

Universidade Federal do Rio de Janeiro

Instituto de Física

Trabalho de Final de Curso

TÓPICOS DE ELETROMAGNETISMO: O MOTOR

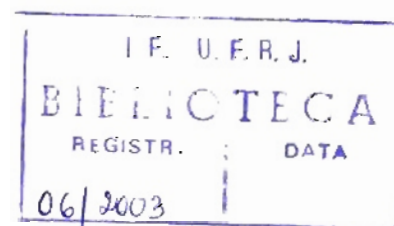
ELÉTRICO EM UMA AULA DE FÍSICA

Alexandre do Nascimento Marins

Orientadora: Wilma Machado Soares Santos

Dezembro -2003

06/2003



DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha família que confiou em mim e sempre esteve me incentivando e apoiando.

Dedico este trabalho a meu falecido tio Francisco “KinKo” que sempre me mostrou o valor da educação e do estudo.

Dedico este trabalho a minha querida e falecida avó Maria de Lourdes, a pessoa que foi referência para meu caráter, minha personalidade e minha predestinação e força.

AGRADECIMENTOS

À Professora Wilma que me orientou e colaborou o máximo para a conclusão deste trabalho monográfico.

Ao Professor Marcos Gaspar que foi meu orientador acadêmico e revisor desta monografia.

Ao professor Vitorvani que revisou e me ajudou na estruturação deste trabalho.

À Clara que teve um papel fundamental na fase final deste trabalho.

Aos funcionários da Biblioteca e da Secretaria que sempre colaboraram comigo.

Às funcionárias da DAE e do Alojamento Estudantil que propiciaram condições para a conclusão de meu curso.

Ao Professor Roberto Cintra que sempre me deu oportunidade para aprender e progredir.

À todos que, de uma forma ou de outra, contribuíram para a conclusão desta etapa em minha vida.

RESUMO

Este trabalho se desenvolveu com alunos de uma turma do primeiro e terceiro ano do ensino médio do Colégio D. Pedro II – Unidade Centro, na cidade do Rio de Janeiro. Na ocasião desta pesquisa o país vivia um colapso energético, déficit na geração de energia elétrica pelas usinas hidrelétricas, deste modo, identificamos as concepções alternativas a respeito do fenômeno do eletromagnético.

Incorporamos a História da Física, como ferramenta didática, capaz de estimular e motivar o estudo da Física, assim como, auxiliar o professor a desmistificar pontos críticos da teoria eletromagnética.

Neste trabalho mostraremos o desenvolvimento parcial da eletricidade, magnetismo e eletromagnetismo, e, propomos dois experimentos, a bússola e o protótipo de um motor elétrico, estes experimentos têm a finalidade de dar significado ao conteúdo físico apresentado nesta monografia.

ÍNDICE

Capítulo I – Introdução	1
Capítulo II – Evolução Histórica dos Conceitos Físicos	2
II - 1 Eletricidade	2
II - 1 - 1 Introdução à Eletricidade	2
II - 1 - 2 Luigi Galvani	3
II - 1 - 3 Alessandro Volta	5
II - 1 - 4 George Simon Ohm	7
II - 2 Magnetismo	9
II - 2 - 1 Introdução ao Magnetismo	9
II - 2 - 2 William Gilbert	10
II - 3 Eletromagnetismo	12
II - 3 - 1 Introdução ao Eletromagnetismo	12
II - 3 - 2 Hans Oerstad	13
II - 3 - 3 Louis Ampère	14
II - 3 - 4 Michael Faraday	17
II - 4 Faraday e o Campo Eletromagnético	21
II - 5 Teoria Eletromagnética	23
II - 6 Correntes Induzidas	26
II - 7 Magnetismo e Materiais Magnéticos	27
II - 7 - 1 Os Átomos e a Origem dos Materiais Magnéticos	29

Capítulo III – Experimentos	32
III - 1 Abordagem Experimental do Magnetismo – Bússola	32
III - 2 Abordagem Experimental do Eletromagnetismo – Motor Elétrico	
	34
Capítulo IV – Análise dos Conhecimentos sobre Magnetismo e Eletromagnetismo	
	39
IV - 1 Concepção Espontânea em Eletromagnetismo	39
IV - 2 Questionário	40
IV - 3 Resposta do Questionário sobre Concepções Alternativas	
	41
IV - 4 Análise dos Resultados	43
Capítulo V – Conclusão da Pesquisa	57
Bibliografia	58

I - INTRODUÇÃO

A inserção da História da Física no Ensino Médio dá o suporte necessário ao aluno na compreensão de abstratos conceitos teóricos que compõem o conteúdo de física no ensino médio, e, sobretudo apresenta a ciência como um verdadeiro instrumento no desenvolvimento da construção do conhecimento humano.

Assim, o aluno compreenderá que uma descoberta científica, na maioria das vezes, não é fruto somente de uma pessoa, e sim da dedicação e parceria de vários cientistas e pesquisadores da comunidade científica.

Deste modo, apresentamos o desenvolvimento da teoria eletromagnética, desde a descoberta do fenômeno magnético observado na natureza, culminando com a junção do magnetismo à eletricidade. Nos capítulos serão apresentados conceitos teóricos e formulações históricas de:

1 - Eletricidade: abordamos, a energia produzida por máquinas eletrostáticas; o armazenamento de cargas elétricas na garrafa de Leyden; produção de energia elétrica em modo contínuo, a invenção da pilha e a força eletromotriz.

2 - Magnetismo: abordamos o magnetismo como fenômeno natural e a descrição física do fenômeno magnético.

3 - No eletromagnetismo: abordamos a relação entre corrente elétrica e magnetismo; e a descrição matemática do campo elétrico, correntes induzidas e a interação entre correntes elétricas ao atravessarem condutores paralelos.

Em seguida, apresentamos de forma significativa, conceitos e fenômenos físicos com a construção de um protótipo experimental de um motor elétrico. No capítulo 3 apresentamos os experimentos realizados.

No capítulo 4 apresentamos o resultado de uma pesquisa realizada com alunos do ensino médio, onde mostramos suas pré-concepções sobre o tópico de geração de energia elétrica.

CAPÍTULO II - EVOLUÇÃO HISTÓRICA DOS CONCEITOS FÍSICOS

II – 1 ELETRICIDADE

II – 1 - 1 INTRODUÇÃO À ELETRICIDADE

Na segunda metade do século XIX, a Europa vivia um acelerado desenvolvimento industrial. Deste modo, a sociedade manufatureira necessitava de uma fonte alternativa de energia que substituísse o carvão mineral, principal combustível usado para alimentar as caldeiras das fábricas. Mediante essas conjecturas sócio-econômicas, o estudo da eletricidade foi incentivado com elevados investimentos financeiros.

Desde a idade Antiga, o homem possuía o conhecimento da separação de cargas elétricas por atrito, mas no século XVII a produção de cargas elétricas em larga escala tornou-se possível com a construção das máquinas eletrostáticas ou geradores eletrostáticos pelo físico alemão Otto Von Guericke. A separação das cargas elétricas pelas máquinas eletrostáticas implicava na geração de energia eletrostática, porém esta energia não poderia ser armazenada.

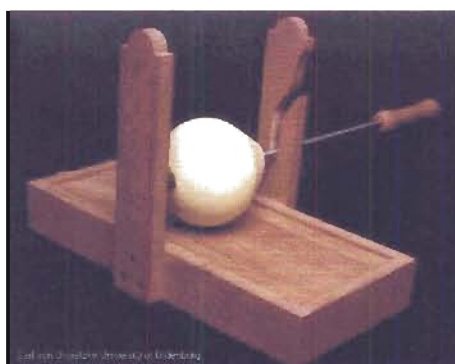


Figura 1: Primitiva Máquina Eletrostática, criada por Otto Von Guericke.

Este grande inconveniente foi resolvido com a invenção da garrafa de Leyden pelo físico e médico holandês Musschenbroek, em 1745. Contudo, a energia eletrostática não poderia ser utilizada em escala científica e industrial,

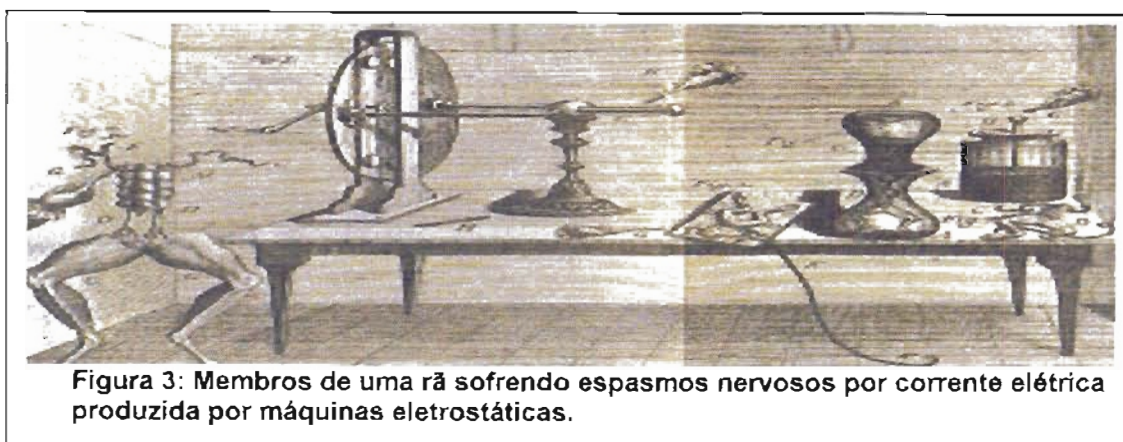


Figura 3: Membros de uma rã sofrendo espasmos nervosos por corrente elétrica produzida por máquinas eletrostáticas.

Já em meados do século XVIII, um navio britânico traz para a Europa vários exemplares de um peixe encontrado na América do Sul e África que dá choques elétricos. Este peixe foi estudado por biólogos e ficou constatado que só era possível o choque se a parte superior da cabeça e a parte inferior de seu corpo fosse tocadas ao mesmo tempo, o peixe elétrico possuía o poder de carregar uma garrafa de Leyden, não restando dúvidas de que se tratava de cargas elétricas.

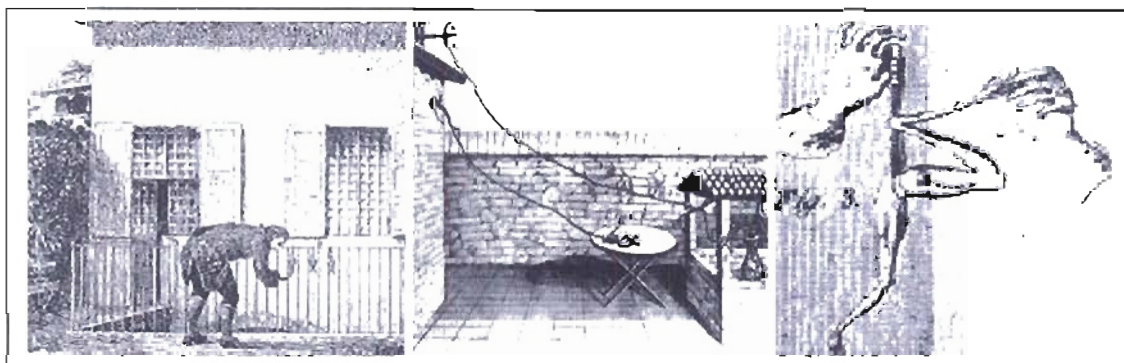


Figura 4: Seqüência ilustrativa do aparato experimental utilizado por Luigi Galvani

Galvani chegou a conclusão que o tecido animal continha uma força vital "*in nate*", que denominou de "eletricidade animal". Ele acreditava, também, que o cérebro escondia um "líquido elétrico" e que o fluxo deste líquido através dos nervos fornecia estímulo para as fibras musculares. Seguindo esta linha de raciocínio, Galvani explicou, também, o efeito produzido pelo peixe elétrico. [2]

II – 1- 3 ALESSANDRO VOLTA

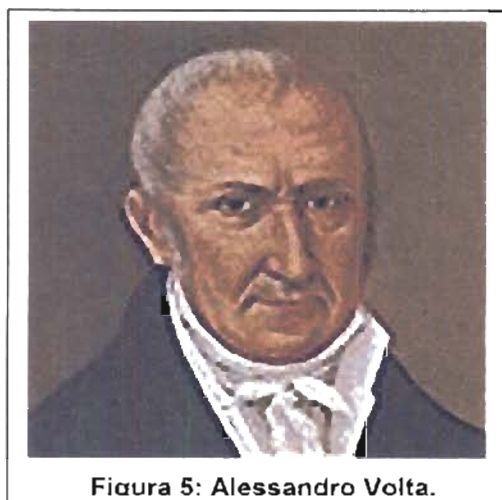
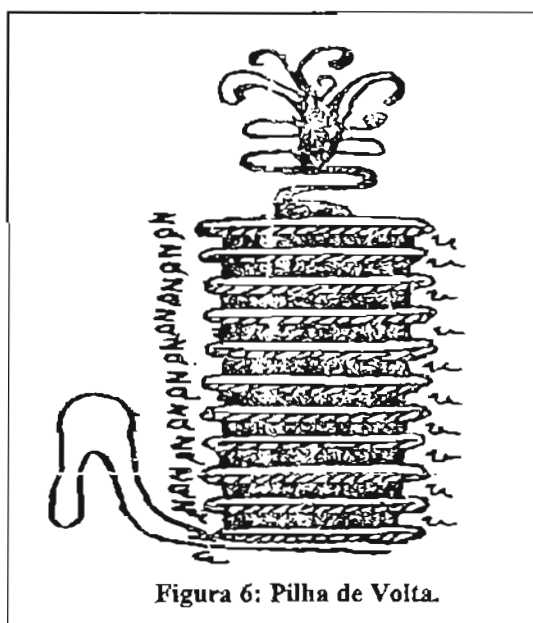


Figura 5: Alessandro Volta.

Alessandro Volta foi um cientista italiano que nasceu em 18 de fevereiro de 1745, na cidade de Como. Volta mostrou que a idéia de seu amigo Galvani estava equivocada, e que o efeito provocado pela corrente elétrica que ocasionava a contração de uma perna de rã era um fenômeno puramente inorgânico. Este efeito poderia ser observado sempre que as extremidades de um fio, constituído por dois fios metálicos de materiais diferentes, soldados um ao outro, eram mergulhados em uma solução de água com sal. Volta, em homenagem a Galvani, chamou este efeito de galvanismo.

Volta criou um dispositivo composto por um grande número de discos de cobre, ferro ou zinco separados por camadas de tecidos embebidos em solução salina. Este dispositivo foi chamado de “pilha de Volta”.



“Sim, o aparelho de que vos falo e que sem dúvida vos deixará atônitos, nada mais é do que uma coleção de bons condutores de tipos diferentes, arrumados de uma certa maneira. 30, 40, 60 pedaços ou mais, de cobre, ou melhor, de prata, cada um colocado sobre um pedaço de estanho, ou, o que é muito melhor, zinco, e um número igual de camadas de água, ou de algum outro material que seja um melhor condutor do que a água comum, tais como água salgada, lixívia etc.: ou pedaços de papelão, couro etc., bem embebidos nesses humores; tais camadas interpostas entre cada par ou combinação de metais diferentes, tal sucessão alternada, e sempre na mesma ordem, é tudo o que constitui o meu novo instrumento, que imita, como eu disse, os efeitos dos frascos de Leyden ou das baterias elétricas, permanece muito abaixo da atividade das referidas baterias carregadas em alto grau, com relação a força e ao ruído das explosões, a centelha, a distância a qual a descarga pode ocorrer etc., igualando apenas os efeitos de uma bateria carregada em muito baixo grau, de uma bateria tendo uma capacidade imensa, como tem, de ser carregada de antemão, por meio de eletricidade externa; e no quanto é capaz de dar um choque sempre que é tocada, independentemente da frequência com que esses toques são dados. Eu vos darei aqui uma descrição mais detalhada desse aparelho e de alguns arranjos semelhantes, bem como das experiências mais notáveis com eles relacionadas.”

(Volta, 1800)¹

¹Volta (1800) citado por Gamov (1963).

Atualmente, a pilha de Volta, assim como, o Volt uma unidade de medida de potencial elétrico, constituem homenagem a Alessandro Volta. O invento de Volta foi um avanço tecnológico para a época, substituindo as máquinas eletrostáticas na geração de corrente elétrica, para o uso científico, comercial, industrial e domiciliar.

II - 1- 4 GEORGE SIMON OHM



Figura 7: George Simon Ohm.

George Simon Ohm nasceu, em 1787, na Baviera, Alemanha. O trabalho de Ohm estava embasado na condutibilidade elétrica de diferentes metais. Ele, fazia passar uma corrente elétrica por diferentes fios metálicos, colocados sobre uma agulha magnética. A agulha sofria uma deflexão devido à passagem da corrente elétrica. A deflexão equilibrava um fio de mesmo material da amostra em estudo, e desta forma: determinava a força eletromotriz no condutor por meio de um galvanômetro unido a um a balança de torção.

Ohm definiu teoricamente a lei, denominada Lei de Ohm, em 1827. Ele fez uma analogia da corrente elétrica com o fluxo de um filete de água, assim como, o potencial elétrico com a queda d'água. Deste modo, Ohm diferenciou

claramente os termos: intensidade, força eletromotriz e resistência estabelecendo que: a intensidade da corrente elétrica (I) é diretamente proporcional a força eletromotriz (E) que opera no circuito, e inversamente proporcional a sua resistência (R). [7]

$$I = \frac{E}{R}$$

"Ohm introduziu o conceito de força eletromotriz para substituir e clarificar a idéia de tensão que Franklin havia introduzido em seus trabalhos sobre a garrafa de Leyden, realizados entre 1747 e 1748. O conceito correto de diferença de potencial V só foi introduzido em 1828, pelo matemático inglês George Green."

[1]

Estudando a resistência elétrica, Ohm demonstrou que a resistência (R) é diretamente proporcional ao comprimento do condutor (l) e inversamente proporcional a sua área de seção reta (A).

$$R = \alpha \frac{l}{A}$$

II – 2 MAGNETISMO

II – 2 - 1 INTRODUÇÃO AO MAGNETISMO

A palavra magnetismo está associada ao nome de uma cidade da região da Turquia antiga, chamada Magnésia. A palavra surgiu na Antigüidade, associada à propriedade de fragmentos ferrosos serem atraídos por um mineral encontrado na natureza, tendo como composição química Fe_3O_4 denominado magnetita.

O fenômeno magnético serviu de estímulo ao homem, interessando-o a estudar o interior da matéria. Os primeiros relatos de experiências realizadas com a força misteriosa da magnetita, foram atribuídos aos gregos em 800 A.C.

A primeira utilização prática do magnetismo foi a bússola, inventada pelos chineses na Antigüidade. O princípio físico deste instrumento baseia-se na propriedade de uma agulha magnetizada orientar-se na direção do campo magnético terrestre. A bússola teve um papel relevante no período das grandes navegações, servindo como instrumento de orientação para os navegantes no início da idade moderna.

II – 2 - 2 WILLIAM GILBERT



A teoria magnética ganhou impulso com o trabalho desenvolvido pelo médico inglês William Gilbert, em 1600, quando publicou seu importante tratado "*De Magnete*".

Nesta obra, Gilbert esclarece a diferença entre fenômeno magnético e elétrico. Os fenômenos magnéticos estavam caracterizados pela atração do ferro com um ímã e o elétrico pela fricção ou eletrização do âmbar (material resinoso de origem vegetal) e outros materiais tais como cristais de rocha e algumas pedras preciosas - devido ao atrito, estes possuíam, também, a propriedade de atrair corpos leves.

Gilbert denominava substâncias elétricas àquelas que possuíam as propriedades do âmbar. O termo elétrico, surgiu da palavra grega *elektron*, que significa âmbar. Portanto, substâncias não elétricas eram aquelas que não possuíam as características do âmbar.

Gilbert explicava a atração elétrica e a magnética da seguinte maneira: quando um material elétrico era atritado, emanava dele um fluído ou "*Humor*"; substância etérea e imaterial, que criava uma atmosfera circunvizinha, "*effluvium*"; fenômeno este chamado, mais tarde, de campo elétrico. Um material magnético, também emanava um fluído ou "*Humor*" que gerava uma atmosfera circunvizinha denominada campo magnético.

A idéia de *"effluvium"* colocou Gilbert como precursor do conceito de campo, onde ele explicava que o *"effluvium"* emanava do centro dos corpos para todas as direções. Gilbert propôs um experimento para constatar que a Terra comporta-se como um grande ímã.

Ele criou um grande ímã esférico que chamou de Terrella para verificar o comportamento de agulhas magnetizadas dispostas em diferentes distâncias e posições. Concluiu que nos pólos de sua Terrella existia uma intensa orientação das agulhas, deste modo, ele teve a certeza que a Terra comporta-se como um grande ímã. [1]

II - 3 ELETROMAGNETISMO

II – 3 - 1 INTRODUÇÃO AO ELETROMAGNETISMO

Por volta de 1821, a comunidade científica ficou bastante interessada com a descoberta do físico dinamarquês Oersted que por meio de um experimento mostrou que a passagem de uma corrente elétrica por um fio condutor defletia a agulha magnética de uma bússola.

Esta descoberta trouxe um grande avanço para a teoria do eletromagnetismo, pois os pesquisadores da época acreditavam erroneamente em uma analogia com a indução eletrostática, assim tentavam configurações estáticas de ímãs e fios, barras de ferro enroladas com fios condutores que se negavam a produzir centelhas quando postas próximas uma das outras.

Deste modo, foi levantada a seguinte hipótese: se uma corrente elétrica podia sensibilizar uma agulha magnética, então, seria possível um efeito magnético produzir uma corrente elétrica?

A busca por essa resposta levou a teoria eletromagnética.

II - 3 - 2 HANS OERSTAD

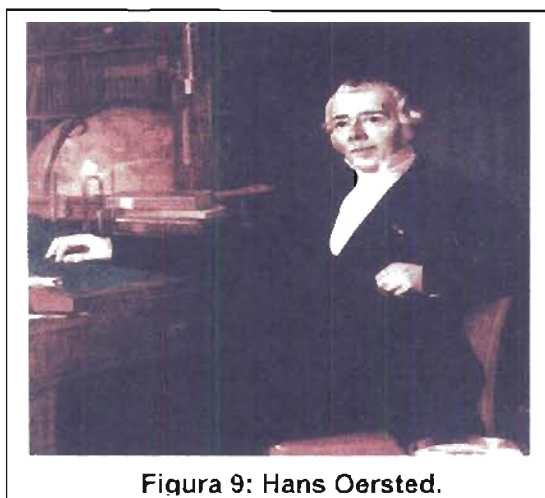


Figura 9: Hans Oersted.

Em 1820 Oersted teve uma idéia, se a eletricidade estática não afetava de modo algum os ímãs, então talvez, as coisas poderiam ser diferentes com o movimento da eletricidade em um fio ligado aos terminais de uma pilha de Volta.

Deste modo, Oersted colocou sobre sua mesa uma pilha de Volta, ligando suas extremidades opostas por meio de um fio de platina aproximando deles uma agulha magnética. Com isso, observou que a agulha magnética se orientou em posição perpendicular ao fio. [4]

Pensando que este fenômeno fosse devido, a uma corrente de ar produzida pelo aquecimento do fio pela corrente elétrica. Em seguida girou a pilha de Volta de 180 graus, para que a corrente fluísse em sentido contrário, conseqüentemente, a agulha magnética sofreu uma deflexão de 180 graus. [4]

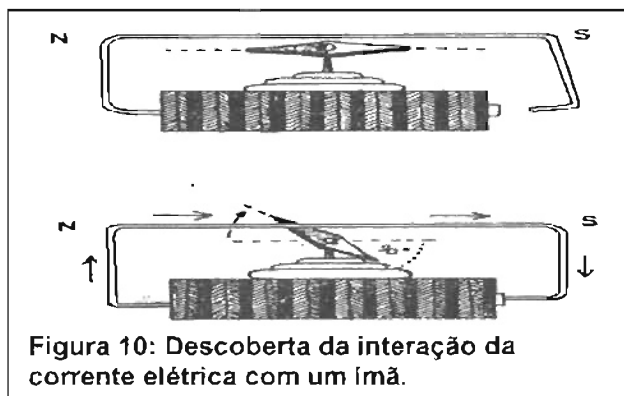


Figura 10: Descoberta da interação da corrente elétrica com um ímã.

Assim, Oersted concluiu que havia interação entre imã e corrente elétrica que implicava na alteração da agulha magnética que dependia da corrente que fluía no fio condutor. Deste modo, a teoria eletromagnética tornou-se uma realidade.

II – 3 – 3 LOUIS AMPÈRE

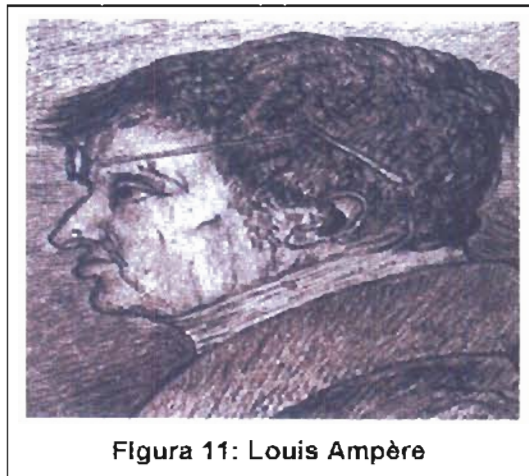


Figura 11: Louis Ampère

Filho de um próspero comerciante em uma pequena aldeia perto de Lyon na França. Como professor contribuiu eficazmente para o avanço da ciência, sua obra está dividida em três períodos:

- no primeiro período dedicou-se a matemática pura, onde desenvolveu o teorema de Avignon, entre outras obras não menos significativas;
- no segundo período de 1808 a 1815 dedicou-se a química, estudou e pesquisou sobre: os halogêneos, química teórica e atomística. Para isso, realizou parcerias com: Joseph Louis Gay-Lussac, Amedeo Avogadro entre outros cientistas;
- no terceiro período, de 1820 a 1827, foi dedicado a estudos em eletromagnetismo, onde alcançou as descobertas mais importantes de sua vida.

Ciente dos avanços científicos a respeito do magnetismo descoberto por Oersted, Ampère descreve em seu diário:

"Depois de suas comunicações à Academia de Ciências, em 1820, Ampère registrou brevemente as suas experiências, realizadas entre os dias 18 e 25 de setembro, em algumas anotações:

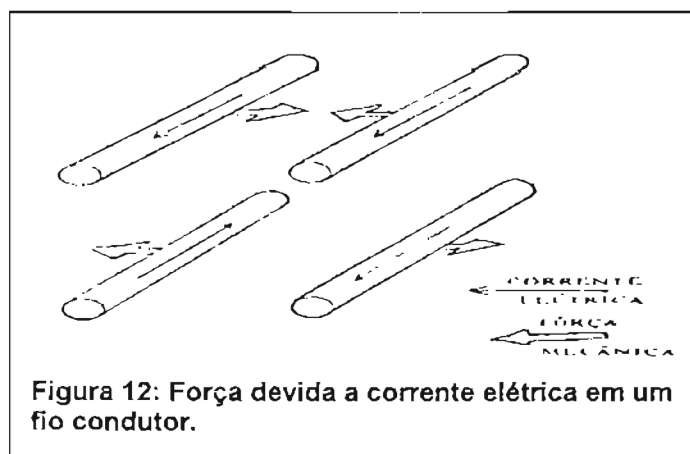
"Sessão de 18 de setembro - Reduzi os fenômenos observados pelo Sr. Oersted a dois fatos gerais. - Mostrei que a corrente que estava na pilha age sobre a agulha imantada como a do fio conjuntivo, o fio que reúne, no exterior, os dois pólos da pilha. Descrevi os instrumentos que me propus construir, entre outros, espiras e hélices galvânicas solenóides. Anunciei que as últimas produziram, em todos os casos, os mesmos efeitos que os ímãs. Entrei depois em detalhes sobre maneira que concebo os ímãs, que devem suas propriedades unicamente a correntes elétricas em planos perpendiculares a seus eixos, e sobre as correntes semelhantes que admito no globo terrestre; de modo que reduzi todos os fenômenos magnéticos a efeitos puramente elétricos.

Sessão de 25 de setembro - Desenvolvi mais amplamente essa teoria e anunciei o fato novo da atração e da repulsão de duas correntes elétricas sem intermediação de nenhum ímã, fato que observei em condutores enrolados em espiral."

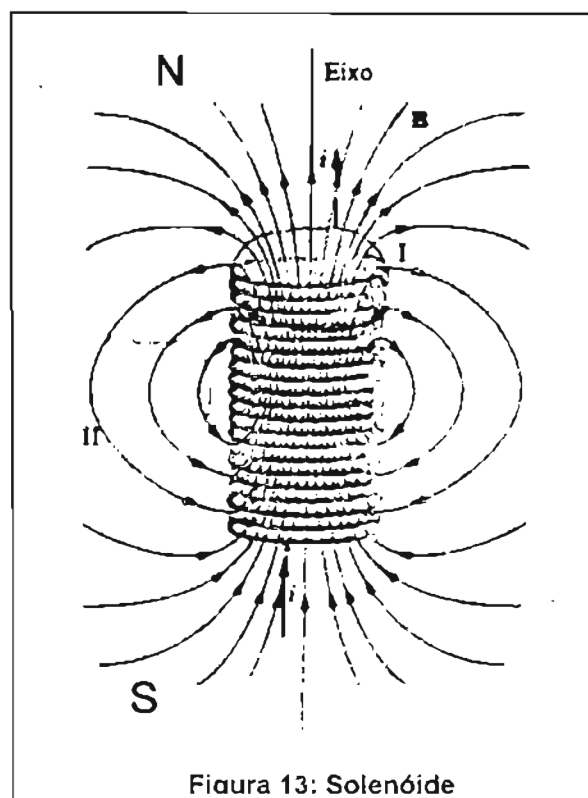
(Ampère, 1820)²

Assim que a notícia da descoberta de Oersted, chega à Paris, Ampère se interessa pelo assunto e em poucas semanas faz descobertas relevantes para o desenvolvimento do eletromagnetismo. Descobriu que não só a corrente elétrica atua sobre uma agulha magnética, mas também, duas correntes elétricas atuam entre si. Haverá repulsão entre fios condutores paralelos se o sentido das correntes elétricas forem contrárias e atração se o sentido das correntes forem iguais.

²Ampère (1820) citado por Michel Rival (1994).



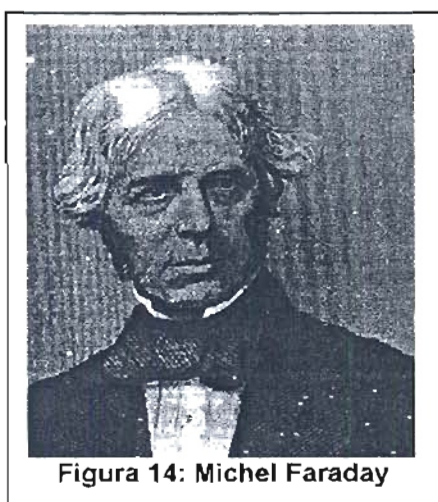
Ampère, também, mostrou que uma bobina de fio de cobre gira livremente em torno de um eixo vertical perpendicular a seu eixo longitudinal, ela se orienta na direção Norte – Sul, assim como uma agulha magnética, desde que haja uma corrente elétrica atravessando-o. Assim sendo, duas bobinas interagem entre si como se fossem dois ímãs naturais.



Para explicar o fenômeno magnético, considerou que cada molécula dos materiais magnéticos contém internamente uma corrente circular, como se fosse um pequeno eletroímã. Quando o material não é imantado os eletroímãs são

orientados aleatoriamente em todas as direções, resultando um efeito magnético nulo. Nos corpos imantados os ímãs moleculares são orientados, se não totalmente, pelo menos parcialmente em uma direção. Mais tarde esta explicação ganhou um maior respaldo quando foi confirmada pela física moderna. [4]

II - 3 - 4 MICHEL FARADAY



Michael Faraday nasceu em 22 de setembro de 1791. Quando o jovem, Faraday teve oportunidade de assistir uma conferência do renomado cientista inglês Humphry Davy.

Faraday anotava com muita atenção as explicações sobre as experiências demonstradas nos seminários. Logo após a conferência, Faraday estudou todas as suas anotações e em seguida as enviou ao Sr. Humphry Davy presidente da Royal Institution de Londres.

Davy ficou impressionado com a qualidade do trabalho realizado por Faraday, e o convidou para assumir o cargo de assistente em seu laboratório, iniciando neste momento sua carreira científica.

Faraday passou a trabalhar assiduamente no laboratório da Royal Institution por 45 anos, encerrando sua carreira, após a morte de Davy, no cargo de presidente da Royal Institution. Faraday, que era um exímio pesquisador e experimentalista com bastante prática e habilidade em laboratório, em 29 de

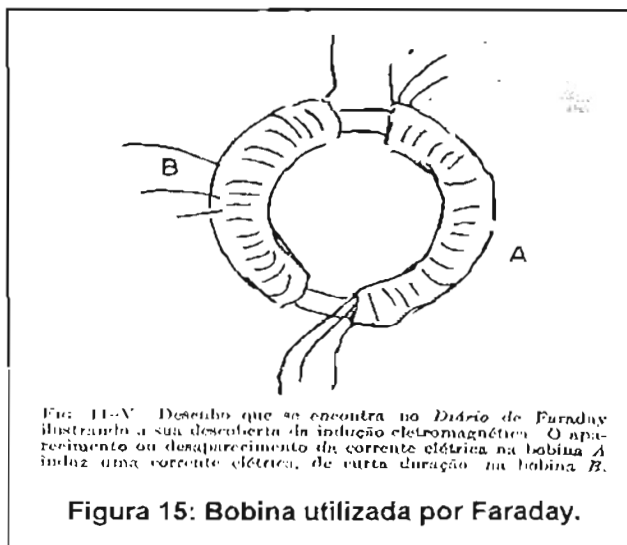
agosto de 1831, descreve sua descoberta a respeito da indução eletromagnética, onde mostra que a produção de uma corrente elétrica induzida exigia uma alteração na intensidade da corrente elétrica ou na variação da posição de um ímã. Deste modo, ele escreveu em seu diário:

[4]

29 de agosto de 1831

1. Experiência sobre a produção de eletricidade e do magnetismo etc.

2. Mandei fazer um anel de ferro (ferro doce) com ferro redondo de $\frac{7}{8}$ de espessura e o anel com 6 polegadas de diâmetro interno. Enrolei muitas bobinas de fio de cobre em torno de uma de suas metades, sendo as bobinas separadas por barbante e morim – havia 3 comprimentos de fio, cada um de aproximadamente 24 pés de comprimento e eles podiam ser ligados em um só comprimento ou usados em comprimentos separados. Por tentativas com um canaleta cada uma foi isolada da outra. Chamei A a esse lado do anel. Sobre o outro lado, separado por um intervalo, foi enrolado fio em dois pedaços somando ao todo aproximadamente 60 pés de comprimento, sendo a direção como a das bobinas anteriores; a esse lado chamei B.



3. Carreguei uma bateria de 10 placas quadradas, paralelas, de 4 polegadas de lado. Fiz das bobinas do lado B uma só bobina e liguei suas extremidades com um fio de cobre passando a certa distância imediatamente por cima de uma agulha magnética (a 3 pés do anel de ferro). Depois liguei uma das extremidades de uma das peças de A à bateria; imediatamente produziu-se um efeito sensível sobre a agulha. Ela oscilou e parou finalmente na posição original. Ao interromper a ligação do lado A com a bateria, ocorreu novamente um a perturbação na agulha.

17 de outubro de 1831

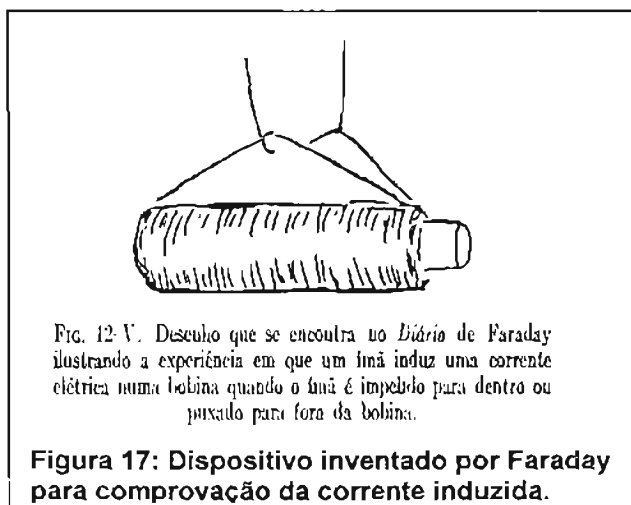
56. Construí um cilindro oco, de papel, coberto com 8 hélices de fio de cobre indo na mesma direção e contendo as seguintes quantidades:

	<i>pés</i>	<i>pol.</i>
1 ou mais externa	32	10
2	31	6
3	30	
4	28	
5	27	
6	25	6
7	23	5
8 ou mais interna	22	
	220 pés excluindo as extremidades externas	

Figura 16: Instrução do dispositivo inventado por Faraday para comprovação da indução magnética.

todas separadas por um barbante e morim. O diâmetro interno do cilindro de papel era de 13/16 de polegada e o diâmetro externo do tubo 1 ½ polegadas e o comprimento das hélices (como um cilindro) 6 ½ polegadas.

57. As pontas das hélices em uma das extremidades do cilindro foram limpas e presas juntas como um feixe. Também o foram as outras 8 pontas. Essas pontas compostas foram então ligadas ao galvanômetro por compridos fios de cobre – então um ímã em barra cilíndrica de ¾ de polegada e 8 ½ polegadas de comprimento teve uma das extremidades ligeiramente introduzida na extremidade do cilindro de hélices – então ele foi rapidamente empurrado em todo o seu comprimento e a agulha do galvanômetro se moveu e então puxei para fora e novamente a agulha se moveu mas na direção oposta. Esse efeito se repetiu toda vez que o ímã foi introduzido ou retirado e, portanto, uma onda de eletricidade foi assim produzida pela mera aproximação de um ímã e não por sua formação “*in situ*”.



58. A agulha não permaneceu desviada mas voltou ao seu lugar em cada vez. A ordem dos movimentos foi inversa como nas experiências anteriores – os movimentos se deram na direção consistente com as experiências anteriores, isto é, a agulha indicadora tendeu a tornar-se paralela ao ímã excitador, estando do mesmo lado do fio e os pólos do mesmo nome na mesma direção.

59. Quando as 8 hélices foram transformadas em uma só hélice longa o efeito não foi tão forte sobre o galvanômetro quanto antes provavelmente nem a metade tão forte. De modo que é melhor em peças combinadas nas pontas.

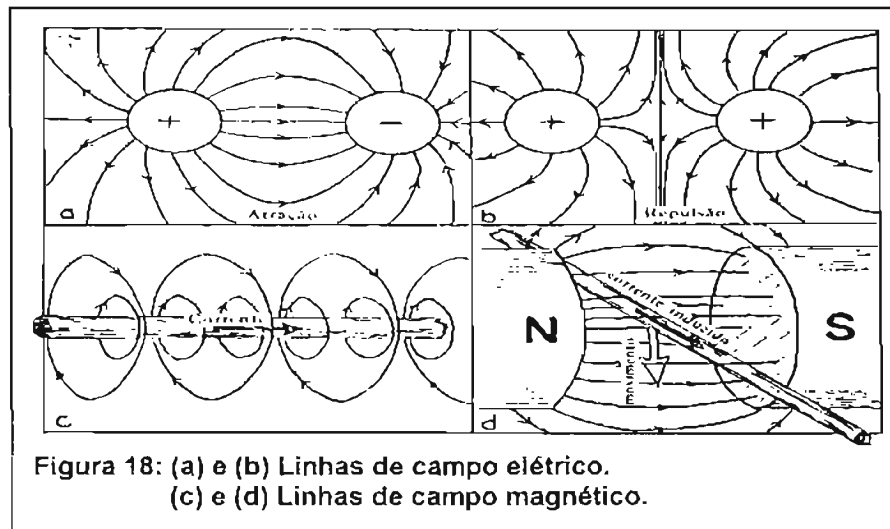
60. Quando apenas uma das 8 hélices foi usada, foi o menos forte de todos.

(Faraday, 1831)³

³Faraday (1831) citado por George Gamov (1963)

II – 4 Faraday e o Campo Eletromagnético

Antes de Faraday, acreditava-se que as forças elétricas e magnéticas, assim como as gravitacionais, atuavam através do espaço vazio que separava os objetos entre si. Faraday não se contentava com esta explicação. A ação à distância não lhe parecia ter sentido físico, pois ao ver uma carga sendo movida de um lado para o outro, ele questionava sobre a “corda” que a puxava ou a “haste” que a estava empurrando. Com a finalidade de visualizar as forças agindo entre cargas elétricas ou ímãs, ele imaginou o espaço cheio de “algo” que pudesse puxar ou empurrar as cargas elétricas ou os ímãs. Para, Faraday esse “algo” era semelhante a tubos de borracha que esticam entre duas cargas elétricas ou pólos magnéticos opostos, puxando-os um para junto do outro. Para cargas ou pólos de mesmo sinal, os tubos parecidos com borracha seguem direções diferentes e os empurrando para longe um do outro.



Segundo Faraday os tubos elétricos e magnéticos eram responsáveis pelos fenômenos eletromagnéticos - quando uma corrente flui em um fio condutor, o fio fica envolvido por tubos circulares que exercem tensão sobre a agulha do galvanômetro ou da agulha magnética da bússola – quando um fio condutor é movido em relação a um ímã ou vice-versa, cruza-se os tubos magnéticos e, como resultado, uma corrente é induzida nele.

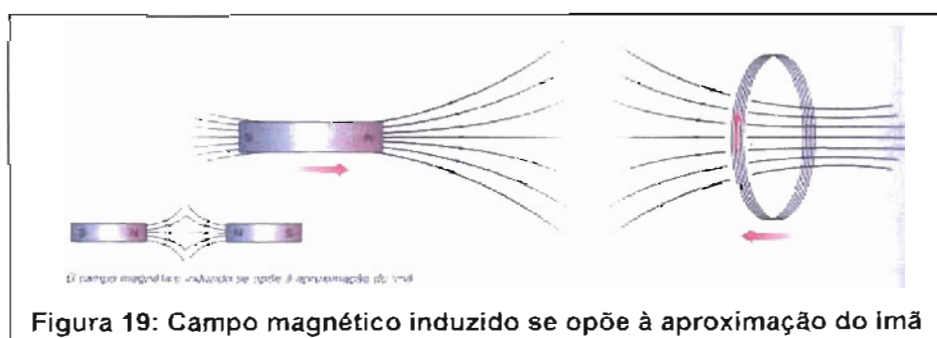
As idéias qualitativas de Faraday representaram uma nova era no desenvolvimento da física. As forças misteriosas agindo através de grandes distâncias entre corpos foram substituídas por “algo” continuamente distribuído por todo o espaço entre eles e ao seu redor, “algo” a que se podia atribuir um valor definido em qualquer ponto. Esta nova concepção introduziu na física o conceito de “campo de força” ou simplesmente, “campo”, seja essa interação de origem elétrica, magnética ou gravitacional. Deste modo, as forças entre objetos materiais separados pelo espaço vazio podiam ser agora consideradas como resultado de interações “a curta distância” entre os campos que as envolvem.

[4]

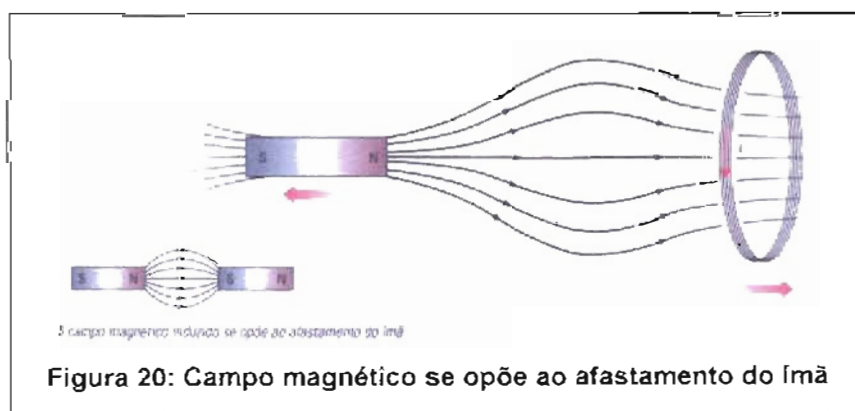
II - 5 TEORIA ELETROMAGNÉTICA

O fenômeno hoje conhecido como indução magnética foi explicado pelo físico Heinrich Emil Lenz (1834), baseado no Princípio da Conservação da Energia. Lenz estabeleceu que a indução magnética ocorre quando há uma variação (aumento ou diminuição) do campo magnético no interior de uma bobina, e, a corrente nela induzida cria um campo magnético que anula o campo magnético variável que iniciou o processo.

Assim, se um campo magnético externo estiver aumentando de intensidade no interior de um circuito fechado, será criada neste circuito uma corrente induzida, o campo magnético criado por esta corrente, tentará anular o campo magnético externo. [fig. 18]



As linhas de campo dos dois campos magnéticos são opostas. Se o campo magnético externo estiver diminuindo de intensidade, a corrente induzida no circuito criará um campo magnético que tentará manter constante o campo magnético externo, somando-se a ele. Deste modo, as linhas de campo dos dois campos magnéticos são de mesma direção e sentido. [fig. 19]



A descrição matemática do efeito indutivo foi construída baseando-se em pesquisas realizadas no campo da hidrodinâmica e da termodinâmica, onde já se tinha uma definição concreta a respeito do movimento dos fluidos.

Faraday não possuía conhecimento em matemática avançada para transcrever suas descobertas em uma abordagem quantitativa, ou seja, linguagem matemática, essa tarefa coube ao físico James Clerk Maxwell.

Para dar sentido quantitativo as descobertas de Faraday, foi preciso definir o significado físico de fluxo magnético. Fluxo magnético é diretamente proporcional a densidade de linha de campo magnético por unidade de área. Sendo assim, o fluxo magnético através de uma superfície fechada é:

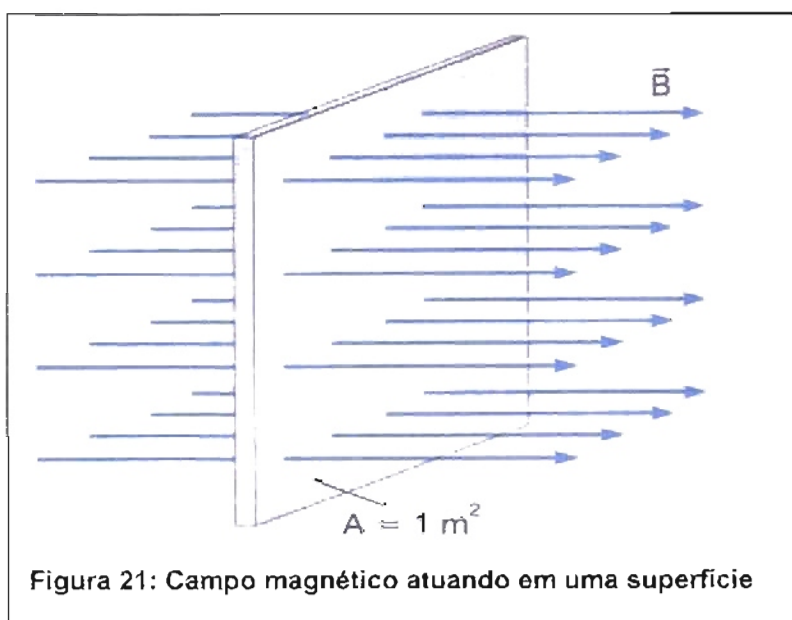
$$\Phi_m = |\vec{B}| \cdot |\vec{A}| \cdot \cos \Theta$$

Onde:

\vec{B} é o vetor campo magnético;

\vec{A} é o vetor perpendicular, a superfície fechada atravessada pelo campo magnético e o módulo igual a área interna à superfície.

Θ é o ângulo entre o vetor campo magnético e o vetor \vec{A} .



Dessa forma, utilizando a lei de Lenz podemos demonstrar que, para obtermos corrente induzida precisamos variar no tempo o fluxo magnético que passa por uma superfície fechada. E ao sensibilizar agulha (ponteiro) do

galvanômetro, este estará medindo a diferença de potencial provocada pela variação do campo magnético na bobina.

A expressão matemática que descreve a teoria de Faraday é:

$$\mathcal{E} = - \frac{d\Phi_m}{dt}$$

No ensino médio a forma diferencial é substituída por:

$$\mathcal{E} = - \frac{\Delta\Phi_m}{\Delta t}$$

Onde:

$\Delta\Phi_m \Rightarrow$ é a variação do fluxo magnético;

$\Delta t \Rightarrow$ é a variação do tempo;

$\mathcal{E} \Rightarrow$ esse símbolo significa a tensão gerada pela variação do campo magnético no decorrer do tempo, que também é chamada de força eletromotriz;

Observação: o sinal (-) é devido a Lei de Lenz.

II – 6 CORRENTES INDUZIDAS

A descoberta de Faraday deixou evidente que uma corrente elétrica passando em um circuito primário, podia induzir uma corrente elétrica em um circuito secundário, contudo, a indução só se realizava quando se abria ou se fechava o circuito primário. Faraday estabeleceu que a variação do campo magnético era responsável pela indução da corrente, e, o mesmo efeito podia ser produzido deslocando-se um ímã, sem que houvesse a necessidade da existência de uma corrente elétrica.

Faraday construiu um dínamo a disco, com a finalidade de produzir corrente contínua, este aparato constituía-se de um disco de cobre posto em rotação entre os pólos de um ímã. A rotação do disco era devida a corrente induzida pelo campo magnético no disco de cobre, que induziam por sua vez um campo magnético que interagia com o campo magnético gerado pelos ímãs, provocando a rotação do disco por repulsão magnética. Deste modo, Faraday foi responsável pelo princípio do gerador de corrente contínua.

Hippolite Pixii, em 1832, aproveitou o trabalho de Faraday e inventa o primeiro gerador elétrico de corrente induzida, o precursor do dínamo moderno era uma máquina de movimento rotativo que fornecia corrente elétrica por meio de duas bobinas e um eletroímã fixo. Sendo a corrente elétrica retificada por um retificador de concha.

Em 1888, Nicolas tesla inventa o motor de indução.

II – 7 MAGNETISMO E MATERIAIS MAGNÉTICOS

Determinados materiais apresentam propriedades magnéticas. Por propriedade magnética entende-se a capacidade que um objeto tem de atrair ou repelir outros objetos. Porém, o fenômeno de atração ou repulsão não caracteriza um material como magnético, entretanto, fica caracterizado como material magnético aquele que é atraído ou repelido por um ímã.

Uma característica dos materiais magnéticos é a existência de dois pólos em um mesmo material, ou seja, os materiais magnéticos não formam monopólos, como ocorre com as cargas elétricas. Esses pólos são denominados por norte e sul. Pólos iguais se repelem e pólos diferentes se atraem.



Figura 22: Atração magnética.



Figura 23: Repulsão magnética.

As linhas de campo no pólo norte são divergentes e as linhas de campo no pólo sul são convergentes.

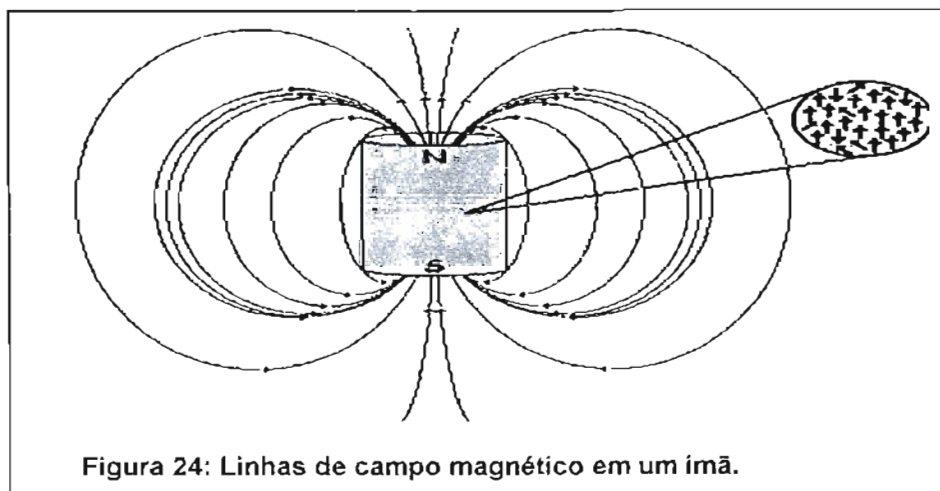
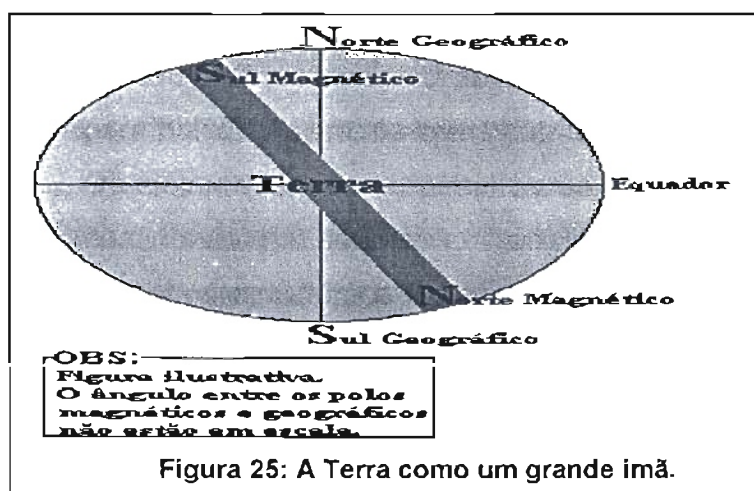


Figura 24: Linhas de campo magnético em um ímã.

A Terra se comporta como um grande ímã que deflete a agulha magnética da bússola na direção do pólo norte magnético fazendo um ângulo que

está aproximadamente a 11° com o pólo norte-sul geográfico [fig.25], entretanto, esta posição não é fixa, pois os pólos magnéticos estão em constante mudança.



Existem materiais que passam a apresentar ou não propriedades magnéticas, quando posto na presença de um campo magnético. Podemos classifica-los em materiais: ferromagnético, paramagnético e diamagnético.

Materiais ferromagnéticos são materiais que na presença de um campo magnético externo seus domínios magnéticos se alinham perfeitamente na direção e sentido do campo solicitante, tendo como consequência o aumentando da intensidade do campo magnético solicitante. Exemplo: ferro, cobalto, níquel, gadolínio, disprósio e ligas especiais.

Materiais paramagnéticos são materiais que na presença de um campo magnético externo a resultante do momento magnético intrínseco e o momento magnético orbital se anulam, consequentemente teremos um pequeno ou nenhum aumento na intensidade do campo solicitante.

Materiais diamagnéticos são materiais que não apresentam dipolo magnético intrínseco. Quando este material está na presença de um campo magnético externo, ocorrerá a indução magnética com a formação de dipolos magnéticos induzidos que apontam em sentido oposto ao campo magnético externo. Com isso, o material diamagnético é repelido pelo campo magnético solicitante.

Temos que fazer uma pequena observação: quando a temperatura de um certo material magnético atinge uma temperatura crítica (temperatura Curie) o material perde a propriedade ferromagnética e ganha um comportamento

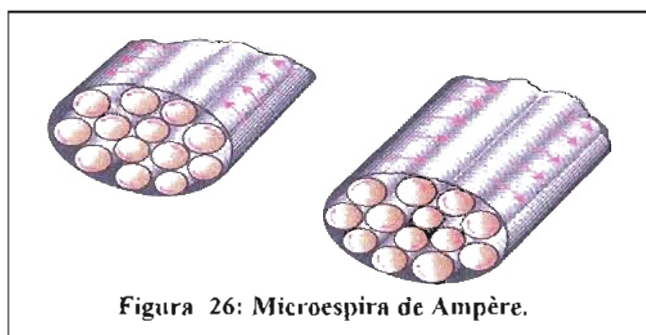
paramagnético. Devido à agitação molecular proporcionada pelo aumento da temperatura, que rompe o alinhamento dos domínios magnéticos com o campo magnético externo.

[3]

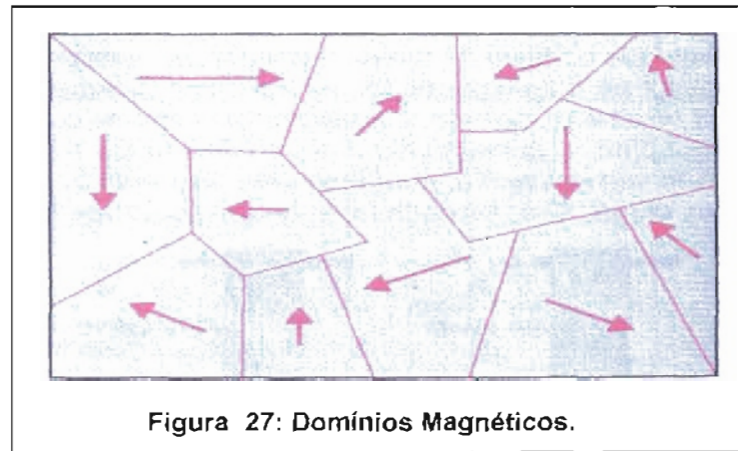
II – 7 - 1 OS ÁTOMOS E A ORIGEM DOS MATERIAIS MAGNÉTICOS

Segundo Siméon-Denis Poisson (1781-1840) a formação de monopólos em ímãs, era devido a existência de dois fluidos, chamados austral (sul) e o boreal (norte), que envolvia cada molécula de um ímã, deste modo, justificava a impossibilidade da separação dos pólos magnéticos do ímã.

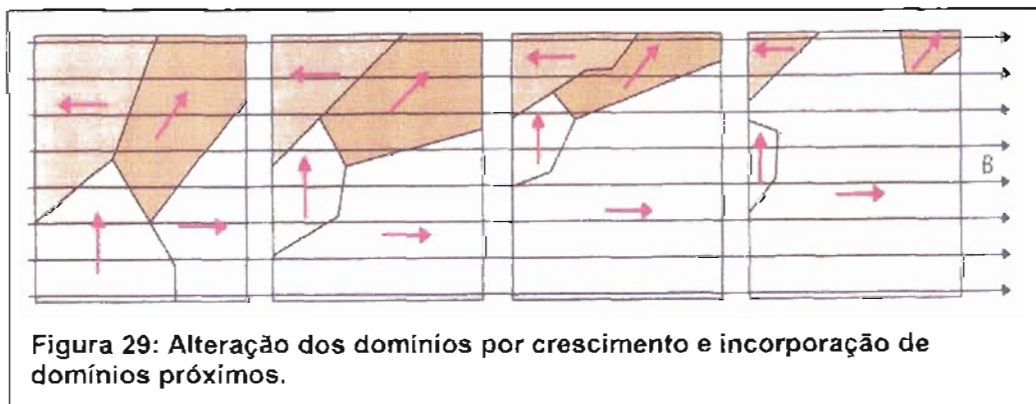
Ampère apresentou uma teoria bem diferente: em cada partícula dos materiais ferromagnéticos havia correntes circulares como microespiras, que se orientavam desordenadamente apresentando magnetismo resultante nulo; porém, na presença de um campo externo as microespiras se alinhavam na direção e sentido do campo solicitante formando microsolenoídes.



Já em 1907, o físico Pierre Weiss (1865-1940) propôs que cada ímã fosse composto por pequenas regiões magnetizadas, como pequeninos ímãs. Weiss chamou esta região de domínios magnéticos, e, o campo magnético gerado é a resultante dos campos magnéticos gerado por cada domínio.



Na ausência de um campo magnético externo, um material ferromagnético possui domínio magnético desorientado e, portanto o magnetismo resultante é muito pequeno ou nulo, porém dependendo da intensidade do campo magnético externo os domínios desse material serão alinhados ou sofrerão crescimento devido o campo magnético externo.



Weiss em sua teoria procurou explicar a origem dos domínios magnéticos através do campo molecular sob o domínio da física atômica. Naquela época,

essa área da física não estava tão desenvolvida. Somente em 1928, a mecânica quântica explica o fenômeno magnético, em materiais ferromagnéticos, através do spin do elétron. A idéia de spin está associada ao sentido de rotação do elétron em torno de seu eixo. O spin pode ser **up** (sentido para cima) ou **down** (sentido para baixo). Assim, os spins dão aos elétrons características semelhantes a ímãs. Os elétrons tendem a formar pares, como dois ímãs que se agrupam, reduzindo e confinando no seu interior as linhas de campo magnético. Estes pares são formados em átomos isolados ou em conjuntos de átomos (redes cristalinas dos sólidos ou nas moléculas das diferentes substâncias).

[3]

CAPÍTULO - III EXPERIMENTOS

III – 1 ABORDAGEM EXPERIMENTAL DO MAGNETISMO - BÚSSOLA

Para que o aluno possa ter uma idéia clara a respeito dos fenômenos eletromagnéticos, o professor poderá propor atividades, que conduzam a verificação e comprovação do fenômeno físico mencionado nas seções anteriores.

O objetivo deste experimento é proporcionar ao aluno uma compreensão significativa da verificação do efeito magnético, fazendo uso de um experimento simples e de fácil construção.

MATERIAIS

- um copo comum com água;
- uma agulha de costura fina ;
- um pedaço de papel e um ímã natural.

Procedimento Experimental

- Primeiro deve-se imantar a agulha de costura, passando o ímã natural várias vezes na agulha de costura, sempre na direção do seu comprimento e no mesmo sentido;
- Para saber se agulha já está bem imantada, aproxime-a de algum objeto metálico (ferroso) e verifique se há atração ou repulsão;
- Corte um pedaço de papel de aproximadamente 2,0 cm quadrado. Este pedaço de papel permitirá que a agulha possa flutue sobre a água;

- Atravesse ou cole a agulha no pedaço de papel e coloque em um copo cheio de água;
- Verifique por algum método se sua bússola está funcionando, comparando a direção para onde a agulha está apontando com algum referencial (Ex.: posição do sol e mapas geográficos).

Observação: sem a interferência de outros campos magnéticos por perto, a bússola deverá se orientar na direção Norte - Sul magnética.

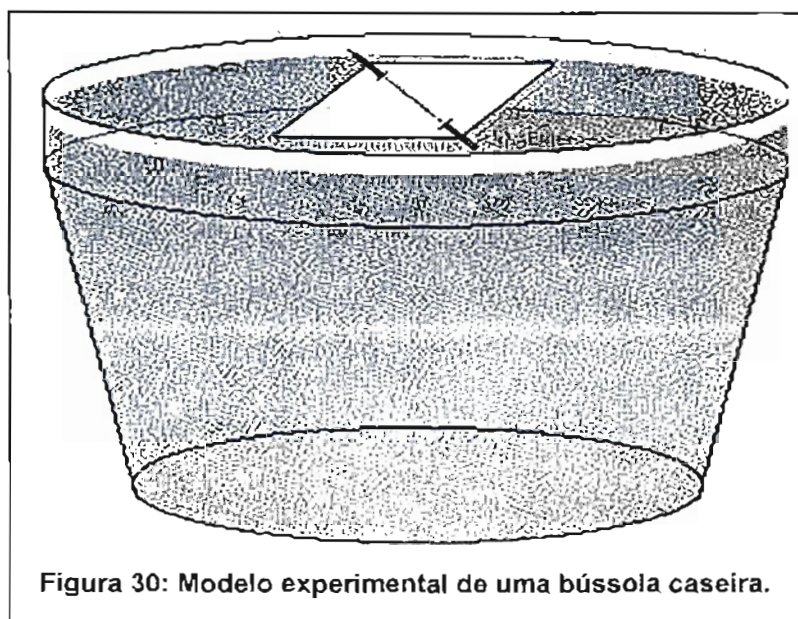


Figura 30: Modelo experimental de uma bússola caseira.

III – 2 ABORDAGEM EXPERIMENTAL DO ELETROMAGNETISMO

MOTOR ELÉTRICO

Neste experimento vamos construir um sistema simplificado de um motor de corrente contínua. Trata-se de uma aplicação de grande importância da teoria eletromagnética.

IDÉIA DO EXPERIMENTO

Este motor elétrico funcionará tendo como princípio básico, a repulsão entre ímãs: um ímã natural e outro ímã não natural. O ímã não natural será uma bobina percorrida por uma corrente constante, o conveniente em se usar ímãs não naturais é a possibilidade de se inverter seus pólos magnéticos.

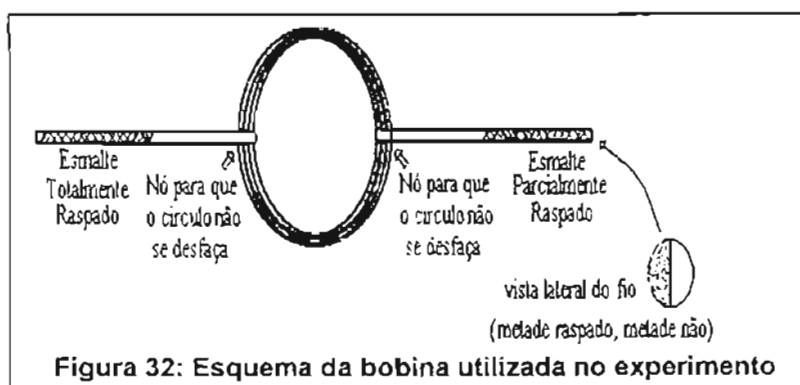
MATERIAIS

- um cano de PVC com cerca de 3,0 cm de diâmetro externo;
- tiras de lata ou fio rígido;
- uma agulha de costura fina;
- um pedaço de madeira;
- um ímã forte
- uma ou duas pilhas.

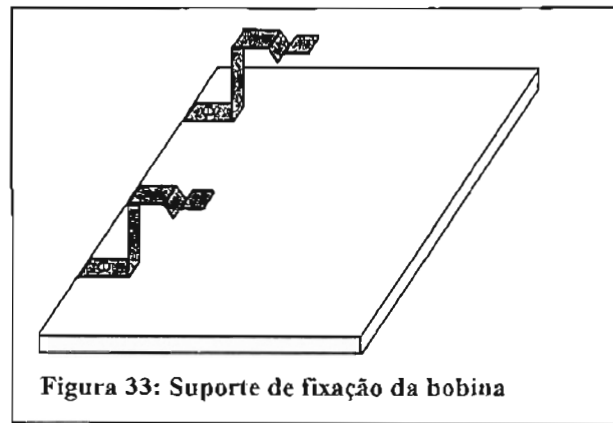
PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

O processo de confecção do aparato experimental é o seguinte:

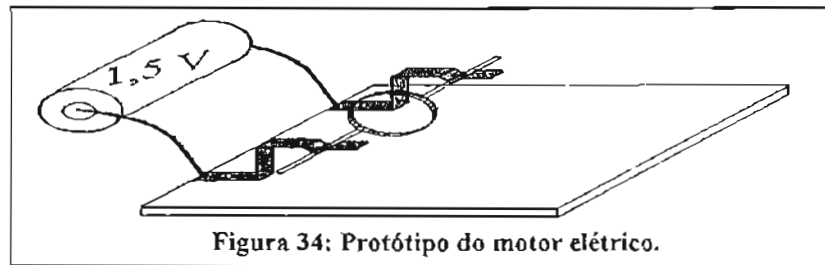
- (I) enrola-se o fio de cobre num cano ou qualquer outro objeto cilíndrico, com cerca de 3,0 cm de diâmetro, deixando livre aproximadamente duas pontas de 2,0 cm de comprimento, em cada extremidade;
- (II) raspe o esmalte do fio de cobre nas extremidades, sendo que, em uma das extremidade totalmente o fio, já na outra extremidade raspe somente a metade do contorno cilíndrico do fio, a consequência de se proceder dessa forma é que em uma extremidade haverá a passagem de corrente elétrica, porém na outra extremidade só haverá passagem de corrente quando a metade raspada estiver em contato com a haste de sustentação alimentada pela pilha;



- (III) para se fazer os suportes da bobina utiliza-se tiras de lata ou pedaços de fio, dando lhes o formato indicado na figura a seguir e prendendo-as a uma base de madeira;

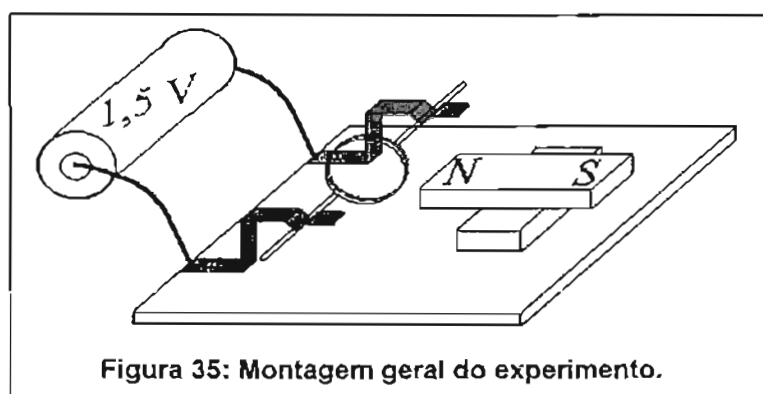


- (IV) ponha a bobina sobre o suporte, verificando se ela pode girar livremente;
- (V) ligue com fios de cobre cada uma das lâminas do suporte a uma extremidade da(s) pilha(s), prestando atenção para não deixar a faixa esmaltada das extremidades da bobina em contato com o suporte;



- VI) posiciona-se um ímã sobre um suporte qualquer, de forma que fique aproximadamente na mesma altura da bobina. Se o contato com a pilha for estabelecido e a bobina não girar, talvez seja preciso, no início, girar a bobina manualmente (dar um pequeno empurrão na bobina).

ESQUEMA GERAL DE MONTAGEM

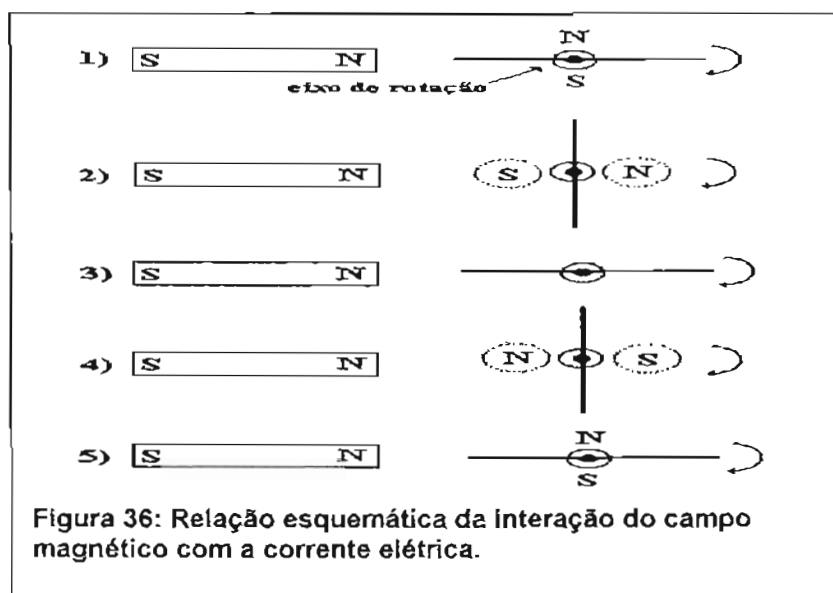


ANÁLISE EXPERIMENTAL

- (I) No primeiro momento, os fios raspados estão em contato com as tiras e a corrente elétrica criará um campo magnético na bobina. Esta bobina por ter liberdade de rotação entrará em movimento, para se livrar da repulsão do ímã natural, que estará fixo à sua frente;
- (II) Em um quarto de volta, a bobina estará parcialmente em contato com as tiras e o campo magnético começará a perder força. Não deixando assim, que a atração do pólo sul da bobina pelo pólo norte do ímã natural seja forte o suficiente para frear o movimento;
- (III) Quando a bobina completar meia volta, começará então, o processo inverso, ou seja, existirá um campo atrativo entre a bobina e o ímã, contudo isso só acontecerá se os contatos estiverem ligados. No entanto, este contato não será estabelecido, pois, esta atração frearia ou cessaria o movimento adquirido no primeiro momento.
- (IV) Completando-se mais um quarto de volta, o contato com as tiras começará a se restabelecer e o campo magnético a ganhará força. Neste momento a

bobina será repelida pelo ímã natural, entretanto ao considerar o movimento que a bobina já possui, esta ganhará uma nova aceleração.

- (V) Volta-se à posição inicial e o ciclo recomeçará de forma periódica, enquanto existir corrente elétrica passando pela bobina.



COMENTÁRIOS

Dada a simplicidade do motor, para funcionar, ele depende das dimensões e materiais usados. Portanto, algumas tentativas talvez sejam necessárias até que o motor funcione adequadamente.

Outra característica deste motor é que há determinadas combinações diferentes de se ligar os pólos da bateria ou os pedaços de fios ou a posição da espira sobre as tiras. Mas algumas poucas tentativas devem levar a uma das combinações corretas.

CAPÍTULO - IV ANÁLISE DOS CONHECIMENTOS SOBRE MAGNETISMO E

ELETROMAGNETISMO

IV – 1 CONCEPÇÃO ESPONTÂNEA EM ELETROMAGNETISMO

Esta pesquisa foi realizada com uma turma de primeiro e terceiro ano do ensino médio do Colégio D. Pedro II - Unidade Centro, no Rio de Janeiro, esta pesquisa foi feita em dois momentos. No primeiro momento foi passado um questionário onde os alunos responderam individualmente e sem consulta sete perguntas sobre o eletromagnetismo.

No segundo momento foi feita a demonstração do efeito da indução eletromagnética em um laboratório, utilizando um protótipo de um motor elétrico feito com materiais de baixo custo. Nesta demonstração os alunos foram vendo o fenômeno físico e discutindo a teoria inserida no conceito físico.

As perguntas foram feitas com temas atuais com grande repercussão na mídia Para efeito de uma análise mais ampla temos que identificar o perfil sócio-econômico dos alunos participantes da pesquisa, estes alunos eram oriundos da classe média com acesso a informação.

VI – 2 QUESTIONÁRIO

1 – O que você entende sobre geração de energia elétrica?

2 – Onde você identifica o uso de motores elétricos?

3 – Você sabe explicar como funciona um motor elétrico?

4 – No seu dia a dia que ou quais equipamentos você encontra materiais magnéticos?

5 – Em uma usina hidrelétrica existe o represamento da água (barragem) que papel desempenha a barragem na produção de energia elétrica?

6 – Você sabe explicar porque a estiagem de chuva interfere significativamente na produção de energia elétrica?

7 – Você sabe dizer porque o motor elétrico produz movimento de rotação em torno de seu eixo?

IV – 3 RESPOSTA DO QUESTIONÁRIO SOBRE CONCEPÇÕES

ALTERNATIVAS

?

—

1 – O que você entende sobre geração de energia elétrica?

É o processo de transformação de uma dada energia em energia elétrica. Exemplo: energia luminosa (energia solar) em energia elétrica; energia potencial em energia elétrica (hidrelétrica); energia térmica em energia elétrica (termoelétrica); energia cinética em energia elétrica (energia eólica); energia nuclear em energia elétrica (energia nuclear).

2 – Onde você identifica o uso de motores elétricos?

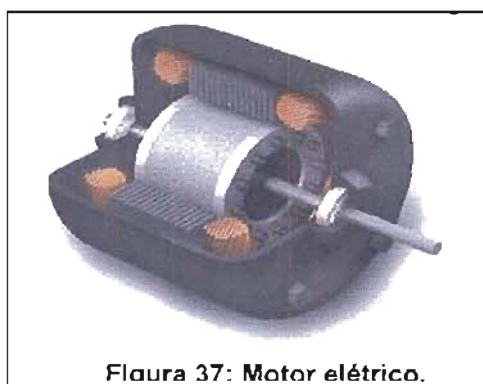
Em equipamentos, aparelhos e instrumentos elétricos e eletrônicos; em veículo de transporte elétrico (metro, bonde, etc).

3 – Você sabe explicar como funciona um motor elétrico?

Um motor elétrico funciona como dois eletroímãs um impulsionando o outro, um deles possui posição fixa, estrutura metálica (armadura) do motor; e o outro eletroímã é móvel, o induzido (eixo girante) do motor.

Quando a corrente elétrica passa pela bobina fixada na carcaça do motor forma-se um campo magnético. O outro campo magnético é produzido pelo induzido, a corrente elétrica chega até ele por um elemento denominado escova. Como a corrente é alternada forma-se um campo magnético com polaridade variável.

Quando o eletroímã fixo possuir polaridade N(norte) o eletroímã móvel possuirá polaridade N(norte) também, deste modo, os dois pólos irão se repelir, e, devido a corrente alternada este pólo norte repellido mudará sua polaridade para pólo sul e este será repellido pelo pólo sul do eletroímã fixo.



4 – No seu dia a dia que ou quais equipamentos você encontra materiais magnéticos?

Bússola, alto-falantes, motores de aparelhos domésticos, nas TVs, nos vídeo-cassetes, trilhos e esteiras magnéticas, nas campainhas e nos termostatos, nos relés, nos limitadores de corrente e nos medidores de corrente, nos interfones, nos fones de ouvido estéreo, nos discos magnéticos flexíveis e nas bobas de aquários, na tinta de alguns cheques especiais, cartão de crédito, etc.

5 – Em uma usina hidrelétrica existe o represamento da água (barragem) que papel desempenha a barragem na produção de energia elétrica?

A barragem tem a finalidade de armazenar água em um grande lago acima do nível da casa de máquina da hidrelétrica, deste modo, a água armazenada no alto da barragem possui energia potencial, ou seja, a barragem é um reservatório de energia potencial.

6 – Você sabe explicar porque a estiagem de chuva interfere significativamente na produção de energia elétrica?

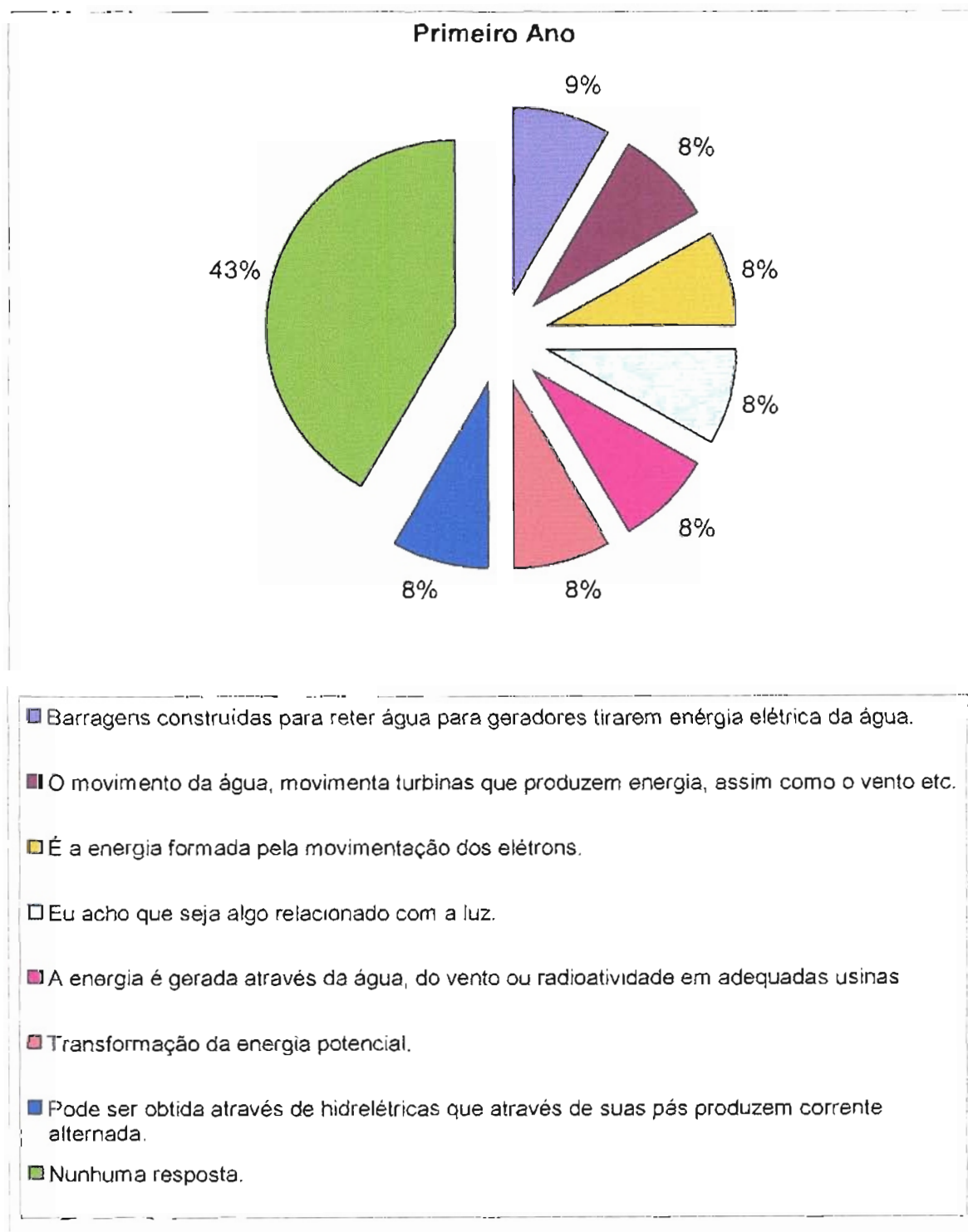
Com a estiagem haverá uma diminuição do nível de água na barragem, com isso, a reserva de energia potencial diminui, conseqüentemente a produção de energia elétrica também diminuirá.

7 – Você sabe dizer porque o motor elétrico produz movimento de rotação em torno de seu eixo?

A rotação do eixo central é devido a repulsão eletromagnética entre os pólos magnéticos.

VI – 4 ANÁLISE DO QUESTIONÁRIO

1 – O que você entende sobre geração de energia elétrica?

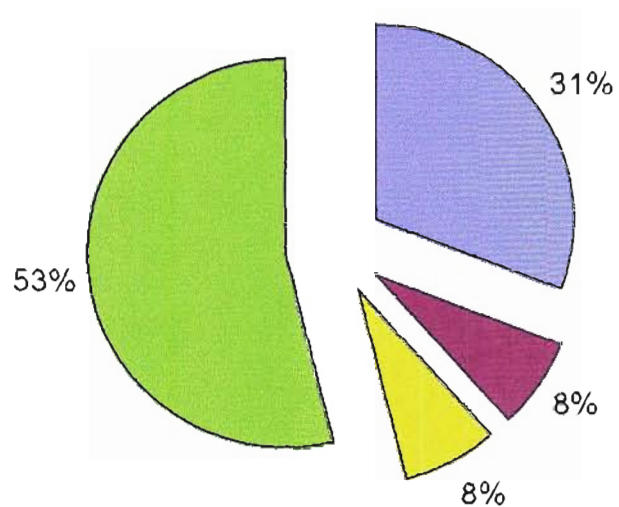


1 – O que você entende sobre geração de energia elétrica?



2 – Onde você identifica o uso de motores elétricos?

Primeiro Ano



☐ Eletrodomésticos.

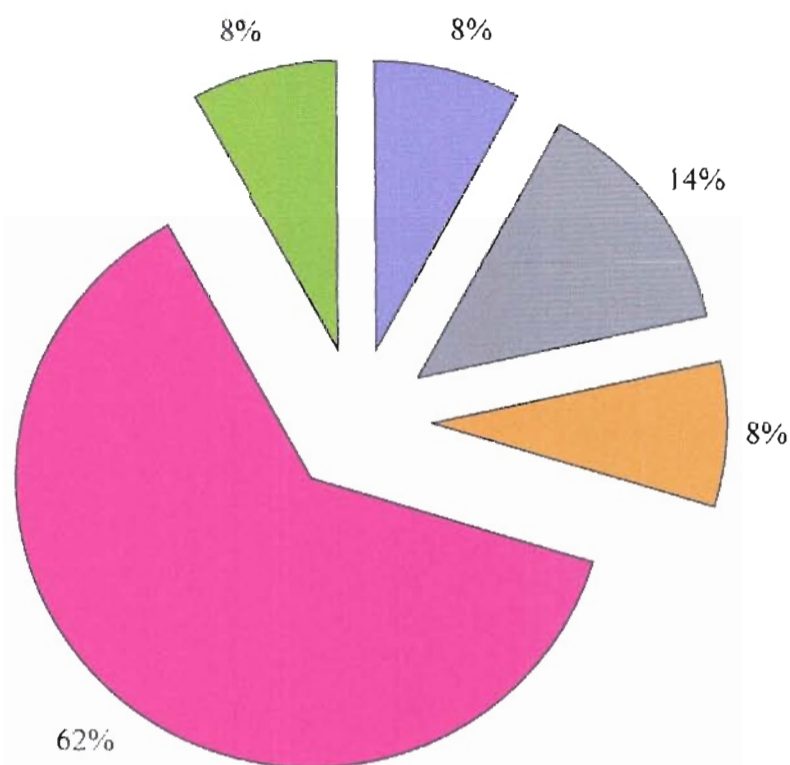
☐ Automóveis e eletrodomésticos.

☐ Bomba d'água.

☐ Nenhuma resposta.

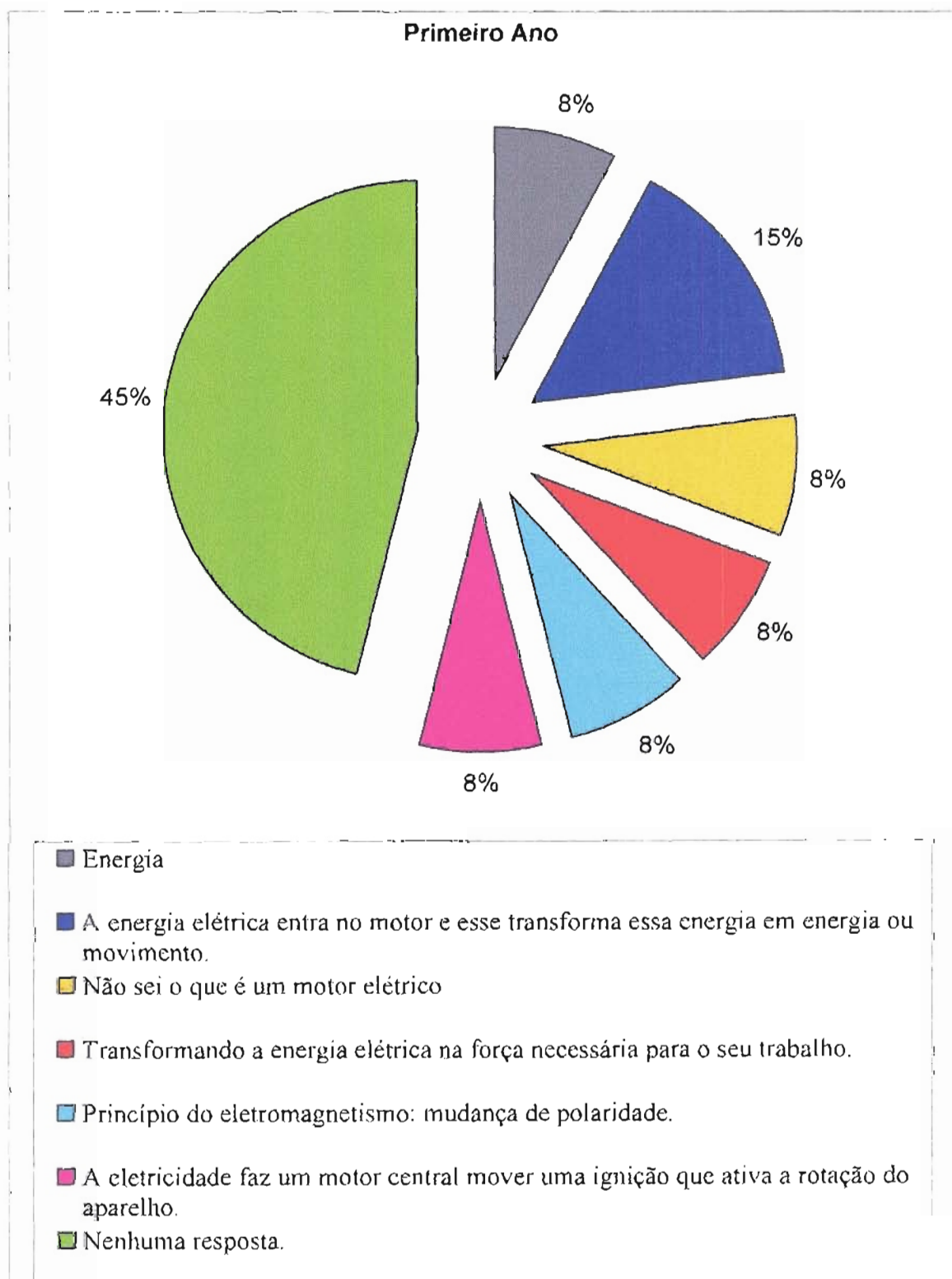
2 – Onde você identifica o uso de motores elétricos?

Terceiro Ano

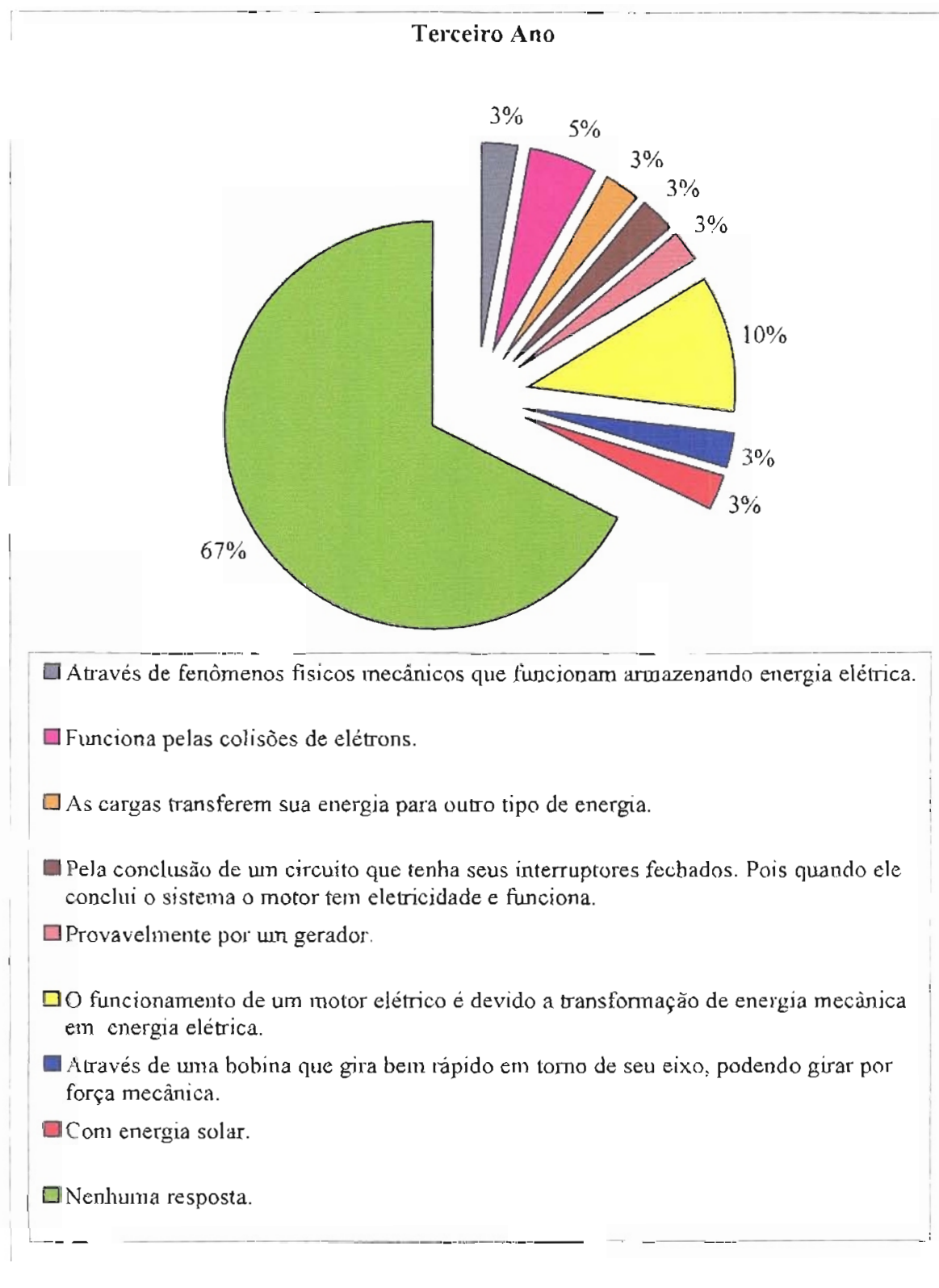


- ☐ Hidrelétricas, usinas de eletricidade.
- ☐ Em máquinas que necessitam de energia elétrica e auxílio de motores para funcionar.
- ☐ Carros e indústrias.
- ☐ Eletrodomésticos, eletroeletrônicos e automóveis.
- ☐ Nenhuma resposta.

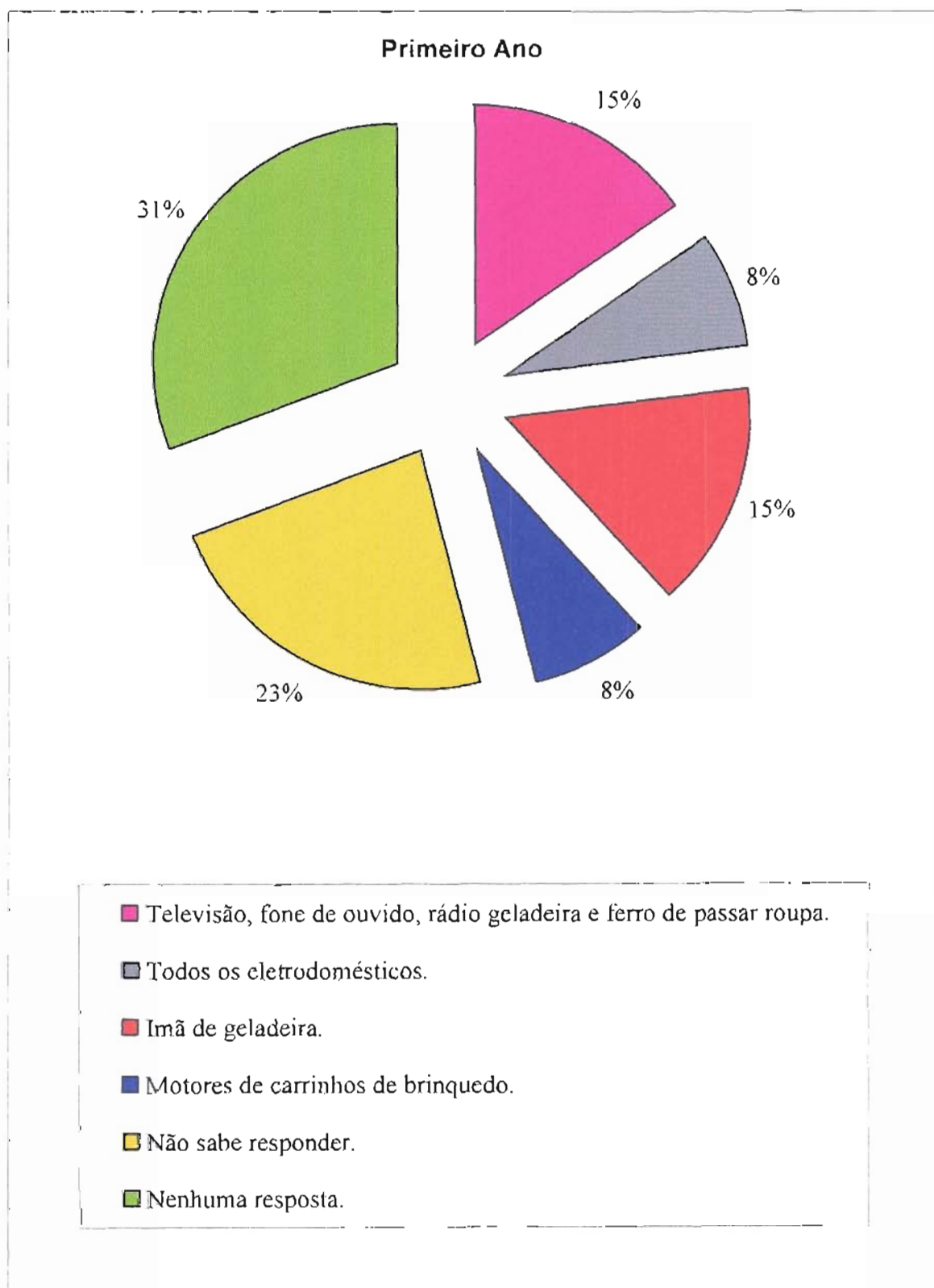
3 – Você sabe explicar como funciona um motor elétrico?



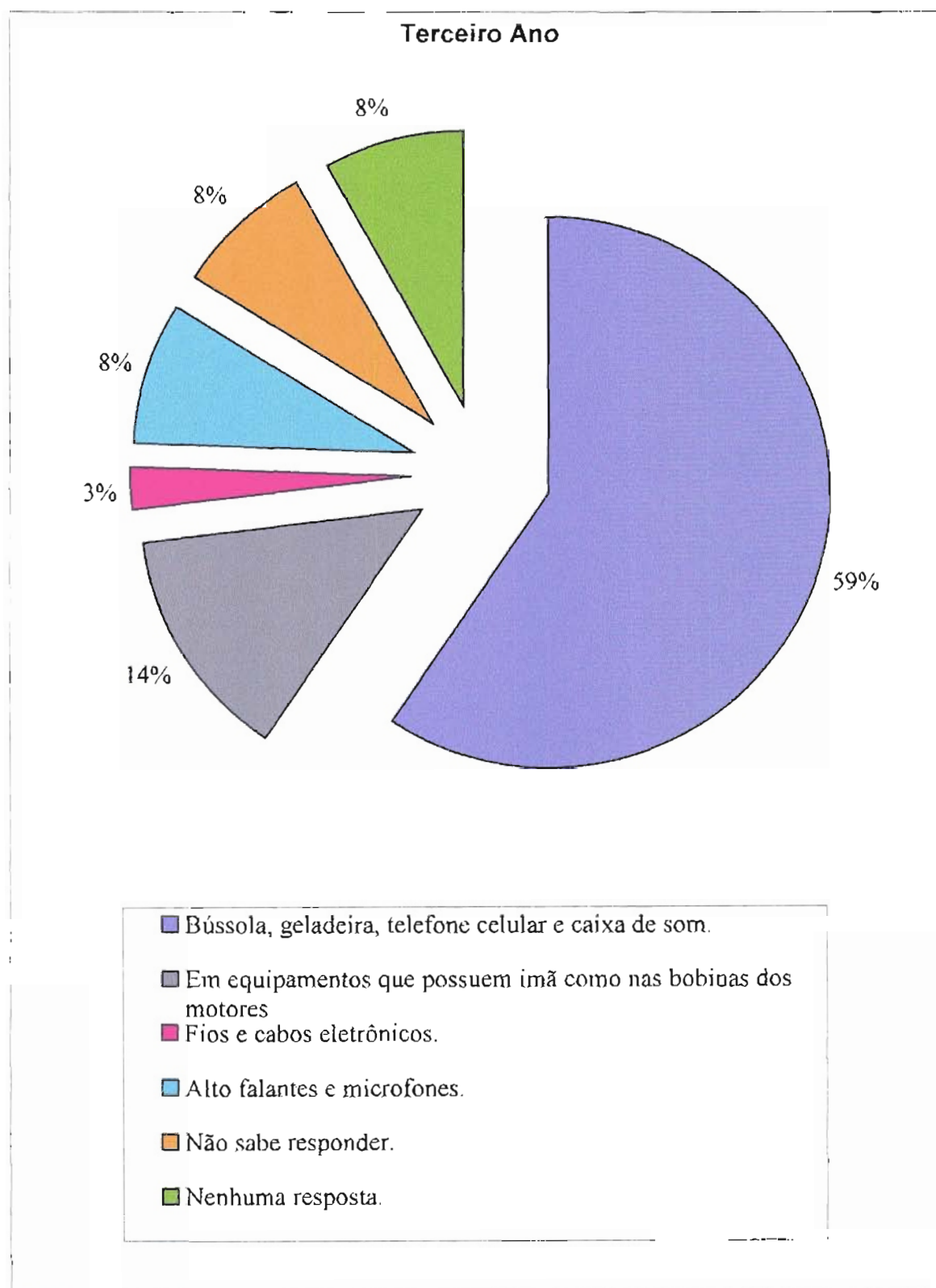
3 – Você sabe explicar como funciona um motor elétrico?



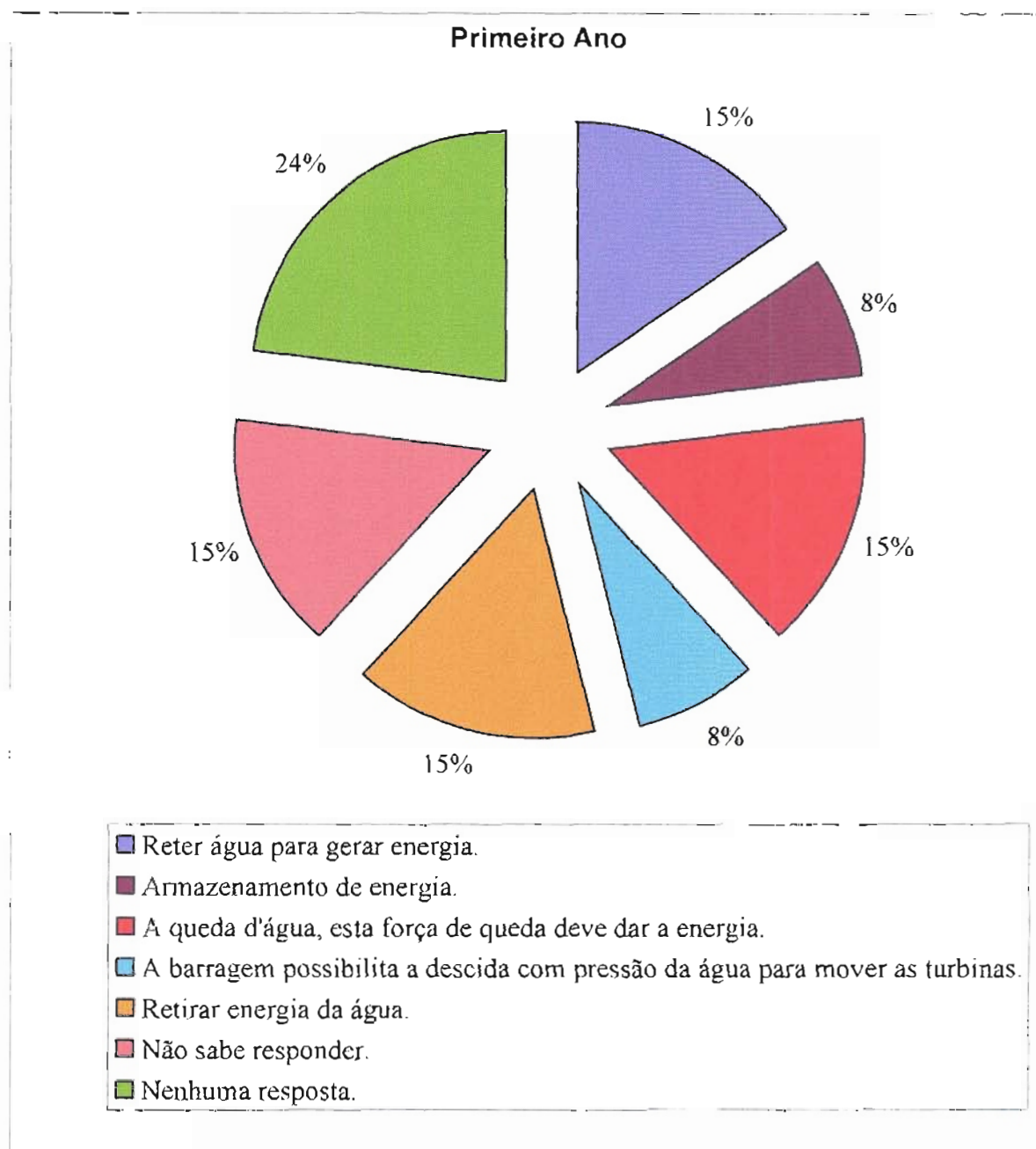
4 – No seu dia a dia que ou quais equipamentos você encontra materiais magnéticos?



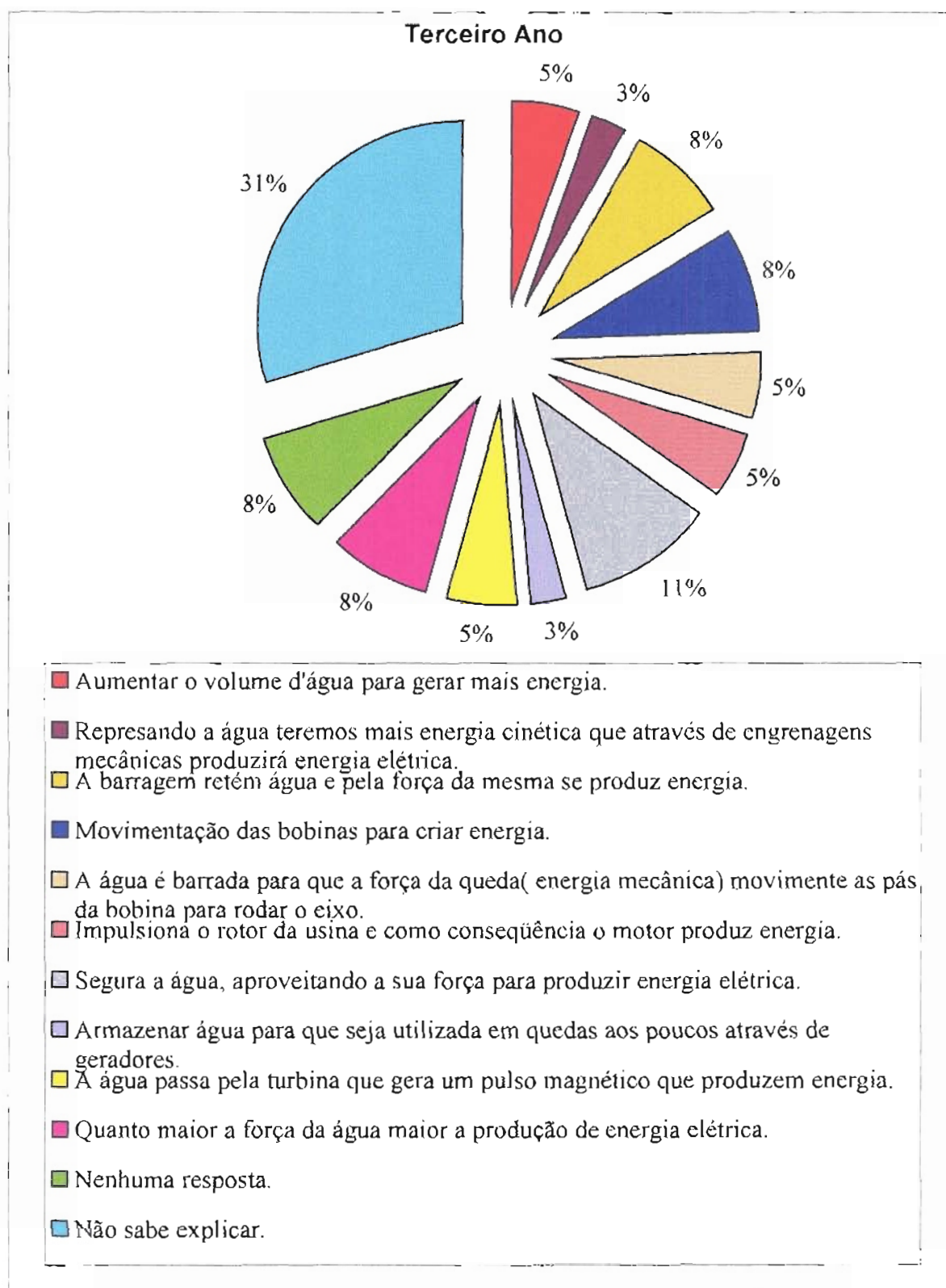
4 – No seu dia a dia que ou quais equipamentos você encontra materiais magnéticos?



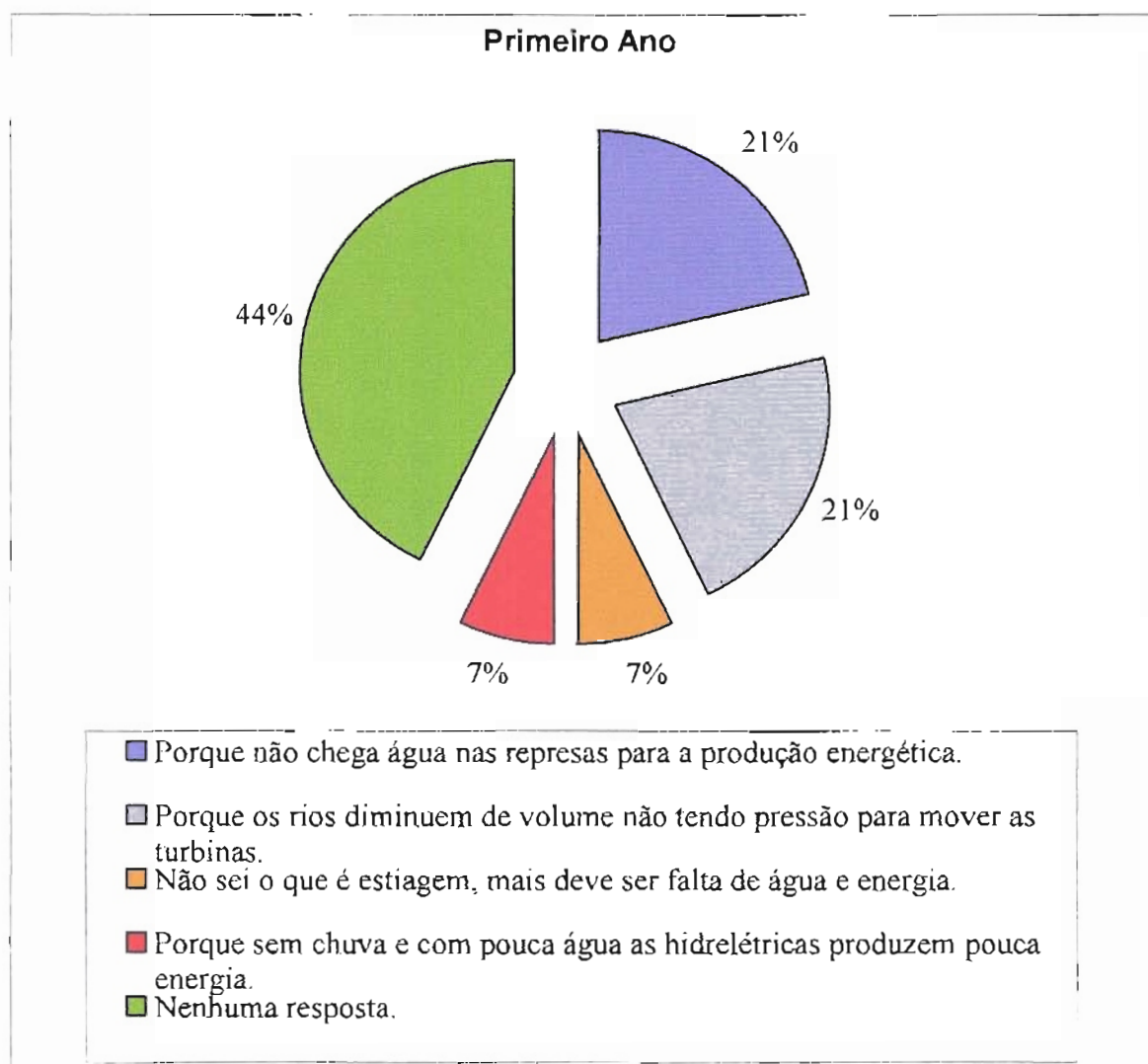
5 – Em uma usina hidrelétrica existe o represamento da água (barragem) que papel desempenha a barragem na produção de energia elétrica ?



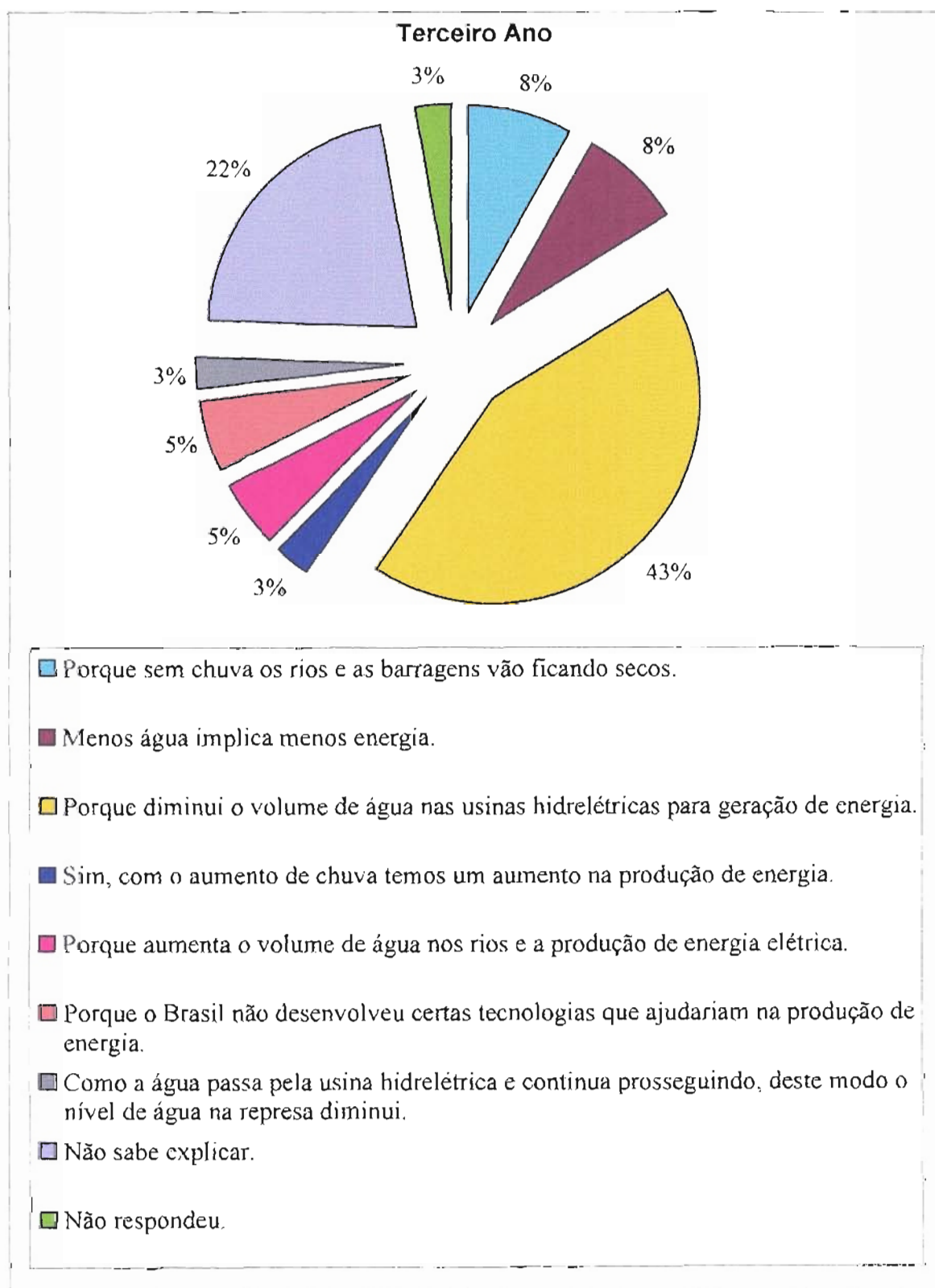
5 – Em uma usina hidrelétrica existe o represamento da água (barragem) que papel desempenha a barragem na produção de energia elétrica ?



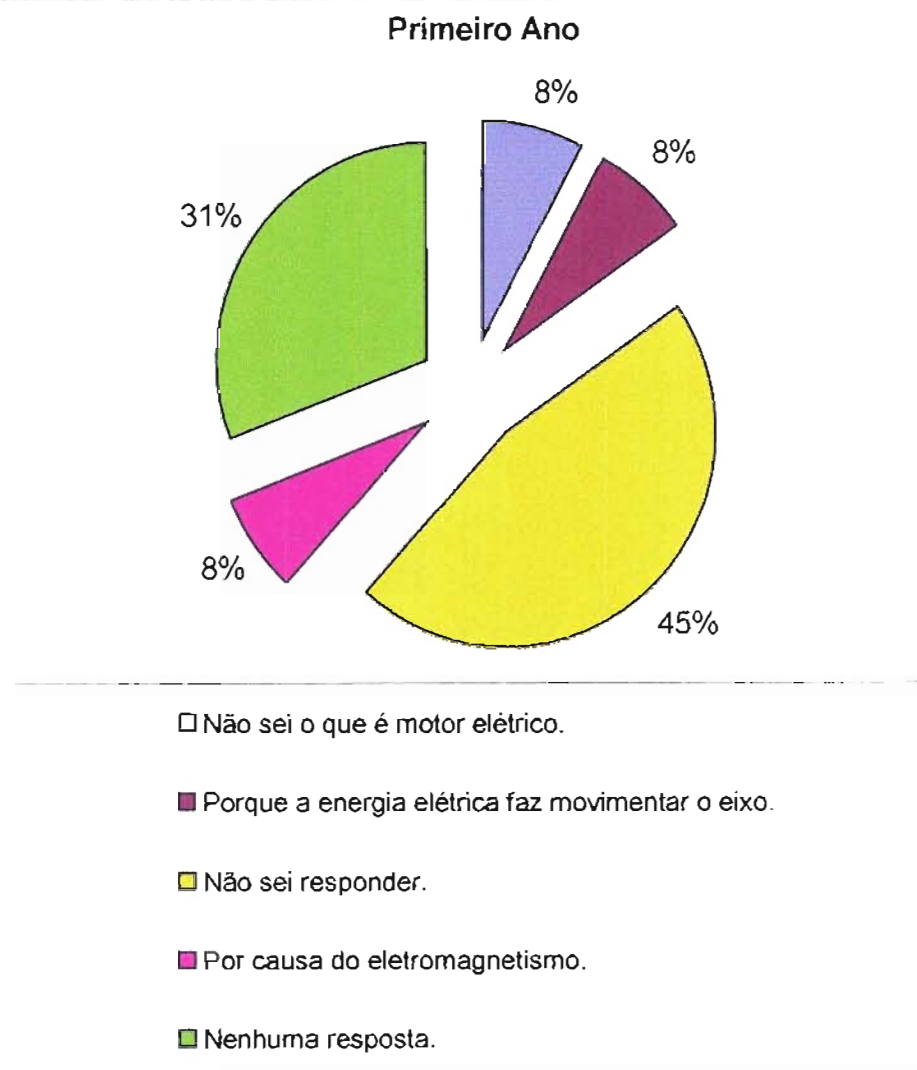
6 – Você saberia explicar porque a estiagem de chuva interfere significativamente na produção de energia elétrica?



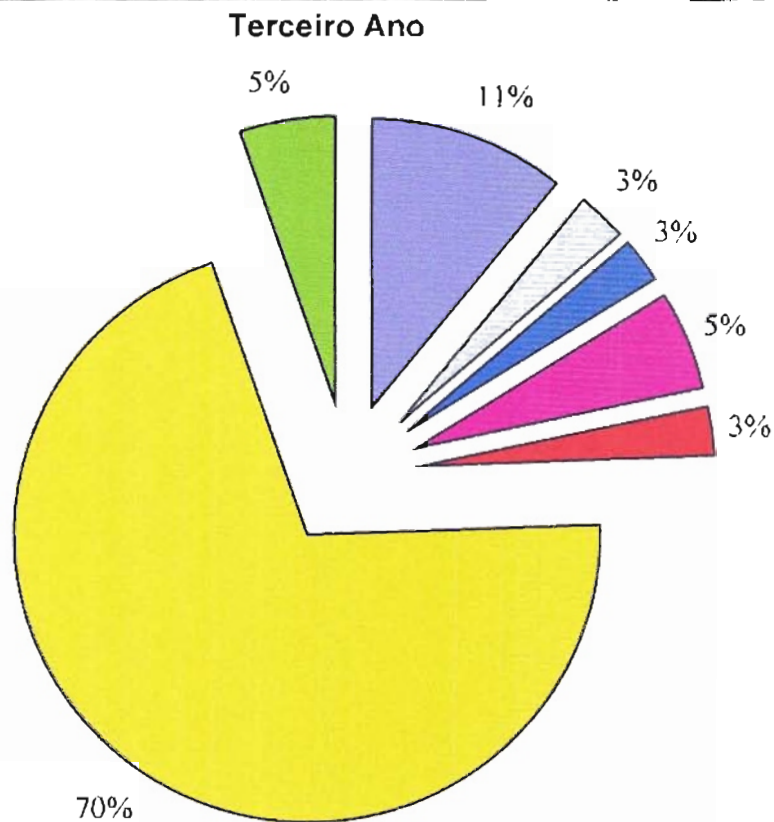
6 – Você saberia explicar porque a estiagem de chuva interfere significativamente na produção de energia elétrica?



7 – Você saberia dizer porque o motor elétrico produz movimento de rotação em seu eixo?



7 – Você saberia dizer porque o motor elétrico produz movimento de rotação em seu eixo?



- ☒ Para produzir energia, cargas elétricas, tensão alternada por indução e magnetismo.
- ☐ Porque ele transforma energia elétrica em energia mecânica.
- ☐ Pela transformação de energia.
- ☐ Porque uma força tangente faz com que as cargas positivas sejam arrastadas e assim fazem girar seu eixo.
- ☐ Para ionizar a matéria da bobina que é facilmente eletrizada.
- ☒ Não sabe explicar.
- ☐ Não respondeu.

Capítulo VI – Conclusão da Pesquisa

Quantas vezes os professores, já se depararam com os seguintes questionamentos por parte de seus alunos: Por que tenho que aprender “isso”? Por que tenho que estudar essa matéria, se ela não é importante para a carreira que pretendo seguir?

Essas perguntas evidenciam que nas últimas décadas do século XX, o pragmatismo invadiu a forma de pensar dos alunos, tornando-se, atualmente, um grande desafio, para os professores resgatar o interesse por parte dos alunos, pelo conhecimento científico e pela busca do saber, independente da relevância que esses conhecimentos tenham na sua vida futura.

Acreditamos que a abordagem de temas que mostram a evolução da ciência ao longo dos séculos e principalmente o desenvolvimento científico alcançado no século XX, possa atuar como fator motivante para tal finalidade.

Espero, que o texto sobre Eletromagnetismo escrito nesse trabalho, segundo uma visão histórica possa de alguma forma auxiliar os estudantes do curso de Licenciatura em Física e professores do Ensino Médio, na abordagem desse tema em disciplinas do Ensino Médio.

Bibliografia

- 1 - Bassalo, J.M. *Nascimento da Física, 3500 ac – 1900 a.d.* Belém: Ed. Universitária, 1996. 395p.
- 2 - Ferraro, Nicolau Toledo , Junior, Francisco Ramalho , Soares, Paulo Antônio de Toledo *Os Fundamentos da Física* 7 Ed: São Paulo: Moderna, 1988. 3v.
- 3 - Gaspar, Alberto *Física Eletromagnetismo Física Moderna* São Paulo: Ática, 2000 3 vol.
- 4 - George, Gamov *Biografia da Física.* Rio de Janeiro: Zahar Editores Ltda, 1963. 358p.
- 5 - Hesse, Mary B. *Forces and Fields* Westport: Greenwood, 1962 – 1970. 318p.
- 6 - Rival, Michel *Os Grandes Experimentos Científicos* Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editores Ltda, 1997. 167p.
- 7 - SCHURMANN, Paul F. *História de la Física* Buenos Aires: Nova, [19..?], 2t
- 9 - <http://www.fc.unesp.br/experimentosdefisica>