Diga com suas palavras o que é uma onda eletromagnética.

b) Explique por que uma onda eletromagnética é gerada no dispositivo mostrado na figura.



03. a) Qual é a velocidade de propagação de uma onda eletromagnética no vácuo?

04. a) Diga os nomes das diversas faixas de comprimento de onda que constituem o espectro eletromagnético.

b) Descreva as principais características de cada uma dessas radiações.

ANEXO J – TEXTO TEÓRICO APLICADO NAS AULAS 1 E 2

1. CAMPO MAGNÉTICO

1.1. Os polos de um ímã e a bússola



1.2. Interações entre ímãs

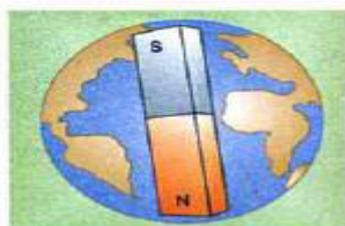
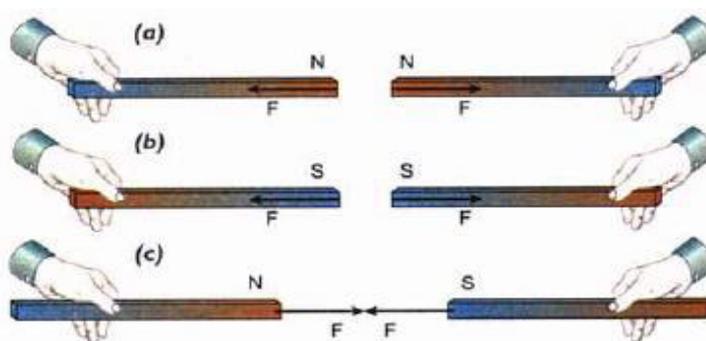


Fig. 22-4: O norte geográfico da Terra é um pólo sul magnético e o sul geográfico é um pólo norte magnético.



1.3. Os polos magnéticos não podem ser separados

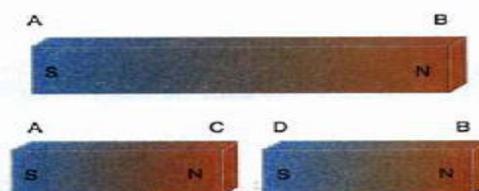


Fig. 22-5: É impossível obter um pólo magnético isolado.

1.4. A experiência de Oersted

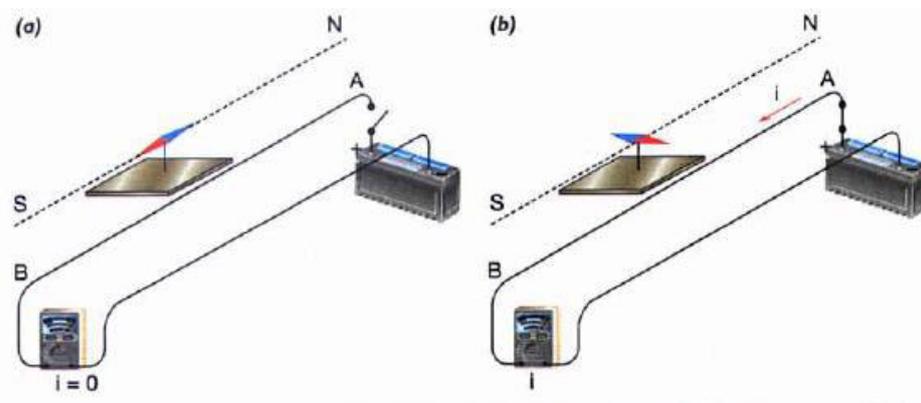


Fig. 22-6: Uma agulha magnética colocada nas proximidades de um fio que conduz uma corrente elétrica tende a se posicionar perpendicularmente ao fio. Ilustração esquemática.

1.5. As linhas de indução magnética

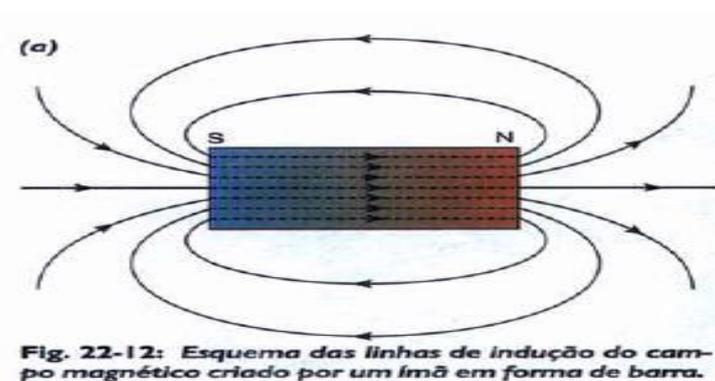


Fig. 22-12: Esquema das linhas de indução do campo magnético criado por um ímã em forma de barra.

1.6. O campo magnético uniforme

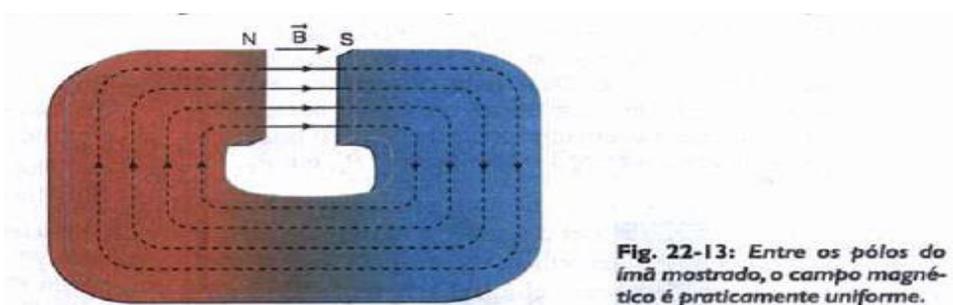


Fig. 22-13: Entre os polos do ímã mostrado, o campo magnético é praticamente uniforme.

ANEXO K – TEXTO TEÓRICO APLICADO NAS AULAS 3 E 4

1. LEI DE AMPÈRE

1.1. A força magnética atuando sobre um fio que conduz corrente elétrica

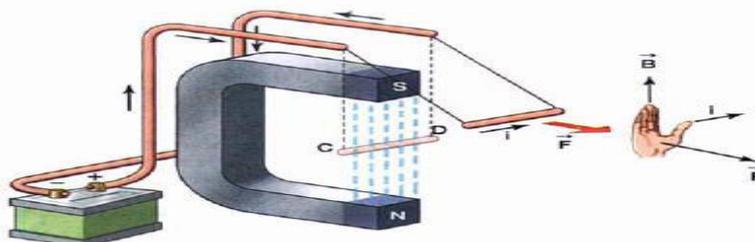


Fig. 22-20: Ilustração esquemática. A regra do tapa pode ser utilizada para determinar o sentido da força que atua sobre um fio que conduz uma corrente elétrica, colocado em um campo magnético.

1.1.1. Aplicação: o motor elétrico

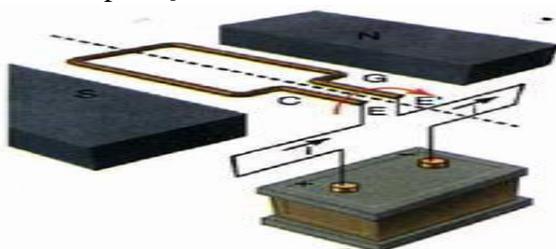


Fig. 22-24: Modelo simples de motor de corrente contínua.



Fig. 23-1: Esquema de fio retilíneo, comprido, conduzindo uma corrente elétrica de intensidade i .

1.2. Esquema do campo magnético sobre um condutor retilíneo

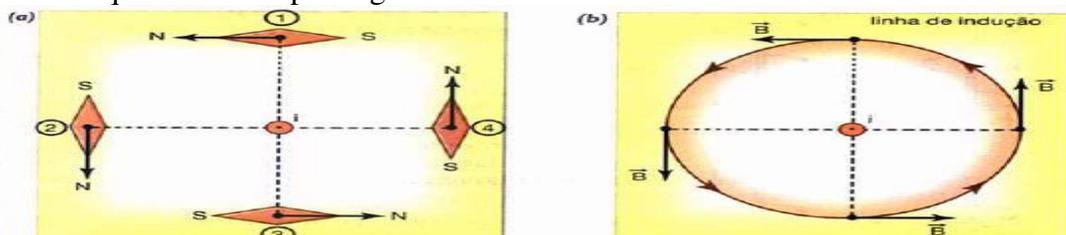


Fig. 23-2: O mesmo condutor mostrado na fig. 23-1, visto agora em direção perpendicular à folha de papel. São vistos também os vetores \vec{B} que a corrente cria em torno do fio.

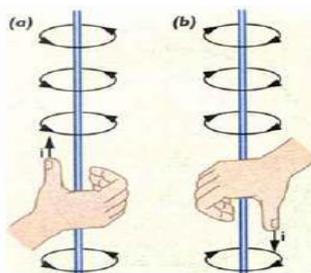


Fig. 23-5: Esquema da aplicação da regra de Ampère para obter o sentido do campo magnético criado em torno de um fio que conduz uma corrente elétrica.

REGRA PRÁTICA PARA DETERMINAR O SENTIDO DE \vec{B}

Como acabamos de ver, as linhas de indução em torno de um condutor retilíneo são sempre circulares, mas o seu sentido (portanto, o sentido de \vec{B}) depende do sentido da corrente no fio. Uma regra prática muito usada, que costuma ser denominada *regra de Ampère*, nos permite facilmente obter o sentido do campo magnético em torno do fio.

A fig. 23-5-a ilustra o uso desta regra: dispondo o polegar da **mão direita** ao longo do condutor, no sentido da corrente, e os demais dedos envolvendo o condutor, estes dedos nos indicarão o sentido das linhas de indução (observe a figura). Na fig. 23-5-b, a mesma regra está sendo usada com a corrente no condutor em sentido contrário ao da fig. 23-5-a. Observe que a regra de Ampère nos indica que a orientação das linhas de indução é contrária àquela da fig. 23-5-a, como já tínhamos visto anteriormente.

1.3. Uma espira percorrida por uma corrente em um campo magnético

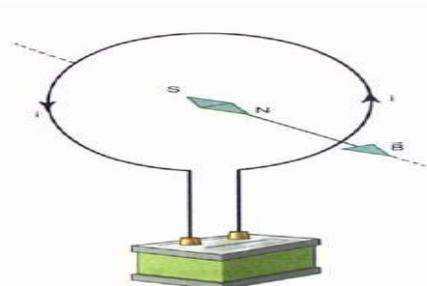


Fig. 23-8: Esquema de campo magnético criado no centro de uma espira circular na qual passa uma corrente elétrica.

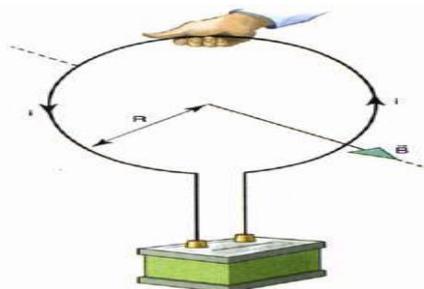


Fig. 23-9: A regra de Ampère pode ser usada para determinar o sentido de B também neste caso.

1.4. O solenoide

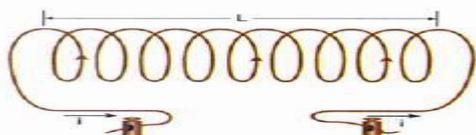


Fig. 23-10: Um solenóide é constituído por um condutor enrolado de modo a formar espiras sucessivas.

1.5. Sentido do vetor campo magnético no interior do solenoide



Profª Dra. Marisa A. Cavalcante/GOPEF/PUC-SP

Uma bobina, percorrida por uma corrente, se comporta como um ímã. As extremidades da bobina se comportam como os pólos do ímã, atraindo pedaços de ferro. *

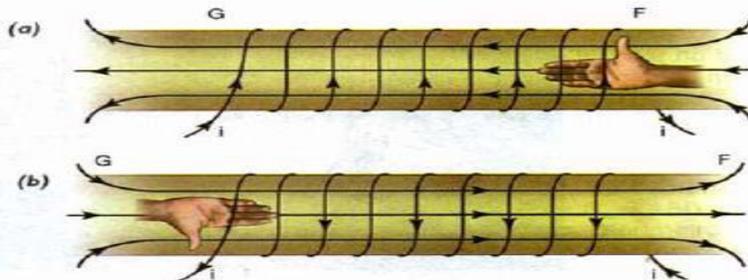


Fig. 23-13: Esquema de aplicação da regra de Ampère para determinação do sentido das linhas de indução do campo magnético de um solenóide.

A grande maioria das substâncias na natureza é paramagnética ou diamagnética:

substâncias paramagnéticas — são aquelas que, na presença de um campo magnético, se imantam muito fracamente, fazendo com que o valor do campo magnético seja ligeiramente aumentado.

substâncias diamagnéticas — em presença de um campo magnético se imantam também fracamente, fazendo, porém, com que o valor do campo magnético se torne ligeiramente menor.

O ferro, o cobalto, o níquel e suas ligas são **substâncias ferromagnéticas**: sob a ação de um campo magnético, estas substâncias se imantam fortemente, fazendo com que o campo magnético resultante seja muitas vezes maior do que o campo aplicado.

ANEXO L – TEXTO TEÓRICO APLICADO NAS AULAS 5 E 6

1. LEI DE FARADAY

1.1. O fluxo magnético

Consideremos uma superfície plana, de área A , colocada dentro de um campo magnético uniforme \vec{B} . Traçando-se uma perpendicular à superfície, designemos por θ o ângulo formado por esta normal N com o vetor \vec{B} (veja a fig. 24-9). O fluxo magnético através desta superfície é representado pela letra grega ϕ (fi) e definido pela seguinte expressão:

$$\phi = BA \cos \theta$$

No S.I., a unidade de fluxo magnético é denominada 1 weber = 1 Wb, em homenagem ao físico alemão do século XIX, W. Weber. Então, medindo-se B em tesla (T) e A em m^2 , teremos:

$$1 \text{ Wb} = 1 \text{ T} \cdot \text{m}^2$$

1.2. Variação do fluxo magnético ao longo do tempo

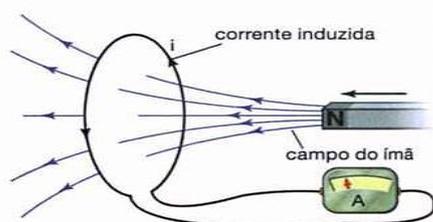


Fig. 24-7: Corrente induzida em uma espira, causada pela aproximação do pólo norte de um ímã.

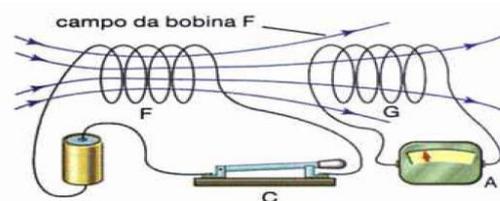


Fig. 24-8: No instante em que a chave C é aberta ou fechada, aparece, na bobina G, uma corrente induzida.

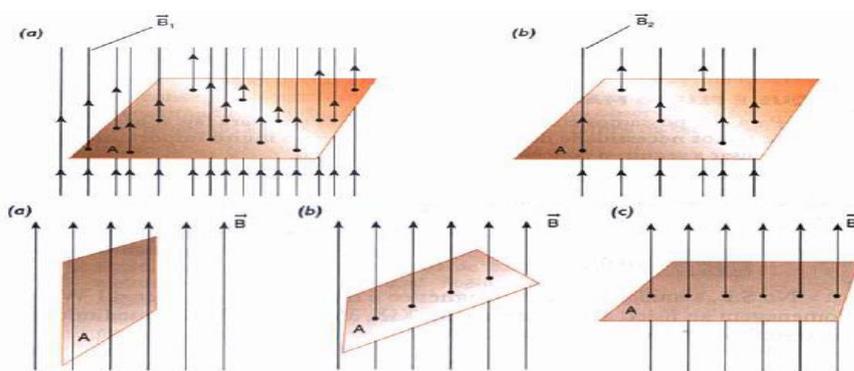


Fig. 24-10: O fluxo magnético ϕ_1 em (a) é maior do que o fluxo ϕ_2 em (b).

Fig. 24-11: O fluxo magnético através de uma superfície depende da inclinação da superfície em relação ao vetor \vec{B} .

1.3. Aplicação: gerador elétrico

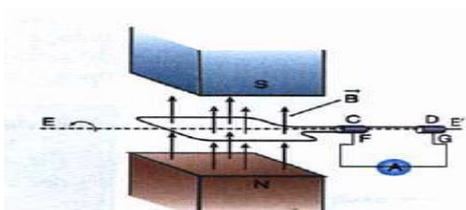
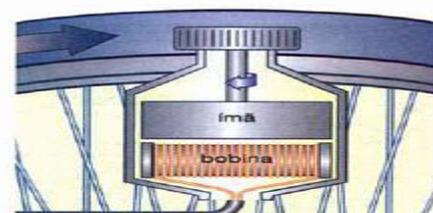


Fig. 24-13: Uma espira girando dentro de um campo magnético produz uma corrente alternada.



No gerador de uma bicicleta, a variação de fluxo na bobina fixa é causada pela rotação do ímã.

1.4. A lei de Lenz

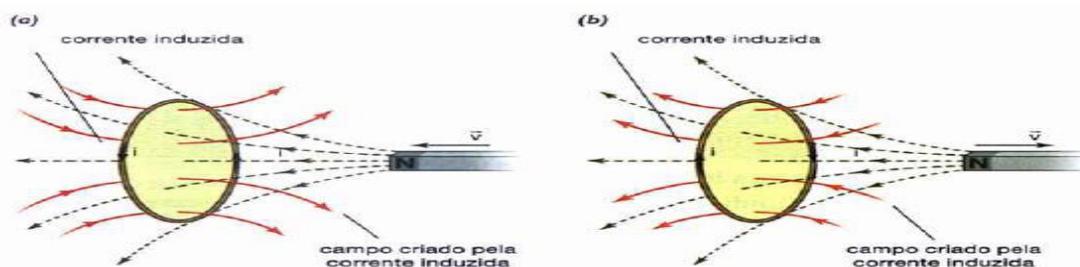


Fig. 24-17: A corrente induzida na espira aparece com sentido tal que o campo magnético que ela cria tende a contrariar a variação de fluxo através desta espira.

Lei de Lenz

A corrente induzida em um circuito aparece sempre com um sentido tal que o campo magnético que ela cria tende a contrariar a variação do fluxo magnético através da espira.

Em outras palavras, a lei de Lenz nos diz que* :

- 1º) Quando a corrente induzida é estabelecida em virtude de um *aumento* do fluxo magnético, o seu sentido é tal que o campo por ela criado tem *sentido contrário* ao campo magnético existente no interior do circuito.
- 2º) Quando a corrente induzida é estabelecida em virtude de uma *diminuição* do fluxo magnético, o seu sentido é tal que o campo por ela criado tem o *mesmo sentido* do campo magnético existente no interior do circuito.

1.5. O transformador

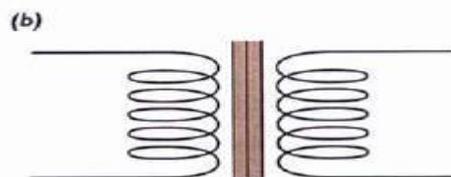
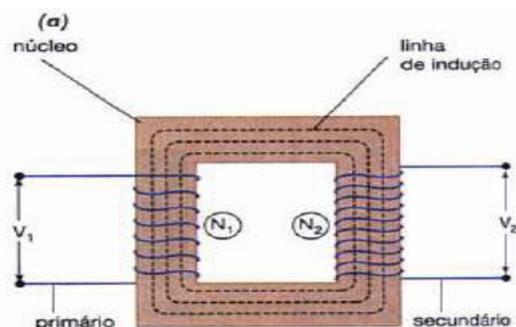


Fig. 24-19: Esquema de um transformador simples (a) e maneira de representá-lo em um diagrama de circuito elétrico (b).

RELAÇÃO ENTRE AS VOLTAGENS NO PRIMÁRIO E NO SECUNDÁRIO

Até agora descrevemos o transformador e seu funcionamento, mas ainda não mostramos por que ele pode ser usado para aumentar ou diminuir uma voltagem de corrente alternada. Para isto, designemos por N_1 o número de espiras no primário e por N_2 o número de espiras no secundário. A partir da lei de Faraday é possível demonstrar que a seguinte relação é válida:

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1}$$

ANEXO M – TEXTO TEÓRICO APLICADO NAS AULA 7 E 8

1. ONDAS ELETROMAGNÉTICAS

1.1. Campo elétrico induzido

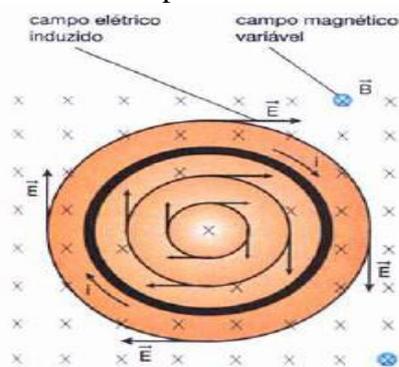


Fig. 24-21: Ilustração esquemática. Quando um campo magnético, existente em uma certa região, sofre variação no decorrer do tempo, aparece nesta região um campo elétrico induzido.

se um campo magnético, existente em uma certa região do espaço, sofrer variação no decorrer do tempo, esta variação faz aparecer, nesta região, um campo elétrico induzido.

1.2. Campo magnético induzido

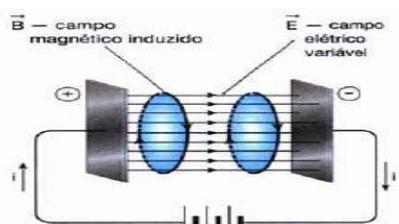


Fig. 24-22: Ilustração esquemática. Quando um campo elétrico, existente em uma certa região, sofre variação no decorrer do tempo, aparece nesta região um campo magnético induzido.

se um campo elétrico, existente em uma certa região do espaço, sofrer uma variação no decorrer do tempo, esta variação faz aparecer, nesta região, um campo magnético induzido.

1.3. Geração de ondas eletromagnéticas

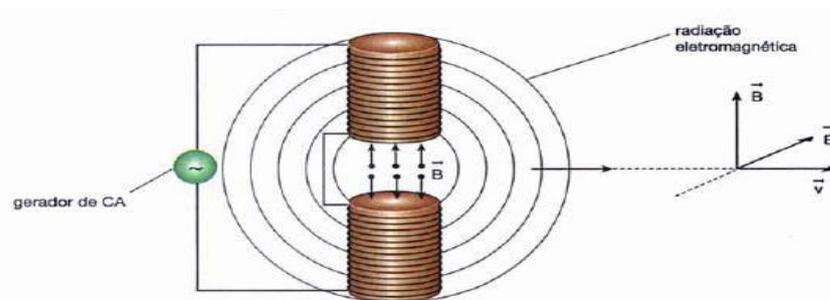


Fig. 24-23: Ilustração esquemática. A propagação, através do espaço, de um distúrbio constituído pelos campos variáveis \vec{E} e \vec{B} é denominada onda eletromagnética.

1.4. Campos elétrico e magnético variando ao longo do tempo

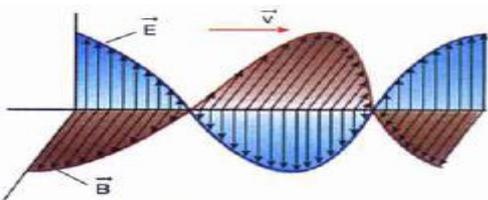


Fig. 24-24: Representação esquemática de onda eletromagnética propagando-se para a direita.

1.5. O espectro eletromagnético

Fig. 24-25: Os diversos tipos de ondas eletromagnéticas conhecidas constituem o espectro eletromagnético (os limites dos intervalos mostrados não devem ser considerados com rigidez). Ilustração esquemática.

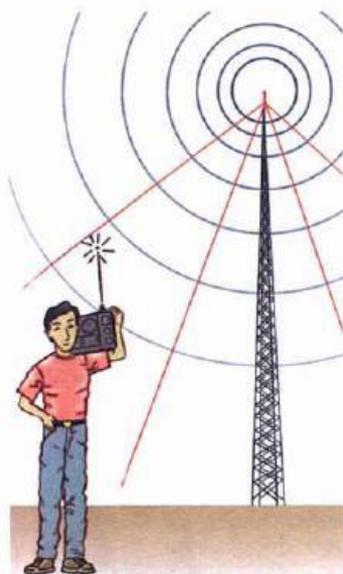
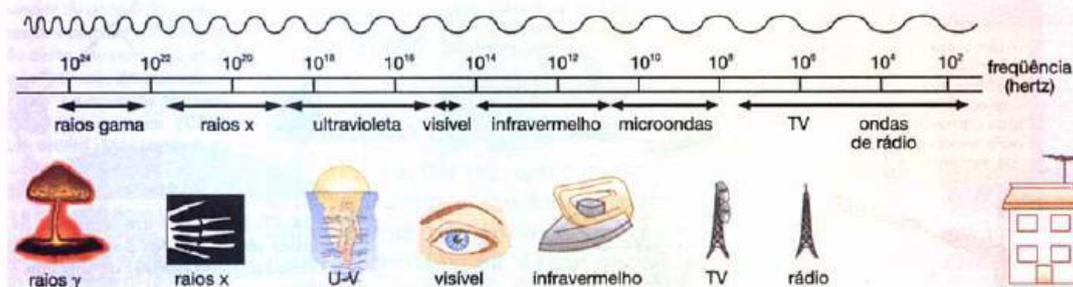


Fig. 24-26: Ilustração esquemática. As ondas de rádio são emitidas por elétrons acelerados na antena da emissora.

De um modo geral, os diversos tipos de ondas eletromagnéticas diferem pelo valor de sua frequência e, também, pela maneira como elas são produzidas, como descreveremos mais adiante. Na fig. 24-25 estão apresentados os diversos tipos de ondas eletromagnéticas que são conhecidas. Observe que, conforme o valor da frequência, elas recebem denominações especiais: ondas de rádio, infravermelho, raios X etc.

O conjunto de todos estes tipos de ondas é denominado *espectro eletromagnético*. Portanto, o que está representado na fig. 24-25 nada mais é do que o espectro eletromagnético. Todas as ondas que constituem este espectro propagam-se, no vácuo, com a mesma velocidade ($v = 3,0 \times 10^8$ m/s, como vimos) e podem ser originadas pela aceleração de uma carga elétrica. Então, sempre que uma carga elétrica é acelerada, ela irradia um certo tipo de onda eletromagnética, o qual irá depender do valor da aceleração da carga.

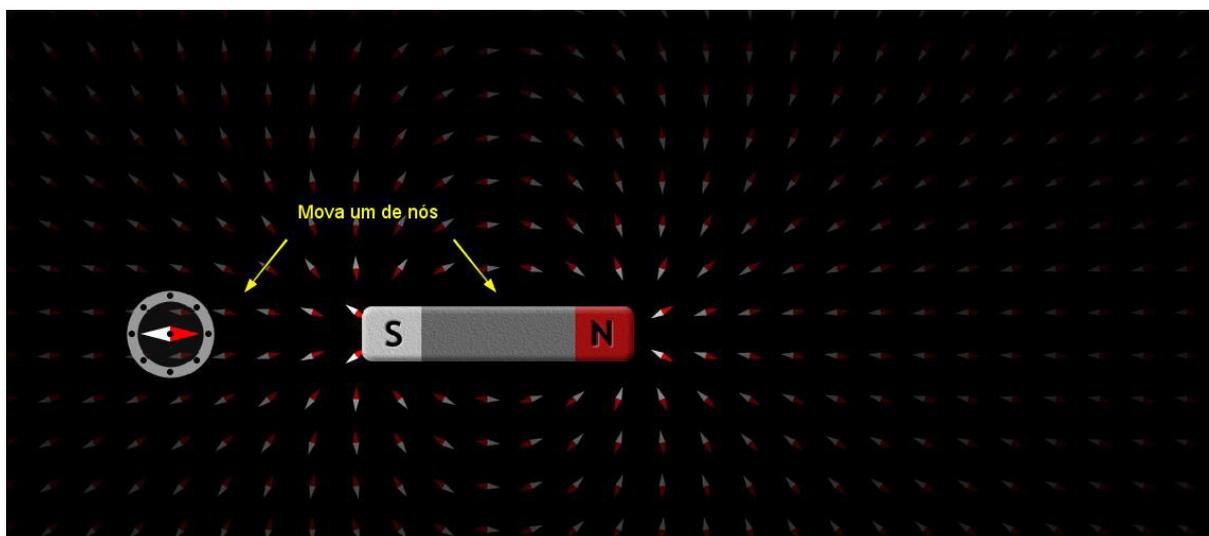
Examinaremos, a seguir, algumas características de cada tipo de onda que constitui o espectro eletromagnético.

ONDAS DE RÁDIO

Vemos, na fig. 24-25, que as ondas eletromagnéticas que apresentam frequências mais baixas (até cerca de 10^8 hertz, ou seja, cem milhões de vibrações por segundo!) são as *ondas de rádio*. Elas recebem esta denominação porque são usadas pelas estações de rádio para realizar suas transmissões. Nestas estações existem circuitos elétricos especiais que provocam a oscilação de elétrons na antena emissora. Estes elétrons, portanto, estão sendo continuamente acelerados e, por isso, emitem as ondas de rádio que transportam as mensagens da estação (fig. 24-26).

ANEXO N – DEMONSTRAÇÃO APRESENTADA NA AULA 2

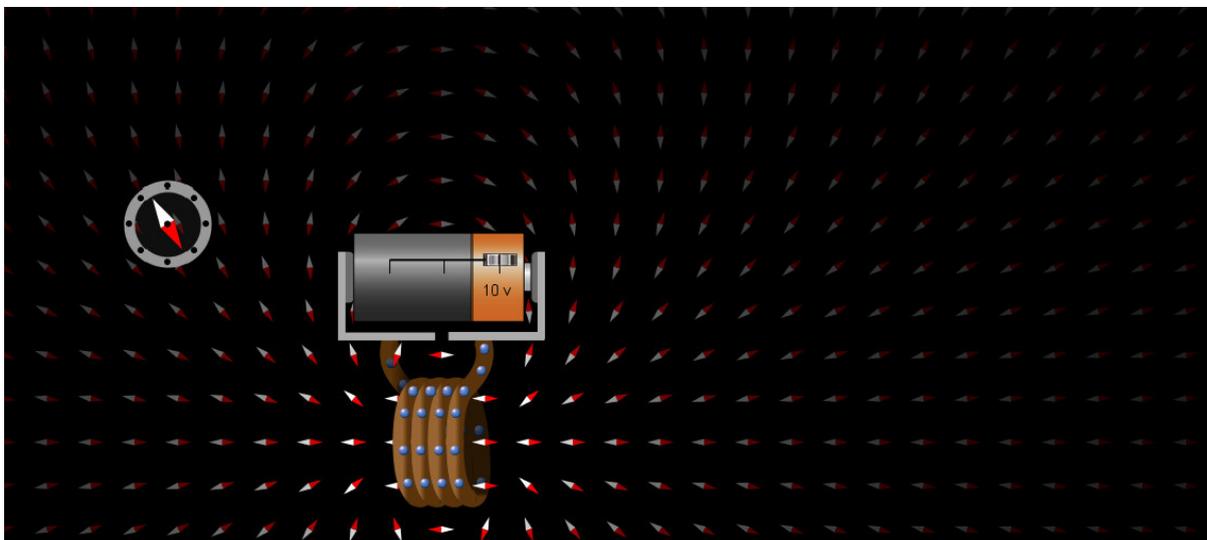
Simulação phet ímã em barra.



Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/magnets-and-electromagnets. Acesso em 04 de julho de 2015.

ANEXO O – DEMONSTRAÇÃO APRESENTADA NA AULA 4

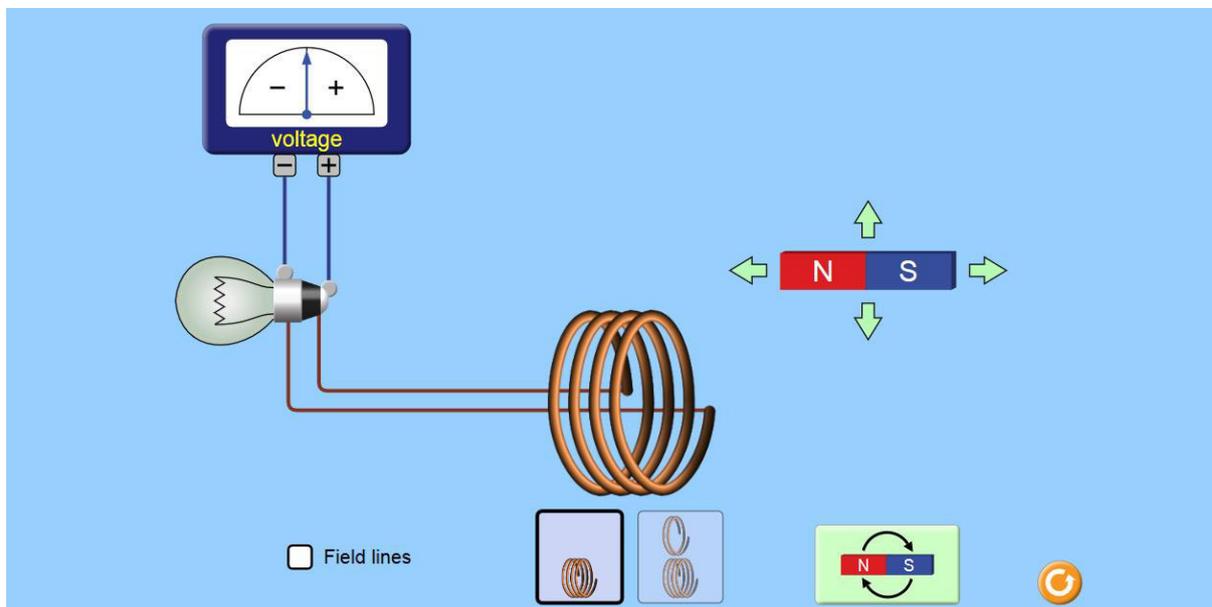
Figura: Simulação phet eletroímã.



Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/magnets-and-electromagnets. Acesso em 04 de julho de 2015.

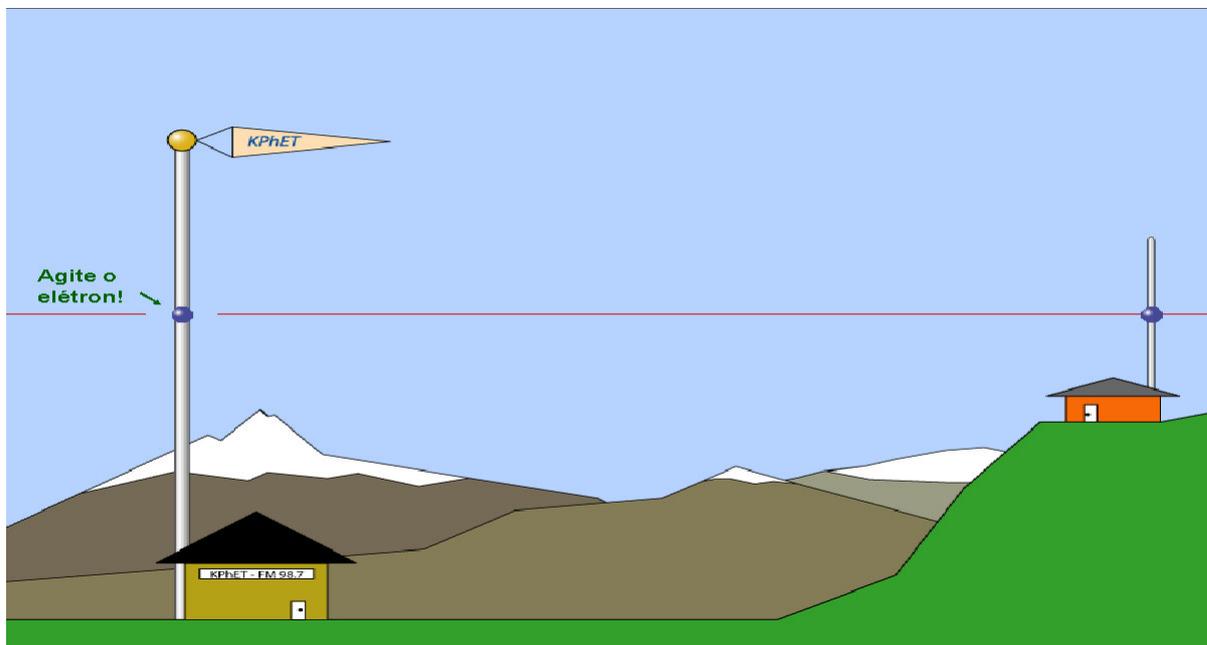
ANEXO P – DEMONSTRAÇÃO APRESENTADA NA AULA 6

Simulação Phet indução eletromagnética

Fonte: <https://phet.colorado.edu/en/simulation/faradays-law>. Acesso em 04 de julho de 2015.

ANEXO Q – DEMONSTRAÇÃO APRESENTADA NA AULA 8

Simulação Phet propagação de ondas eletromagnéticas.



Fonte: <https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/radio-waves>. Acesso em 04 de julho de 2015.

ANEXO R – ATIVIDADE EXPERIMENTAL APLICADA NA AULA 2

O CAMPO MAGNÉTICO DO ÍMÃ

Fonte: Adaptado de http://www.cienciamao.usp.br/tudo/exibir.php?midia=pmd&cod=_pmd2005_0104

Roteiro

A) Linhas de campo com limalhas de ferro:

1. Coloque os ímãs sob a superfície lisa com a folha em branco sobre ela, de forma que os ímãs se atraiam. Espalhe lentamente a limalha de ferro sobre a folha em branco. Observe a figura criada.

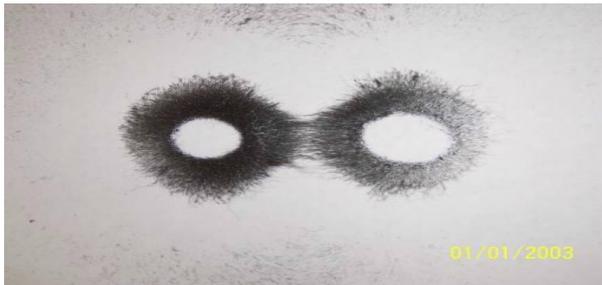


Figura 1

2. Recolha a limalha e inverta o sentido dos ímãs, de maneira que eles se repilam (polos iguais virados um para o outro). Novamente, jogue a limalha sobre a superfície e observe a figura.

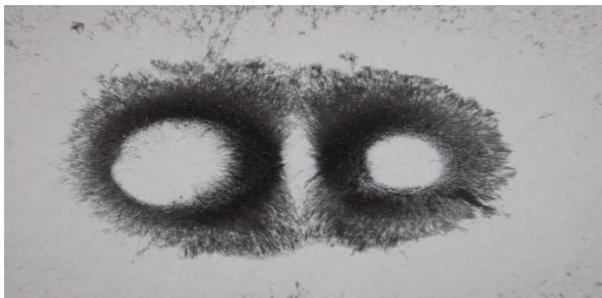


Figura 2

3. O que você pode concluir sobre as figuras formadas nos ítems 1 e 2? Se você tivesse que fazer um desenho das linhas de campo, como seria?

4. Se for conveniente e houverem mais ímãs, faça o mesmo procedimento, colocando os ímãs aleatoriamente por baixo da folha e jogando a limalha de ferro por cima. Observe a figura. Note que neste caso, também podem ser visualizadas as linhas de campos, porém quanto mais ímãs se utilizar mais complexa fica a interpretação.

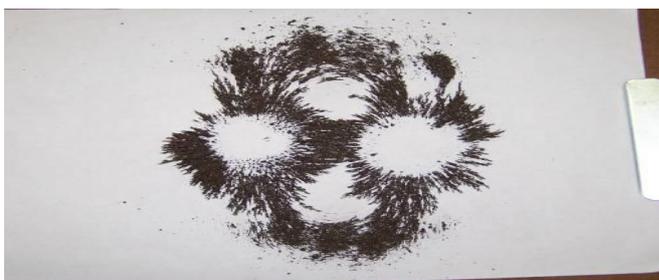


Figura 3

ANEXO S – ATIVIDADE EXPERIMENTAL APLICADA NA AULA 4

ELETROÍMÃ

Fonte: adaptado de <http://pontociencia.org.br>

1. Introdução

Fazendo um ímã artificial

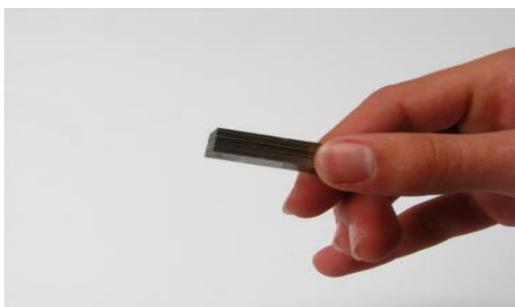
2. Materiais necessários

- Lâminas metálicas (encontradas em transformadores)
- Prego grande
- Fio de cobre encapado ou esmaltado
- Pilha de 1,5 V
- Clipes ou pequenos pregos
- Fita adesiva
- Tesoura
- Alicata de corte
- Fita isolante



Passo 1

Posicione as lâminas umas sobre as outras e fixe-as com fita adesiva, como na figura abaixo:



Passo 2

Enrole o fio nas lâminas com as voltas bem próximas, formando uma bobina.

Passo 3

Desencape as extremidades dos fios e fixe com fita isolante uma das pontas em um polo da bateria.

Passo 4

Aproxime as lâminas dos pregos ou clipes e note que não haverá atração.

Passo 5

Fixe a outra ponta do fio no outro polo da bateria.

Passo 6

Aproxime as lâminas dos pregos ou clipes novamente. Note que as lâminas irão atraí-los.



Passo 7

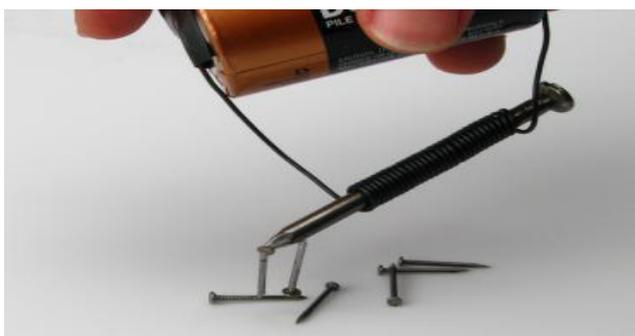
Desconecte uma das pontas do fio da bateria e note que a atração irá cessar.

Passo 8

Enrole o fio no prego grande formando uma bobina. Fixe uma das extremidades do fio em um dos polos da bateria. Aproxime o prego dos pregos pequenos ou clipes e note que não haverá atração.

Passo 9

fixe a outra extremidade do fio no outro polo da bateria. Aproxime o prego grande dos pregos pequenos ou clipes novamente e note que ele irá atraí-los.



Passo 10

Desconecte uma das pontas do fio da bateria e note que a força de atração irá diminuir, mas não irá cessar.

Passo 11

O que acontece?

Ao ligar a pilha no fio enrolado em um núcleo de ferro doce, a corrente fará com que apareça um campo magnético induzido. Esse campo irá atrair pequenos materiais ferromagnéticos como os usados nessa experiência. Ao cessar a corrente, também cessa o campo magnético fazendo com que as lâminas parem de atrair os objetos metálicos. Quando o prego foi usado para ser o núcleo, mesmo ao cessar a corrente, o prego continua imantado. Isso ocorre porque se o núcleo for feito de ferro doce (ferro puro), a imantação cessará quando cessar a corrente, já materiais que possuem aço, permanecem imantado, mesmo sem corrente na bobina.

A intensidade desse campo depende da corrente e do número de voltas da bobina. Por isso, quanto mais voltas der com o fio de cobre mais forte ficará o eletroímã.

ANEXO T – ATIVIDADE EXPERIMENTAL APLICADA NA AULA 6

Indução eletromagnética com bobina de campainha e ímã de HD

Fonte: Adaptado de www.pontociencia.org.br

Introdução

Usando Leds, a bobina de uma campainha elétrica do tipo cigarra e o ímã retirado do Hard Disk de um computador danificado você pode mostrar uma das inúmeras manifestações do fenômeno de indução eletromagnética.



Aspecto da montagem depois de pronta

Materiais necessários

- Ímã retirado do Hard Disk de um computador danificado
- Campanhia elétrica do tipo cigarra
- Ferro de Solda
- Chave de fenda
- Suporte de pilha com duas pilhas AA
- Led Vermelho
- Led Amarelo
- tampinha de refrigerante preta (coca diet)
- Retângulo de papel preto fosco de 7 x 10 cm
- Fita isolante preta



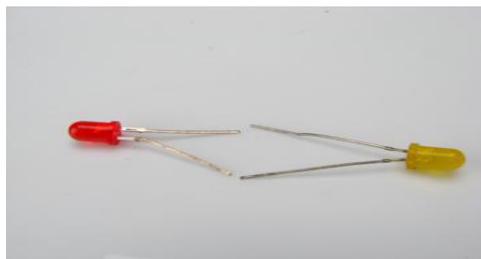
Passo 1

Explorando o caráter retificador do Led

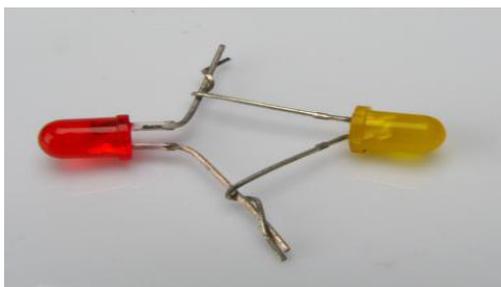
O Led é um diodo e, por essa razão, possui polaridade e permite a passagem de corrente apenas em um sentido. O terminal positivo do Led é um pouco mais comprido do que o terminal negativo. Se o terminal positivo do Led é ligado no pólo positivo da fonte de tensão (suporte de pilhas com duas pilhas AA), e o terminal negativo do Led é ligado no pólo negativo da fonte de tensão, então, o circuito será percorrido por corrente elétrica e o Led brilhará. Na montagem que iremos fazer usaremos dois Leds (vermelho e amarelo) com ligação cruzada: o terminal positivo (mais comprido) do Led amarelo deve ser ligado ao terminal negativo (mais curto) do Led vermelho e vice-versa. Ligando uma fonte de tensão de 3,0V às extremidades da ligação feita entre os Leds, podemos mostrar que só um deles acende de cada vez. Para acender o outro é preciso inverter a ligação entre o par de Leds e os terminais da fonte de tensão.



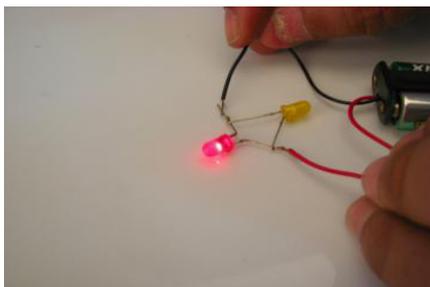
O terminal mais comprido de cada Led é positivo e o mais curto, negativo.



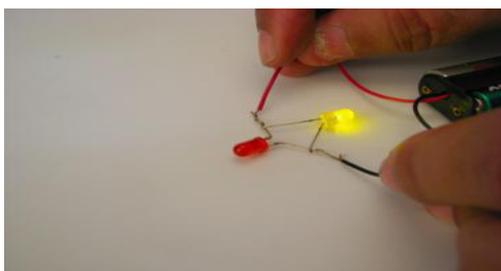
Posicione o terminal mais comprido do Led amarelo com o terminal mais curto do Led vermelho e vice-versa.



Conecte os terminais dos dois Leds entre si.



Ligue os terminais da fonte de tensão às extremidades da ligação entre os Leds. Apenas um dos Leds se acenderá.



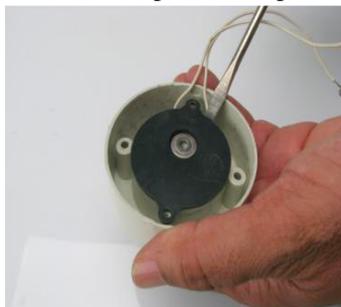
Inverta os terminais da fonte tensão: o outro Led acenderá.

Passo 2

Abrindo a campainha elétrica

Com uma chave de fenda, retire a bobina (enrolamento de fio de cobre) da campinha do interior do cilindro que compõe a parte externa do aparelho. Sob uma chapa de ferro, você verá ma pequena bobina, enrolada em volta de um núcleo de ferro.

Levante a chapa de ferro para expor a bobina e seu núcleo de ferro.



Passo 3

Com um ferro de solda quente, fure dois pontos diametralmente opostos na tampinha de garrafa preta. Depois, insira as duas extremidades da ligação feita com o par de lados em cada um dos furos efetuados sobre a tampinha. **ATENÇÃO: Recomendamos cuidado durante a manipulação do ferro de solda, pois ele se encontra em alta temperatura. Descuidos em seu manuseio podem provocar queimaduras.**



Passo 4

Soldando os terminais do par de Leds aos terminais da bobina da campainha elétrica

Solde os terminais do par de Leds aos terminais da bobina.



Passo 5

Concluindo a montagem

Recorte um retângulo de 7 x 10 cm de papel preto fosco e, com a ajuda de um pedaço de fita isolante faça um cilindro preto que será colocado sobre a montagem para escurecer o ambiente onde foi colocada a ligação de Leds.



Passo 6

Usando a montagem

Aproxime rapidamente um ímã de HD do núcleo de ferro da bobina e observe que um dos Leds irá se acender. Afaste rapidamente o ímã e observe que o outro Led se acenderá. Esse fato indica que o afastamento ou a aproximação do ímã produz no circuito o surgimento de correntes elétricas de sentidos opostos.

ANEXO U – ATIVIDADE EXPERIMENTAL APLICADA NA AULA 8

Interferência nas ondas de rádio

Fonte: adaptado de <http://pontociencia.org.br>

1. Introdução

Este experimento foi retirado do livro de nona série do Ensino Fundamental denominado Construindo Consciências (Grupo APEC, 2004, Editora Scipione).

No experimento vamos mostrar como criar uma onda eletromagnética capaz de interferir em uma transmissão de rádio.

2. Materiais necessários

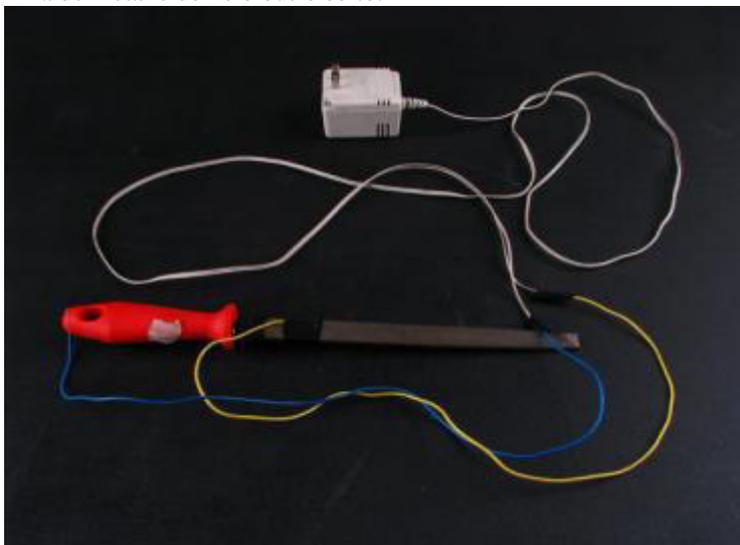
- lima de metal
- eliminador de pilha como fonte de tensão ou suporte de pilhas com duas pilhas
- dois pedaços de fios condutores
- rádio AM



Passo 1

Montando o circuito

Conecte os fios condutores nas extremidades dos dois fios da fonte de tensão. Prenda um desses fios à base da lima de metal e deixe o outro solto.



Passo 2**Produzindo as ondas eletromagnéticas**

Agora, passe o fio solto sobre a superfície da lima. Esse movimento ligará e desligará o circuito rápida e sucessivamente.

Quando o circuito é ligado, cria-se um campo elétrico no interior dos fios condutores, o que gera um fluxo magnético ao redor dos fios (experiência de Oersted). Quando o circuito é desligado o campo elétrico no interior dos fios condutores vai a zero, o que faz com que o fluxo magnético ao redor dos fios também diminua até tornar-se zero. Como prevê a lei de Faraday, as variações no fluxo magnético existente ao redor do circuito provocam o surgimento de campos elétricos, também variáveis.

Esses campos elétricos variáveis produzem campos magnéticos variáveis ao seu redor. Esses sucessivos processos de indução eletromagnética criam um "efeito dominó" que se propaga na forma de uma onda. É essa onda eletromagnética que atinge a antena do rádio. O rádio capta e amplifica o sinal levando-o ao alto-falante que produz uma onda sonora em resposta à recepção da onda eletromagnética que geramos com o auxílio desse circuito simples.



ANEXO V – AVALIAÇÃO BIMESTRAL DO 3º BIMESTRE DE 2015

01. (UFSM) Considere as afirmações a seguir a respeito de ímãs.

I. Convencionou-se que o polo norte de um ímã é aquela extremidade que, quando o ímã pode girar livremente, aponta para o norte geográfico da Terra.

II. Polos magnéticos de mesmo nome se repelem e polos magnéticos de nomes contrários se atraem.

III. Quando se quebra, ao meio, um ímã em forma de barra, obtêm-se dois novos ímãs, cada um com apenas um polo magnético.

Está(ão) correta(s):

- A) apenas I.
- B) apenas II.
- C) apenas III.
- D) apenas I e II.
- E) apenas II e III.

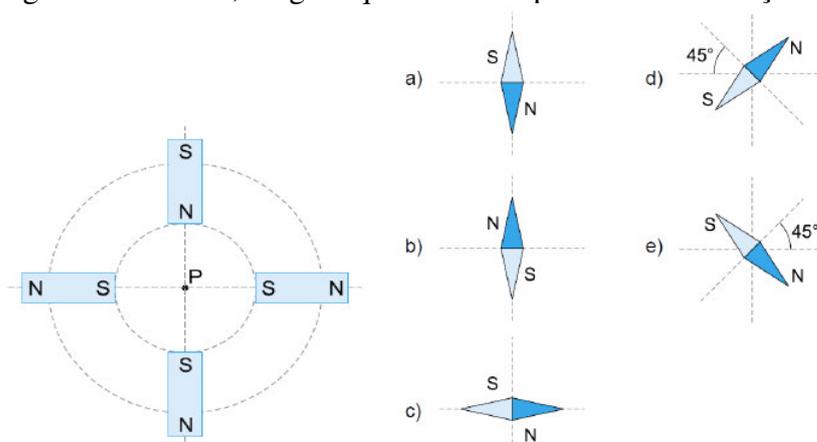
Resposta: D

02. (UNIFOR) Uma característica importante das linhas de força de um campo magnético é que elas são sempre:

- A) radiais.
- B) paralelas.
- C) arcos de circunferência.
- D) abertas.
- E) fechadas.

Resposta: E

03. (FUVEST) Quatro ímãs iguais em forma de barra, com as polaridades indicadas, estão apoiados sobre uma mesa horizontal, como na figura, vistos de cima. Uma pequena bússola é também colocada na mesa, no ponto central P, equidistante dos ímãs, indicando a direção e o sentido do campo magnético dos ímãs em P. Não levando em conta o efeito do campo magnético terrestre, a figura que melhor representa a orientação da agulha da bússola é:



Resposta: A

04. (UNIFOR) Considere as afirmações sobre o campo magnético no interior de um solenoide.

I. O módulo desse campo é proporcional ao número de espiras por unidade de comprimento do solenoide.

II. A intensidade desse campo diminui quando se introduz uma barra de ferro no seu interior.

III. O módulo desse campo é proporcional à intensidade da corrente elétrica que percorre o solenoide.

Está correto somente o que se afirma em:

A) I

B) II

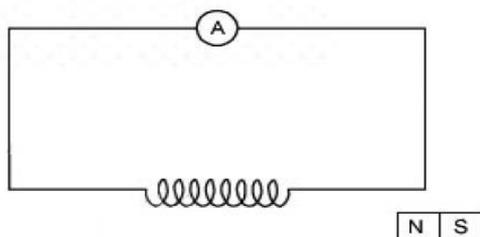
C) III

D) I e II

E) I e III

Resposta: E

05. (ITA) A figura representa um ímã com seus polos Norte e Sul, próximo a um circuito constituído por uma bobina e um medidor sensível de corrente. Impondo-se à bobina e ao ímã determinados movimentos o medidor poderá indicar passagem de corrente pela bobina. Não haverá indicação de passagem de corrente quando:



A) o ímã e a bobina se movimentam, aproximando-se.

B) a bobina se aproxima do ímã, que permanece parado.

C) o ímã se desloca para a direita e a bobina para esquerda.

D) o ímã e a bobina se deslocam ambos para a direita, com a mesma velocidade. e) o ímã se aproxima da bobina e esta permanece parada.

Resposta: D

ANEXO W – QUESTIONÁRIO PÓS-TESTE

PÓS TESTE

Aluno:

Nº:

Turma:

Data:

01. (ITA) Um pedaço de ferro é posto nas proximidades de um ímã, conforme o esquema abaixo.



Qual é a única afirmação correta relativa à situação em apreço?

- A) é o ímã que atrai o ferro
- B) é o ferro que atrai o ímã
- C) a atração do ferro pelo ímã é mais intensa do que a atração do ímã pelo ferro
- D) a atração do ímã pelo ferro é mais intensa do que a atração do ferro pelo ímã
- E) a atração do ferro pelo ímã é igual à atração do ímã pelo ferro

02. (UFRGS 1995/2) A figura mostra um pedaço de ferro nas proximidades de um dos polos de um ímã permanente.



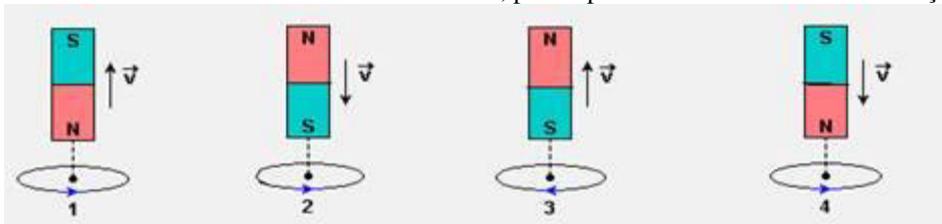
Selecione a alternativa que completa corretamente as lacunas nas seguintes afirmações sobre essa situação.

A extremidade L do pedaço de ferro é pelo polo K do ímã.

Chamando o polo sul do ímã de S e o norte de N, uma possível distribuição dos polos nas extremidades K, L e M é, respectivamente,

- A) atraída - N, N e S
- B) atraída - N, S e N
- C) repelida - N, S e N
- D) repelida - S, S e N
- E) repelida - S, N e S

03. (CFT-MG) Um aluno desenhou as figuras 1, 2, 3 e 4, indicando a velocidade do ímã em relação ao anel de alumínio e o sentido da corrente nele induzida, para representar um fenômeno de indução eletromagnética.



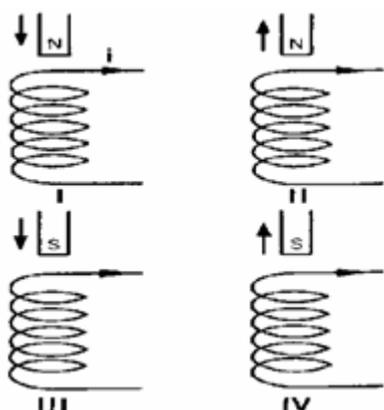
A alternativa que representa uma situação fisicamente correta é

- A) 1
- B) 2
- C) 3
- D) 4

04. (PUC-MG) Uma bússola pode ajudar uma pessoa a se orientar devido à existência, no planeta Terra, de:

- A) um mineral chamado magnetita.
- B) ondas eletromagnéticas.
- C) um campo polar.
- D) um campo magnético.

05. (UFRGS) Analise os seguintes esquemas.



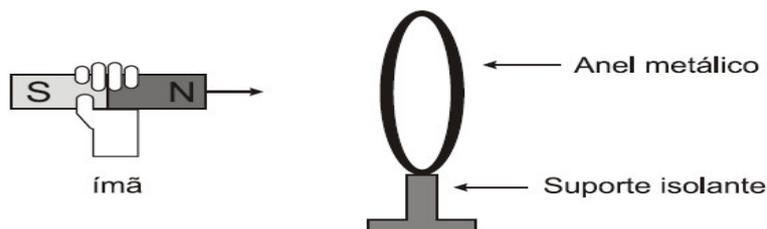
A corrente induzida no solenoide está corretamente indicada, nos esquemas:

- A) I e II
- B) I e III
- C) I e IV
- D) II e IV
- E) II e III

06. (UFRGS 1995/2) Qual a alternativa que melhor exemplifica um dispositivo em que ocorre indução eletromagnética?

- A) Transformador
- B) Capacitor
- C) Resistor
- D) Pilha elétrica
- E) Ímã permanente

07. (FUVEST 2010) Aproxima-se um ímã de um anel metálico fixo em um suporte isolante, como mostra a figura. O movimento do ímã, em direção ao anel,



- A) não causa efeitos no anel.
- B) produz corrente alternada no anel.
- C) faz com que o polo sul do ímã vire polo norte e vice-versa.
- D) produz corrente elétrica no anel, causando uma força de atração entre anel e ímã.
- E) produz corrente elétrica no anel, causando uma força de repulsão entre anel e ímã.

ANEXO X – FOLHA DE ACOMPANHAMENTO DO DESEMPENHO INDIVIDUAL E DO GRUPO

Quadro: Acompanhamento do desempenho individual e do grupo.

Acompanhamento do desempenho individual e do grupo																					
Tema abordado:										Data:											
		Equipe 1					Equipe 2					Equipe 3					Equipe 4				
Desempenho individual	Itens avaliados																				
	Compreensão da tarefa																				
	Atenção ao trabalho																				
	Aceitação de ideias e opiniões																				
	Participação no grupo																				
	Entusiasmo																				
	Colaboração com ideias e opiniões																				
	Ajuda prestada																				
	Ajuda recebida																				
Outros																					
Desempenho em grupo	Desenvolvimento da tarefa	MB__ B__ SAT__ INS__					MB__ B__ SAT__ INS__					MB__ B__ SAT__ INS__					MB__ B__ SAT__ INS__				
	Atitudes (atenção e entusiasmo)	MB__ B__ SAT__ INS__					MB__ B__ SAT__ INS__					MB__ B__ SAT__ INS__					MB__ B__ SAT__ INS__				
	Cooperação (ajuda, receptividade)	MB__ B__ SAT__ INS__					MB__ B__ SAT__ INS__					MB__ B__ SAT__ INS__					MB__ B__ SAT__ INS__				
	Outros aspectos	MB__ B__ SAT__ INS__					MB__ B__ SAT__ INS__					MB__ B__ SAT__ INS__					MB__ B__ SAT__ INS__				
Desempenho individual	Itens avaliados	Equipe 5					Equipe 6					Equipe 7					Equipe 8				
	Compreensão da tarefa																				
	Atenção ao trabalho																				
	Aceitação de ideias e opiniões																				
	Participação no grupo																				
	Entusiasmo																				
	Colaboração com ideias e opiniões																				
	Ajuda prestada																				
	Ajuda recebida																				
Desempenho em grupo	Desenvolvimento da tarefa	MB__ B__ SAT__ INS__					MB__ B__ SAT__ INS__					MB__ B__ SAT__ INS__					MB__ B__ SAT__ INS__				
	Atitudes (atenção e entusiasmo)	MB__ B__ SAT__ INS__					MB__ B__ SAT__ INS__					MB__ B__ SAT__ INS__					MB__ B__ SAT__ INS__				
	Cooperação (ajuda, receptividade)	MB__ B__ SAT__ INS__					MB__ B__ SAT__ INS__					MB__ B__ SAT__ INS__					MB__ B__ SAT__ INS__				
	Outros aspectos	MB__ B__ SAT__ INS__					MB__ B__ SAT__ INS__					MB__ B__ SAT__ INS__					MB__ B__ SAT__ INS__				
Legenda: MB: Muito bom B: Bom SAT: Satisfatório INS: Insatisfatório																					

Fonte: Adaptado de Simões, S. E. F. “Um por todos e todos por um – Fomentar a Aprendizagem Cooperativa do inglês no 1º CEB”. Dissertação de mestrado. Universidade do Minho. 2012.

ANEXO Y – FOLHA DE AUTO AVALIAÇÃO E DE AVALIAÇÃO DO TRABALHO DO GRUPO

Auto avaliação no trabalho em grupo

Data:

Grupo:

Avalie a sua participação no trabalho em grupo assinalando com um **X** no campo apropriado.

	Sim	Poderia melhorar	Não
4. Compreendi a tarefa?			
26. Mantive a concentração na tarefa?			
27. Procurei compreender e aceitar as ideias e opiniões dos colegas?			
28. Participei com ideias e opiniões na realização da tarefa?			
29. Incentivei os colegas a participarem?			
30. Ofereci ajuda quando necessário?			
31. Pedi ajuda quando necessário?			
32. Aceitei a ajuda dos colegas?			
33. Senti entusiasmo no trabalho?			

Avalie o trabalho realizado pelo grupo

	Muito bom	Bom	Satisfatório	Insatisfatório
10. Todos compreendemos e realizamos a tarefa.				
11. Mantivemos a atenção e a motivação na realização da tarefa.				
12. Colaboramos com respeito, compartilhando ideias e opiniões.				

Algum comentário a fazer sobre o trabalho em grupo?

Fonte: Adaptado de Simões, S. E. F. “Um por todos e todos por um – Fomentar a Aprendizagem Cooperativa do inglês no 1º CEB”. Dissertação de mestrado. Universidade do Minho. 2012.