

ULISSES DOS SANTOS CARNEIRO

O FUNCIONAMENTO BÁSICO DE UMA USINA HIDRELÉTRICA,
BASEADO NA ABORDAGEM CTS, COMO INTERVENÇÃO AO
ENSINO DE FÍSICA NA EJA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Física, Sociedade Brasileira de Física, Universidade Federal do Amazonas e Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Dr. Minos Martins Adão Neto

Manaus – AM

2016

ULISSES DOS SANTOS CARNEIRO

O FUNCIONAMENTO BÁSICO DE UMA USINA HIDRELÉTRICA,
BASEADO NA ABORDAGEM CTS, COMO INTERVENÇÃO AO
ENSINO DE FÍSICA NA EJA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Física, Sociedade Brasileira de Física, Universidade Federal do Amazonas e Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em, 03 de Agosto de 2016.

Orientador:

Prof. Dr. Minos Martins Adão Neto

Universidade Federal do Amazonas (UFAM)

Banca Examinadora:

Prof.^a Dra. Débora Coimbra

Universidade Federal de Uberlândia (UFU)

Prof. Dr. Ijanílio Gabriel Araújo

Universidade Federal de Roraima (UFRR)

Dedico este trabalho a meus pais e filhos, em especial a minha mãe, Prof.^a Haydeê dos Santos Carneiro, por seu apoio nos momentos mais difíceis, e a todos àqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para sua realização.

AGRADECIMENTOS

Existem situações na vida acadêmica em que é fundamental poder contar com o apoio e a ajuda de algumas pessoas e/ou instituições. Para a realização deste trabalho, pude contar com várias e a estas, através de poucas palavras, prestarei os mais sinceros agradecimentos:

A Sociedade Brasileira de Física (SBF), por ter nos oportunizado o desenvolvimento do projeto;

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro prestado durante o curso;

A Universidade Federal do Amazonas e ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, pelo apoio estrutural, seja de espaço físico, material ou mão de obra docente e administrativa;

Ao meu orientador Prof. Dr. Mínos Martins Adão Neto, por sua paciência, sua dedicação e principalmente por ter acreditado em meu trabalho;

Aos professores que fizeram parte deste projeto, em especial, a Prof.^a Dra. Débora Coimbra, por sua orientação pedagógica relevante ao trabalho.

A Prof. Mazionete Xavier de Amorim, gestora do Centro de Educação de Jovens e Adultos Prof.^a Jacira Caboclo da Secretaria de Estado de Educação e Cultura do Estado do Amazonas, por sua paciência e informações relevantes;

Aos alunos do Centro de Educação de Jovens e Adultos Prof.^a Jacira Caboclo por terem aceitado participar da intervenção pedagógica.

“O problema de ‘ensinar física na América Latina’ é apenas parte de um problema maior, que é o de ‘ensinar física em qualquer lugar’ que, aliás, está incluso num problema mais amplo, que é o de ‘ensinar qualquer coisa em qualquer lugar’ e para o qual não é conhecida uma solução satisfatória”.

Richard Feynman.

Resumo

O ensino dos conteúdos curriculares das disciplinas nas escolas tem sido objeto de discussão há bastante tempo. A pauta destas discussões tem sido diversas, dentre elas, destacamos uma: o ensino dos conteúdos contemplam os saberes necessários à formação do indivíduo? Neste contexto, não tem como pensar o ensino que não esteja de alguma forma contextualizado com o cotidiano dos educandos, principalmente quando a modalidade de ensino possui especificidades que limitam a abordagem dos conteúdos, como na Educação de Jovens e Adultos (EJA), em que o tempo é curto, o que acaba levando o professor a ter que selecionar alguns deles. O presente trabalho tem por finalidade apresentar um relato da aplicação de um Produto Educacional (PE) produzido especificamente para o ensino de física na EJA, em nível médio. A ideia é que este relato sirva de parâmetro de análise, para verificarmos se a metodologia e as ações empregadas na aplicação têm resultados satisfatórios em um aprendizado mais significativo, bem como se o produto em si, pode ser considerado um recurso didático favorável ao aprendizado de física, para que futuramente, após as devidas correções, possa vir a ser utilizado como material didático em escolas que trabalham com a EJA. O produto aborda como é o funcionamento básico de uma usina hidrelétrica e tem como principal fenômeno a ser investigado, o da indução eletromagnética. Outros materiais auxiliares também foram utilizados em nossa prática de ensino. Não obstante, encontramos no movimento CTS, sigla para Ciência, Tecnologia e Sociedade, e nas ideias de Paulo Freire, subsídios teóricos para nossa intervenção pedagógica.

Palavras-chave: EJA, indução eletromagnética, CTS, Paulo Freire.

Abstract

The teaching of the curricula of disciplines in schools has been discussed for a long time. The agenda of this uproar has been several, among which we highlight one: the teaching of the contents include the necessary knowledge for the formation of the individual? In this context, I do not like thinking that teaching is not somehow contextualized to the daily lives of students especially when the type of education has specific characteristics that limit the approach to content, like in the Youth and Adult Education (YAE) where the time is very short, which ends up leading the teacher to have to select some of the contents. This study aims to present an account of the application of an Educational Product (EP) produced specifically for physics teaching in adult education at secondary level. The idea is that this report will serve as an analysis parameter, to check if the methodology and the actions employed in the application have satisfactory results for a more meaningful learning, as well as the product itself can be considered a favorable teaching resource for the physics learning, so that in the future, after the necessary corrections, might be used as teaching material in schools that work with the YAE. The educational product addresses the basic operation of a hydroelectric plant and has as main phenomenon to be investigated, the electromagnetic induction. Other auxiliary materials were also used in our teaching practice. Nevertheless, we find in the STS movement, which stands for Science, Technology and Society, and the Paulo Freire's ideas, theoretical support for our educational intervention.

Key words: YAE, electromagnetic induction, STS, Paulo Freire.

LISTA DE SIGLAS

CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Profissionais de Ensino Superior
CEJA	Centro de Educação de Jovens e Adultos
CTS	Ciência, Tecnologia e Sociedade
EJA	Educação de Jovens e Adultos
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
EUA	Estados Unidos da América
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação
MEC	Ministério da Educação
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
PE	Produto Educacional
SBF	Sociedade Brasileira de Física
SEDUC-AM	Secretaria de Estado de Educação e Cultura do Estado do Amazonas

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2.1	Formas de energia	17
Figura 4.1	Ângulo normal ao vetor campo magnético	26
Figura 4.2	Fluxo magnético: ângulo entre a normal e o campo magnético	27
Figura 4.3	Indução eletromagnética: lei de Faraday	27
Figura 4.4-a	Lei de Lenz – aumento do fluxo magnético	28
Figura 4.4-b	Lei de Lenz – aumento do fluxo magnético	28
Figura 4.4-c	Lei de Lenz – decréscimo do fluxo magnético	28
Figura 4.4-d	Lei de Lenz – decréscimo do fluxo magnético	28
Figura 5.1	Foto 1 (trânsito com pouca visibilidade)	34
Figura 5.2	Foto 2 (redação - vantagens e desvantagens do calor em Manaus): aluna F	36
Figura 5.3	Foto 3 (redação - vantagens e desvantagens do calor em Manaus): aluna R	37
Figura 5.4	Foto 4 (questões - Atividade 1A): aluna M	40
Figura 5.5	Foto 5 (ímã circular utilizado na experiência 1A) - Atividade 2A.	42
Figura 5.6	Foto 6 (relatório do experimento 4 – Atividade 3A): aluno N	45
Figura 5.7	Foto 7 (questões 11-15 – Atividade 3A): aluna J	46
Figura 5.8	Foto 8 (materiais utilizados - solução eletrolítica): bateria e lâmpada	49
Figura 5.9	Foto 9 (alunos realizando a experiência da solução eletrolítica)	50
Figura 5.10	Foto 10 (alunos realizando a experiência da solução eletrolítica)	50
Figura 5.11	Foto 11 (relatório - Solução Eletrolítica): aluno C	51
Figura 5.12	Foto 12 (questões 16-20 - Atividade 4A): aluna F	54
Figura 5.13	Gerador virtual	56
Figura 5.14	Foto 13 (Tabela de Transformações - Atividade 6A): aluno R	61
Figura 1A	Energia Potencial Gravitacional	74
Figura 2A	Hidrelétrica de Itaipu	75
Figura 3A	Casa de força	75
Figura 4A	Ímã atraindo metais ferromagnéticos	76

Figura 5A-a	Linhas de campo magnético 1	76
Figura 5A-b	Linhas de campo magnético 2	76
Figura 6A	Atração e repulsão entre ímãs	77
Figura 7A	Modelo atômico de Rutherford-Bohr	79
Figura 8A	Força elétrica de atração ou repulsão	79
Figura 9A-a	Elétrons desordenados	80
Figura 9A-b	Elétrons ordenados	80
Figura 10A	Campo elétrico	82
Figura 11A	Linhas de campo magnético 3	84
Figura 12A	Experimento de Faraday	85
Figura 13A	Turbina da usina	86
Figura 14A	Esquema de um transformador	89
Figura 15A	Esquema simplificado da distribuição de energia elétrica	89
Figura 16A	Levitação magnética	92

Sumário

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 JUSTIFICATIVA.....	15
2.1 A necessidade inicial.....	15
2.2 O perfil do aluno da EJA e as características estruturais da modalidade.....	16
2.3 A escolha do tema e do produto.....	17
2.4 O quantitativo das turmas.....	18
2.5 Visão e missão da Escola.....	19
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	20
3.1 Introdução.....	20
3.2 O movimento CTS.....	20
3.3 A educação de Paulo Freire.....	21
3.4 A relação do enfoque CTS com a teoria de Freire.....	21
3.5 O enfoque no enfoque CTS.....	21
3.6 O uso da abordagem CTS e das ideias de Paulo Freire no contexto da EJA.....	23
4 INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA.....	25
4.1 Introdução.....	25
4.2 Definições de grandeza escalar e vetorial.....	25
4.3 Fluxo magnético.....	26
4.4 O Fenômeno da indução eletromagnética.....	27
4.5 A lei de Lenz.....	28
5 RELATO DE EXPERIÊNCIA.....	29
5.1 Introdução.....	29
5.2 Aula 1 (10/09) – Diálogo e questionário iniciais.....	29
5.3 Aula 2, 3 e 4 (14, 17 e 21/09) - Revisão de matemática.....	32
5.4 Aula 5 e 6 (24 e 28/09) - Simulado ENEM.....	33
5.5 Aula 7 (01/10) - Calor e temperatura.....	33
5.6 Aula 8 (05/10) – Grandezas, unidades, prefixos de unidades, grandezas escalares e vetoriais.....	37
5.7 Aula 9 (08/10) – Introdução ao estudo da energia.....	38
5.8 Aula 10 (15/10) – Campo magnético.....	40
5.9 Aula 11 (22/10) – Campo magnético.....	41
5.10 Aula 12 (26/10) – Fluxo magnético e carga elétrica.....	43
5.11 Aula 13 (29/10) – Carga elétrica.....	44
5.12 Aula 14 (05/11) – Quantização da carga elétrica.....	46

	12
5.13 Aula 15 (12/11) – Corrente elétrica.....	47
5.14 Aula 16 (16/11) – Solução eletrolítica	49
5.15 Aula 17 (19/11) – Campo elétrico e diferença de potencial	52
5.16 Aula 18 (23/11) – Indução eletromagnética (Lei de Faraday).....	55
5.17 Aula 19 (26/11) – Gerador virtual em funcionamento	56
5.18 Aula 20 (30/11) – Efeito joule e resistência elétrica.....	58
5.19 Aula 21 (03/12) – Potência elétrica e transformador.....	60
5.20 Aula 22 (10/12) – Supercondutores	61
5.21 Aula 23 (14/12) – Atividade e revisão	62
5.22 Aula 24 (17/12) – Avaliação Final.....	64
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES	65
6.1 Introdução	65
6.2 A intervenção antes do PE	65
6.3 O livro didático tradicional vs. produto educacional.....	66
6.4 O produto educacional como recurso didático à prática docente	67
6.5 A abordagem conceitual conforme a realidade.....	68
7 CONCLUSÃO.....	69
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70
APÊNDICE A: PRODUTO EDUCACIONAL	73
1. Energia: realidade abstrata.....	73
2. A descoberta do fenômeno no contexto histórico	73
3. Usina hidrelétrica: a água como fonte de energia	75
3.1 Campo magnético e fluxo do campo magnético.....	76
3.2 Carga elétrica e corrente elétrica.....	79
3.3 Campo elétrico e diferença de potencial.....	82
3.4 Corrente elétrica induzida, força eletromotriz induzida e indução eletromagnética. ...	84
3.5 Efeito joule, resistência elétrica, potência elétrica e dispositivo transformador	87
3.6 Supercondutividade	91
APÊNDICE B: QUESTIONÁRIO	93
APÊNDICE C: LISTA DE EXERCÍCIOS	94
APÊNDICE D: AVALIAÇÃO OBJETIVA	95

1 INTRODUÇÃO

Apesar dos avanços divulgados recentemente sobre a educação básica, ainda há no Brasil muitas crianças e adolescentes que estão fora da escola. Diversas são as causas que justificam esta realidade, porém acreditamos que a maioria delas, de alguma forma, estejam relacionadas a questões de cunho social. A EJA criada pelo Decreto de Lei 22.949, de 22 de Setembro de 2002, tem por objetivo atender a necessidade de escolarização desta parcela da sociedade, que não conseguiu terminar o ciclo do ensino básico no tempo apropriado.

O fato de a modalidade EJA permitir que se consiga concluir o ensino médio em, aproximadamente, dois anos, e também, a necessidade de estar presente somente duas vezes por semana na escola (sistema semipresencial), que inclusive, é o nosso caso, contribui para que a procura por esta modalidade de ensino, nos níveis fundamental e médio seja bastante significativa. São em torno de 50 escolas na capital do Amazonas com um total de aproximadamente 28.726 alunos matriculados¹.

Estes alunos, em sua grande maioria, trabalhadores, associam agora responsabilidades profissionais e domésticas às atividades escolares, e certamente, reduzem seu pouco tempo de lazer em função de problemas sociais, que às vezes são até maiores agora, que no passado, quando eram crianças e adolescentes [1].

Soma-se a isso, o perfil característico dos alunos que tem faixa etária entre 18 e 65 anos², em que a diversidade social, cultural e econômica é fator crucial e deve ser levada em consideração no processo ensino-aprendizagem. Além disso, muitas dessas pessoas estão anos fora da escola, conseqüentemente retornam com notórias dificuldades de aprendizado. A principal delas, no que tange ao nosso componente curricular, física, é o fraco desempenho em matemática e como o tempo para trabalhar os conteúdos da disciplina é bastante reduzido, pois são somente três meses de aula, aproximadamente, torna-se mais complicado ainda se o tratamento matemático direcionado ao aluno da EJA for o mesmo daquele dado ao aluno do ensino regular.

Neste contexto faz-se necessário que o professor da EJA busque de alguma forma criar novas estratégias pedagógicas, através de ações ou metodologias, para que os conteúdos da disciplina sejam mais bem aceitos pelos alunos. E quando falamos “mais bem aceitos”, usamos este termo para justificar o fato que não há como trabalhar os conceitos físicos de forma contundente quando se tem 50 horas/aula,

¹ Dados de 2010, da Secretaria de Estado de Educação e Qualidade do Ensino do Amazonas.

² Existem alunos com mais idade matriculados, este é um valor médio.

aproximadamente, durante todo o período da disciplina. De forma que não há outra saída que não seja de selecionar conteúdos a serem trabalhados em sala de aula e é nesta conjuntura que justificamos o uso dos projetos temáticos retratados através de temas específicos em que os conteúdos envolvidos possuam relações uns com os outros de maneira contextualizada, e se possível integrada com outros componentes curriculares (interdisciplinaridade).

Diante deste cenário, o presente trabalho tem por objetivo fazer um relato do uso de um Produto Educacional (PE) produzido especificamente para a modalidade em questão, de acordo com suas especificidades, levando em consideração o perfil dos alunos, que inclusive, não são somente, jovens e adultos, mas também idosos, para que possamos verificar se o mesmo tem relevância pedagógica e se pode ser um recurso que depois de aprimorado, contemple a necessidade supramencionada, de tornar mais significativo o aprendizado da física por parte dos alunos da EJA.

Vale ressaltar que as ideias estruturadas neste trabalho não podem esquivar-se das premissas dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) que estão constituídas e fundamentadas na Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB-9394/96) gerida pelo Ministério da Educação (MEC).

No segundo capítulo do presente trabalho, mostramos as causas e justificativas que nos motivaram a elaborar e produzir o produto educacional. No terceiro capítulo, embasada na abordagem CTS, sigla para, Ciência, Tecnologia e Sociedade e também na prática libertadora - progressiva de Paulo Freire apresentamos a fundamentação teórica em que está alicerçada a nossa prática pedagógica. No capítulo 4, abordamos a teoria específica da disciplina, em que o fenômeno da indução eletromagnética é o principal objeto de estudo do PE.

O capítulo 5 traz em seu escopo a mais extensa e o que consideramos ser, a parte mais importante do trabalho que é o relato de experiência, em que descrevemos através do uso do PE, bem como, de outros materiais secundários, todas as ações e atividades realizadas em sala de aula durante nossa intervenção pedagógica. No capítulo 6, diante dos resultados das ações pedagógicas empregadas em sala de aula, defendemos argumentos que justificam a utilização do PE. E por fim, no capítulo 7 apresentamos a conclusão do trabalho. Ao final do trabalho, além das referências bibliográficas, temos também, na parte em anexo, os apêndices, onde encontramos o PE, bem como outros materiais utilizados durante nossa intervenção pedagógica.

2 JUSTIFICATIVA

2.1 A necessidade inicial

A ideia surgiu a partir da experiência já vivida por nós quando em nosso período de faculdade, nos anos de 2006 e 2007, tivemos a oportunidade de trabalhar na escola Centro de Educação de Jovens e Adultos (CEJA) Prof.^a Jacira Caboclo, localizada na cidade de Manaus, no estado do Amazonas, sito a Avenida Constantino Nery, 603 – Centro. Ali percebemos que havia a necessidade de se trabalhar o ensino através de uma metodologia direcionada ao público adulto e em um tempo bastante reduzido. A partir daí vimos que a experiência de vida dos alunos, a contextualização dos conteúdos e a redução do tratamento matemático deveriam estar, de alguma forma, inseridos em nossas ações pedagógicas para a prática de ensino nesta modalidade.

Paulo Freire [2] argumenta que é preciso ter respeito à autonomia dos educandos e aí está intrínseco o respeito aos saberes provenientes do senso comum, os chamados conhecimentos prévios, e essa necessidade fica mais evidente ainda na EJA. Não considerar suas qualidades, por menores que sejam, implica um obstáculo ao processo de ensino e aprendizagem.

Em relação a contextualização dos conteúdos, esta não é uma conjuntura a ser considerada, pertinente só a EJA, pois entendemos ser este, um pressuposto relevante a qualquer nível e/ou modalidade de ensino. Todavia, esperamos que esta pauta esteja mais sistematizada na EJA em função do perfil dos alunos. Agora, quando falamos em contextualizar, não é olhar apenas para o aspecto técnico da disciplina, mas principalmente, relacionar os conhecimentos científicos e tecnológicos aos anseios sociais, as consequências que as descobertas científicas e tecnológicas provocam no contexto social, cultural e econômico.

No que tange a abordagem matemática acreditamos ser necessário restringi-la, o máximo possível, em detrimento ao contexto conceitual. Não obstante, esta decisão, apesar de reconhecermos, ser um problema, uma vez que a física e a matemática são na verdade parte de uma mesma conjectura, julgamos ser mais eficaz dar pouca ênfase na matemática e direcionar as ações nos conceitos. A justificativa, bem como já dissemos, é a carga horária reduzida, o que consideramos ser a principal causa, por razões já expostas aqui.

2.2 O perfil do aluno da EJA e as características estruturais da modalidade

A EJA, como já dissemos, foi criada pelo Decreto de Lei 22.949 de 22 de Setembro de 2002 com o objetivo de atender aquelas pessoas que não conseguiram concluir os ensinos fundamental e médio no tempo e período apropriados. Como consequência, muitos são as características que identificam o perfil dos alunos da EJA, em especial, a faixa etária que vai de 18 a 65 anos (às vezes até mais), o que denota diversidade social e cultural bastante significativa.

Os alunos são, em geral, pais de família, aposentados, trabalhadores assalariados e/ou autônomos, de diversos ramos, tais como: vigilantes, cobradores, motoristas, pedreiros, balconistas, recepcionistas, mototaxistas, etc. Em muitos casos, precisam abandonar as aulas por questões trabalhistas, financeiras ou familiares, o que acaba contribuindo para o alto índice de desistência e evasão (ver Tabela 2.1). Às vezes, possuem a necessidade de trocar de turno, ou até trocar o dia em que frequentam as aulas, uma vez que no sistema semipresencial as turmas são divididas da seguinte maneira: as turmas A e B assistem às aulas nas segundas e quintas-feiras e às turmas C e D nas terças e sextas-feiras.

A duração das aulas é de uma hora e quarenta e cinco minutos em média. As quartas-feiras são destinadas a reuniões com a equipe gestora e pedagógica, bem como, o atendimento ao aluno que pode ser na forma de reforço dos conteúdos, avaliações de segunda chamada, realização de atividades diversas.

As escolas ou centros que trabalham com EJA possuem uma rotatividade muito grande de alunos matriculados, no caso do CEJA Prof.^a Jacira Caboclo, onde realizamos nossa intervenção, o quantitativo de alunos matriculados no ano de 2015 foi de 12.907³. Isto se justifica por que ao término de cada módulo, conhecida como fase⁴, é necessário abrir novas turmas para os que já são alunos e para os alunos novos. As disciplinas de português e matemática tem duração de seis meses, aproximadamente, e as demais, duração de três meses, o que dá uma carga horária média de 50 horas/fase para a disciplina de física. O quantitativo de alunos gira em torno de 25 a 30 alunos para cada turma.

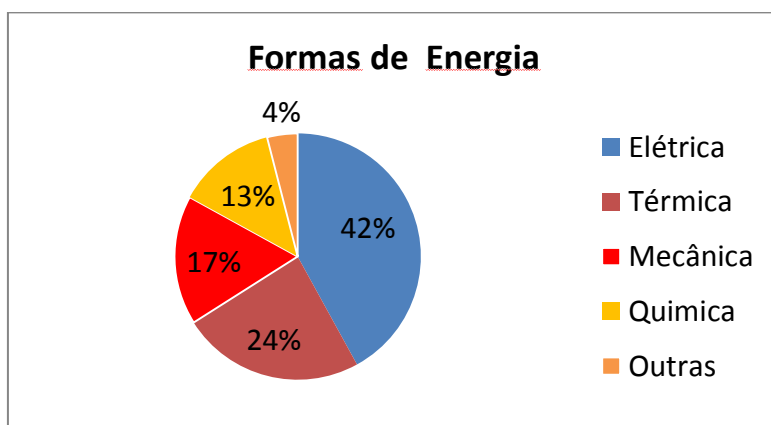
³ Dados atualizados – Fonte: Equipe de gestão CEJA Prof.^a Jacira Caboclo

⁴ O sistema é modular, ou seja, os alunos cursam as disciplinas por módulo, num limite de duas disciplinas por cada módulo (fase).

2.3 A escolha do tema e do produto

O conceito de energia na física conjuga muita amplitude e abstração, uma vez que a energia está em todos os lugares e não é uma grandeza palpável, no sentido de ser algo concreto que se possa tocar. Na verdade, todos os fenômenos físicos precisam de alguma maneira estar atrelado a algum tipo de energia inicial para acontecerem, em outras palavras, para obter movimento, calor, eletricidade, etc., deve haver uma fonte de energia. É nesse contexto que o tema escolhido é de suma importância em nosso projeto, não sendo feita escolha de forma aleatória, sem uma justificativa plausível. A ideia é que o tema tenha bastante relevância no que diz respeito sua aplicabilidade e utilização no cotidiano.

Em nosso projeto focamos na modalidade elétrica a partir da ideia de como funciona o gerador da turbina de uma usina hidrelétrica desde a geração até a distribuição de energia elétrica para a sociedade, onde discutimos também, além de outras modalidades de energia, o princípio da conservação da energia, que é um princípio físico extremamente importante para entendermos a natureza a nossa volta. A tomada de decisão pela escolha da modalidade elétrica foi consequência de uma pesquisa propedêutica realizada com os alunos do CEJA Prof.^a Jacira Caboclo, no ano de 2007. Os resultados da pesquisa estão retratados na Figura 2.1, a seguir, sob a forma de gráfico.



(Figura 2.1 – Formas de Energia)

Agora, porque focar dentro do tema energia, o fenômeno da indução eletromagnética? Em função de ser este o fenômeno principal responsável pelo o que ocorre no gerador da turbina de uma usina de grande porte. Somando-se a isso a escolha pela hidrelétrica está no fato de ser a principal forma de geração de energia usada em

nosso país⁵, apesar de as usinas que abastecem a cidade de Manaus serem em sua maioria, termelétricas (80%).

Outro fator relevante, que justifica a escolha da hidrelétrica é que corriqueiramente este assunto está em destaque nos noticiários, nos meios de comunicação em geral, nas discussões sobre meio ambiente, conseqüentemente é uma pauta bastante discutida pelos governos atualmente, mais precisamente pelo governo federal na pasta do Ministério das Minas e Energias.

A escolha por uma apostila como PE se deu em função de ser um material para leitura, em que os conceitos são abordados à medida que surgem no decorrer do texto [3]. Nas informações concernentes, ao PE, encontramos sugestões de pesquisa, distribuídos conforme a necessidade do texto, ilustrações e figuras, roteiros experimentais, atividades de pesquisa, questões e o espaço ‘Você sabia?’, em que inserimos frases de efeito com o intuito de despertá-los para a reflexão.

2.4 O quantitativo das turmas

O trabalho foi desenvolvido no CEJA Prof.^a Jacira Caboclo no período de 10 de Setembro a 17 de Dezembro de 2015. O período corresponde a terceira fase do ano.

Em média o quantitativo de alunos é de 25 a 30 alunos/turma. Na fase de aplicação do produto, a média foi de 20 alunos/turma, abaixo do normal, o que é justificável, pois neste período, em que acontecem as festas de fim de ano há uma diminuição na quantidade de matrículas⁶. E em função do índice de evadidos e desistentes ser alto⁷, frequentaram até o final da fase uma média de 12 alunos/turma. Tabela 2.1 a seguir, nos mostra de maneira mais simplificada estes números.

Tabela 2.1 – Dados referentes a fase 3/2015.

Situação	Aprovados	Reprovados	Desistentes	Evadidos	Total
Turma I	11	1	7	4	23
Turma J	13	1	6	7	27
Turma K	12	0	3	4	19
Turma L	10	0	2	0	12
Percentual	56,79%	2,47%	22,22%	18,52%	100%

⁵ Temos a segunda maior hidrelétrica do mundo, a de Itaipu, e recentemente estão em andamento a construção das usinas de Belo Monte no estado do Pará e Jirau e Rondônia.

⁶ Neste período aumenta a oferta de emprego no comércio.

⁷ Um percentual de: 22,2% de desistentes e 18,5% de evadidos.

2.5 Visão e missão da Escola

O CEJA Prof.^a Jacira Caboclo é uma escola da rede pública estadual da cidade de Manaus, gerida pela Secretaria de Estado de Educação e Qualidade do Ensino do Estado do Amazonas (SEDUC-AM), que tem como visão torna-se um centro de referência na EJA fomentando o acesso ao conhecimento científico através de um olhar mais relevante para o contexto sociocultural dos alunos, dando destaque ao mundo do trabalho e em práticas interdisciplinares que representem mais integralização e assunção do saber.

A missão bem como descreve a equipe de gestão na pessoa da gestora Prof.^a Mazionete Xavier de Amorim tem como objetivo desenvolver nos jovens e adultos a autonomia intelectual, que para nós está intrínseco na busca pela rigorosidade metódica ao qual argumenta Freire [2].

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Introdução

O ensino de física, ou melhor, das ciências em geral tem se mostrado incipiente quando observado sob a ótica do contexto social. Não se percebe uma relação dos currículos, em especial dos conteúdos dos livros didáticos com as implicações sociais que as descobertas científicas e os avanços tecnológicos suscitam na sociedade, seja de maneira positiva ou negativa. Talvez este seja um dos motivos que contribuem para que o processo de ensino e aprendizagem da física esteja distante dos objetivos descritos no texto da legislação (LDB 9394/96).

A maioria dos alunos ao perceberem que o contexto social não está inserido nas entrelinhas do currículo, que por sua vez, privilegia questões puramente técnicas sob a égide de quanto mais conteúdo transmitido, melhor, “ensino bancário” [4], não se interessam qualitativamente pelo conteúdo, e ainda que haja interesse, configura-se apenas aquele suficiente para “passar de ano” ou “passar no ENEM”, não despertando para o pensamento crítico e para a tomada de decisão, dificultando assim, a solução de situações-problema do dia a dia. Paulo Freire [2] argumenta em sua teoria dialógica que olhar apenas para o aspecto técnico não configura o papel formador da educação.

3.2 O movimento CTS

O movimento CTS, sigla para Ciência, Tecnologia e Sociedade, ainda pouco conhecido no Brasil surgiu em meados de 1960, nos Estados Unidos e na Europa, sob a justificativa de que era essencial que ciência e tecnologia, estivessem mais próximas das questões sociais, políticas e éticas. Assim, no contexto educacional era necessário que a educação, sendo um dos três pilares básicos para o alcance do bem estar social almejado na constituição, contemplasse aspectos, metodologias e conteúdos que de alguma maneira suprissem a necessidade de relacionar a ciência e a tecnologia às implicações sociais da sociedade. Assim comenta Bazzo:

É inegável a contribuição que a ciência e a tecnologia trouxeram nos últimos anos. Porém, apesar desta constatação, não podemos confiar excessivamente nelas, tornando-nos cegos pelo conforto que nos proporcionam cotidianamente

seus aparatos e dispositivos técnicos. Isso pode resultar perigoso porque, nesta anestesia que o deslumbramento da modernidade tecnológica nos oferece, podemos nos esquecer de que a ciência e a tecnologia incorporam questões sociais, éticas e políticas. [5].

3.3 A educação de Paulo Freire

Analogamente, a percepção de que se faz necessário aliar os conteúdos dos livros didáticos com o que ocorre no dia a dia dos estudantes é enxergada por Paulo Freire [2] como condição necessária para passar da curiosidade ingênua - àquela proveniente do senso comum, que resulta dos conhecimentos prévios dos educando - para o que classifica como curiosidade epistemológica, a qual está intrínseca a caracterização de um pensamento mais crítico, mais rigoroso, mais epistemológico. Porém, ainda segundo Freire [2], esta passagem da curiosidade ingênua para a curiosidade epistemológica, não se dá de maneira arbitrária, mas através do que chamou de rigorosidade metódica que se constrói com desenvolvimento da curiosidade crítica, insatisfeita, indócil.

3.4 A relação do enfoque CTS com a teoria de Freire

Tanto a educação dialógica, libertadora e progressista de Freire como o enfoque CTS reforçam que trabalhar os conteúdos de forma temática contribui para que o contexto social seja mais facilmente inserido nas discussões em sala de aula, principalmente, àqueles relacionados a ciência e a tecnologia. Obviamente que a validade da utilização de temas como recurso de ensino deve estar pautada na busca para solução de problemas, ou seja, se faz necessário propor soluções para os problemas à medida que surgem no momento da abordagem temática em sala de aula ou fora dela.

3.5 O enfoque no enfoque CTS

O enfoque CTS mostra-se como reflexo da necessidade de interagir ciência e tecnologia à tomada de decisão que tenham como consequência o bem estar social. Neste contexto, ser consciente é aquele indivíduo que ao contrário, não é aquele que pensa o avanço científico e tecnológico em prol do consumismo, do conforto e do avanço econômico, mas principalmente aquele que busca uma ação coletiva consciente

da sociedade sobre todos os âmbitos e aspectos. Um exemplo disso é pensar que qualquer produto retirado da prateleira de um estabelecimento comercial tem sua origem no meio ambiente, pois a matéria-prima vem da natureza. E que logo após o uso, ocorre o descarte indiscriminado. O próprio lixo é um retrato dessa realidade.

Desta forma, não percebemos nas ações humanas preocupação com os aspectos da sociedade ligados às questões sociais. Aí cabe a pergunta: será que as pessoas conseguem enxergar este problema, quando o que mais importa é não ter prejuízo econômico? A importância de economizar energia em prol da natureza e consequentemente em benefício próprio e não preocupar-se apenas com o lado financeiro. É neste contexto que enxergamos o enfoque CTS e a nosso ver requer até uma mudança de valores:

As pessoas, por exemplo, lidam diariamente com dezenas de produtos químicos e têm que decidir qual devem consumir e como fazê-lo. Essa decisão poderia ser tomada levando-se em conta não só a eficiência dos produtos para os fins que se desejam, mas também os seus efeitos sobre a saúde, os seus efeitos ambientais, o seu valor econômico, as questões éticas relacionadas à sua produção e comercialização. Por exemplo, poderia ser considerado pelo cidadão, na hora de consumir determinado produto, se, na sua produção, é usada mão-de-obra infantil ou se os trabalhadores são explorados de maneira desumana; se, em alguma fase, da produção ao descarte, o produto agride o ambiente; se ele é objeto de contrabando ou de outra contravenção, etc. [6].

Nesta busca de soluções faz-se necessário criar em sala de aula um ambiente democrático em que haja participação efetiva dos alunos, dando suas opiniões, expressando seus pontos de vista, tendo o professor como mediador (interlocutor) nesse processo, incentivando-os a se manifestarem, fomentando o diálogo crítico. Assim, ao considerarmos que a perspectiva CTS abrange valores relacionados às questões sociais entendemos ser de suma importância atribuir aspectos filosóficos e históricos ao currículo. [7]

A construção da ciência se fez e continua sendo feita diante de contextos históricos, dentro de parâmetros filosóficos aos quais até certo ponto delimitam a trajetória das descobertas científicas. Além de quê, os rumos tomados pelas ciências são reflexos também do panorama social e econômico vivenciados em períodos da história. Daí a importância de não desvincularmos a educação científica e tecnológica das questões sociais.

A ideia da abordagem CTS suscita também questões de relevância mais profunda como o fato de que até algumas pessoas dotadas de conhecimentos técnicos e acadêmicos, agem de forma não condizente com a de uma pessoa preocupada com o meio ambiente, inconscientes de que sua relação com a natureza deve ser de cunho solidário e criticamente mais altruísta. Conseqüentemente, este reconhecimento da consciência só é de fato concebido com mudanças de hábitos, pois não é só pensar o fazer, é acima de tudo, operacionalizar o fazer. Vejam o que diz Auth:

Provavelmente serão de pouco valor as medidas adotadas que não vierem acompanhadas de mudanças de hábitos que originaram as problemáticas em questão. As crenças e os valores que as pessoas possuem, construídos socialmente, possibilitam-lhes uma determinada visão de mundo e as conduzem a agir de uma forma ou outra (ou a se acomodar diante das ações externas). São determinantes em suas atitudes e comportamentos. De acordo com os valores atuais de uma parte significativa das pessoas, é mais importante o acúmulo material e financeiro do que a conservação do ambiente. [8]

3.6 O uso da abordagem CTS e das ideias de Paulo Freire no contexto da EJA

Como já dissemos, no âmbito das escolas que trabalham com a EJA a metodologia adotada para o processo ensino-aprendizagem deve ser diferenciada daquela empregada nas escolas de ensino regular, por motivos e características já expostos no capítulo anterior.

Tais características, anteriormente citadas, retratam a necessidade de trabalhar os conteúdos de forma temática, onde os mesmos estejam ajustados de forma contextual. Não que no ensino regular a contextualização dos conteúdos não possa ser considerada, entretanto, reforçamos que na EJA tal aspecto merece maior atenção, pois além dos argumentos já citados, destacamos que o conhecimento prévio [2], resultante do senso comum é em geral mais relevante para este público, além de que o desempenho em matemática não se mostra satisfatório⁸, o que nos faz valorizar ainda mais uma abordagem voltada para o cotidiano, tendo um direcionamento maior para os conceitos físicos em detrimento à ferramenta matemática.

Neste panorama e levando em consideração a necessidade de não alijar a ciência e a tecnologia do contexto social, encontramos no enfoque CTS aliado às ideias da

⁸ Existem alunos que estão até 20 anos ou mais sem estudar.

educação dialógico-libertadora de Paulo Freire, embasamento teórico para nossa práxis que é ensinar Física no ensino médio da EJA.

Dentro da concepção de Paulo Freire [2] é importante dar valor aos saberes trazidos das experiências de vida, do dia a dia dos alunos. Aproveitar suas atividades de rotina, seus afazeres do cotidiano, considerar as especificidades da realidade onde vivem, bem como da realidade mundial [9]. E através da interlocução destes saberes com aqueles oriundos dos conteúdos curriculares, tornar, o aprendizado, mais significativo. Freire [2] argumenta ainda que negar o conhecimento de pura experiência sociocultural é retardar o processo de ensino e aprendizagem.

O uso da abordagem CTS na EJA reforça-se por entendermos que a ciência, em especial a física, bem como a tecnologia são consequências da ação humana que resultam das necessidades de modificação e transformação ao interagir com o mundo, em que todos os aspectos intrínsecos e extrínsecos concernentes à existência do homem na sociedade influenciam para os caminhos tomados pela ciência. E como o público da EJA é de alunos com mais experiência de vida é provável que tais aspectos tenham mais relevância para eles e sobre eles:

Dessa forma, a importância de discutir com os alunos os avanços da ciência e tecnologia, suas causas, consequências, os interesses econômicos e políticos, de forma contextualizada, está no fato de que devemos conceber a ciência como fruto da criação humana. Por isso, ela está intimamente ligada à evolução do ser humano, desenvolvendo-se permeada pela ação reflexiva de quem sofre/age as diversas crises inerentes a esse processo de desenvolvimento. [10]

4 INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA

4.1 Introdução

O movimento ordenado de cargas elétricas em um fio condutor gera um campo magnético perpendicular e circular em torno dele, ou seja, a constatação de que é possível obter campo magnético a partir de campo elétrico. Além disso, quando uma carga elétrica movimenta-se imersa em um campo magnético ela sofre um desvio em sua trajetória em função da ação de uma força, conhecida como força magnética ou força de Lorentz⁹, e que sua direção é perpendicular ao plano gerado pelo produto vetorial entre a velocidade e o campo magnético.

Relacionando estas duas ideias de maneira que, se ao invés de um fio retilíneo, tivermos um fio sobre a forma de uma espira, percorrido por uma corrente e esta estiver imersa em um campo magnético, as cargas em movimento na espira sofrerão a ação de uma força perpendicular ao campo \vec{B} e a velocidade \vec{v} , fazendo a espira girar em torno de um eixo.

Agora, seria possível o efeito contrário? Ou seja, surgir, na espira, uma corrente elétrica a partir do movimento rotacional da espira em torno de seu eixo, quando imersa em um campo magnético? Michael Faraday¹⁰ (1791-1867) mostrou, através de vários experimentos, que este efeito é possível. Em outras palavras, a obtenção de campo elétrico, a partir de campo magnético, fenômeno conhecido como indução eletromagnética. Para entendermos o fenômeno da indução eletromagnética é necessário compreendermos primeiro o conceito de fluxo magnético.

4.2 Definições de grandeza escalar e vetorial

Grandezas escalares são aquelas que só precisam do módulo ou intensidade para serem representadas, exemplos: massa, tempo, potência, energia.

Grandezas vetoriais são aquelas que precisam de três informações para serem representadas, são elas: módulo ou intensidade, direção e sentido, exemplos: velocidade, força, campo magnético.

⁹ Em referência ao físico Neerlandês Hendrik Antoon Lorentz (1853-1928).

¹⁰ Físico e químico inglês de notável habilidade experimental.

4.3 Fluxo magnético

Considere um plano de área A imerso em um campo vetorial \vec{B} (Figura 4.1), o fluxo de \vec{B} na região limitada pelo plano será proporcional a quantidade de linhas que atravessarem o plano. Agora, se o plano for aquele limitado por uma espira circular de área A imersa em um campo vetorial \vec{B} , de origem magnética, o fluxo magnético ϕ será proporcional a quantidade de linhas do campo magnético \vec{B} que atravessam a área A limitada pela espira. A expressão que define o fluxo magnético que atravessa a área é:

$$\phi = (\vec{B} \cdot \hat{n}) A \quad (4.1)$$

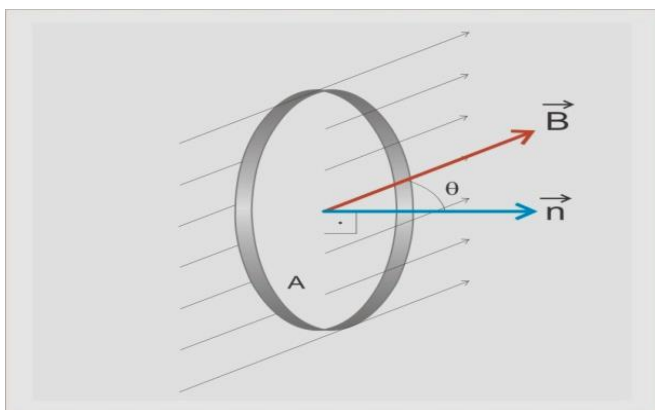


Figura 4.1 – Ângulo normal ao vetor campo magnético. [11]

onde, \hat{n} é o versor perpendicular ao plano A . Como o termo entre parênteses é o produto interno do vetor \vec{B} com o versor \hat{n} , então a equação (4.1), torna-se:

$$\phi = (B \cos \Theta) A \quad (4.2)$$

onde, Θ é o ângulo entre o vetor campo magnético \vec{B} e o versor \hat{n} .

Porém, como o módulo do versor \hat{n} é igual a 1, o fluxo magnético será dado por:

$$\phi = BA \cos \Theta \quad (4.3)$$

De maneira que existe uma relação entre a quantidade de linhas de campo e o ângulo Θ definindo-se a intensidade do fluxo magnético. A Figura 4.2, na próxima página, mostra esta relação.

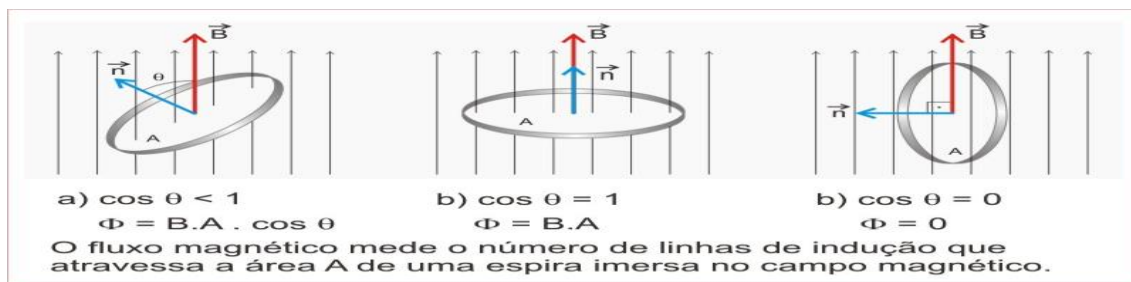


Figura 4.2 – Fluxo magnético: ângulo entre a normal e o campo magnético. [11]

No S.I., a unidade de fluxo magnético é denominada Weber = 1 Wb, em homenagem ao físico alemão Wilhelm Eduard Weber (1804-1891). Então, medindo-se B em tesla (T) e A em m^2 , temos que, $1 \text{ Wb} = 1 \text{ T.m}^2$.

Desta forma, se fizermos a espira girar em torno de um eixo fixo nesta região onde existe o campo magnético \vec{B} , percebemos que o fluxo de \vec{B} varia de acordo com a posição da espira em cada instante da rotação, pois a quantidade de linhas que atravessam a área A varia com este movimento.

4.4 O Fenômeno da indução eletromagnética

Michael Faraday, em suas experiências, percebeu que quando um ímã se aproximava ou se afastava de uma espira (Figura 4.3), havia o aparecimento de uma corrente na espira, que se manifestava somente enquanto houvesse movimento relativo do ímã ou da espira. Ora, sabemos de conceitos anteriores que para haver, nestas condições, corrente elétrica na espira é necessário que haja uma força eletromotriz (f.e.m), e neste caso, esta f.e.m é induzida. Faraday então, diante de inúmeras experiências chegou a conclusão que em todos os casos onde havia o aparecimento de uma f.e.m induzida, havia também uma variação no fluxo magnético associado ao movimento da espira ou do ímã.

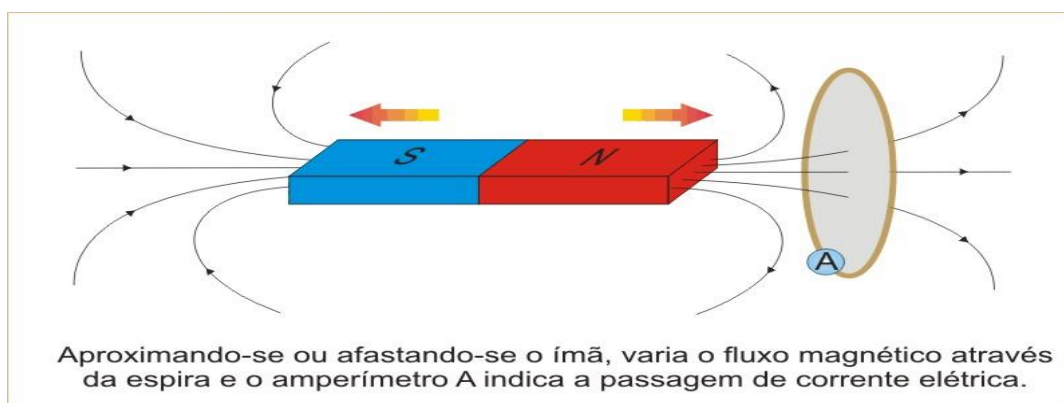


Figura 4.3 - Indução eletromagnética: lei de Faraday. [11]

Faraday concluiu, também, que a corrente seria maior quanto fosse mais rápida a variação do fluxo magnético, ou seja, quanto mais intenso era o movimento do ímã ou da espira, maior seria a f.e.m induzida. Logo, constatou que a intensidade (ε) da f.e.m induzida é dada por:

$$\varepsilon = \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \quad (4.4)$$

onde, $\Delta\phi$ é a variação do fluxo magnético e Δt o intervalo de tempo de variação deste fluxo. A grandeza ε não é vetorial.

4.5 A lei de Lenz

Apesar de sua descoberta ser de extrema importância para a Física do século XIX, Faraday não conseguiu descrever qual a relação existente entre o sentido do movimento relativo entre o ímã e a espira, pois, a corrente induzida na espira mudava de sentido de acordo com o movimento de aproximação ou de afastamento entre ambos.

A partir daí, o físico russo Heinrich F. E. Lenz (1804-1865), em 1834, descobriu qual relação era essa, que fazia a corrente, ora estar num sentido, ora em outro:

“O sentido da corrente induzida na espira é tal que o campo magnético gerado por ela tende a contrariar a variação do fluxo magnético que a induziu.”

A análise de Lenz é fundamentada em fenômenos já conhecidos. Observe que a medida que o ímã se movimenta em relação a espira, uma corrente induzida surge em função da variação do fluxo como já sabemos da lei de Faraday. Ocorre que, a passagem de corrente elétrica na espira faz surgir também um campo magnético em torno dela. O sentido deste campo opõe-se ao aumento do fluxo magnético quando o ímã se aproxima da espira (Figuras 4.4-a, 4.4-b), definindo assim a corrente em um sentido. Analogamente, o sentido do campo magnético proveniente da corrente induzida na espira opõe-se ao decréscimo do fluxo magnético quando o ímã se afasta da espira (Figuras 4.4-c, 4.4-d), definindo a corrente para o sentido oposto.

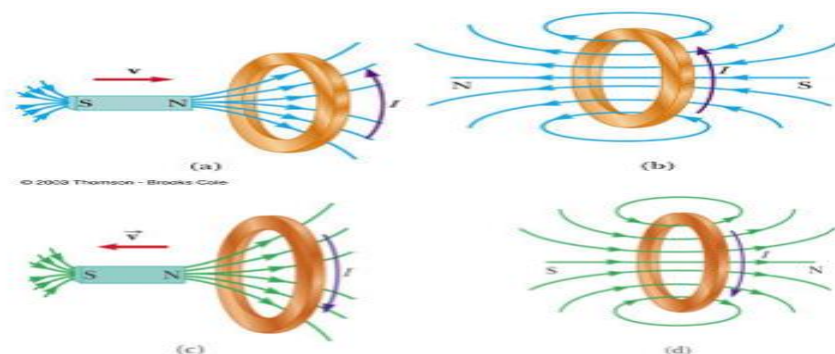


Figura 4.4-a,b,c,d – Lei de Lenz. (Fonte: Serway-2003) [12]

5 RELATO DE EXPERIÊNCIA

5.1 Introdução

Nesta parte relatamos como foi realizada, entre outras ações, a aplicação do PE sob todos os aspectos: qualitativos e quantitativos. É importante ressaltar que a estrutura deste relato está relacionada diretamente ao PE, em anexo no APÊNDICE (A), por isso, em alguns momentos estaremos trazendo as atividades que lá estão disponíveis. Entretanto, estando cientes da dificuldade de seguirmos integralmente o que planejamos, algumas ações foram realizadas tendo como embasamento, outras fontes de informação, outros conteúdos e/ou atividades pedagógicas que em princípio não foram pensadas no planejamento das aulas. Alguns termos utilizados, foram registrados na íntegra, em função de serem obtidos através de áudios, de acordo com a linguagem coloquial dos estudantes, não respeitando a norma culta da língua portuguesa.

5.2 Aula 1 (10/09) – Diálogo e questionário iniciais

Iniciamos a fase (módulo) realizando uma conversa formal com os alunos para apresentarmos a metodologia de ensino: aspectos qualitativos das aulas, avaliações, direitos e deveres dos alunos e o produto educacional. Posteriormente, continuamos com uma conversa informal com o objetivo de perceber e de certa forma avaliar qualitativamente quais suas opiniões com respeito à ciência, em especial a física onde utilizamos as seguintes perguntas:

1-Vocês já estudaram física?

2-Qual o objeto de estudo da física?

3-Vocês já ouviram falar em algum momento da vida de vocês sobre física?

4-Me deem um exemplo de um fenômeno físico.

A ideia de realizarmos esta sondagem inicial era a de nos familiarizarmos com os conhecimentos prévios provenientes do senso comum [3], bem como termos uma ideia básica do grau de interação dos educandos com a disciplina e também fazê-los interagir uns com os outros e com o professor. Como esta ação foi de cunho informal

até mesmo para criarmos em sala de aula um ambiente, a priori, “menos evasivo”¹¹, não registramos em termos quantitativos as respostas individuais dadas pelos alunos, no entanto, foram registradas em nosso “diário de bordo”, algumas destas respostas de forma coletiva.

A maioria disse nunca ter estudado física, nem quando estudavam antes de pararem os estudos, nem quando concluíram o fundamental. Em relação ao objeto de estudo da física apenas dois deles se referiram a análise de fenômenos naturais.

Na questão 3, alguns deles disseram já ter escutado nos corredores da escola, ou até dos filhos¹² em casa, que a física é o “bicho-papão” das disciplinas. Já vinham com a falsa ideia de que a física não tinha nenhuma “serventia” e que só servia para reprovar os alunos.

Na questão 4, referente aos exemplos de fenômenos físicos, dois alunos (os mesmos que já haviam se manifestado na questão 2) se manifestaram, o primeiro mencionou a respeito da gravidade e o segundo falou sobre energia.

Após esta ação propedêutica foi passado um questionário curto, adaptado do livro *Física Do Dia a Dia* [13], (ver questionário, APÊNDICE B) contendo cinco questões que envolvem fenômenos físicos ocorridos no cotidiano. Nesta segunda atividade do dia, nosso objetivo era de instigá-los ao pensamento crítico, apesar de sabermos que seus conhecimentos naquele momento provinham de um saber ingênuo [2], o saber de pura experiência feito, aquele desprovido de rigorosidade metódica. Igualmente, as intenções foram verificar fatores como o nível da escrita e como eles enxergavam os acontecimentos relevantes à física, para que pudéssemos ter uma visão superficial dos anseios da turma, tendo assim, subsídios parciais para a tomada de decisão às atividades futuras.

A ideia deste questionário que considerou questões relevantes ao que ocorre no dia a dia do aluno está inserida no embasamento teórico de Paulo Freire [2] no qual argumenta que é importante dar valor aos saberes trazidos das experiências de vida dos educandos, suas rotinas, suas atividades diárias da realidade em que vivem e através da interação destes saberes com aqueles oriundos dos conteúdos curriculares, tornar o aprendizado mais significativo.

Justificamos aos alunos a importância do questionário, pois mesmo que não tivessem naquele momento, respaldo acadêmico para responderem corretamente de

¹¹ A taxa de evasão e desistência na escola é alta (ver quadro 2.1 – Cap. 2). Na verdade não há como saber o que de fato leva a esta realidade, é apenas uma ação preventiva, apesar de subjetiva.

¹² Lembrando que alguns dos educandos são pais de família com filhos estudantes de nível médio ou até já formados em nível superior.

acordo com os conceitos formais previstos na literatura, que tentassem responder de acordo com suas opiniões informais, o que em princípio, causou certo desconforto para uma minoria deles, mas a maioria aceitou a proposta da atividade e respondeu com afinco aos questionamentos feitos. Obviamente, que os critérios de avaliação nesta atividade, se restringiram a questões estritamente qualitativas, levando em consideração, a participação e o comprometimento dos educandos. Algumas respostas dadas pelos alunos ao questionário estão descritas a seguir.

Na questão Q-1B, que se refere a diferença de temperatura entre a porta de madeira e a maçaneta de metal, a maioria se absteve de responder, poucos tentaram respondê-la, destacamos a resposta do aluno A que respondeu:

“O que explica a situação é o fato de a maçaneta ser de metal e a porta de madeira, pois o metal é como se fosse um depósito de frio que faz com que ela fique mais fria”.

Na questão Q-2B que se refere ao furo na tampa de uma lata de óleo obtivemos mais respostas, o que já era esperado face a natureza da questão, por ser uma situação cotidiana que exige intervenção humana para obter o que se quer (saída do óleo), ou seja, a pessoa deve agir para resolver a situação. Destacamos duas respostas dos alunos B e C:

“Aluno B: por que se fizer só um furo o líquido não sai, então tem que ser feito dois assim um furo ajuda o outro para o líquido sair”.

“Aluno C: se fizer só um furo o ar não entra, agora se foi feito dois, o ar entra por um furo e empurra o ar de dentro que empurra o óleo para fora”.

A questão Q-3B que se refere aos alimentos secos a serem fritos, também foi respondida pela maioria dos alunos, o que também já era esperado pois é uma situação doméstica muito comum. A resposta mais interessante foi a do *aluno B*. Vejam:

“A água quando encosta no óleo quente faz respingar para fora, acontecendo queimaduras. A água é diferente do óleo, como ela está fria e o óleo quente ela não aguenta”

A questão Q-4B que se refere a tomar refrigerante com canudinho foi respondida por todos e quase todas as respostas giraram em torno do trivial: *“por que a gente suga o ar”*, apenas uma aluna mencionou a palavra pressão:

“Por que quando a gente suga, engole o ar, a pressão muda e faz o refrigerante subir”.

Na última questão Q-5B que se refere à panela de pressão, tivemos algumas respostas interessantes, dentre as quais destaco a do aluno B:

“A panela de pressão aumenta a pressão, ficando mais calor lá dentro e com isso a comida fica pronta mais rápida”.

5.3 Aula 2, 3 e 4 (14, 17 e 21/09) - Revisão de matemática

Nestas aulas optamos por fazer uma revisão de matemática, uma vez que nosso alunado possui bastante carência nesse aspecto, pois alguns estão muito tempo longe das salas de aula ou concluíram o ensino fundamental sem aprender satisfatoriamente regras básicas de matemática como o jogo de sinal.

Além das regras dos sinais também abordamos os conteúdos potenciação e notação científica, tendo em vista que nossa temática descrita em nosso material didático que se refere especificamente sobre eletromagnetismo requer num dos conteúdos iniciais, como por exemplo, quantização da carga, que os alunos tenham noções a respeito de números escritos sobre a forma de notação científica.

Como consideramos que este conteúdo é apenas um subsídio auxiliar para algumas atividades pedagógicas cuja essência não contempla nossos anseios e objetivos no que tange as características de nosso público alvo não registramos individualmente as atividades realizadas, mas os exercícios propostos em sala, para os alunos exercitarem o que foi exposto nas aulas estão dispostos em anexo no APÊNDICE C. Vale ressaltar que não estamos aqui negligenciando a importância da matemática, o que seria um erro grotesco de nossa parte, apenas não julgamos necessário, para esta modalidade de ensino, o enfoque em questão, pelas razões já expostas aqui, no Capítulo 2.

Como as especificidades inerentes à linguagem matemática tornam-se bastante complexas para a maioria dos alunos refletindo em um tempo longo para atividades desta natureza, já era esperado que tivéssemos pouco aproveitamento nestas aulas de cálculo. Como exemplo disso, relatamos a confusão notória que eles fizeram com as regras de sinais, não sabendo quando utilizar uma ou outra regra, da soma e subtração ou da multiplicação e divisão.

Para termos uma ideia, em operações do tipo $(-1-3)$ ou $(-4+2)$, a grande maioria deles demonstrou imensa dificuldade para resolver. Obviamente que, não era de nossa competência, julgamos se esses alunos realmente deveriam estar no ensino médio, mesmo porque já estavam ali. Assim, mesmo sendo a matemática de suma importância para a física percebemos, bem como já sabíamos, que aquele não era o caminho mais adequado para trabalhar os conteúdos em sala de aula. Todavia, considerando que não

podemos de forma alguma deixar completamente a margem do ensino de física as operações numéricas buscamos ser contundentes nas noções de maior e menor.

Outro aspecto que contribuiu para melhorar o entendimento dos alunos nas operações numéricas foram exemplos de operações financeiras cotidianas, por exemplo: se você faz uma compra na mercearia da esquina no valor de R\$ 8,00 e paga apenas R\$ 5,00, como fica sua situação com o proprietário. Utilizando essa linguagem fica mais fácil para eles enxergarem a operação $(+5-8)$, que quando escrita no quadro-branco parecia um bicho de sete cabeças. Portanto, era nessa perspectiva, de situações voltadas ao dia a dia [2], que deveríamos tratar nossas aulas, fato já conhecido, face nossa experiência com a modalidade em pauta.

5.4 Aula 5 e 6 (24 e 28/09) - Simulado ENEM

Nestas aulas, foi sugerida por iniciativa da equipe pedagógica da escola uma proposta para aplicação de um simulado do ENEM por meio de um material enviado pela Secretaria de Estado de Educação e Qualidade do Ensino (SEDUC-AM). Nossa ideia, a priori, era de começarmos a utilizar o material didático (PE), porém protelamos por conta do que foi proposto, por entender que é de suma importância que os alunos tenham conhecimento das características da prova do ENEM, além de servir como subsídio de nivelamento. Portanto não foram feitos registros destas duas aulas.

5.5 Aula 7 (01/10) - Calor e temperatura

Na semana referente à aula 7, aconteceu um fato que nos fez mais uma vez postergarmos a utilização do PE. Manaus amanheceu com uma nuvem de fumaça coincidentemente um dia após um incêndio de grandes proporções em um depósito de uma papelaria e outras lojas do entorno localizadas no centro da cidade.

Este acontecimento nos instigou por realizar uma discussão sobre o que pode ter contribuído para o ocorrido, haja vista que foi um fenômeno partícipe da realidade local [14] o que nos colocou diante de uma das premissas da educação dialógica [2] que propõe uma nova relação entre currículo e realidade local [15].

Vejam a seguir (Figura 5.1) notícia veiculada pelos principais meios de comunicação da cidade neste dia 1º de Outubro de 2015.

Amazonas

Após incêndio, Manaus amanhece encoberta de fumaça.

Portal do Holanda

Postado em 01/10/2015 às 8h41



Figura 5.1 – Foto 1 (trânsito com pouca visibilidade)

Iniciamos a aula com a seguinte pergunta: quais as possíveis causas que levaram Manaus ter amanhecido debaixo de fumaça? A grande maioria dos que responderam, disseram que o motivo foi o incêndio citado anteriormente. Uma minoria justificou que não foi o incêndio o grande causador do sinistro, e sim, queimadas que ocorrem nos arredores da cidade, em locais mais afastados do centro. Alguns se mantiveram em silêncio.

Mediante as respostas dos alunos, entrevistamos explicando que tanto o incêndio na loja, como os incêndios nos arredores da cidade e também nos municípios mais próximos (devido grandes áreas rurais) contribuíram para o fenômeno. Porém não paramos por aí, continuamos a questioná-los, pois entendemos que incentivá-los, instigá-los a falar, promove a discussão, o diálogo e conseqüentemente o ato de pensar. Não obstante, nos dispomo a ouvi-los fortalecendo o respeito as suas opiniões, pois segundo Freire [2] é preciso ter respeito à autonomia do educando, aos seus saberes.

A segunda pergunta foi: quais aspectos contribuem para que estes incêndios ocorram? Em relação ao incêndio na loja, houve várias respostas, eis algumas delas (descrição nossa):

- Por motivo de falha humana, ou por uma ação criminosa.

- Por motivo de aquecimento da rede elétrica.
- Por motivo dos produtos facilmente se incendiarem

Em relação às queimadas em áreas urbanas e rurais:

- Por motivo involuntário, porém irresponsável, como por exemplo: pontas de cigarro ou alguma outra fonte de calor, jogadas indiscriminadamente na mata.
- Por motivo também involuntário, porém não intencional, como por exemplo: queimadas em pequenas áreas demarcadas para plantio ou pecuária, em que se perde o controle do incêndio.

A terceira pergunta foi: o calor que faz em nossa cidade contribui para que ocorram incêndios? Obviamente, a resposta a esta pergunta foi unânime: todos responderam, sim. A partir deste momento da aula enxergamos a necessidade de delimitar mais nosso tema, pois a grandeza calor entrou na discussão como uma variável contribuinte para o ocorrido. Havia chegado a hora de definirmos calor e temperatura.

Definimos estes conceitos de maneira bem sucinta, não nos importando entrar no mérito da natureza microscópica da matéria, uma vez que para isso teríamos que definir outros pré-conceitos, o que fugiria do objetivo da aula, por isso a simplicidade das definições restringiu-se a diferenciar calor e temperatura. E por fim, pedimos que os alunos respondessem, sob a forma de redação, a seguinte pergunta: quais as vantagens e desvantagens do calor que faz em nossa cidade? A seguir a transposição das respostas dadas pelos alunos, sob a forma de tabela (Tab. 5.1):

Tabela 5.1: Transcrição das respostas dos alunos com relação as vantagens e desvantagens do calor em Manaus.

Vantagens	Desvantagens
Favorece a secagem de roupas	Contribui para a ocorrência de queimadas e incêndios.
Favorece as vendas de água, sorvete, filtro solar, etc.	Afeta a saúde das pessoas e animais domésticos.
Uso de energia solar	Aumenta o consumo de energia elétrica e água.
Vantagens	Desvantagens
Favorece as obras/construções	Danificam-se as máquinas, aparelhos elétricos.

Facilita o lazer (praia, eventos esportivos).	Aumentam o consumo de combustíveis, óleos lubrificantes de motores.
-	Diminui a renda da família em função dos gastos de água, energia elétrica e medicamentos.
-	Afeta a fauna, flora, agricultura e pecuária.
-	Dificulta o transporte fluvial.

Nas imagens das Figuras 5.2 e 5.3 a seguir, os textos de alguns dos alunos.

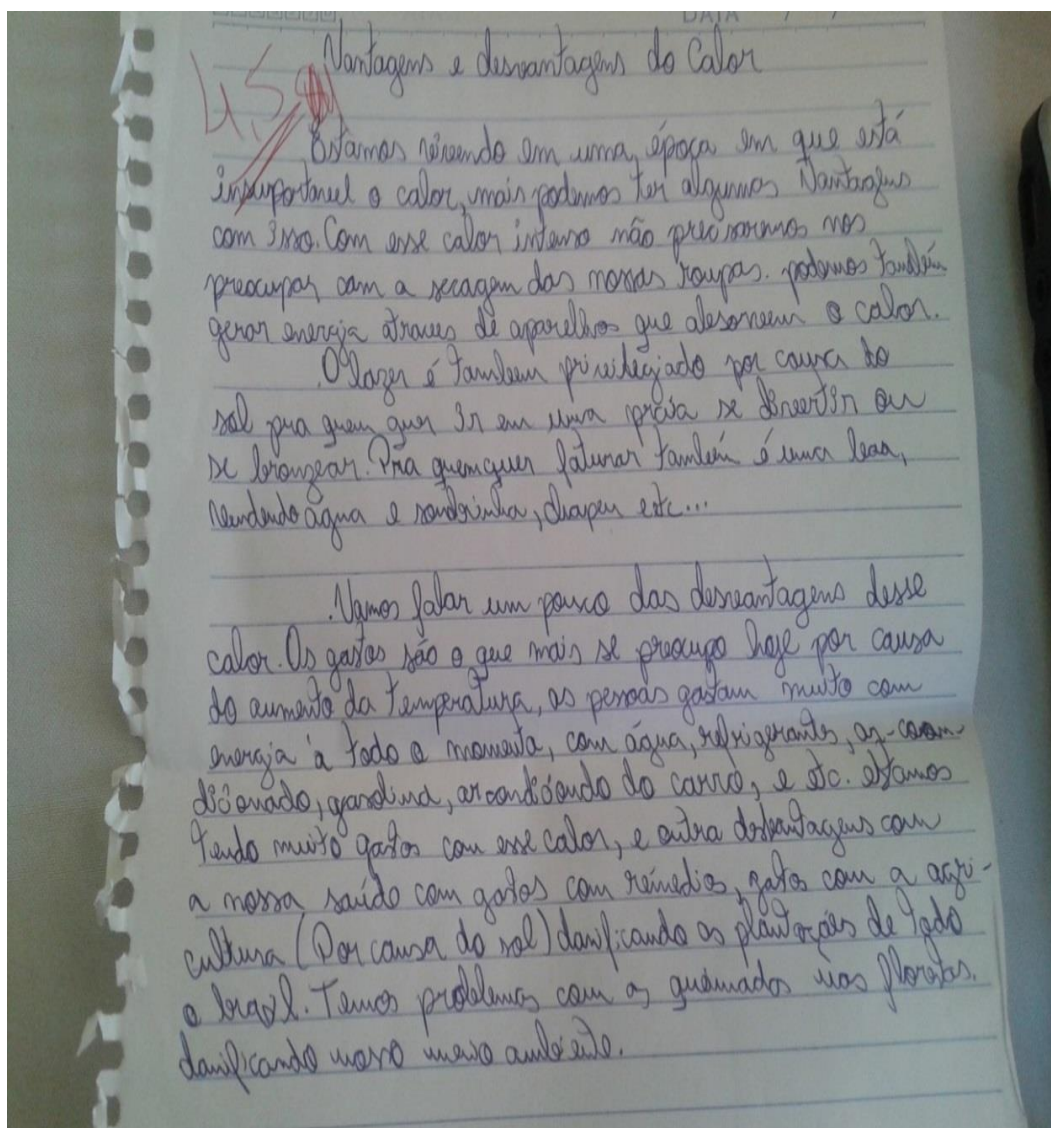


Figura 5.2 – Foto 2 (redação - vantagens e desvantagens do calor em Manaus): Aluna F.

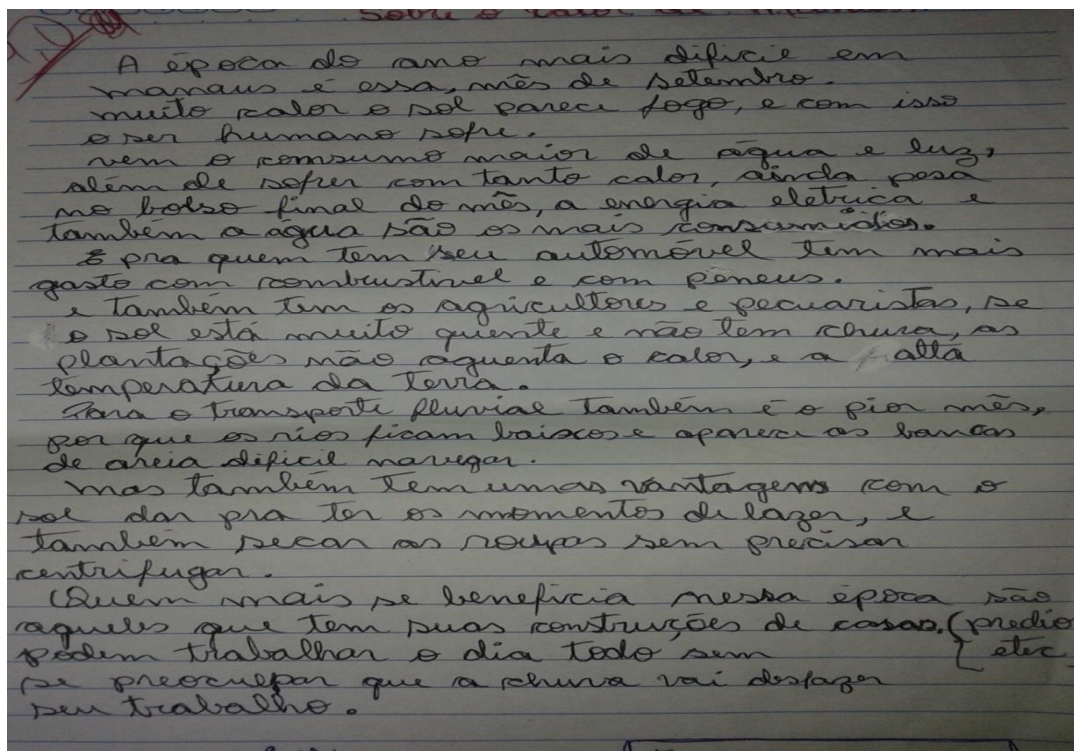


Figura 5.3 – Foto 3 (redação - vantagens e desvantagens do calor em Manaus): Aluna R

5.6 Aula 8 (05/10) – Grandezas, unidades, prefixos de unidades, grandezas escalares e vetoriais

Ao final da aula anterior (01/10), em que conceituamos as grandezas calor e temperatura, percebemos que os alunos apresentaram grandes dificuldades em relação ao que seriam grandezas e unidades. Logo, não poderíamos falar de física, sem deixar de defini-las¹³, assim como as grandezas escalares e vetoriais.

Pelo o fato de não termos explanado no texto do PE os conceitos de grandezas escalares e vetoriais procuramos falar de forma superficial a respeito destes conceitos. Percebemos que houve facilidade para os alunos diferenciarem os conceitos, porém dificuldade para dar exemplos das grandezas, o que de certa forma é bastante contraditório. Isto nos levou, a não nos aprofundarmos muito no assunto e nos fez reconhecer, a posteriori, que foi um erro de nossa parte.

De qualquer forma, para efeito de intervenções futuras, uma maneira bem interessante de explorarmos este conteúdo na EJA seria através de uma prática muito simples, apresentada num artigo da Physics Education [16], em que ligas (elásticos) presas em pregos fixos distribuídos uniformemente em um plano de madeira, como se

¹³ Neste momento, percebemos o equívoco de não estar discriminado no produto educacional o assunto em questão.

fosse um plano cartesiano, são utilizadas para representar os vetores resultantes de operações como soma e subtração de grandezas vetoriais. Certamente, esta técnica nos subsidiaria de forma satisfatória neste conteúdo.

5.7 Aula 9 (08/10) – Introdução ao estudo da energia

Após aproximadamente, um mês de aula, iniciamos o uso de nosso produto educacional (PE), que consideramos ser uma apostila didática.

Começamos analisando o que está descrito no primeiro parágrafo da primeira página do PE (ver pág.73), quando afirmamos que nada ocorre na natureza se não tiver alguma fonte energética associada, seja na forma térmica, química, etc. E aqui enfatizamos a importância da preservação do meio ambiente e também do princípio da conservação da energia. Como recurso didático mais uma vez utilizamo-nos de questionamentos, perguntando-os: é possível criar energia? A maioria dos que responderam disse, que sim. O que já era esperado.

Daí, entrevistamos declamando a frase atribuída ao químico Lavoisier: *na natureza nada se cria tudo se transforma*. O exemplo mais comum que demos a eles foi dos alimentos, depois fomos instigando-os a se manifestarem. Um deles falou sobre a energia proveniente do Sol. O que os acarretou lembrar a discussão anterior que havíamos levantado na aula 7 (ver seção 5.5). Em seguida, através de nossas incitações, foram surgindo mais exemplos, como o vento, e finalmente, o aluno A mencionou a água, exatamente aonde queríamos chegar. Foi quando começamos a direcionar para a modalidade elétrica da energia.

Na sequência do parágrafo, descrevemos o fato corriqueiro do dia a dia a respeito do uso da energia elétrica em nossas casas, tendo em vista que em geral, não nos importa sermos críticos a questões do tipo: como a energia elétrica chega a nossas casas? Como ela é gerada? Ressaltando a importância da energia elétrica para a sociedade moderna, o que vêm em destaque no segundo parágrafo do PE, quando iniciamos a abordagem do estudo do eletromagnetismo.

Buscando sempre mantermos um formalismo holístico em nosso texto, dentro da perspectiva CTS, citamos a revolução industrial que foi um momento importante da história, consequência também, da grande descoberta do fenômeno físico responsável pelo funcionamento dos geradores das usinas de energia (Figuras 2A e 3A) e aproveitamos para instiga-los a refletir sobre os papéis da ciência e da tecnologia, fazendo a seguinte pergunta: qual a diferença entre ciência e tecnologia?

A maioria não soube ou se absteve de responder sobre ciência, mas se manifestaram no que seria tecnologia. As respostas se restringiram a dar exemplos de tecnologia, e o mais comum foi o aparelho celular. Em seguida entrevistamos descrevendo sucintamente a diferença entre ambos, afirmando que a ciência vem em primeiro e a tecnologia vem depois, apesar de que a tecnologia também subsidia a ciência. Embora o assunto suscite um leque de informações e conhecimentos, procuramos não estender essa discussão, dando ênfase ao que viria mais a frente.

Utilizamos-nos do quadrinho da Figura 1A, para problematizarmos, em caráter propedêutico, a questão supramencionada, que diz respeito a energia. Neste momento, pedimos aos alunos que lessem e falassem algo sobre a imagem. A seguir, algumas frases ditas pelos alunos:

“Professor! O professor de história falou sobre uma tal de roda d’água, na aula passada. Tem a ver com isso?”. (Aluna R).

“A água machuca mesmo. Eu estava num banho, esse fim de semana, aí pulei errado na água. Fui de peito. Nossa! Como doeu.” (Aluno T).

“Professor! É verdade que se um grão de feijão cair de uma altura muito alta, e atingir a cabeça, podemos morrer?” (Aluna F)

Estas respostas reforçam a ideia de sempre ouvirmos o que os alunos têm a dizer sobre determinado assunto, por mais ausente de curiosidade epistemológica [2] que sejam suas respostas. Por meio do diálogo [4] é possível contribuir para o delineamento da discussão ou da ação pedagógica a ser seguida, de acordo com aquilo que é dito pelos educandos.

Entrando na discussão dos efeitos da gravidade, e também, como resposta aos questionamentos dos estudantes fizemos a seguinte experiência: utilizamos uma folha de papel A4 elevamos a altura de aproximadamente 2 m e soltamos pedindo a eles que “medissem”, grosso modo, o tempo de queda e que ficassem atentos a maneira de como o corpo iria cair. Depois amassamos a folha, repetimos a experiência e perguntamos: em qual das situações o tempo de queda foi menor? Todos responderam o óbvio: a segunda é mais rápida. Em seguida, perguntamos: por quê? A maioria dos que responderam disseram que a folha de papel havia ficado mais pesada. Era aí, que chegava a hora de restringir a discussão a definição de energia potencial gravitacional. Obviamente que tivemos que falar sobre campo gravitacional e força gravitacional, mesmo de maneira

superficial. Solicitamos aos alunos que respondessem as questões da Atividade 1A do PE para entrega na aula posterior.

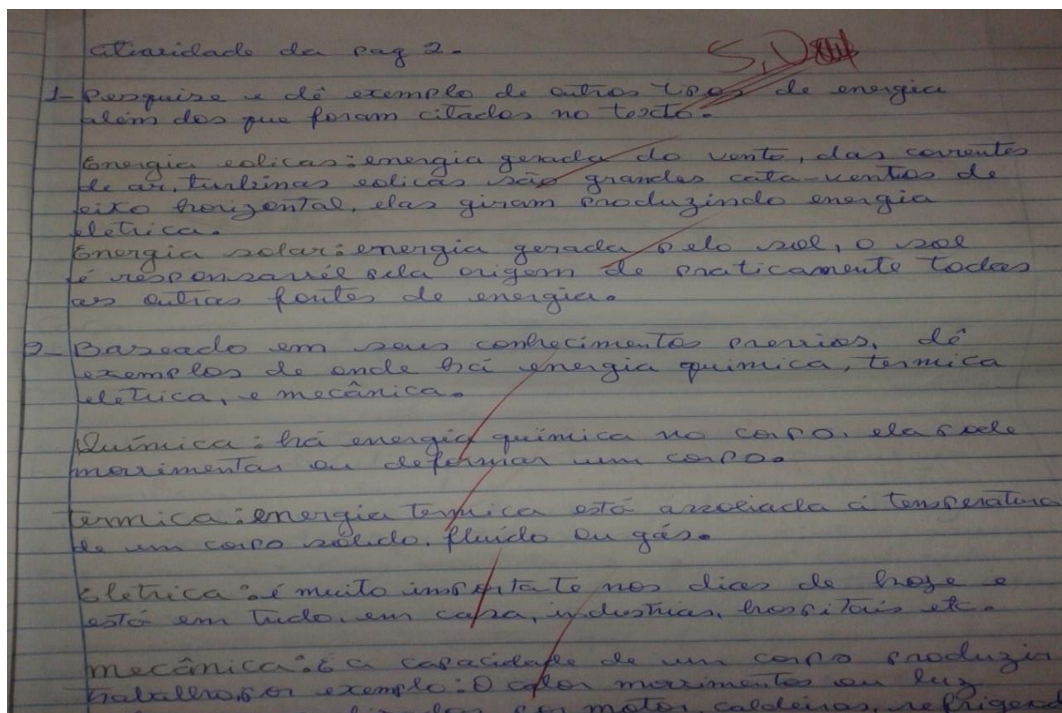


Figura 5.4 – Foto 4 (questões - Atividade 1A): Aluna M

5.8 Aula 10 (15/10) – Campo magnético

Neste dia utilizamos como recurso didático auxiliar, um ímã, pois é de fácil acesso e uma maneira simples de despertar a atenção do aluno para os fenômenos magnéticos.

Iniciamos a aula solicitando que os alunos respondessem a pergunta trivial: o que acontece se aproximarmos ímãs de metais (Figura 4A)? A grande maioria respondeu que se atraíam, porém houve quem dissesse que não eram todos os metais que sofriam a ação do campo magnético e ainda deram exemplo do alumínio. Posteriormente, aproximamos o ímã de alguns metais trazidos pelos alunos e fizemos a experiência, demonstrando de fato que não eram todos que sofriam ação de campos magnéticos externos, mas apenas os metais do tipo ferromagnéticos. Após esta demonstração voltamos a leitura da PE.

Após a leitura do primeiro parágrafo quando citamos as grandezas força magnética e campo magnético decidimos por fazer uma analogia do campo magnético com o campo gravitacional, tendo em vista as semelhanças entre ambos e também o fato de o campo gravitacional fazer parte incondicionalmente da nossa realidade. Em seguida, quando lemos a parte que diz que há outra maneira de fazer surgir no espaço

campo magnético, houve espanto dos alunos, o que não foi surpresa para nós. Para eles, somente ímãs tinham esta propriedade.

Tivemos bastante dificuldade para fazê-los entender o que eram as linhas de campo (Figuras, 5A-a e 5A-b), o que é natural, haja vista que é uma abstração teórica de natureza geométrica que representa algo não palpável, difícil de ser “enxergado” pelos alunos, até mesmo porque são linhas imaginárias. Sabíamos desta dificuldade, por isso incluímos em nossas atividades, o experimento 1, relativo a atividade 2 do PE.

O passo seguinte foi realizar uma segunda demonstração experimental: aproximar os ímãs de diversas maneiras. Interagi-los de todas as formas. O que para a maioria foi surpresa quando ambos se repeliram. A partir de então explicamos de forma contundente as características geométricas das linhas de campo que justificam teoricamente a repulsão e a atração dos ímãs (Figura 6A), uma vez que a natureza da força, originada pelo campo eram as mesmas, exceto pelos seus sentidos. Neste momento, ao falarmos dos pólos norte e sul dos ímãs houve quem dissesse que a Terra também tinha magnetismo, foi aí que falamos sobre o funcionamento básico de uma bússola.

5.9 Aula 11 (22/10) – Campo magnético

O experimento 1 da Atividade 2A foi realizado nesta aula. Solicitamos que os alunos trouxessem consigo os materiais a serem utilizados:

- Ímãs (tamanhos e formatos variados)
- Limalha de ferro (sugestão: pode-se substituir por palha de aço)
- 1 folha de cartolina

Para esta atividade foram formadas equipes com quatro alunos. A ideia era que eles mesmos realizassem a experiência, através de nossas orientações e intervenções. Os alunos seguiram os passos, descritos na montagem e procedimento experimental (PE):

- Espalhem de maneira uniforme os pedaços da palha de aço sobre a cartolina
- Aproxime lentamente o ímã pelo outro lado da cartolina e observe o que ocorre
- Repita o procedimento com os ímãs de outros formatos, bem como, com dois ímãs ao mesmo tempo.

Foi utilizado apenas um ímã (Figura 5.5). Após espalharem uniformemente os pedaços de palha de aço na folha de cartolina aproximaram lentamente o ímã e ficaram impressionados com o que observaram.



Figura 5.5 – Foto 5 (ímã circular utilizado na experiência 1) - Atividade 2A.

O objetivo do experimento era “perceber” a existência do campo magnético através da interação do ímã com as limalhas de aço, obviamente que não era possível perceber por completo a configuração das linhas de campo, uma vez que o aço estava disposto no plano da cartolina, ou seja, não há como perceber totalmente as linhas de campo em torno do ímã, representada teoricamente na Figura 5A-a do PE, somente uma parte “suave” das linhas. Esta limitação, de certa forma, fez com que dificultasse a “percepção” das linhas o que gerou questionamentos de alguns, pois em princípio pensavam ver a mesma imagem da Figura 5A-a do PE.

Explicamos a eles que não havia como perceber espacialmente as linhas, somente no plano da cartolina e que também o formato do ímã (cilíndrico) utilizado neste experimento, era diferente daquele da Figura 5A-a do PE (paralelepípedo), o que conseqüentemente interferiu na percepção das linhas, uma vez que os pólos dos ímãs não se localizavam mais como aquele da Figura 5A-a. Então, em seguida fizemos a seguinte pergunta: para este ímã onde estão os pólos, norte e sul?

Nenhum aluno foi capaz de responder a pergunta e enxergar a configuração das linhas de campo para aquele formato de ímã, o que para nós não consideramos um

problema, haja vista, a complexidade da questão. Então entrevistamos, mostrando a eles onde estava a direção do eixo dos pólos e reiteramos a pergunta: e agora como estão distribuídas as linhas?

Uma minoria soube responder como estavam dispostas as linhas. Pedimos aos alunos para registrarem todas as ações. Os experimento 2 e 3 da Atividade 2-PE, não foram realizados, pois já havíamos feito no decorrer da aula 10 (ver seção 5.8). Ao final da aula pedimos aos alunos para fazerem um relatório individual do experimento, a partir de seus apontamentos.

5.10 Aula 12 (26/10) – Fluxo magnético e carga elétrica

Ainda sobre o assunto campo magnético, fizemos outra experiência, com o mesmo imã utilizado anteriormente e as limalhas de aço (palha de aço), sem o uso da cartolina. O objetivo desta demonstração era fazê-los pensar, e tentar responder a seguinte pergunta: por que as limalhas de aço estão concentradas em pontos específicos do imã, e não de maneira uniforme por toda sua extensão?

Poucos disseram a resposta correta: por conta dos pólos. Mas a maioria, não soube ou não opinou. Foi aí então que definimos fluxo magnético. O que foi bastante satisfatório, pois para os alunos ficou mais claro a existência dos pólos e da relação entre força magnética e distância.

Antes de continuarmos a leitura da seção 3.2 do PE, fizemos uma viagem ao passado, aproximadamente para o século IV a.C, com o objetivo de buscar na história a evolução do modelo atômico. Esta ação foi importante por conta de interagirmos a física, com a história e também a filosofia, mesmo porque, naquela época, ainda não se tinham definido os papéis da física na ciência. Ou melhor, não se tinha ainda, de forma clara, o que era ciência natural e o que era filosofia. Entretanto, sabemos que foi a partir daquela época que começaram as primeiras tentativas de compreensão e descrição racional do mundo microscópico, através dos estudos de Leucipo e seu discípulo Demócrito.

Mais uma vez, bem como vimos fazendo nas aulas anteriores começamos utilizando o método experimental. Pegamos um pedaço de papel e perguntamos aos alunos: se eu cortar esse papel ao meio, depois ao meio e assim sucessivamente, e se pudesse fazer isso mesmo com tamanhos muito pequenos do papel (experimento mental), conseguiria eu, cortá-lo para sempre ou chegaria num tamanho indivisível? Todos que responderam, não aceitavam a ideia de uma divisão infinita.

Continuamos então com nossa viagem pela história, descrevendo de maneira bastante superficial a evolução do modelo atômico, desde Leucipo e Demócrito, passando por Dalton, Thomson, Rutherford-Bohr (Figura 7A) e Schroedinger. Todavia, para efeito de análise da quantização da carga, não entramos em detalhes no modelo probabilístico de Schroedinger.

Após breve passagem pela história para descrever os modelos atômicos continuamos com a leitura do PE na seção 3.2. A partir da ideia inicial de átomo introduzimos o que seria a carga elétrica, falando sobre suas propriedades, mais especificamente do valor das cargas elétricas elementares do elétron e do próton, e também das forças elétricas de atração e repulsão quando cargas elétricas interagem entre si (Figura 8A).

Neste momento, percebemos a fisionomia de espanto que os alunos fizeram ao descrevermos o valor da carga elementar. Não pela representação em forma de notação científica, mas por perceberem o quanto é a dimensão deste número, de valor extremamente pequeno. Vale ressaltar, que para isso ficar mais evidente para os alunos, tivemos que representar o número na forma decimal, linguagem mais familiar para eles.

5.11 Aula 13 (29/10) – Carga elétrica

Para esta aula solicitamos que os alunos trouxessem o material necessário para a realização do experimento 4, da atividade 3 do PE:

- Balões de festa
- Papel picado
- Limalha de ferro (sugestão: pode-se substituir por palha de aço)
- Tecidos variados (ex.: jeans, algodão)
- Cabelo
- Pele humana

Voltamos a leitura do PE na seção 3,2, em que abordamos como é possível eletrizar um corpo neutro. Neste momento, solicitamos aos alunos que juntassem as equipes para a realização da atividade experimental. Não os condicionamos a formarem as mesmas equipes formadas anteriormente na primeira atividade experimental, demos autonomia a eles para se organizarem neste sentido, uma vez que os alunos são em sua maioria adultos, possuindo assim, senso crítico suficiente para tomarem decisões desta

natureza. Não obstante, houve uma tendência natural de manterem as mesmas equipes de antes.

Pedimos aos alunos para seguirem os passos descritos na montagem e procedimento experimental da Atividade 3 - PE:

- Encha o balão (não precisa encher totalmente)
- Esfregue o balão no cabelo.
- Em seguida aproxime-o dos pequenos pedaços de papel e de aço.
- Repita o procedimento substituindo o cabelo pelos outros corpos: tecido e pele.

Durante a realização do experimento, os alunos ficaram bastante agitados, descontraindo uns com os outros, principalmente quando observavam o balão eletrizado atraindo os pequenos pedaços de papel e também as limalhas de aço. Muitos ficaram estupefatos com o acontecimento do fenômeno. Diziam que parecia que o balão possuía magnetismo.

Os resultados foram bem satisfatórios, pois os alunos conseguiram efeitos visuais relevantes, percebendo com clareza uma das faces da natureza microscópica da matéria. Enquanto realizavam o experimento pedimos para que tudo fosse registrado no caderno. Houve quem filmasse para poder registrar melhor posteriormente. O registro se fazia necessário, uma vez que solicitamos que fizessem, assim como no experimento anterior, o relatório da experiência.

O relatório era individual, apenas a realização do experimento era em equipe. Solicitamos também que os alunos respondessem e nos entregassem as questões 11 a 15 referente a Atividade 3A - PE.

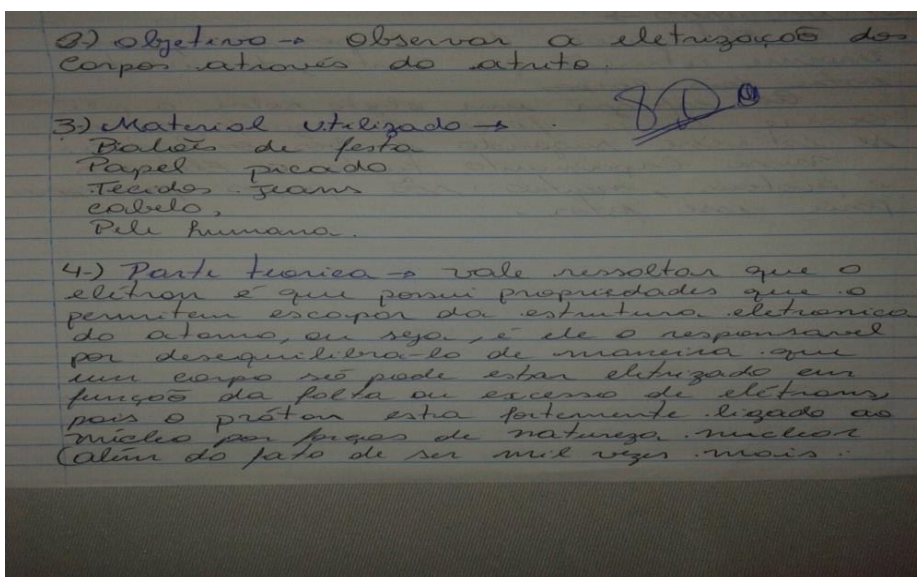


Figura 5.6 – Foto 6 (relatório do Experimento 4 – Atividade 3A): Aluno N

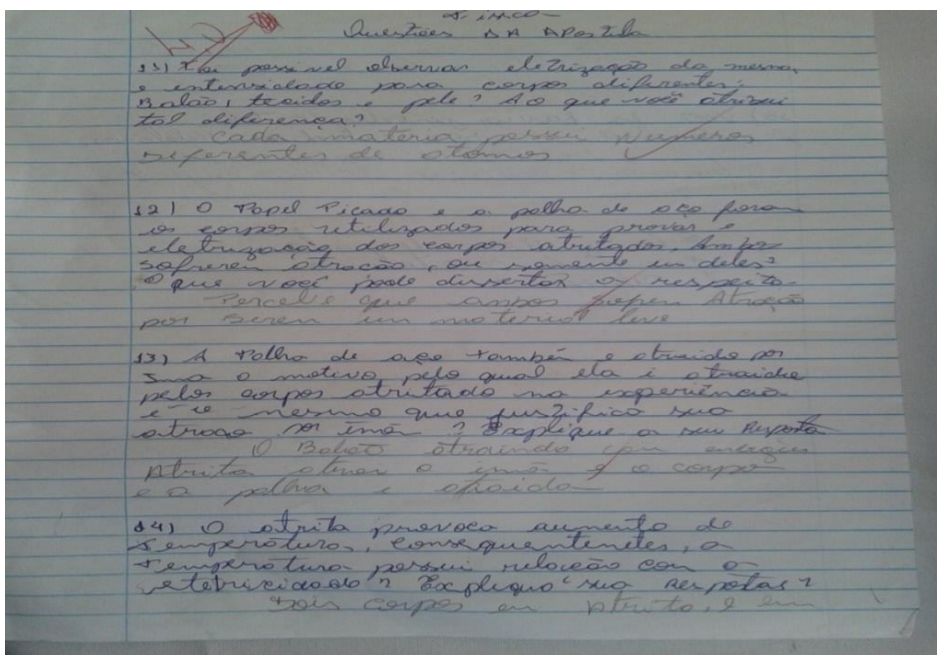


Figura 5.7 – Foto 7 (questões 11-15 – Atividade 3A): Aluna J

5.12 Aula 14 (05/11) – Quantização da carga elétrica

No dia 05 de Novembro, décimo quarto encontro, continuamos com o assunto quantização da carga. Mas a questão central agora era: o balão eletrizou-se após o atrito, mas ficou eletrizado de quanto? Como medir a quantização? Foi aí que argumentamos que não havia como medirmos a quantidade de carga do balão, pois não tínhamos dados disponíveis, nem tão pouco, instrumentos de medição.

Neste momento introduzimos a expressão matemática descrita na Eq.1A do PE, que representa como calculamos a quantidade de carga de um corpo eletrizado. Por analogia, utilizamos a seguinte situação: imagine uma caixa padrão contendo unidades de certo produto. Suponha que a caixa é toda preenchida pelos produtos sem que haja espaço vazio. Se cada unidade do produto custa R\$ 2,00, e na caixa padrão cabem 20 unidades, quanto custa a unidade da caixa padrão?

Facilmente eles responderam a pergunta. Então, dissemos a eles para utilizarem a mesma lógica matemática para compreensão da equação da quantização da carga, em que temos a carga elétrica unitária ‘e’ (carga elementar) multiplicada pelo ‘n’ que representa o número de cargas elétricas em excesso (prótons ou elétrons) do corpo eletrizado. Percebemos que o fato de utilizarmos a analogia foi bem proveitoso, pois os alunos demonstraram ter compreendido a ideia.

Quando iniciamos a resolver exercícios com os quais deveríamos utilizar a equação da quantização da carga, apesar de terem visto no início da fase o conteúdo de

notação científica, começaram a aparecer dúvidas nos alunos. Conseqüentemente, até o fim da aula, tivemos que focar na resolução de exercícios. Os alunos sentiram bastante dificuldade para fazerem as operações matemáticas, fato conhecido por nós face nossa experiência na modalidade. Pedimos a eles que refizessem os exercícios resolvidos e que também tentassem fazer individualmente. Alguns exercícios foram levados para serem feitos em casa e corrigidos na aula subsequente.

5.13 Aula 15 (12/11) – Corrente elétrica

Nesta aula, que se tratava do conceito de corrente elétrica, iniciamos fazendo a seguinte pergunta: qual a sensação de quem toma um choque elétrico, além do incômodo? Nosso objetivo com essa pergunta era que eles percebessem, mesmo sem saberem, que há algo em movimento em um choque elétrico. Vejam algumas respostas:

“Parece que alguma coisa está te consumindo”. (Aluno R).

“É tão forte que tem o poder de segurar a pessoa, como se fosse uma corrente mesmo, te prendendo.” (Aluno S).

“O coração fica mais acelerado.” (Aluno M).

Percebemos então que o aluno R, respondeu de maneira satisfatória. No caso do aluno S, também achamos muito interessante sua resposta, pois mencionou a palavra ‘corrente’ e o aluno M falou sobre uma das conseqüências do choque elétrico ao atingir o corpo humano.

Respondemos a eles que todos, guardadas as proporções, estavam corretos, uma vez que nas respostas, em geral, havia relação com o fenômeno da corrente elétrica. Além das respostas supramencionadas, tiveram alunos que quiseram comentar suas experiências com choques elétricos, mas julgamos desnecessário reproduzirmos aqui. Não obstante, tivemos neste momento que conceituar condutores e isolantes, bem como dar continuidade a leitura do PE ainda na seção 3.2.

Foi aí que, direcionamos para o conceito de elétrons livres, pois nosso foco era de descrever de forma mais específica os condutores sólidos, porém sabemos que quando a corrente passa pelo corpo humano não são elétrons livres e sim íons presentes nos sais minerais, os responsáveis por fazerem o transporte de energia elétrica. Então, surgiu a ideia de fazermos um experimento que mostrasse que de fato são os sais minerais os responsáveis por fazer passar corrente elétrica numa solução contendo água,

por conseguinte, propomos o experimento da solução eletrolítica (água + sal). Lembrando que o referido experimento não estava, em princípio, nos nossos planos iniciais, porém face a necessidade de ratificar o que dissemos, decidimos por fazê-lo.

Neste contexto, atentamos sobre o cuidado que devem ter quando forem manipular ou tiverem contato com redes elétricas¹⁴. Que o fizessem estando isolados da Terra (calçados) e com o corpo seco, pois estando molhados potencializa o valor da corrente num múltiplo de dez. Aproveitamos também para dizer que eram os sais minerais presentes na água que a tornavam um condutor. E era justamente através do experimento que ratificaríamos tal afirmação. Solicitamos então, que os alunos trouxessem na aula posterior, o material necessário para execução do experimento.

Continuamos a aula, voltando a falar sobre os elétrons livres dos metais, pois apesar destes elétrons serem iguais àqueles que compõem as outras substâncias, diferenciava-se pelo fato de estarem fracamente ligados aos seus núcleos atômicos. Neste momento já havíamos mencionado sobre a evolução do modelo atômico em nossa abordagem histórica.

Quando estávamos falando sobre a órbita do elétron em seu movimento curvilíneo em torno do núcleo, um aluno, indagou: o que faz o elétron se manter preso a esta trajetória em torno do núcleo? Obviamente que o conceito de força elétrica e campo elétrico tiveram que ser desenvolvidos para respondermos a pergunta do aluno, conceitos estes que falaríamos apenas na aula subsequente a esta, porém certamente, tivemos que antecipar, pois não podíamos deixar para a referida aula a dúvida do aluno e o fizemos naquele momento.

Para isso, julgamos necessário citar também que a força que mantém a Terra girando em torno do Sol era de mesma natureza (força centrípeta) da força que mantinha o elétron em torno do próton, com a ressalva de que a diferença estava no tipo de campo e na fonte geradora do campo, uma vez que no caso da Terra a força é de origem gravitacional sendo a massa do Sol a fonte que origina o campo, e no caso do elétron a força é de origem eletromagnética sendo a carga elétrica do próton e do elétron as fontes que originam o campo.

Citamos também outro exemplo, o brinquedo existente em parques de diversões e circos chamado, ‘globo da morte’, em que motociclistas se arriscam dentro de um globo, percorrendo todo o seu interior sem se chocarem. Esta analogia foi um subsídio para entendimento da definição de órbita, pois o que faz com que os motoqueiros

¹⁴ O mais adequado é contratarmos um eletricitista.

consigam fazer o ‘looping’ é a velocidade imposta por eles as suas motocicletas, sendo que ao percorrerem a parte de cima do globo devem passar com uma velocidade mínima limite, senão iriam ao chão.

O fato de termos antecipado os conceitos de força elétrica e campo elétrico nos fez pensar, se o enredo utilizado para descrever o funcionamento do gerador da usina hidrelétrica no PE haveria de ser modificado. Porém julgamos que esta reflexão deveria ser pensada com maior notoriedade em outra oportunidade. O que deve ser em nosso entender, uma prática frequente do professor. Rever se aquela metodologia ou atividade deve ser mantida, ou modificada em ações posteriores, o que Paulo Freire [2], chamou de *reflexão crítica sobre a prática*.

5.14 Aula 16 (16/11) – Solução eletrolítica

De acordo com o que decidimos na aula anterior, solicitamos aos alunos que trouxessem os materiais necessários para realização do experimento envolvendo corrente elétrica, os materiais solicitados a cada equipe foram:

- Fio de cobre de baixa tensão de 2,5 mm (1,5m)
- Bateria de 9 V (Figura 5.8)
- Sal de cozinha - 200 g
- Fita isolante - 1 rolo
- Um recipiente - 200 ml
- Uma lâmpada pequena de 12 V (Figura 5.8)

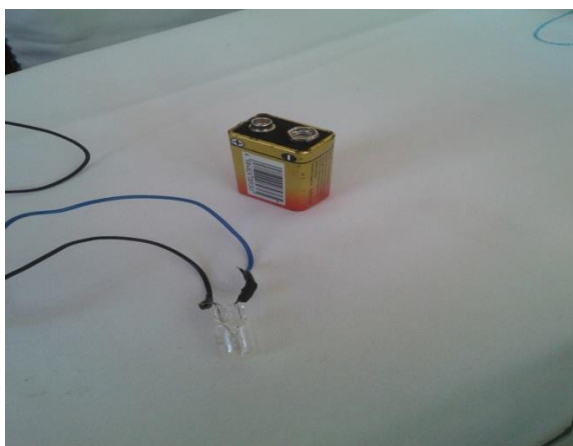


Figura 5.8 – Foto 8 (materiais utilizados – solução eletrolítica): bateria e lâmpada.

Da mesma maneira como fizeram com os experimentos anteriores, os alunos formaram equipes, se responsabilizaram em montar o circuito e realizar a experiência (Figuras, 5.9 e 5.10). Percebemos que a interação entre os educandos através da atividade prática torna a aula mais dinâmica, além do que, a ansiedade para ver o

fenômeno acontecer contribui para se manterem empenhados na atividade. Os componentes das equipes se mantiveram os mesmos das equipes anteriores.



Figura 5.9 – Foto 9 (alunos realizando a experiência da solução eletrolítica)

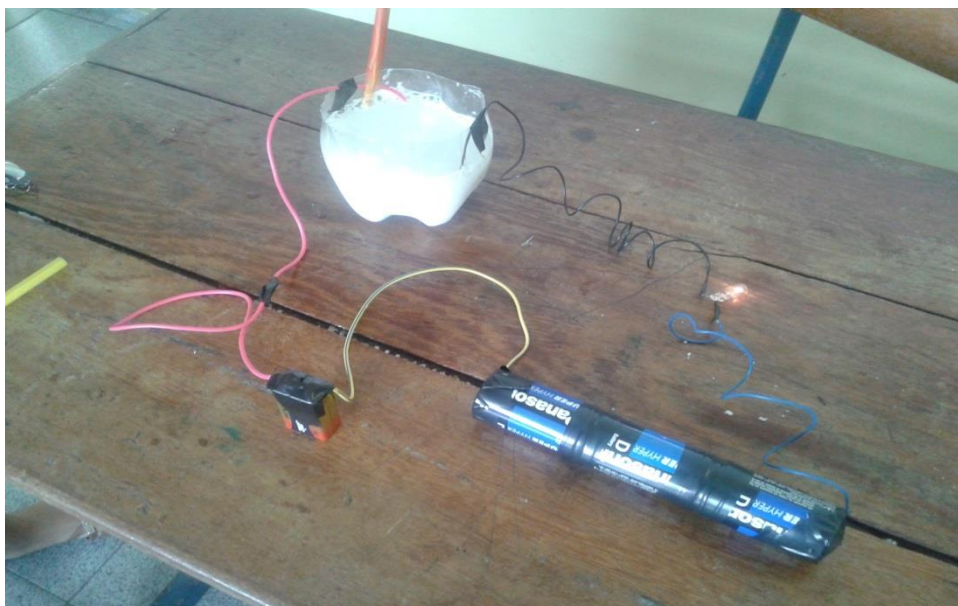


Figura 5.10 – Foto 10 (alunos realizando a experiência da solução eletrolítica)

Dentre as quatro equipes, duas delas não conseguiram o efeito de acender a lâmpada, pois utilizaram duas pilhas grandes de 1,5V, o que dava um total de 3,0V, tensão não suficiente para fazer acender a lâmpada. Entretanto, todas conseguiram observar a efervescência dos polos do circuito mergulhado na solução iônica água+sal. A equipe 01 ligou duas lâmpadas em série percebendo o acender de ambas, porém com

menor intensidade do brilho. Pedimos aos alunos que fizessem o relatório e entregassem na próxima aula, bem como os relatórios anteriores. Ao final do experimento, após falarmos sobre os elétrons livres, condutores, isolantes e choques elétricos, chegava o momento de definirmos corrente elétrica.

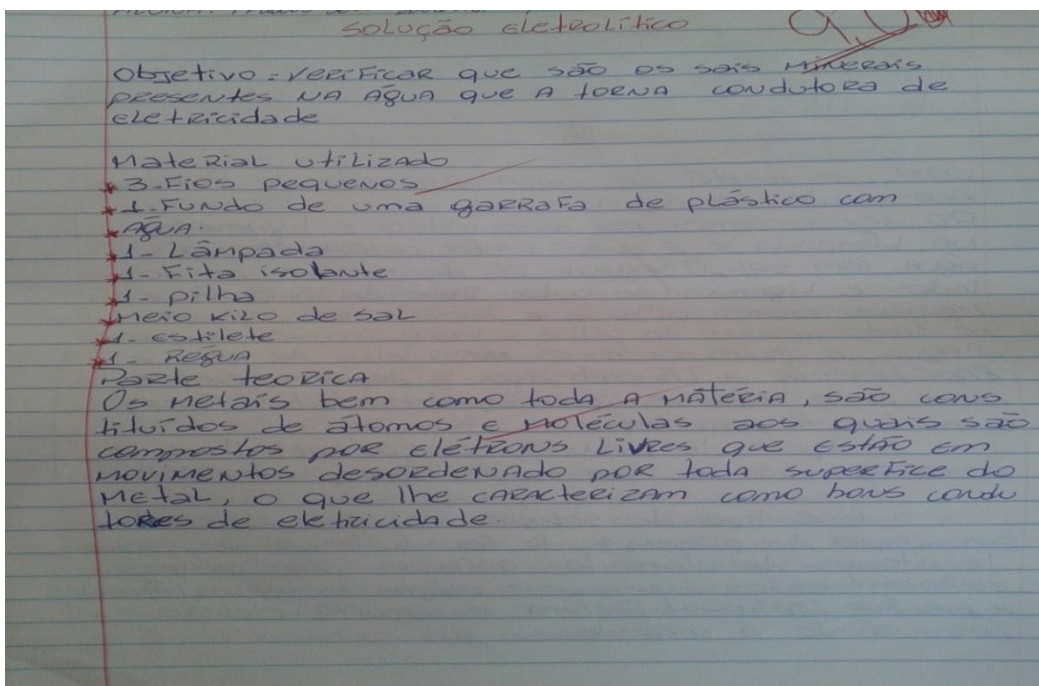


Figura 5.11 – Foto 11 (relatório - Solução Eletrolítica): Aluno C.

Como dissemos, nosso objetivo era de conceituar corrente elétrica especificamente em fios condutores, então continuamos a leitura do PE na seção 3.2, em que está representado na Figura 9A-a, o movimento que caracteriza os elétrons livres nos metais, um movimento completamente aleatório, sem haver privilégio de posição para o movimento dos elétrons livres. Foi aí então que dissemos a eles que não havia transporte porque não existia fluxo. Era necessário que houvesse um movimento ordenado para que se configurasse transporte de cargas elétricas, o que é a definição de corrente elétrica.

Porém para isso, era necessário que algo forçasse esse fluxo, uma vez que, este movimento aleatório é natural. Ou seja, era necessário que os elétrons livres “sentissem” a ação de uma força, que neste caso deve ser a elétrica para fazê-los movimentarem-se ordenadamente, para um sentido só (Figura 9A-b). E como já vimos anteriormente só há força, se houver campo. Em outras palavras, era necessário, submeter os elétrons a um campo elétrico para vencerem o movimento aleatório natural.

Observamos que os alunos estavam acompanhando o raciocínio, pois procuramos sempre dar autonomia a eles para se manifestarem, foi aí que mencionamos

novamente a pergunta feita no início da aula 15 do dia 12 de Novembro, quando perguntamos a eles qual a sensação sofrida ao tomarmos um choque elétrico. Vejam o que os mesmos alunos que responderam anteriormente disseram agora:

“Ah, sim! Por isso sentimos que algo estranho percorre nosso corpo.” (Aluno R).

“Tá explicado porque que sentimos algo segurando a gente, os elétrons estão nos puxando.” (Aluno S).

“Os elétrons passam no coração e aceleram os batimentos.” (Aluno M).

Vale lembrar que os corrigimos dizendo a eles que a corrente nos metais são em decorrência do fluxo de elétrons e no corpo humano é um fluxo de íons, bem como no experimento da solução eletrolítica, mas que em ambos existe o campo elétrico proveniente da rede elétrica obrigando o fluxo de cargas elétricas (elétrons ou íons).

Por fim, apresentamos aos alunos a equação matemática da corrente elétrica (Eq.2A – PE), bem como sua unidade. Resolvemos alguns exercícios simples, com pouca complexidade matemática e deixamos uma lista de alguns exercícios para que tivessem noção de como é possível mensurar teoricamente valores de correntes elétricas. O objetivo desta atividade, além de mantê-los cientes de que a matemática é uma ferramenta indispensável na descrição a natureza, também tem o papel de fazê-los enxergar que o mundo macroscópico está intrinsecamente ligado ao mundo microscópico.

5.15 Aula 17 (19/11) – Campo elétrico e diferença de potencial

Em nosso décimo sétimo encontro continuamos com a leitura do PE na seção 3.3, agora para falarmos de maneira mais específica sobre campo elétrico e diferença de potencial.

Mais uma vez, voltamos a falar sobre campos gravitacionais e magnéticos para facilitar o entendimento do que seria campo elétrico. Quando mencionamos no conceito de campo elétrico a utilização da carga de prova para ratificar a existência de um campo no espaço, muitos dos alunos não conseguiram entender, num primeiro momento, porque a carga de prova teria que ser usada e perguntaram: por que a carga de prova era chamada assim?

Então respondemos que esta carga de prova era apenas um artifício utilizado para demonstrar a existência do campo elétrico, uma vez que os campos geram nos corpos envolvidos o aparecimento de forças, e para existir força é necessário que haja pelo menos dois corpos interagindo entre si. Ou seja, para saber se há algum campo numa região do espaço faz-se necessário a interação entre corpos e neste caso em particular, os corpos deveriam ser dotados de carga elétrica, pois cargas elétricas no espaço geram campos elétricos ao redor. Obviamente que tivemos o cuidado de dizer que quem sofria a ação do campo era a carga de prova por ter sua massa desprezível em relação a carga geradora do campo¹⁵.

No que diz respeito ao sentido da força elétrica, também fizemos analogia com o que ocorre com os polos dos ímãs. Em outras palavras, ímãs sofrem atração quando interagem através de polos distintos e repulsão quando interagem por polos iguais, assim como as cargas elétricas se atraem quando interagem tendo sinais contrários, e se repelem quando possuem sinais iguais. Neste momento da aula, iniciou-se uma discussão a respeito da frase “os opostos se atraem”, que se direcionava para um caráter religioso, fazendo-nos interromper a discussão, pois não nos cabia entrar nesta pauta. Logo em seguida definimos matematicamente a relação entre força elétrica, campo elétrico e carga elétrica (Eq.3A - PE), desenvolvendo alguns exercícios resolvidos. Posteriormente, entramos no conceito de diferença de potencial que é o responsável por fazer com que o campo elétrico seja originado num circuito. Para isso, pedimos aos alunos para imaginarem a seguinte situação:

“Suponha que vocês estejam em um parque de diversões acompanhando uma criança que necessita de auxílio para subir num escorregador. Você a coloca na parte mais alta e naturalmente por ação da gravidade ela desce o brinquedo e quer repetir a brincadeira, porém ainda não consegue subir para continuar. É aí então que você volta a colocá-la novamente na parte mais alta do escorregador e assim sucessivamente”. Em seguida perguntamos: nesta situação quem gasta mais energia, a criança ou você? A resposta unânime já esperada foi: nós (se referindo a eles).

Nosso objetivo com esta situação imaginária era de despertá-los para dentro da essência da questão, uma vez que por analogia, a pessoa é como se fosse a fonte de energia, mais especificamente, a diferença de potencial fornecida por uma bateria e a criança é como se fosse os elétrons livres dos metais. Vejamos os argumentos utilizados na aula, com maior rigor de detalhes.

¹⁵ Em teoria, a força elétrica age nos dois corpos, porém a ação da força só é sofrida por aquele cujo sua massa é desprezível em relação à massa do outro corpo.

Os elétrons livres movimentam-se aleatoriamente no fio metálico desligado da fonte (Figura 9A-a). Este é o estado natural, bem como estar na superfície da Terra. A bateria ou pilha (Figura 9A-b) nada mais é que um dispositivo dotado de um campo elétrico interno em função de haver dois polos, um carregado positivamente e outro negativamente. À medida que ligamos o fio a bateria, os elétrons que têm carga negativa tendem, por ação da força elétrica, a serem atraídos para o lado positivo, bem como também são repelidos pelo lado negativo, o que também é um comportamento natural. Mas após os elétrons estarem no lado positivo, como transportá-los para o lado negativo para continuar este processo ininterruptamente?

Foi neste momento que voltamos analogamente à questão do escorregador, pois a tendência natural dos elétrons é permanecer junto ao lado positivo, bem como é uma tendência natural da criança permanecer na superfície da Terra, porém é possível fazer a criança vencer a força natural (gravitacional) cedendo energia para o sistema (carregando ela), da mesma maneira ocorre com os elétrons, fornecendo energia para eles vencerem a tendência natural. E quem fornece esta energia para os elétrons é a bateria, por isso, ela descarrega, bem como a pessoa cansa carregando a criança.

A analogia foi bem aceita pelos alunos, pois conseguiram enxergar a lógica nas entrelinhas de ambas as situações. Desta forma o conceito de trabalho ficou bem evidente, pois para deslocar os elétrons do lado positivo para o lado negativo da bateria é necessário, bem como dissemos anteriormente, que haja gasto de energia, o que é equivalente a trabalho. E finalmente desenvolvemos exercícios envolvendo agora as grandezas diferença de potencial, trabalho e carga elétrica. Ao final da aula solicitamos aos alunos que respondessem as questões da atividade 4 do PE.

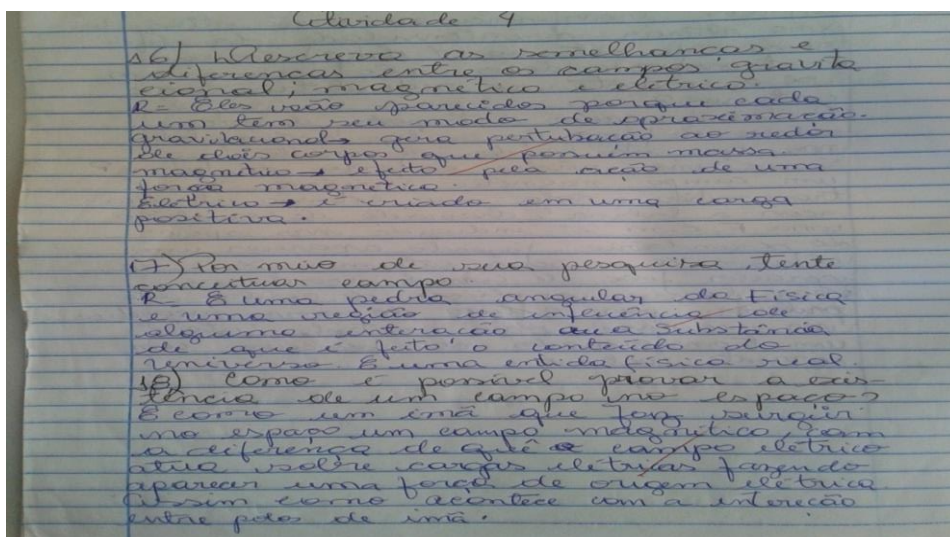


Figura 5.12 – Foto 12 (questões 16-20 - Atividade 4A): Aluna F

5.16 Aula 18 (23/11) – Indução eletromagnética (Lei de Faraday)

Em nossa décima oitava aula chegávamos a um momento crucial de nossa fase, pois era o momento de abordarmos o fenômeno da indução eletromagnética. No início do texto do PE havíamos mencionado sobre a importância da descoberta feita por Michael Faraday, pois a partir dela que começou a geração de energia elétrica em grande escala, o que foi de suma importância para toda a humanidade. Mas aí coube a pergunta: como fazer para gerar energia elétrica a partir de um dispositivo que pudesse utilizar uma fonte natural? Como conseguir de alguma forma, converter a energia desta fonte em energia elétrica? Estas questões iniciais foram descritas no quadro branco no início da aula.

Neste momento, voltamos à seção “Você sabia?” referente a terceira página do PE (ver pág.75), visto na Aula 9 (08/10), em que havíamos despertado os alunos para a importância da preservação da natureza. O motivo pelo qual retornamos foi para destacar, mais uma vez, o princípio da conservação da energia, pois é nele que está justificada a ideia dos questionamentos supracitados. Reiteramos aos alunos que de qualquer maneira, precisamos utilizar uma fonte de energia já existente no Universo para convertê-la em energia elétrica.

Foi aí que descrevemos aos alunos a experiência de Faraday, quando em seu laboratório percebeu que através do movimento relativo de um ímã em relação a uma bobina fazia aparecer na bobina uma corrente elétrica induzida e que só através do movimento isso era possível. Mantendo em repouso o sistema ímã-bobina não havia corrente elétrica. Ora, mais uma vez, era a prova de que o princípio da conservação da energia é um princípio fundamental da física. Só há energia elétrica se houver movimento do sistema ímã-bobina.

Em seguida, perguntamos aos alunos: em uma usina hidrelétrica quem faz o mesmo papel de dar movimento ao sistema ímã-bobina da experiência do Faraday? A maioria respondeu corretamente, a água.

A partir daí, passamos a dar exemplos de outras usinas que utilizam o mesmo princípio para geração de energia elétrica. Manaus por exemplo utiliza usinas termelétricas como principal fonte de geração de energia. As usinas de energia nuclear também foram citadas, bem como a eólica, a solar e a biomassa. Em seguida direcionamos para o fenômeno da indução eletromagnética abordando os conceitos de corrente elétrica induzida e força eletromotriz induzida.

Nesta abordagem, nos preocupamos em descrever detalhadamente as grandezas que contribuem para melhorar o desempenho do gerador de Faraday, tais como a variação do fluxo do campo magnético e a velocidade no movimento do sistema ímã-bobina.

Em seguida, um aluno fez o seguinte questionamento: porque na experiência de Faraday o sistema ímã-bobina era um, e na usina era outro?

Explicamos a eles que diferentemente do sistema ímã-bobina do experimento de Faraday (Figura 12A), àquele utilizado na usina (eletroímã rotacional) é mais prático e eficaz do ponto de vista mecânico e operacional (Figura 13A). Além de que o experimento de Faraday se resumiu a uma atividade de cunho científico, sem preocupação com caráter de outra natureza. Entretanto quando passa a ser empregado na indústria ou tecnologia deve-se preocupar com outros aspectos do processo.

E por fim, ao falarmos sobre o modelo rotacional do gerador da usina hidrelétrica, chegava o momento de conceituarmos corrente contínua e corrente alternada, pois o gerador das usinas que utilizam o princípio da indução eletromagnética são geradores de corrente alternada, as correntes contínuas são geradas por pilhas e baterias.

5.17 Aula 19 (26/11) – Gerador virtual em funcionamento

Para este dia resolvemos fazer uma aula virtual utilizando um simulador da Universidade do Colorado (EUA) chamado Phet, que simula fenômenos físicos e de outras áreas do conhecimento. O programa utilizado simula basicamente o que acontece na usina. O simulador está representado na figura a seguir (Figura 5.13):

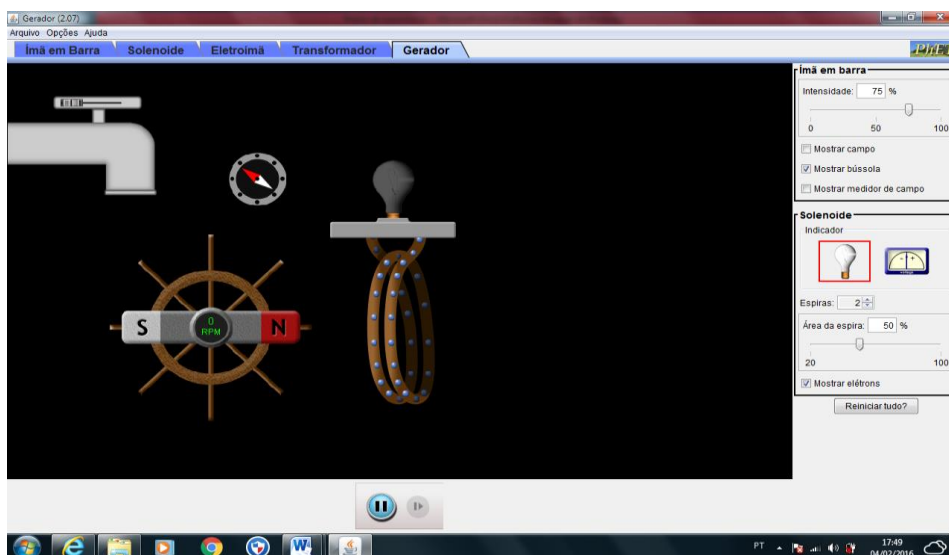


Figura 5.13 – Gerador virtual: simula o funcionamento da usina hidrelétrica. [17]

Tendo em vista que já havíamos abordado na aula anterior a teoria por trás do funcionamento do gerador da usina hidrelétrica, o objetivo para esta atividade era de rever, por meio de outro ponto de vista, os conceitos vistos na aula teórica.

Visualizando a Figura 5.13, temos os seguintes dispositivos virtuais:

- Torneira
- Bússola
- Ímã em barra
- Roda d'água
- Solenoide
- Lâmpada

Além dos dispositivos, temos também informações numéricas a respeito do ímã e do solenoide. Para as informações relevantes ao ímã alteramos de acordo com nossa necessidade a intensidade do campo magnético e selecionamos o ícone “mostrar campo”. Nas informações sobre o solenoide alteramos o número de espiras e a área das espiras. Estas alterações foram feitas gradativamente sempre mantendo as demais informações fixas para que os alunos tivessem noção de quais alterações influenciavam no resultado da simulação.

Primeiro, iniciamos a aula pedindo para os alunos, identificarem cada dispositivo virtual de acordo com sua função na hidrelétrica. A maioria deles conseguiu identificar de acordo com a representação correta, com exceção da bússola, por que não havíamos comentado na aula anterior¹⁶. Posteriormente perguntamos a eles porque que a lâmpada estava apagada. Uma minoria deles respondeu que era porque não havia movimento, demonstrando terem compreendido a essência do problema. A partir daí as ações tomadas foram:

- Ação 1: ligamos um pouco a torneira, aumentando gradativamente o volume da queda d'água.
- Ação 2: aumentamos e diminuimos gradativamente a intensidade do campo magnético do ímã.
- Ação 3: aumentamos o número de espiras.
- Ação 4: aumentamos a área das espiras.

¹⁶ Somente na aula 10 (ver seção 5.8) no dia 15 de Outubro comentamos sobre a bússola

Em todas essas ações pedimos para que os alunos anotassem em seus cadernos tudo o que observavam para que tivessem argumentos para as perguntas que fizemos ao final da aula. Eis as perguntas:

- *O que foi possível observar com a ação 1?*
- *O que foi possível observar com a ação 2?*
- *O que foi possível observar com a ação 3?*
- *O que foi possível observar com a ação 4?*

Bem como esperávamos, todos responderam de forma correta, as relações entre as alterações e o brilho da lâmpada. Eis algumas respostas:

Ação 1: *“O brilho da lâmpada aumentava junto com o aumento do volume de água”*. (aluno M)

Ação 2: *“Com o aumento do campo aumentava a intensidade da luz e a diminuição do campo diminuía a intensidade da luz”*. (aluno N)

Ação 3: *“Aumentando o número de voltas (espiras) aumentou também o brilho da lâmpada”*. (aluno C)

Ação 4: *“Não teve alteração alguma. A lâmpada continuou com mesmo brilho, porém piscando mais rápido”*. (aluna P)

Solicitamos aos alunos que respondessem e nos entregassem na aula posterior, as questões 21 a 25 da Atividade 5 - PE.

5.18 Aula 20 (30/11) – Efeito joule e resistência elétrica

Iniciamos a décima nona aula pedindo aos alunos para responderem o seguinte questionamento: os fios elétricos em sua casa possuem todos, a mesma espessura? De forma unânime, todos responderam que *não*.

Em seguida perguntamos: em um encanamento de água, se o cano utilizado é de pequena espessura para a quantidade de água que por ali passa o que pode vir a acontecer? Da mesma maneira todos responderam que poderia “estourar” o cano. Nosso objetivo com esta atitude inicial foi de mais uma vez instiga-los a “enxergar” a lógica por trás dos superaquecimentos nas redes elétricas. Mostrar acima de tudo que os

fenômenos físicos acontecem dentro da razão e que seus resultados advêm de causas essencialmente racionais¹⁷.

Seguindo a aula, voltamos a leitura do PE na seção 3.5A. Após a leitura do segundo parágrafo deste tópico, em que abordamos o efeito Joule, o aluno F perguntou: então é por conta desta resistência que não passa corrente elétrica nos isolantes? Apesar de ser uma pergunta bem distante da explicação correta, julgamos ser bem interessante, uma vez que existe razão nas entrelinhas. Explicamos então, que tal resistência só ocorre em função de haver corrente elétrica, fato que no caso dos isolantes não existe, pois não há corrente, o que é justificado por outro motivo. E ainda, que são duas grandezas inerentes uma da outra, porém com a ressalva de que existem os supercondutores (ver seção 5.20).

Posteriormente, voltamos ao que dissemos no início da aula em relação ao encanamento dizendo que, da mesma forma que o cano pode estourar caso não suporte o fluxo de água, um fio condutor pode superaquecer caso não suporte o fluxo de elétrons que percorre seu interior. E que esse aquecimento é proveniente da interação entre os elétrons e os núcleos (prótons e nêutrons) dos átomos, pois o “atrito¹⁸” gera calor. Ora, se há um número muito grande de elétrons passando por certa região do fio e o mesmo não tem uma espessura adequada, o *atrito* entre os elétrons proporcionará aumento da temperatura do fio, causando um superaquecimento na rede elétrica e conseqüentemente, um possível incêndio. Neste momento, com o objetivo de mostrá-los que atrito gera calor, pedimos aos alunos para esfregarem as mãos uma na outra e perguntamos: o que estão sentindo acontecer? Todos responderam: *calor*.

Em seguida, mencionamos quais grandezas contribuem para a intensidade da resistência elétrica, pois até então havíamos falado em nossas explanações apenas sobre a espessura do fio. Não havíamos dito ainda, nada sobre a dependência material (resistividade) da resistência elétrica, ou seja, que a resistência varia de condutor para condutor. Para este exemplo, citamos o caso do ouro que é menos resistivo que o cobre.

Quando dissemos que o comprimento do fio também influencia na resistência elétrica, utilizando como exemplo emendas, em fios condutores ou o uso de extensões elétricas, os alunos ficaram surpresos e ao mesmo tempo satisfeitos em saber algo que explica situações que estão presentes em seu cotidiano.

¹⁷ Esta maneira de fazê-los pensar por analogia é uma das formas de contornar a pouca relevância matemática.

¹⁸ Este “atrito” é em decorrência de interações á distância.

Ao final da aula apresentamos a Eq. 6A - PE que representa como se relacionam matematicamente as grandezas resistência elétrica, corrente elétrica e diferença de potencial, além de resolvermos alguns exercícios de relevância simples sobre o assunto. Não tivemos atividade avaliativa neste dia.

5.19 Aula 21 (03/12) – Potência elétrica e transformador

Em nossa vigésima primeira aula, tratamos do transporte da energia elétrica desde sua geração na usina, até a chegada aos centros urbanos¹⁹. Sobretudo, ao que tange as dificuldades para transportá-la após sua geração na usina, uma vez que existem fatores que dificultam esta última fase do processo.

Continuamos com a leitura da seção 3.5A e reformulamos a pergunta lá existente: levando em consideração que uma boa parte da energia gerada na usina é perdida por efeito Joule no decorrer de seu transporte, o que fazer para minimizá-las?

Neste momento a sala ficou em silêncio e nenhum aluno se manifestou. Entreviemos com outra pergunta: por quais motivos os fios de transmissão de eletricidade são chamados “fios de alta tensão”? Obviamente que foram perguntas das quais sabíamos que os alunos encontrariam dificuldades para respondê-las, mas as fizemos assim mesmo, com a intenção de fazê-los pensar, conjecturar, intuir, enfim, de alguma maneira trabalhar suas habilidades cognitivas. A partir daí continuamos a leitura da seção 3.5A, em que justifica o questionamento feito anteriormente.

Em relação ao conceito da grandeza potência elétrica, percebemos que nosso produto deveria ter dado mais embasamento ao conceito geral de potência, pois entendemos que esta é uma abordagem conceitual de suma importância que justifica muitos fenômenos físicos do cotidiano.

A partir deste momento começamos a falar sobre o papel do transformador nas redes elétricas, pois é ele o responsável por aumentar a tensão elétrica antes de ser transmitida, bem como é ele o responsável por baixá-la quando chega ao meio urbano. Neste momento muitos alunos começaram a relatar fatos de diversas naturezas ocorridos em meio onde vivem relacionados a fenômenos envolvendo redes elétricas. E por fim, fizemos uma análise qualitativa da Figura 15A, que mostra de forma simples o

¹⁹ Para o caso de usinas hidrelétricas estas dificuldades são maiores por conta das distâncias até as cidades, mas para usinas localizadas próximo as cidades (Manaus, por exemplo) estas dificuldades, apesar de existirem são menores.

trajeto da energia elétrica desde sua geração no eletroímã até o momento de sua distribuição nas cidades.

Ao final da aula pedimos aos alunos que preenchessem a tabela 1A de acordo com o que eles sabiam a respeito de aparelhos elétricos. O objetivo principal desta atividade foi de avaliar se os alunos compreenderam a transformação de energia presente em nosso dia a dia, bem como fazer uma análise crítica sobre a questão do consumo de energia e da necessidade de economizá-la. Pedimos também aos estudantes que respondessem as questões 26 a 30 e que entregassem na aula posterior.

Transformações de energia ocorridas no ambiente doméstico				
Aparelho potência	moviment	calor	som	sem o Imagem
Ventilador (100)	X	X	—	X
Aspirador (1500)	X	X	—	X
Televisor 300	—	X	X	X
Ferro de Passar (1400)	X	X	—	—
LAMPADA (60)	—	X	X	—
MICROONDAS (1000)	X	X	X	X

AZUL → Transformações úteis
Vermelho → Transformações não-úteis

Figura 5.14 – Foto 13 (Tabela de Transformações – Atividade 6A): aluno R.

5.20 Aula 22 (10/12) – Supercondutores

Nesta aula, que diz respeito a leitura complementar do PE abordamos o tema supercondutores que está inserido no contexto da física moderna. Em princípio, não havia este conteúdo em nosso PE, porém quando aplicamos em fases (módulos) anteriores a esta, percebemos a necessidade de incluímos em nossa sequência didática assuntos relacionados a física moderna, uma vez que se faz necessário fazê-los perceber que a física não se restringe aos fenômenos da física clássica, pois sabemos que os livros didáticos abordam em grande parte de seus conteúdos a física newtoniana. Não obstante, incluímos em nosso PE este conteúdo relacionando-o com os conceitos

correlatos, já vistos anteriormente, como: corrente elétrica, resistência elétrica e efeito Joule.

Iniciamos a leitura da seção 3.6A, enfatizando a importância da descoberta feita pelo físico Kamerlingh Onnes quando realizava experimentos de resistência elétrica utilizando o mercúrio (metal), em seu laboratório de baixas temperaturas. Destacamos para os alunos o que se acreditava até então, pois para todos os efeitos todo material apresentava resistência à passagem de corrente elétrica, ou seja, havia perdas por efeito Joule (aquecimento).

Quando dissemos que Onnes demonstrou em seu experimento que tal resistência antes inerente a todos os materiais não era uma condição absoluta, pois percebeu em seu experimento que para baixas temperaturas, a resistência ia a zero, não havendo mais dissipação de calor, os alunos demonstraram-se bastante interessados no assunto, pois havíamos dito no dia da aula sobre resistência elétrica que a resistência era um fenômeno intrínseco a todos os materiais, mesmo os condutores. E ainda, se mostraram mais surpresos quando dissemos que o material que hoje é o melhor supercondutor (cerâmica) não é um condutor e sim um isolante, pois era de se esperar que um supercondutor em princípio fosse um condutor.

Por fim, destacamos como exemplo de aplicação da supercondutividade, os Maglev, que são os trens que levitam sobre os trilhos através do fenômeno da supercondutividade. Neste momento os alunos se surpreenderam quando explicamos que os “trens bala” movimentam-se em altas velocidades sem haver contato algum com os trilhos. Muitos deles ficaram bem interessados no assunto e perguntaram onde poderiam encontrar mais informações a respeito, o que corrobora a ideia de que conteúdos de física moderna devem de fato ser mais explorados por professores de física no Ensino Médio.

5.21 Aula 23 (14/12) – Atividade e revisão

Em nossa vigésima terceira aula chegava o momento de fazermos uma revisão sucinta de tudo o que foi visto durante a fase. Na verdade, para esta aula, decidimos por enfatizar a necessidade de utilizar a energia elétrica de maneira consciente, pois o princípio da conservação da energia é a essência por trás do fenômeno da indução eletromagnética.

É através do uso consciente do que a natureza nos oferece que podemos diminuir algumas mazelas que assolam nosso habitat, o lugar onde vivemos. Além disso, assim

como buscamos em todas as aulas, nosso interesse era finalizar a fase fazendo com que os alunos refletissem, sob todos os aspectos, para que a partir daquele momento saíssem de sala com o pensamento mais crítico, mesmo que fosse o mínimo possível, até por que sabemos que nesta modalidade de ensino não podemos esperar que os alunos ao término das aulas, consigam em sua estrutura cognitiva compreender os fenômenos físicos de forma apropriada à realidade do nível de ensino em que estão.

Por conseguinte, deixamos que os alunos se manifestassem e falassem à vontade sobre o que haviam aprendido durante o período em que estivemos realizando nossa intervenção através do uso do Produto Educacional dentro dos aspectos que permeiam o enfoque CTS. Algumas das falas dos alunos estão descritas abaixo:

“Foi bastante proveitoso nossas aulas, pois não tinha noção do que era a física. Descobri muitas coisas interessantes. E agora eu sei, mais ou menos, tenho uma ideia, do que é corrente elétrica. Sabia por que não podia trocar um interruptor descalço e molhado, mas agora sei o por que. Gostei muito do que vi nestes três meses.” (Aluna M).

“Muito bom professor, agora vou economizar mais energia, vou ficar mais atenta ao desperdício e principalmente ter mais cuidado ao jogar o lixo”. (Aluno J).

“Conheci muitas coisas que eu não imaginava qual era a explicação. A física está dentro de uma lógica né? Não é de qualquer jeito. Quando a gente não conhece as coisas, diz que é por causa do acaso, e até do sobrenatural, mas agora eu tenho noção do que é uma usina de energia por exemplo. Agora sei que muitos incêndios que acontecem nesses lugares cheios de palafitas, acontece por causa dos gatos ‘mau feitos’ que aquecem e causa incêndios. Foi bom saber também, porque que não é legal ligar muitos aparelhos elétricos na mesma tomada, pode pegar fogo.” (aluno L).

“Eu achei legal aquele exemplo que o Senhor (professor) deu do escorregador, deu pra entender legal, comparando, porque a bateria descarrega. Só não gostei muito daquelas aulas que tinha cálculo, pois faz mais ou menos uns dez anos que parei de estudar. O resto foi bom.” (Aluno J).

“Achei bom as aulas experimentais. Foi bem interessante, pois vemos o que tá dizendo na apostila, acontecer. A gente fica mais surpreso também, podia ter feito experimento em todas as aulas.” (Aluna S).

“Minha filha me disse que física era muito difícil porque só é cálculo. Eu fiquei logo com medo e já não gostei antes de começar as aulas, mas quando o Senhor (professor) começou a fazer as tarefas a usar a apostila fiquei mais tranquila e até gostei de estudar. Mas confesso que mesmo assim tem umas coisas que não entendi muito bem”. (Aluna T).

5.22 Aula 24 (17/12) – Avaliação Final

Nesta aula realizamos a atividade final da fase. Elaboramos e aplicamos uma avaliação objetiva nos moldes tradicionais, mas dentro das características das questões do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) contemplando todo o conteúdo do PE, procurando relacioná-la também, as demais atividades didáticas e os assuntos correlatos de outras fontes de informação vistas em sala de aula durante o período em questão.

O objetivo desta atividade avaliativa era de perceber o avanço obtido pelos alunos a respeito dos fenômenos físicos ocorridos no cotidiano dos educandos. Uma vez que não podemos esperar uma compreensão mais profunda por parte dos alunos do EJA, em face da limitação da modalidade, nosso foco principal é de acompanhar a evolução da estrutura cognitiva destes alunos. Fazê-los enxergar a natureza com maior cuidado, com mais respeito, com mais consciência e senso crítico. A íntegra das questões desta avaliação está em anexo no APÊNDICE D.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 Introdução

Freire [2] argumenta que o professor é um pesquisador, que não existe ensino sem pesquisa, e a pesquisa além de outras ações nos leva a reflexão. E como consequência desta reflexão surge a necessidade de o professor estar sempre passivo a mudanças, principalmente no que diz respeito as suas ações em sala de aula, o que Freire [2] chamou de *reflexão crítica sobre a prática*.

Reconhecemos que tal iniciativa não é das mais simples, pois está relacionada com questões bastante essenciais. Porém, se faz necessário essa reflexão constante, mesmo porque o homem é um ser inacabado, inconcluso em si mesmo [2]. Neste contexto é preciso reconhecer que as mudanças são extremamente importantes para que o professor enquanto instrumento imprescindível no processo ensino-aprendizagem esteja preparado para enfrentar as dificuldades do ato de ensinar.

Quando começamos a lecionar para o público adulto, no ano de 2006 no CEJA Prof.^a Jacira Caboclo, percebemos que se fazia necessário haver mudanças em nossas intervenções pedagógicas em função de motivos aqui já expostos neste trabalho. Dentro dessa perspectiva a intenção foi produzir um material que subsidiasse as ações em sala de aula de maneira específica ao perfil dos alunos da EJA, pois entendemos que o material disponível na época, não contemplava os anseios dos educandos.

Isto nos motivou a fazermos uma investigação sobre o que os alunos pensavam a respeito do conceito de energia. A pesquisa realizada foi aquela já citada no capítulo 2 (ver seção 2.3 - Figura 2.1), em que os alunos em sua maioria associaram o conceito de energia ao caráter elétrico. A partir desta pesquisa, resolvemos elaborar o PE tendo como ideia principal que os conceitos tivessem relação uns com os outros, dando uma sequência lógica e contextualizada aos conteúdos.

6.2 A intervenção antes do PE

Quando iniciamos nossa prática docente no CEJA Prof.^a Jacira Caboclo vínhamos de uma escola de ensino médio regular caracterizado por uma linguagem

matemática rigorosa e sequências didáticas descontínuas, sem preocupação com a natureza da relação entre os conteúdos e conceitos.

Os resultados obtidos ao final da fase eram muitos alunos sem alcançar a média, o que necessariamente nos levava a fazermos trabalhos de recuperação pouco eficientes, que apesar de recuperar as notas dos alunos, não satisfaziam a necessidade do aprendizado.

Vale ressaltar que, quando dissemos que fazíamos trabalho de recuperação, não estávamos ‘arrumando meios’ para aprovar os alunos, mas, oportunizar que alunos dedicados e interessados, pudessem seguir adiante em seus estudos, uma vez que, como já dissemos, o perfil dos alunos do EJA é de pessoas que disciplinarmente são nota dez, mas que tecnicamente deixam muito a desejar, pois, dentre outras características estão muito tempo ausentes das salas de aula.

Por isso, que pensamos naquele momento, que se fazia necessário que os alunos, por ali já se encontrarem, diante de nossos olhos, com demasiadas dificuldades de aprendizagem, necessitavam de alguma forma de outras maneiras para demonstrarem suas competências e habilidades.

6.3 O livro didático tradicional vs. produto educacional

Ao analisarmos como os conceitos são abordados nos livros didáticos tradicionais percebemos uma riqueza de informações conceituais, técnicas, matemáticas, em que os conteúdos se relacionam de forma “tímida”, porém não desprovidos de qualidade. Entretanto, entendemos que a maneira ao qual estão distribuídos os conteúdos é estanque, sempre seguindo a mesma ordem, como numa linha de produção. Certamente que isso não impede que o professor elabore sequências didáticas com conteúdos os quais não sigam as sequências tradicionais, agora: será que este modelo que reconhecemos ser eficiente para o ensino de física no ensino médio regular, também é eficiente para o ensino de física na EJA? Notoriamente essa é uma pergunta cuja resposta é extremamente difícil, mas nossa intenção neste momento é fomentar discussões a respeito.

Ao nosso entendimento, nos livros tradicionais os conteúdos são abordados de forma direta, sendo tratados primeiro os conceitos e depois as possíveis aplicações e/ou contextualizações, ou seja, primeiro se discute a solução do problema e depois as causas. Em nosso PE procuramos primeiro fazer uma reflexão inicial a respeito da aplicabilidade e contextualização daquilo que abordam os conteúdos. A ideia de

demonstrar como é basicamente o funcionamento de uma usina hidrelétrica foi a seguinte: a partir de um contexto geral chegar às partes do todo, chamada de problematização inicial [3]. Além disso, encontrar uma forma de relacionar os conteúdos sem selecioná-los de maneira aleatória, uma vez que não há como contemplar todo o conteúdo de física do ensino médio.

Outra preocupação que tivemos foi de citar no PE, algo que despertasse os alunos para o contexto social, fomentando a reflexão dos alunos para as questões ambientais, respeitando a natureza. Por isso, inserimos no PE ao final de cada seção o espaço ‘Você Sabia?’, em que descrevemos frases de efeito relacionadas aos acontecimentos do dia a dia, referentes ao enfoque do conteúdo abordado.

6.4 O produto educacional como recurso didático à prática docente

Após nossa intervenção com o PE, percebemos que os alunos se faziam mais participativos e motivados, pois percebiam relação das abordagens vistas em sala de aula com seus afazeres domésticos, seus anseios cotidianos.

Nossa intenção era de promover no ambiente escolar um espaço onde os alunos pudessem através da pesquisa, leitura, discussão e reflexão fomentar mudanças que de alguma forma contribuíssem em soluções de situações-problema relacionados ao seu dia a dia, bem como, motivá-los a comportamentos mais altruístas no que tange as questões sociais e ambientais. Neste contexto, nota-se também uma tentativa de convencê-los que o avanço tecnológico e as descobertas científicas possuem seu lado negativo, e é nesse aspecto que devemos ser mais críticos e reflexivos em nossa relação com o planeta.

Contudo reconhecemos que não obtivemos resultados quantitativos contundentes que nos fornecesse elementos para uma avaliação objetiva do trabalho realizado, uma vez que, não temos informações (indicadores)²⁰ que mostrem em aspectos numéricos, para efeito comparativo, se a intervenção pedagógica através da utilização do PE de fato contribuiu para que os alunos aprendessem mais sobre física, em relação a não utilização do produto.

Ocorre que mesmo reconhecendo a inexistência destes elementos, enxergamos que este é o caminho mais curto para alcançarmos a rigorosidade metódica da qual argumenta Paulo Freire:

²⁰ Esta foi uma falha que reconhecemos ser muito negativa em nossa intervenção.

E esta rigorosidade metódica não tem nada que ver com o discurso “bancário” meramente transferidor do perfil do objeto ou do conteúdo. É exatamente neste sentido que ensinar não se esgota no “tratamento” do objeto ou do conteúdo, superficialmente feito, mas se alonga à produção das condições em que aprender criticamente é possível. [18]

Esta rigorosidade metódica ao qual nos referimos é a adequação da nossa prática docente em relação ao perfil característico do público da EJA. Vale ressaltar que nossa intervenção por meio do produto não se restringiu apenas a sua utilização, pois foram utilizados outros recursos, que necessariamente tivessem relação com as premissas do movimento CTS concomitante com as ideias de Paulo Freire. Assim, a escolha do embasamento nos preceitos concernentes ao enfoque CTS se deu em função de percebermos a necessidade de direcionarmos nossas discussões para os anseios da sociedade.

6.5 A abordagem conceitual conforme a realidade

Apesar da necessidade que temos não só no meio educacional, mas em qualquer campo ou área, de planejar as ações a serem realizadas, faz-se necessário a flexibilidade dos conteúdos, neste contexto, reiteramos a importância de o professor estar aberto a mudanças seja de estratégias, conteúdos e/ou metodologias em suas abordagens em sala de aula.

Esta ação ficou evidenciada em nossa intervenção quando houve um dia em que a cidade de Manaus amanheceu coberta de fumaça e resolvemos por esse motivo fazer um trabalho específico em cima desse acontecimento (ver seção 5.5 - Aula 7). Inclusive, os conceitos abordados não estavam em nosso planejamento inicial, porém entendemos ser necessário que o professor tenha flexibilidade para abordar os conteúdos de acordo com a realidade local, nacional ou mundial, e isso remete uma tentativa de dar voz aos conteúdos e olhar para o contexto social.

7 CONCLUSÃO

A necessidade de mudança é inevitável em qualquer seguimento da sociedade, e no ramo educacional isto se torna excessivamente notório e evidente, tendo em vista sua especificidade, por ser demasiadamente subjetivo, incomensurável e de difícil análise qualitativa. Além disso, bem como o desenvolvimento científico e o avanço tecnológico, a educação está engendrada num contexto geral que abrange toda a sociedade: em meio às mazelas sociais, aos acontecimentos políticos, ao panorama econômico e aos aspectos culturais. Por estas razões e pela necessidade de tornar o aprendizado mais significativo, entendemos que se faz necessário desenvolver ações pedagógicas específicas para o ensino dos conteúdos de física na EJA, e foi justamente isso que nos motivou a elaborarmos o PE.

Portanto, na construção do produto, a intenção foi de aliar os conceitos da física aos problemas que assolam o cotidiano dos alunos, por isso, utilizamos o tema energia dentro do aspecto elétrico que, inclusive, foi resultado da pesquisa realizada com eles. Neste contexto, sabíamos que era necessário participar os alunos de forma mais expressiva e incisiva.

Desta forma, mesmo reconhecendo ser uma decisão subjetiva na Proposta Pedagógica, esperamos que a intervenção, realizada mediante o uso do PE e de outros recursos didáticos pedagógicos, através do relato, sirva de parâmetros para possíveis intervenções futuras, desde que feita às devidas correções, e também levando em consideração as especificidades do nível e modalidade de ensino. E que mesmo não tendo alcançado resultados, a priori, esperados, como por exemplo: a pouca relevância na linguagem matemática e para efeito comparativo, a não comprovação quantitativa de que as ações embasadas no enfoque CTS e nas ideias de Paulo Freire, de fato contribuíram para tornar o pensamento mais crítico e reflexivo, esperamos que o mesmo, ainda que carente destes referenciais, possa vir a ser objeto de análise e discussão por meio da academia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] VIEIRA, Marco Aurélio Duque Estrada; VERDEGAY, Enrique Iglesias. **Utilização de materiais alternativos de baixo custo na Educação de Adultos (EJA), utilizando Paulo Freire e Andragogia.** XVI SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 16.

[2] FREIRE, Paulo. **Pedagogia da Autonomia: saberes necessários à prática educativa.** 29ªEd. São Paulo: Paz e Terra. Coleção Leitura,1996.

[3] DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José André. **Física: coleção magistério – 2º grau.** 2ª ed. rev. São Paulo: Cortez, 1992.

[4] FREIRE, Paulo. **Pedagogia do Oprimido.** 17ªEd. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

[5] BAZZO, W. A. **Ciência, Tecnologia e Sociedade: e o contexto da educação tecnológica.** Florianópolis: Ed. da UFSC, 1998, p.142.

[6] SANTOS, Wildson Luiz Pereira; MORTIMER, Eduardo Fleury. **Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia– Sociedade) no contexto da educação brasileira.** Pesquisa em Educação em Ciências, vol. 2, nº02, 2002, p. 05).

[7] ROSENTHAL, D. B. (1989). **Two approaches to science – technology – society (STS) education.** Science Education, v. 73, n. 5, p.581-589.

[8] AUTH, Milton Antônio. **Formação de Professores de Ciências Naturais na Perspectiva Temática e Unificadora.** Universidade Federal de Santa Catarina, 2002, pág.33.

[9] BOFF, L. (1996). **Ecologia: grito da terra, grito dos pobres.** 2.ed. São Paulo: Ática.

[10] PINHEIRO, N. Aparecida Maciel; SILVEIRA, Rosemari M. C. Foggiatto; BAZZO,Walter Antonio; **Ciência, Tecnologia e Sociedade: a Relevância do Enfoque CTS para o contexto do ensino médio.** Ciência & Educação, v. 13, n. 1, p. 71-84, 2007, pag.05).

[11]http://osfundamentosdafisica.blogspot.com.br/2013/10/cursos-do-blog-eletricidade_16.html - Acesso em: Março/2016.

[12]http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/bitstream/handle/mec/12613/05_teor ia.htm - Acesso: Junho/2016.

- [13] CARVALHO, Regina Pinto. **Física do dia-a-dia**. 1ª Ed. Belo Horizonte: Gutenberg, 2003.
- [14] Proposta Curricular do Estado do Amazonas, 2012, p.22
- [15] AULER, Decio; DALMOLIN, Antônio M.T.; FENALTI, Veridiana S. **Abordagem Temática: natureza dos temas em Freire e no enfoque CTS 2009**. Revista de Educação em Ciência e Tecnologia, v.2, n.1, p.67-84, mar/2009.
- [16] WUTCHANA U.; EMARAT N. **Finding resultant vector's using rubber band**. Physics Education, mar/2014, p. 141-143
- [17] https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/generator
- [18] FREIRE, Paulo. **Pedagogia da Autonomia: saberes necessários à prática educativa**. 29ª Ed. São Paulo: Paz e Terra. Coleção Leitura, 1996, p.26).
- [19] http://www.cbpf.br/~eduhq/html/aprenda_mais/jurema/ficha_conservacaoenergia.htm. Acesso: Jan/2016.
- [20] <http://misteriosopantanal.blogspot.com.br/> - Acesso: Jan/2016.
- [21] <http://www.imaeneodimio.com.br/tag/calcule-a-forca-dos-imas-de-neodimio/> - Acesso: Jan/2016.
- [22] <http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/campo-magnetico.htm> - Acesso: Jan/2016.
- [23] <http://brasilecola.uol.com.br/fisica/campo-magnetico-gerado-por-um-fio-condutor.htm> - Acesso: Jan/2016.
- [24] <http://www.sofisica.com.br/conteudos/Eletromagnetismo/CampoMagnetico/imasemagnetos.php> - Acesso: Jan/2016.
- [25] <http://www.infoescola.com/quimica/atomo/> - Acesso: Jan/2016.
- [26] http://www.eletronpi.com.br/curso_eletronica_basica_020_campo_eletrico.asp - Acesso :Jan/2016.
- [27] <http://educacao.uol.com.br/disciplinas/fisica/corrente-eletrica-o-movimento-ordenado-de-eletrons-em-condutores.htm> - Acesso: Jan/2016.
- [28] http://geol.institutopadrereus.com/Textos/Radio/Atv1/Tensao_Corrente_Resistencia.htm – Acesso em: Jan/2016.
- [29] <http://educacao.uol.com.br/disciplinas/fisica/forca-eletrica-e-campo-eletrico-lei-de-coulomb.htm> - Acesso: Jan/2016.
- [30] ALVARENGA, Beatriz; MÁXIMO, Antônio M. **Física - Ensino Médio** – 1ª Ed. São Paulo: Scipione, p. 77.
- [31] <http://alunosonline.uol.com.br/fisica/campo-magnetico-ao-redor-um-fio.html> – Acesso: Jan/2016.

[32] <http://educacao.globo.com/fisica/assunto/eletromagnetismo/inducacao.html> - Acesso: Jan/2016.

[33] <http://educacao.uol.com.br/disciplinas/fisica/> - Acesso em: Jan/2016.

[34] ALVARENGA, Beatriz; MÁXIMO, Antônio M. **Física - Ensino Médio** – 1ª Ed. São Paulo: Scipione, 2008.

[35] <http://www.sigmatransformadores.com.br/o-transformador/> - Acesso em: Jan/2016.

[36] <http://www.sigmatransformadores.com.br/o-transformador/> - Acesso em: Jan/2016.

[37] <http://www.oocities.org/br/jcc5004/imglevitacao.htm> - Acesso em: Jan/2016.

[38] CARVALHO, Regina Pinto. **Física do dia-a-dia**. 1ªEd. Belo Horizonte: Gutenberg, 2003, p. 20.

[39] CARVALHO, Regina Pinto. **Física do dia-a-dia**. 1ªEd. Belo Horizonte: Gutenberg, 2003, p. 37.

[40] CARVALHO, Regina Pinto. **Física do dia-a-dia**. 1ªEd. Belo Horizonte: Gutenberg, 2003, p. 29.

[41] (CARVALHO, Regina Pinto. **Física do dia-a-dia**. 1ªEd. Belo Horizonte: Gutenberg, 2003 p. 38.

[42] CARVALHO, Regina Pinto. **Física do dia-a-dia**. 1ªEd. Belo Horizonte: Gutenberg, 2003, p. 45.

APÊNDICE A: PRODUTO EDUCACIONAL

1. Energia: realidade abstrata

A energia está presente em todos os lugares do Universo: no sistema solar, nas residências, na indústria, no meio ambiente. Na natureza, os fenômenos ocorrem devido à existência de alguma fonte energética, pois não há fenômeno natural se não houver alguma energia associada, seja na forma de energia térmica, química, mecânica, entre outras.

Neste texto, nos limitaremos à análise do aspecto elétrico da energia. Tal escolha²¹ se deu pelo constante contato com este tipo de energia em nosso cotidiano, e também por não nos darmos conta, de quão complexo é a viagem feita por ela, desde o momento de sua geração até o funcionamento do seu aparelho de TV, das lâmpadas, do aparelho micro-ondas, da geladeira e dos muitos outros aparelhos que dependem da energia elétrica para funcionarem.

2. A descoberta do fenômeno no contexto histórico

Agora, estamos diante da descoberta científica que proporcionou a invenção do mecanismo para geração de energia elétrica em grande escala, a partir de uma fonte natural. A descoberta do fenômeno da indução eletromagnética, além de causar um grande avanço no estudo do eletromagnetismo, pois, confirmava o que já se especulava na época²² (início do século XIX), também representou um marco na história em função de sua influência direta para a sociedade que se modernizava com a expansão da indústria, devido o advento da Revolução Industrial (fim do século XVIII). A partir desta descoberta, as cidades puderam oferecer as pessoas, energia elétrica necessária para iluminar suas casas, operar máquinas na indústria, bem como, desenvolver eletrodomésticos também baseados no princípio da indução eletromagnética, enfim, foi um acontecimento para facilitar a vida de todos. Desta forma, descreveremos neste texto,

²¹ A escolha também foi resultado de uma pesquisa realizada *in loco* com alunos de uma escola do município de Manaus, onde foi questionado qual tipo de energia era mais conhecida pelos alunos. (ver quadro 2.1, no Capítulo 2).

²² Já se especulava obter campo elétrico a partir de campo magnético.

quais os princípios físicos por trás do funcionamento de um gerador de uma usina de energia, que se utiliza deste fenômeno. Então, cabe inicialmente, um questionamento inicial: qual é a primeira impressão que temos, quando pensamos, que energia está associada a uma queda d'água, ou a queda de outro corpo qualquer?

A conversa entre os dois personagens da Figura 1A retrata muito bem as consequências da gravidade ao fazer os corpos caírem. Bem como, retrata como a energia associada à altura (energia potencial gravitacional) da queda-d'água está relacionada ao funcionamento das turbinas de uma usina hidrelétrica.

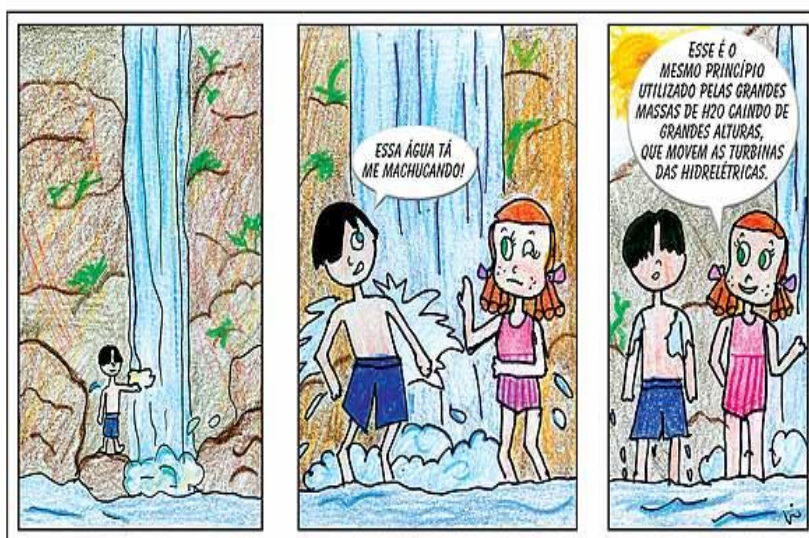


Figura 1A – Energia Potencial Gravitacional - A altura da cachoeira está diretamente relacionada à sensação sentida pelo garoto ao permanecer em contato com a água. [19]

Leitura sugerida:

Para saber mais sobre energia potencial gravitacional acesse o site:
<http://www.infoescola.com/fisica/energia-potencial-gravitacional/>

Atividade 1: Questões Preliminares

- 01) Pesquise e dê exemplos de outros tipos de energia além dos que foram citados no texto.
- 02) Baseado em seus conhecimentos prévios, dê exemplos de onde há energia química, térmica, elétrica e mecânica.
- 03) Explique a causa do garoto da Figura 1A dizer a frase: “essa água tá me machucando!”.
- 04) Demonstre através de um desenho, como a água pode ser utilizada para mover algo.
- 05) Faça uma pesquisa sobre a “roda d’água” e descreva o seu funcionamento.
 (sugestão: assista a vídeos do *youtube* relacionados ao tema)

Você sabia?



Que é a natureza a fonte responsável pela energia elétrica em nossas casas.

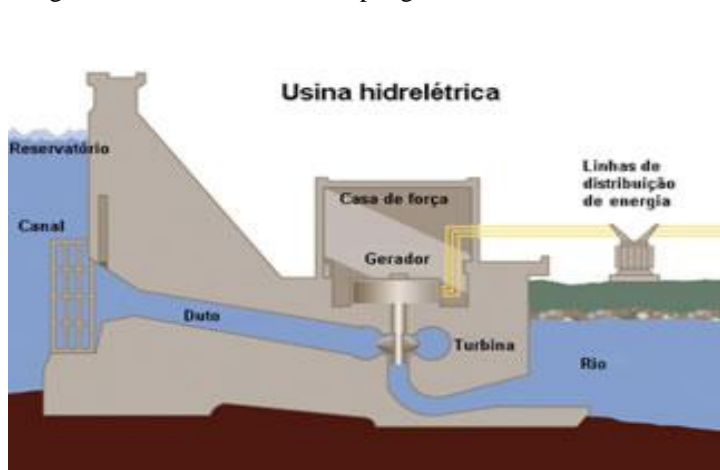
POR ISSO QUANDO VOCÊ DESPERDIÇA ENERGIA, NÃO PREJUDICA APENAS SEU BOLSO, MAS PRINCIPALMENTE A NATUREZA.

3. Usina hidrelétrica: a água como fonte de energia

Em uma usina hidrelétrica (Figura 2A), no momento em que a água desce pelos dutos de canalização da barragem e logo em seguida choca-se com as palhetas das turbinas (Figura 3A), fazendo-as entrar em movimento, surge em seus mecanismos o fenômeno chamado de indução eletromagnética. Para entendê-lo devemos antes definir algumas grandezas, bem como, outros fenômenos associados.



Figura 2A - Hidrelétrica de Itaipu, gera em torno de 12600 MW. [20]



A água ao descer pelo duto ganha velocidade na queda e faz as turbinas girarem, fazendo com que o gerador transforme em energia elétrica o movimento

Figura 3A – Casa de força: onde se localiza a turbina do gerador. [20]

3.1 Campo magnético e fluxo do campo magnético

Sabemos que, quando aproximamos um ímã de alguns metais ocorre atração entre ambos (Figura 4A). Este fenômeno é consequência do surgimento de uma força magnética originada pela existência do campo magnético do ímã.



Figura 4A - Ímã atraindo metais ferromagnéticos. [21]

Um pouco de História

Na Grécia antiga em uma região chamada de Magnésia, em que hoje se localiza a Turquia, foram encontradas rochas que tinham o 'poder' de atrair pequenos pedaços de ferro. Em função da região deram-lhe o nome de Magnetita (um tipo de minério de ferro).

O vetor indução magnética ou campo magnético \mathbf{B} , medido em Tesla²³ (T), é a perturbação de uma região do espaço que se forma em torno de um ímã (Figura 5A-a) ou de um fio condutor percorrido por corrente elétrica (Figura 5A-b).

Geometricamente, linhas ordenadas imaginárias, chamadas linhas de campo, representam como o campo se distribui no espaço, caracterizando como se dá a interação com outros corpos, porém, a geometria das linhas de campo difere entre ímãs e condutores percorrido por corrente (Figuras 5A-a, 5A-b). Assim, um metal ferromagnético²⁴ tende a sofrer os efeitos do campo magnético de um ímã devido o surgimento de uma força de atração magnética. Mas, quando a interação é entre dois

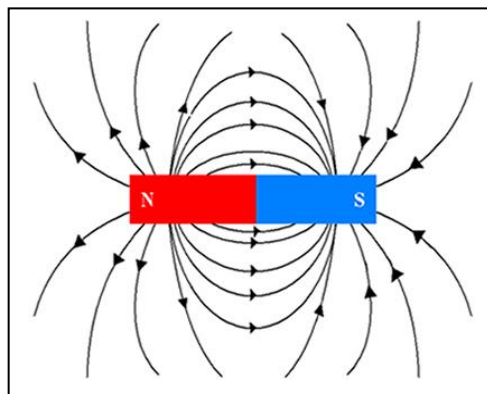


Figura 5A-a - Linhas de campo magnético 1: ímã [22].

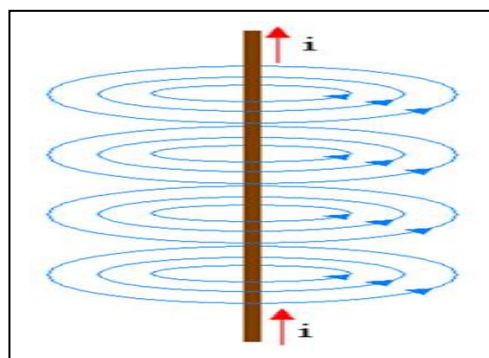


Figura 5A-b - Linhas de campo magnético 2: fio percorrido por corrente elétrica [23].

²³ Em homenagem ao inventor Austríaco Nikola Tesla (1856-1943)

²⁴ Metais Ferromagnéticos são aqueles que em função de suas características atômicas respondem intensamente a campos magnéticos externos, exemplos: ferro, níquel, cobalto.

ímãs a força magnética pode ser de atração ou repulsão.

Os ímãs são constituídos de dois pólos, norte e sul. Por uma necessidade de uniformidade, convencionou-se que as linhas de campo saem do pólo norte e entram no pólo sul, percorrendo o interior do ímã (Figura 5A-a). Pólos diferentes se atraem e pólos iguais se repelem (Figura 6A). Para o caso do fio condutor percorrido por corrente elétrica, o campo magnético gerado é circular ao redor do fio, num plano perpendicular²⁵ a direção da corrente (Figura 5A-b).

É importante também sabermos o conceito de fluxo do campo magnético Φ . Este tem relação com a quantidade de linhas de campo que passam por uma determinada área. Quanto mais linhas de campo atravessam determinada área, maior é o fluxo. Isto nos permite afirmar que as regiões próximas dos pólos dos ímãs são as que possuem maior fluxo do campo magnético. A unidade de fluxo magnético no Sistema Internacional de Unidades (SI)²⁶ é o weber²⁷ (Wb).

Atividades 2: Experimental

Experimento 1:

-Objetivo: “perceber” a existência das linhas de campo magnético dos ímãs

-Materiais necessários:

- Ímãs (tamanhos e formatos variados)
- Limalha de ferro (sugestão: pode-se substituir por palha de aço)
- 1 folha de cartolina

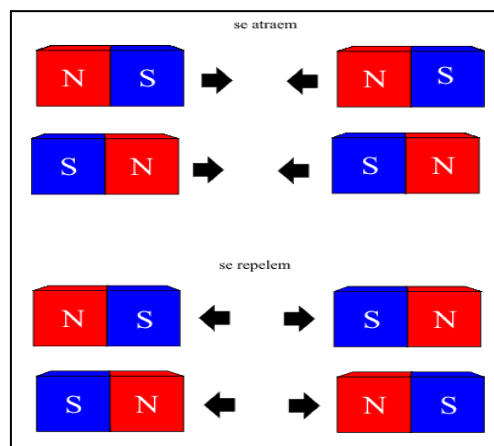


Figura 6A - Atração e repulsão entre ímãs: os ímãs quando interagem entre si podem sofrer força magnética de atração ou de repulsão. [24]

Leitura recomendada:
Para saber mais sobre ímãs e
magnetos acesse o site:

<http://www.sofisica.com.br/conteudo/s/Eletromagnetismo/CampoMagnetico/imasemagnetos.php> - Acesso em:
[Jan/2016.](#)

²⁵ Perpendicular é quando formam um ângulo de 90° entre si.

²⁶ O SI é o sistema de unidades utilizado na maioria dos países, inclusive o nosso. De forma que todas as unidades utilizadas nesta apostila estarão neste sistema.

²⁷ Em homenagem ao físico alemão Wilhelm Eduard Weber (1804-1891).

-Montagem e procedimento experimental:

- Espalhe de maneira uniforme os pedaços da palha de aço sobre a cartolina
- Aproxime lentamente o ímã pelo outro lado da cartolina e observe o que ocorre
- Repita o procedimento com os ímãs de outros formatos, bem como, com dois ímãs ao mesmo tempo.

Experimento 2:

-Objetivo: ratificar que nem todos os metais sofrem influência de campos magnéticos externos

-Materiais necessários:

- Ímã
- Pedaços de metais diferentes, exemplos: cobre, aço, prata, alumínio.

-Montagem e procedimento experimental:

- Aproxime o ímã dos diferentes pedaços de metais

Experimento 3:

-Objetivo: observar as forças magnéticas de atração e repulsão entre ímãs

-Materiais necessários:

- Dois ímãs de mesmo formato

-Montagem e procedimento experimental:

- Aproxime os dois ímãs por diferentes direções e sentidos

Responda as questões referentes aos experimentos:

06) Como se comportaram os pedaços da palha de aço no experimento? Foi possível “perceber” a existência das linhas de campo magnético dos ímãs?

07) Determine, para cada ímã, a direção do eixo central por onde passam os polos dos ímãs.

08) Qual conclusão se obtém a respeito do que foi observado na experiência 2?

09) Descreva o que foi observado no experimento 3. Foi possível observar as forças de atração e repulsão magnética?

10) É possível obter interação magnética a qualquer distância entre os ímãs? Explique.

Você sabia?



Que ao quebrar um ímã ao meio não se separam os pólos. Na verdade os ímãs divididos também possuem os polos norte e sul: inseparabilidade dos pólos magnéticos.

NÃO EXISTEM MONOPÓLOS MAGNÉTICOS.

3.2 Carga elétrica e corrente elétrica

A matéria, em sua essência, é constituída por átomos que por sua vez são constituídos por prótons, nêutrons e elétrons (Figura 7A) além de outras partículas recém-descobertas. Na natureza, os átomos estão sempre tendendo ao equilíbrio elétrico, o que se configura quando os números de prótons e elétrons são iguais. Quando este número é diferente, o átomo deixa de ser neutro e passa a ser uma estrutura carregada eletricamente.

Quando o número de prótons dos átomos que constituem um corpo supera o número de elétrons, o corpo fica eletrizado positivamente (carga elétrica positiva) por outro lado, se forem elétrons em maior quantidade, o corpo fica eletrizado negativamente (carga elétrica negativa)²⁸. O elétron é uma partícula que possui carga elétrica negativa, a chamada carga elementar 'e', de valor extremamente pequeno, aproximadamente 'e' = $-1,6 \times 10^{-19}$ C, que fica orbitando numa região conhecida como eletrosfera em torno do núcleo que é composto pelos prótons e nêutrons. O próton possui a mesma carga do elétron, porém com sinal positivo 'e' = $+1,6 \times 10^{-19}$ C.

A carga elétrica é uma grandeza que faz surgir no espaço ao seu redor, um campo elétrico, da mesma forma como um ímã faz surgir no espaço um campo magnético, com a diferença de quê o campo elétrico atua sobre cargas elétricas, fazendo aparecer nelas uma força de origem elétrica. De forma similar como acontece com a interação entre pólos de ímãs, cargas elétricas com sinais iguais se repelem e as com sinais contrários se atraem (Figura 8A).

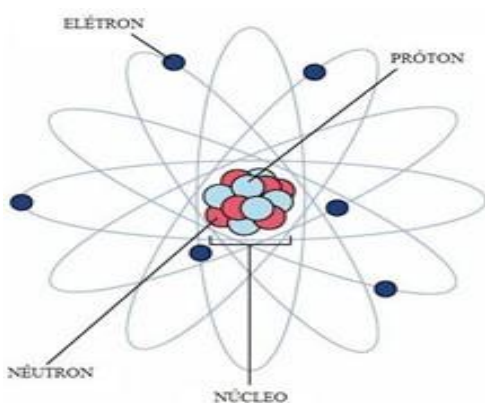


Figura 7A – Modelo atômico de Rutherford-Bohr: o átomo deixa de ser uma estrutura maciça. [25]

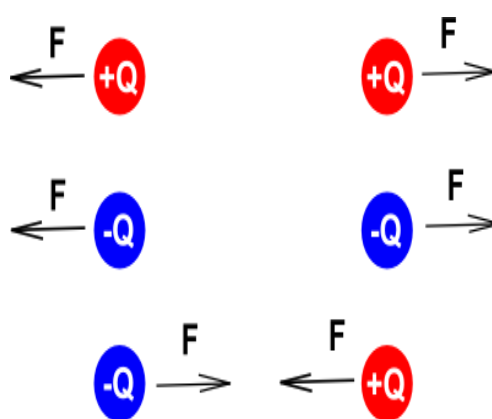


Figura 8A - Força elétrica de atração ou repulsão: quando as cargas têm sinais diferentes, a força é de atração, quando são iguais, a força é de repulsão. [26]

²⁸ É possível eletrizar um corpo, inicialmente neutro, através do atrito com outro de diferente material.

Vale ressaltar que o elétron é que possui propriedades que o permitem escapar da estrutura eletrônica do átomo, ou seja, é ele o responsável por desequilibrá-lo, de maneira que um corpo só pode estar eletrizado em função da falta ou excesso de elétrons, pois o próton está fortemente ligado ao núcleo por forças de natureza nuclear (além do fato de ser mil vezes mais massivo²⁹ que o elétron).

Difícilmente os corpos eletrizados são constituídos de um número “pequeno” de elétrons em falta ou excesso. Por isso, devido a grande quantidade destas partículas elementares temos então que a eletrização seja tal que o valor numérico é um múltiplo inteiro da carga elementar. Ou seja, para definir quantidade de carga elétrica ‘Q’ de um corpo eletrizado, devemos multiplicar o número de elétrons ‘n’, em falta ou excesso, pelo valor da carga elementar ‘e’. A carga elétrica é medida em Coulomb³⁰ (C).

$$Q = \pm ne \quad (1A)$$

Os elétrons dos metais, apesar de serem fisicamente iguais aos elétrons de outros materiais, possuem uma particularidade, por isso são chamados de elétrons “livres³¹”, estando em movimento desordenado por toda superfície do metal, o que lhes caracterizam como bons condutores de eletricidade (Figura 9A-a).

A partir do momento que estes elétrons ficam sujeitos a uma diferença de potencial (ver secção 3.3), tendem a se movimentar somente em um sentido, caracterizando um movimento ordenado (Figura 9A-b). Este movimento ordenado de elétrons é a chamada corrente elétrica **i**.

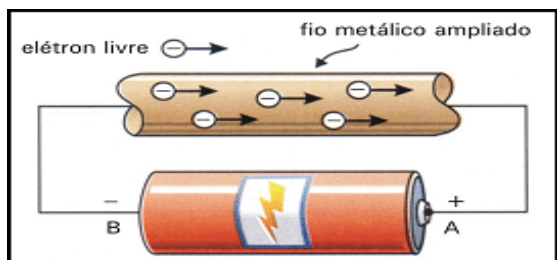


Figura 9A-b - Elétrons ordenados: ao serem submetidos a uma diferença de potencial, os elétrons “livres” passam a se movimentar de forma ordenada. [28]

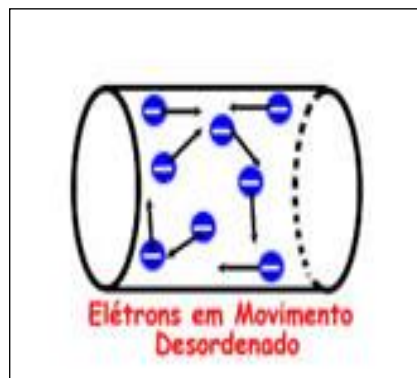


Figura 9A-a – Elétrons desordenados: os elétrons característicos dos metais são chamados de elétrons “livres” por estarem fracamente ligados ao núcleo atômico. O movimento dos elétrons é desordenado, pois não há sentido privilegiado neste movimento. [27]

²⁹ Massivo é relativo à massa.

³⁰ Em homenagem ao físico francês Charles Augustin Coulomb.

³¹ Elétrons livres são elétrons característicos dos metais que diferentemente dos elétrons das outras substâncias estão fracamente ligados aos seus núcleos atômicos, o que os permite se movimentarem mais intensamente.

Basicamente a corrente elétrica é a razão entre o número de elétrons que percorrem certa região do condutor e o intervalo de tempo gasto referente a este movimento de cargas. A unidade de medida no S.I.³² é o Ampère³³ (A).

$$i = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \quad (2A)$$

Atividades 3: Experimental

Experimento 4:

-Objetivo: observar a eletrização dos corpos através do atrito

-Materiais necessários:

- Balões de festa
- Papel picado
- Limalha de ferro (substituir por palha de aço)
- Tecidos variados (ex.: jeans, algodão)
- Cabelo
- Pele humana

-Montagem e procedimento experimental:

- Encha o balão (não precisa encher totalmente)
- Esfregue o balão no cabelo.
- Em seguida aproxime-o dos pequenos pedaços de papel e de aço.
- Repita o procedimento substituindo o cabelo pelos outros corpos.

Leituras
recomendadas:
Para saber mais
sobre a estrutura do
átomo acesse o site:
<http://www.sofisica.com.br/conteudos/Eletromagnetismo/Eletrostatica/cargas.php>

Para saber mais
sobre força elétrica
acesse o site:
<http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/bitstream/handle/mec/10214/forcas.html>

Responda as questões referentes aos experimentos:

- 11) Foi possível observar eletrização, da mesma forma e intensidade, para corpos diferentes: balão, tecidos e pele? Ao que você atribui tal diferença?
- 12) O papel picado e a palha de aço foram os corpos utilizados para provar a eletrização dos corpos atritados. Ambos sofreram atração, ou somente um deles? O que você pode dissertar a respeito.
- 13) A palha de aço também é atraída por ímãs, então o motivo pelo qual ela é atraída pelos corpos atritados na experiência é o mesmo que justifica sua atração por ímãs? Explique sua resposta.

³² S.I. é a sigla de Sistema Internacional de Unidades, que é o sistema de unidades adotado em nosso país.

³³ Em homenagem ao físico e matemático francês André-Marie Ampère (1775-1836).

14) O atrito provoca aumento de temperatura, conseqüentemente, a temperatura possui relação com a eletricidade? Explique sua resposta.

15) Você já havia percebido tal fenômeno em seu cotidiano? Relate-os.

Você sabia?



Que os caminhões-tanques acumulam carga elétrica ao transportarem combustível da distribuidora até o posto de gasolina, devido o atrito com o ar*.

**Por isso a importância de respeitarmos o que está escrito nos protocolos de segurança do trabalho.*
Evite acidentes! Cumpra as normas de segurança!**

* Neste caso, o procedimento de segurança é escoar o acúmulo de carga elétrica para a Terra, o chamado aterramento.

3.3 Campo elétrico e diferença de potencial

Há pouco citamos a grandeza tensão elétrica ‘V’ também conhecida como diferença de potencial ‘d.d.p’. Antes de definirmos diferença de potencial, é necessário sabermos o que é um campo elétrico.

O campo elétrico **E** possui a mesma ideia dos campos, gravitacional e magnético. A diferença está na fonte que gera o campo. Para o campo elétrico é a carga elétrica a responsável pelo surgimento do campo. O campo elétrico é uma perturbação de uma região do espaço, em função da presença de uma carga elétrica (Figura 10A), onde qualquer outro corpo, de menor carga (carga de prova) sofre a ação deste campo através de uma força de natureza elétrica **F**. Esta força pode ser de atração ou repulsão dependendo dos sinais das cargas.

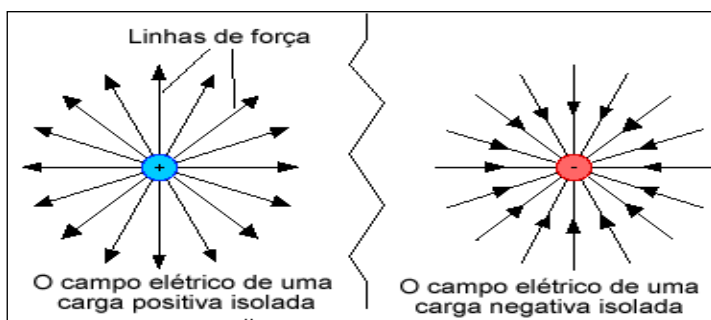


Figura 10A - Campo elétrico –Representação das linhas de força do campo elétrico de uma carga positiva e outra negativa. [29]

Da mesma forma que, um corpo de massa ‘m’ possui energia (energia potencial gravitacional) em função da distância relativa à superfície terrestre, uma carga elétrica de prova³⁴ ‘q’ emergida em um campo elétrico **E**, gerado por uma carga elétrica maior ‘Q’ possui energia (energia potencial elétrica) devido a distância relativa a carga ‘Q’ que gera o campo. A carga, ao sofrer a ação da força elétrica **F** resultante da interação com o campo gerado pela carga ‘Q’, tende a movimentar-se na direção desta força que, como já dissemos, pode ser de atração ou repulsão.

Esta mudança de posição provoca uma variação no status de energia da carga de prova. Para que esta variação ocorra é necessário que haja realização de trabalho ‘W’ (gasto energético) por parte da carga de prova. Em outras palavras, a carga de prova recebe energia do campo elétrico para deslocar-se de um ponto a outro. A definição de campo elétrico, em termos matemáticos, é dada por:

$$\mathbf{E} = \frac{\mathbf{F}}{q} \quad (3A)$$

A unidade de medida do campo elétrico é Newton³⁵ por Coulomb (N/C)

Relacionada à diferença de energia dos pontos em questão, está a grandeza diferença de potencial (ddp), chamada também de tensão elétrica ‘V’ ou simplesmente voltagem elétrica tal qual é mais conhecida no cotidiano. A unidade de medida da diferença de potencial é o Volt³⁶ (V). Assim diz, Alvarenga e Máximo:

Quando se diz que a Voltagem V_{ab} entre dois pontos é muito grande (alta voltagem), isto significa que o campo elétrico realiza um grande trabalho sobre uma dada carga que se desloca entre estes pontos (a carga recebe, do campo, uma grande quantidade de energia em seu deslocamento). [30]

De forma que este trabalho³⁷ responsável em deslocar a carga de prova é diretamente proporcional a esta mudança em seu status de energia. Considerando que a mudança em questão se dá de um ponto A para um ponto B, a diferença de potencial entre estes pontos é proporcional ao trabalho realizado pela força, para deslocar a carga

³⁴ Carga de prova é uma carga elétrica de intensidade desprezível em relação à carga que gera o campo.

³⁵ Isaac Newton (1642-1727) físico e matemático inglês.

³⁶ Em homenagem ao físico italiano Alessandro Volta (1745-1827).

³⁷ Trabalho também é definido como a diferença da energia potencial eletrostática entre os dois pontos em questão.

de prova q do ponto A ao ponto B e inversamente proporcional ao valor da carga q . Em sua forma matemática:

$$V_{ab} = \frac{W_{ab}}{q} \quad (4A)$$

Atividade 4: Pesquisa

Faça uma pesquisa a respeito dos campos elétrico, magnético e gravitacional e discuta com seus colegas as possíveis semelhanças e diferenças entre eles. A seguir, responda em seu caderno:

- 16) Descreva as semelhanças e diferenças entre os campos gravitacional, magnético e elétrico.
- 17) Por meio de sua pesquisa, tente conceituar campo.
- 18) Como é possível provar a existência de um campo no espaço?
- 19) Em quais das tensões utilizadas em nossas casas, 127v e 220v, requer a existência de um campo elétrico mais intenso? Justifique.
- 20) Por que para obtermos corrente elétrica em um fio condutor devemos submeter o mesmo a uma diferença de potencial?

3.4 Corrente elétrica induzida, força eletromotriz induzida e indução eletromagnética.

Até a descoberta do fenômeno da indução sabia-se que um fio percorrido por uma corrente elétrica originava um campo magnético ao redor (Figura 11A). Ou seja, era possível gerar campo magnético a partir de um campo elétrico. O efeito contrário não se conhecia. Na verdade fomentava-se esta possibilidade, porém não se sabia como. Ao surgir o fenômeno, observado por Michael Faraday³⁸ (1791-1867), a escolha do nome “indução” se deu em função de realmente

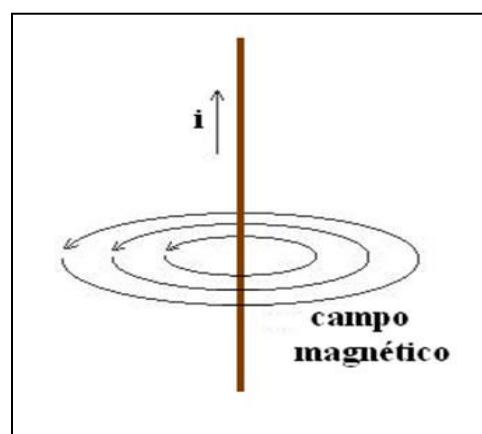


Figura 11A – Linhas de campo magnético 3: representação das linhas do campo magnético gerado por um fio condutor percorrido por corrente elétrica [31].

³⁸ Físico e químico inglês de notável habilidade experimental.

aparecer uma corrente elétrica induzida na espira a partir do movimento do imã.

Ao movimentarmos o imã, com uma velocidade v , em relação à espira³⁹ (Figura 12A), há o aparecimento de uma corrente elétrica induzida i , na espira. Isto só ocorre no momento em que aproximamos ou afastamos o imã da espira, ou seja, só há movimento ordenado dos elétrons da espira quando há movimento relativo do imã em relação à espira.

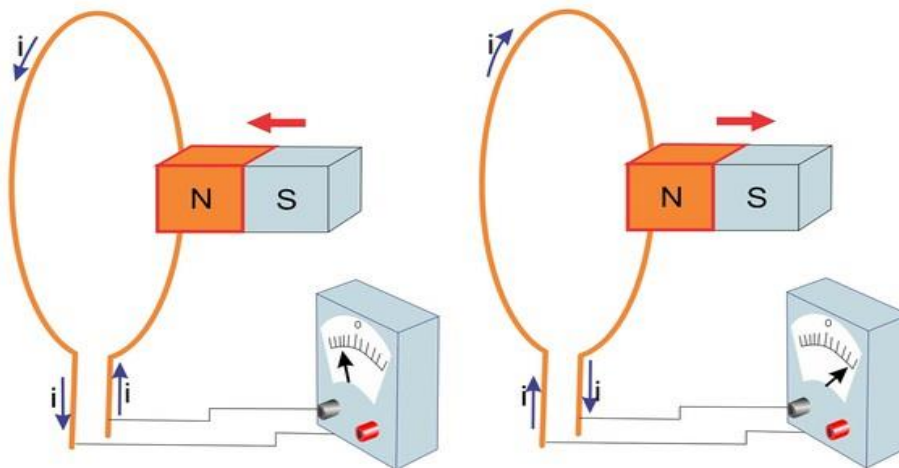


Figura 12A – Experimento de Faraday: o movimento do imã faz aparecer, na espira circular, uma corrente elétrica induzida. Notem que com a mudança de sentido do movimento do imã, o sentido da corrente também muda. [32]

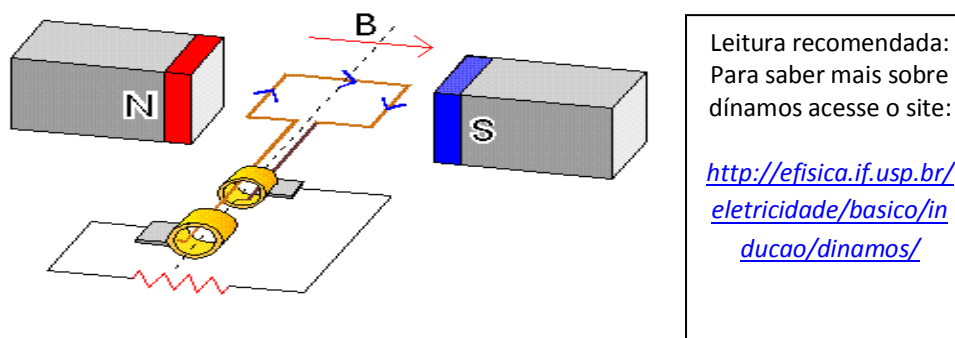
Enquanto o imã está em repouso, mesmo que o mais próximo possível da espira, não há aparecimento de corrente elétrica. Isto acontece porque não é a intensidade do campo que origina o fenômeno, mas a variação do fluxo do campo magnético, o que só é percebido pelos elétrons quando aproximamos ou afastamos o imã, ou seja, quando existe movimento.

Por trás do movimento dos portadores de carga que configuram a corrente elétrica induzida, deve haver uma força eletromotriz induzida (f.e.m. induzida). Esta força eletromotriz ‘ ϵ ’, medida em volt (V), é a energia proveniente do movimento do imã que foi transferida para os elétrons. A intensidade da força eletromotriz induzida é maior, quanto menor for o tempo de aproximação ou afastamento, e quanto maior for a variação do fluxo do campo magnético. Em outras palavras, a força eletromotriz é proporcional à variação do fluxo do campo magnético e inversamente proporcional ao intervalo de tempo para ocorrer tal variação:

³⁹ Espira é o enrolamento de um fio condutor, seja ele circular, retangular ou de outro formato.

$$\varepsilon = \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \quad (5A)$$

A Eq. (5A), se chama lei de Faraday. O fato de o imã se movimentar em relação a espira não é uma regra, mesmo porque é a variação do fluxo magnético que origina a f.e.m. induzida. Portanto, como o movimento é relativo, não interessa quem se movimenta: o imã ou a espira, o importante é que ocorra a variação do fluxo do campo magnético. Nos dínamos é um conjunto de espiras (bobinas⁴⁰) gigantes cas que giram dentro de um campo magnético intenso gerado por imãs de grande porte.



Leitura recomendada:
Para saber mais sobre
dínamos acesse o site:

<http://efisica.if.usp.br/eletricidade/basico/inducaod/dinamos/>

Figura 13A – Turbina da usina: este é um exemplo semelhante ao que acontece no gerador de uma usina hidrelétrica, a parte que se movimenta é o rotor (espira) e a parte fixa é o estator (imãs). [33]

Este movimento giratório da espira varia o fluxo magnético de forma oscilante, o que ocasiona correntes induzidas alternadas (Figura 13A), ou seja, ora a corrente está num sentido, ora está em sentido contrário. Por isso os geradores das usinas são chamados de geradores de corrente alternada, de maneira que a corrente elétrica que utilizamos em nossas casas é alternada.

Não percebemos esta alteração periódica, porque a intensidade da frequência de oscilação é alta para nossos sentidos. No Brasil a frequência utilizada nas cidades gira em torno de 60 Hz⁴¹ (Hertz)⁴². A frequência é o número de vezes que o fenômeno se repete. Em outras palavras, em nossas residências a corrente muda de sentido 120 vezes por segundo. [34]

⁴⁰ Bobina é um conjunto de espiras.

⁴¹ A unidade Hz (hertz) significa ciclos (voltas, oscilações) por segundo.

⁴² Em homenagem ao físico alemão Heinrich Rudolf Hertz (1857-1894).

Atividade 5: Computacional - Acompanhe atentamente a aula de simulação computacional ministrada pelo professor referida ao site abaixo e responda as questões a seguir: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/generator

- 21) Quais fatores (variáveis) influenciam na intensidade do brilho da lâmpada, no simulador do gerador?
- 22) As pequenas bússolas ao fundo mostram o que exatamente? Comente.
- 23) Quando o imã está girando em função da ação da água ele gira no sentido anti-horário, enquanto que o imã da bússola gira no sentido contrário. O que explicaria tal comportamento?
- 24) Os elétrons presentes nas espiras do condutor, revezam o sentido do movimento em função da rotação do imã. Comente a respeito.
- 25) Com aumento do fluxo de água da torneira há também aumento na frequência de rotação do imã. Nas usinas hidrelétricas acontece da mesma forma, sendo assim, se houver um período muito longo de seca, o que pode acontecer com a produção de energia elétrica? Comente a respeito.

3.5 Efeito joule, resistência elétrica, potência elétrica e dispositivo transformador

Se a energia elétrica, produzida nos dínamos, fosse distribuída na mesma ordem de intensidade de sua geração, certamente haveria bastante perda de energia em função do fenômeno conhecido como efeito Joule⁴³.

Para entendermos do que se trata este efeito, voltemos um pouco à estrutura da matéria. Sabemos do nosso cotidiano, que os metais são bons condutores de eletricidade, mas a corrente elétrica como já vimos aqui, é um fluxo de partículas em um meio material, o que naturalmente contribui pra que haja oposição ao movimento dos elétrons em função da interação mútua entre eles⁴⁴, mesmo em um condutor. Além disso, entre os próprios metais existem diferenças nessa resistência, o que é justificado em função das características da rede cristalina⁴⁵ de cada um deles. Ou seja, por mais que o metal seja um condutor, ainda existe resistência⁴⁶ ao movimento dos elétrons livres, o que resulta na

⁴³ Em homenagem ao físico britânico James Prescott Joule (1818-1889).

⁴⁴ Interação massiva e eletromagnética.

⁴⁵ Rede cristalina está relacionada à constituição do material, em função das propriedades espaciais de distribuição destas partículas.

⁴⁶ Isto não é uma generalização, uma vez, que hoje já é conhecido o fenômeno da supercondutividade (ver seção suplementar ao final da apostila).

transformação de parte da energia dos elétrons em energia térmica aquecendo o condutor, o que leva o nome de efeito Joule. O calor produzido em função desse aquecimento acaba se dissipando no ar.

A resistência elétrica ao qual nos referimos acima é a oposição ao fluxo de partículas sofrido pelos elétrons livres dos condutores, quando sujeitos a uma diferença de potencial. A resistência elétrica é inerente a todos os condutores, variando sua intensidade em função da natureza microscópica do material (resistividade⁴⁷) e também de sua geometria. A equação que define a resistência elétrica é dada pela razão entre a tensão elétrica V aplicada e a corrente elétrica i que flui pelo condutor. Em termos matemáticos:

$$R = \frac{V}{i} \quad (6A)$$

Além da natureza microscópica, o comprimento do fio e a área de sua secção reta (espessura do fio), também influenciam em sua intensidade. O comprimento é diretamente proporcional e a área de sua secção reta é inversamente proporcional. A unidade de resistência no S.I. é o Ohm (Ω).

Voltando a questão do transporte de energia, vejamos a seguinte questão: o que fazer para diminuirmos as perdas por efeito Joule? Poderíamos minimizá-las aumentando a área da secção reta dos fios, fator inversamente proporcional à resistência elétrica. Mas para isso deveríamos ter fios absurdamente grossos e existe um limite para isso, pois além de terem custo elevado tornariam a rede de transmissão extremamente pesada [31]. A alternativa então é baixar a corrente, mas como a potência do gerador não pode ser alterada, e a potência elétrica (Eq.7A) é o produto da corrente pela tensão, o decréscimo da corrente deve ser proporcional ao aumento da tensão elétrica, daí a justificativa dos chamados “fios de alta tensão”, utilizados como meio de transporte da energia elétrica. A unidade de potência é Watts (W).

$$P = Vi$$

Aí cabe a pergunta: como elevar a tensão elétrica nos cabos de transmissão? Através de um dispositivo elétrico denominado, transformador. Vejamos como ele funciona: o transformador é composto de duas bobinas envoltas em um núcleo de ferro (Figura 14A, página seguinte), ligadas ao circuito. Suponha que a bobina \underline{P} , usualmente, chamada de primário é ligada em uma voltagem alternada V_p .

⁴⁷ Resistividade é a propriedade característica de cada material que mensura quanto o mesmo é resistivo à passagem de corrente elétrica.

Surge no núcleo de ferro da bobina P um campo magnético variável que é transmitido a toda sua extensão até alcançar a bobina S, chamada de secundário. Desta maneira uma f.e.m. é induzida nas espiras do secundário, fazendo aparecer uma voltagem V_s em seus extremos. Se tivermos um número definido de espiras no primário N_p e no secundário N_s , podemos aumentar ou baixar a tensão elétrica de acordo com nossa necessidade, bastando para isso variar o número de espiras. Considerando que na usina hidrelétrica é o primário que recebe a voltagem induzida ' V_p ', o secundário deve ter o número de espiras maior para poder elevar a voltagem ' V_s '. A equação do gerador nos ajuda a entender essas operações:

$$\frac{V_s}{V_p} = \frac{N_s}{N_p} \quad (8A)$$

Notem que se o gerador fosse de corrente contínua, não haveria condições de resolver este problema, pois o fluxo do campo magnético no secundário seria constante, isto é, um transformador não funciona com corrente contínua. Além disso, devemos nos lembrar de que, ao chegar às cidades a voltagem deve ser reduzida, mais uma vez com o auxílio do transformador, para que seja utilizada pela população. Por fim, apresentamos a seguir um esquema básico da distribuição de energia com os transformadores desempenhando suas funções na rede elétrica.

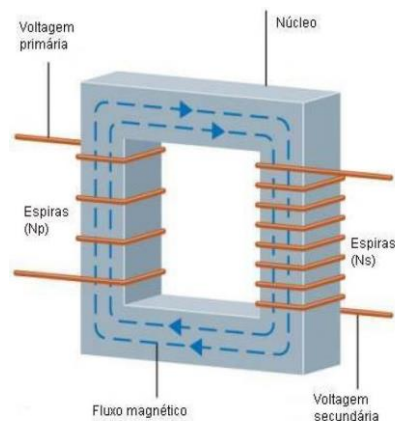


Figura 14A – Esquema de um transformador: um núcleo de ferro é envolto, por um lado, pelas espiras do primário e por outro pelas espiras do secundário. A corrente elétrica alternada ao fluir pelo primário induz, pela lei de Faraday, uma corrente alternada no secundário. [35]

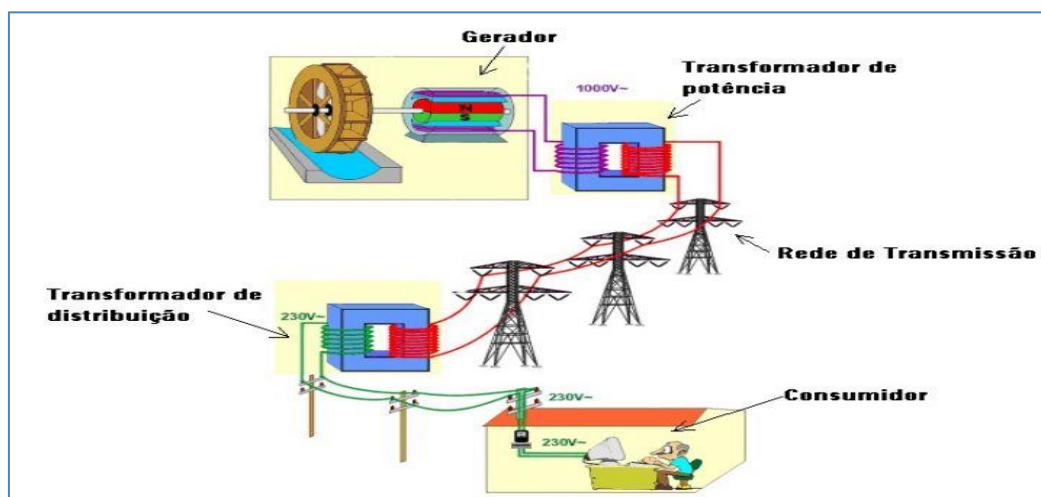


Figura 15A - Esquema simplificado da distribuição de energia elétrica. [36]

Atividade 6: Exercícios

Preencha a tabela 1 a seguir de acordo com seu julgamento a respeito das transformações de energia que ocorrem no cotidiano em aparelhos elétricos.

Tabela 1A: Transformações de energia em ambiente doméstico.

Aparelho	Movimento	Calor	Luz	Som
Ventilador				
Aspirador				
Maquina de lavar				
Televisor				
Ferro de passar				
Lâmpada				
Microondas				

Marque: X-para transformações úteis / O-para transformações não úteis

Responda as questões abaixo:

- 26) Existe uma das transformações citadas na tabela que sempre ocorre, independente de ser útil ou não. Qual é? E por que isto ocorre?
- 27) As lâmpadas incandescentes não estão mais sendo fabricadas e sua comercialização, aos poucos, está sendo abolida. Comente a respeito.
- 28) Quais fatores dificultam o transporte de energia elétrica, desde sua geração até sua utilização?
- 29) A capacidade de energia gerada pelas usinas de energia são mensuradas em Megawatts (MW), ou seja, utilizando a unidade de potência. Por que se utiliza a unidade de potência e não a unidade de energia para tal designação?
- 30) Os transformadores são utilizados para alterar a intensidade da diferença de potencial (ddp). Por que os transformadores não funcionariam se a corrente na rede elétrica fosse contínua?

Você sabia?

Que quando você liga vários eletrodomésticos em uma única tomada, utilizando adaptadores, pode está colocando em risco a rede elétrica de sua casa, e conseqüentemente a sua segurança e de sua família.

ISSO ACONTECE POR CONTA DO AUMENTO DA RESISTÊNCIA ELÉTRICA, O QUE PROVÓCA AQUECIMENTO DO CIRCUITO POR EFEITO JOULE. POR ISSO O IDEAL É UTILIZAR UMA TOMADA PARA CADA ELETRODOMÉSTICO.

3.6 Supercondutividade

Sabemos que, ao passar corrente elétrica em um condutor, o mesmo apresenta resistência ao fluxo de cargas elétricas. E nos metais, estas cargas são os elétrons. Esta resistência é revelada pelo aquecimento do condutor, efeito Joule.

Até o início do século XX se acreditava que o fenômeno da resistência era inerente a todos os materiais independente de qualquer outro fator externo, como a temperatura por exemplo. Porém, em meados de 1911 o físico Kamerlingh Onnes⁴⁸ (1853-1926) descobriu o fenômeno da supercondutividade que é quando o condutor não apresenta mais resistência à passagem de corrente elétrica, ou seja, resistividade zero. Onnes chegou a tal descoberta realizando medidas de resistência elétrica no mercúrio, submetendo-o a baixas temperaturas, até alcançar a temperatura crítica⁴⁹ de aproximadamente 4K (-269°C).

A descoberta de Onnes foi o ponto inicial de pesquisas associadas ao fenômeno da supercondutividade. A partir de então, muitos outros físicos se dedicaram ao tema. Mais tarde, foi descoberto o efeito Meissner, que é também uma propriedade dos materiais supercondutores. Este efeito é a expulsão de campos magnéticos do interior do supercondutor, ou seja, submetendo o supercondutor a um campo magnético externo, as linhas de campo magnético passam a não atravessar mais o material, descaracterizando também uma propriedade que, até então, se acreditava ser inerente aos condutores e supercondutores, a magnetização.

Ocorre que, por mais que se saiba como obter a supercondutividade, não é possível, por exemplo, resolvermos o problema das perdas energéticas no transporte de energia elétrica, uma vez que a supercondutividade só é obtida submetendo o material a temperaturas extremamente baixas. Hoje, com o avanço das pesquisas na área, busca-se alcançar a supercondutividade nos materiais a temperaturas mais altas, que estejam mais próximas da nossa realidade, porém, ainda são incipientes.

No entanto, existem aplicações da supercondutividade, um exemplo disso é a levitação magnética (Figura 16A, página seguinte). O Maglev (em inglês: Magnetic Levitation Transport) é um veículo (trem) que se utiliza da levitação magnética sobre a ação de campos magnéticos e supercondutores. Suas vantagens são inúmeras, uma delas

⁴⁸ Físico neerlandês que se notabilizou por ser o primeiro a liquefazer o Hélio.

⁴⁹ Temperatura no qual o material condutor, vira supercondutor.

APÊNDICE B: QUESTIONÁRIO

Questionário Q-1

Q – 1B Por que, ao pegarmos a maçaneta de metal ela parece estar mais fria do que a porta de madeira? [38]

Q – 2B Por que, quando fazemos apenas um furo na tampa de uma lata de óleo, não conseguimos despejar o líquido nela contido? [39]

Q – 3B Por que os alimentos a fritar devem estar secos? [40]

Q – 4B Por que conseguimos tomar refrigerante com canudinho? [41]

Q – 5B Por que usamos panela de pressão para o cozimento de alguns alimentos? [42]

APÊNDICE C: LISTA DE EXERCÍCIOS

Secretaria de Estado de Educação e Qualidade do Ensino
CEJA Prof.^a Jacira Caboclo

Lista de EXERCÍCIOS – FÍSICA Notação Científica

01) Escreva os valores abaixo em Notação Científica

- a) 100 =
- b) 10000 =
- c) 1000000000 =
- d) $1996 \cdot 10^{-2} =$
- e) $175428 \cdot 10^{-3} =$
- f) 1045699 =
- g) 106 =
- h) $6000008 \cdot 10^7 =$
- i) $1579138 \cdot 10^{-4} =$
- j) $425,6 \cdot 10^{-1} =$
- k) $18794,287 \cdot 10^{-1} =$
- l) 6642,45 =
- m) $6580,1500 \cdot 10^{-6} =$
- n) 0,01 =
- o) 0,00017 =
- p) $0,000178 \cdot 10^{-3} =$
- q) 0,000945 =
- r) $0,0006 \cdot 10^4 =$
- s) 0,0125674 =
- t) 0,000009 =
- u) $0,205415000 \cdot 10^2 =$
- v) 1002,0470 =
- x) $0,0000901 \cdot 10^2 =$
- y) $3679,564 \cdot 10^{-8} =$
- z) $0,00005637 \cdot 10^0 =$

Adaptado do site: www.colegiovsjose.com.br – Acesso em: 09/2015.

APÊNDICE D: AVALIAÇÃO OBJETIVA

Escola: _____
Nome: _____ Turma: _____

1) Leia as afirmações abaixo e marque a alternativa correta:

I- A matéria é composta basicamente por átomos e estes, por prótons, nêutrons e elétrons.

II- Os corpos se eletrizam em função do ganho ou perdas de prótons.

III- Os corpos podem se eletrizar se forem atritados.

Quais as verdadeiras?

- a) I b) II c) III d) I e II e) I e III

2) Leia as afirmações sobre o campo magnético e responda a seguir:

I- A força magnética é maior quanto maior a distância.

II- O campo magnético é uma região do espaço perturbada pela simples presença de um metal.

III- Quando interage um ímã e um metal ferromagnético, tanto o ímã quanto o metal ficam sujeitos a força magnética.

Quais as afirmações incorretas?

- a) I b) II c) III d) I e II e) II e III

3) Quando aproximamos ímãs por polos diferentes aparece entre eles uma força magnética de _____. E quando aproximamos ímã por polos iguais, aparece entre eles uma força magnética de _____.

- a) atração, repulsão b) repulsão, atração
c) atração, atração d) repulsão, repulsão
e) atrito, atração

4) Analise as afirmações e verifique qual(is) a(s) falsa(s).

I-A experiência do balão foi um instrumento utilizado para comprovar a atração magnética dos corpos.

II-A matéria é composta basicamente por átomos e estes por prótons, nêutrons e elétrons.

III-A corrente elétrica é o transporte ordenado de cargas elétricas.

- a) I b)II c)III d)I e II e)II e III

5) Os metais são bons condutores de calor e eletricidade, pois transportam muito facilmente os chamados elétrons _____ que compõem sua estrutura atômica. O motivo pelo qual se justifica tal afirmação, se dá em função da interação entre o núcleo atômico e o elétron, pois, de acordo com a teoria, a força eletromagnética que mantém o elétron orbitando em torno do núcleo, nos metais, é extremamente _____.

- a) magnéticos e forte b) livres e intensa
c) livres e fraca d) magnéticos e fraca
e) íons e forte.

