



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
Instituto de Física
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física
Mestrado Profissional em Ensino de Física

**AS PILHAS SECAS — UMA ABORDAGEM INOVADORA PARA O ENSINO
MÉDIO**

Otoniel do Amaral Alves do Couto

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:
Prof. Dr. Fernando de Souza Barros

Rio de Janeiro
Junho 2012

AS PILHAS SECAS — UMA ABORDAGEM INOVADORA PARA O ENSINO
MÉDIO

Otoniel do Amaral

Orientador:
Prof. Dr. Fernando de Souza Barros

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada por:

Prof. Dr. Fernando de Souza Barros (Presidente)

Prof. Dr. Vitorvani Soares

Prof. Dr. Martin Makler

Prof. Dr. Milton Roedel Salles

Rio de Janeiro
Junho 2012

FICHA CATALOGRÁFICA

C871p Couto, Otoniel do Amaral Alves do
As Pilhas Secas – Uma abordagem Inovadora para o
Ensino Médio / Otoniel do Amaral Alves do Couto – Rio de
Janeiro: UFRJ/IF, 2012.
viii, 114 f.: il.;30cm.
Orientador: Prof. Dr. Fernando de Souza Barros
Dissertação (mestrado) – UFRJ / Instituto de Física /
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2012.
Referências Bibliográficas: f. 109-114.
1. Ensino de Física. 2. Pilhas Secas. 3. Meio Ambiente.
I. Barros, Fernando de Souza. II. Universidade Federal do Rio de
Janeiro, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em
Ensino de Física. III. As Pilhas Secas – Uma abordagem
Inovadora para o Ensino Médio

Dedico esta dissertação à memória da Professora Suzana de Souza Barros.

Agradecimentos

- À Deus que sempre me guia e me sustenta pelas caminhadas da vida.
- À minha amada Mãe que sempre me incentivou a estudar e nunca poupou esforços para isso.
- Ao Professor Fernando de Souza Barros pela paciência, orientação e sugestões.
- Aos Professores Vitorvani Soares, Martin Makler e Milton Roedel pelas críticas e sugestões construtivas que enriqueceram esse trabalho.
- Ao Professor Carlos Eduardo Aguiar, Coordenador do MPEF e à Dilma, da Secretaria da Pós-Graduação do Instituto de Física, pela disposição deles em sempre quererem ajudar.
- À minha esposa Simone que sempre me incentivou durante a realização desse trabalho.
- Aos colegas da turma do MPEF 2009 que sempre me incentivaram.
- Aos meus alunos do Colégio Pedro II, Unidade Realengo II, a saber, da turma 1205 de 2012 que me ajudaram em uma das atividades propostas nessa dissertação.
- Aos meus alunos Allan Gurwicz (Colégio TTH – Bar-Ilan) e Bryan de Barros (UFRJ) por suas gentis colaborações.
- Aos outros alunos que com perguntas em sala de aula sobre o tema dessa dissertação me motivaram a querer conhecer mais e desse modo enriquecer esse trabalho e minhas aulas sobre o assunto.

RESUMO

AS PILHAS SECAS – UMA ABORDAGEM INOVADORA PARA O ENSINO MÉDIO

Otoniel do Amaral Alves do Couto

Orientador:

Prof. Dr. Fernando de Souza Barros

Resumo da Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

O atual ensino de física tem se empobrecido ao tomar uma direção em que os conceitos físicos envolvidos na explicação dos fenômenos naturais e dos avanços tecnológicos que cercam todos os seres humanos passaram a ter importância secundária. Parece que o apogeu da prática pedagógica em física está na resolução dos exercícios (problemas) dos livros didáticos sempre com fim nos exames vestibulares. Um bom exemplo disso está no estudo dos geradores elétricos. Geralmente, a abordagem que é feita pelos professores consiste basicamente na aplicação da equação do gerador em circuitos simples, não dando oportunidade para os alunos conhecerem e discutirem outros aspectos também relevantes no universo dos geradores elétricos como as pilhas, por exemplo. Bilhões de pilhas são consumidas anualmente no Brasil sendo que quarenta por cento são piratas. O que essas pilhas têm de diferente das pilhas autênticas? As pilhas poluem o meio ambiente? Nesse trabalho, propomos que os geradores elétricos, em especial as pilhas, sejam estudados a partir de uma abordagem CTS (Ciência – Tecnologia - Sociedade). Algumas atividades investigativas são sugeridas aos professores de ensino médio de modo que possam servir na alfabetização científica e na formação cidadã dos nossos estudantes de Ensino Médio.

Palavras-chave: Ensino de Física, Pilha Seca, Meio Ambiente, CTS, Atividade Investigativa.

Rio de Janeiro
Junho de 2012

ABSTRACT

DRY CELLS – AN INNOVATIVE APPROACH FOR HIGH SCHOOLS

Otoniel do Amaral Alves do Couto

Supervisor:

Prof. Dr. Fernando de Souza Barros

Abstract of master's thesis submitted to Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, in partial fulfillment of the requirements for the degree Mestre em Ensino de Física.

The teaching of physics nowadays has suffered from itself by taking a direction where physical concepts involved in explaining the natural phenomena and technological advances surrounding all human beings started to have secondary importance. It seems that the main goal of pedagogical practices involving physics consists of doing exercises in textbooks always thinking about "vestibular" exams. A good example is the study of electric generators. Usually, the approach taken by teachers is basically applying the equation of the generator in circuits, and by doing this the students have no opportunities to learn and discuss other aspects also relevant in the world of electric generators, such as dry cell batteries. Billions of batteries are consumed each year in Brazil, and forty per cent of these billions are pirate-like. And in what aspect are these pirate batteries different from the authentic ones? Do they pollute the environment? In this work, it is proposed that the electric generators, especially dry cell batteries, should be studied from an STS approach (Science - Technology - Society). Some investigative activity are suggested to high school teachers so they can help in the scientific literacy and civic formation of our high school students.

Keywords: Physics Education, Dry cell, Environment, STS, Investigative Activity.

Rio de Janeiro
Junho de 2012

Sumário

Capítulo 1 Introdução	9
Capítulo 2 As pilhas secas	22
2.1 Introdução – A Célula Eletroquímica	22
2.2 Breve História da Invenção da Pilha	23
2.3 Sobre o Mecanismo de Funcionamento das Pilhas	28
2.4 A Força Eletromotriz das Pilhas (FEM)	32
2.5 A Classificação das Pilhas	35
2.5.1 <i>As Pilhas Primárias</i>	36
2.6 Aspectos Físicos das Pilhas	43
2.7 As Pilhas e o Meio Ambiente	51
Capítulo 3 Propostas pedagógicas de abordagem	54
3.1 A Abordagem Ciência – Tecnologia – Sociedade (CTS)	54
3.2 Alfabetização Científica	58
3.3 As Atividades Práticas na Escola	60
Capítulo 4 Atividades Investigativas com Pilhas	64
4.1 Introdução	64
4.2 Atividade 1 – Medindo a Resistência Interna de uma Pilha	65
4.3 Atividade 2 – Medindo a Durabilidade das Pilhas	71
4.4 Atividade 3 – As Pilhas e a Conscientização Ambiental	73
4.5 Outras Atividades Propostas	76
Capítulo 5 Considerações Finais	78
Apêndice A Questionário sobre a Utilização das Pilhas Secas por Cidadãos Comuns e Alunos	80
Apêndice B Guia do Professor	82
Apêndice C Roteiro para os Grupos para Atividade Proposta nº 1	97
Apêndice D Avaliação Aplicada aos Alunos ao Final da Atividade Proposta nº 1 ...	101
Apêndice E Dados Interessantes Registrados ao Final da Atividade Proposta nº1 ...	107
Referências Bibliográficas	109

Capítulo 1

Introdução

1.1 Críticas ao Ensino de Física Tradicional

Indubitavelmente, existe um consenso entre a comunidade escolar (professores, pedagogos, alunos e pais) e a daqueles que já concluíram seus estudos que a física é a disciplina mais difícil e temida entre os estudantes [Borges 2002]. Tal afirmação é sustentada quando nos deparamos com a realidade persistente do alto índice de baixos rendimentos dos alunos nessa disciplina comparando-a com o rendimento deles em outras disciplinas. Com perdão da liberdade poética, o ano letivo se passa como uma verdadeira Via Crucis. A física tem sido como uma cruz pesada levada sobre os ombros dos alunos que a arrastam até o momento de sua crucificação – a reprovação. Nós, professores de física, somos vistos como o centurião romano que sem compaixão alguma pelos alunos os flagelamos o ano todo. Não importa se as avaliações são fáceis ou difíceis, a maioria dos alunos já incutiu em suas mentes que física é “impossível” de se aprender. Ricardo (2007) apresenta e discute os resultados de um estudo exploratório realizado entre alunos do ensino médio de duas escolas públicas do Distrito Federal. Ao serem arguidos se gostam de física, 38,8% dos alunos entrevistados disseram que não gostam de estudar física contra 45,5% que disseram que gostam. Contudo, muitos alunos que disseram gostar de física gostam, na verdade, de matemática e possivelmente confundiram física com matemática. Na mesma pesquisa, ao serem perguntados se física e matemática tinham alguma diferença, um total de 56,5% não vêem ou vêem pouca diferença entre as duas disciplinas. Mas por que a física representa um sofrimento para os alunos? Os *Parâmetros Curriculares Nacionais* (PCN) nos dá uma possível resposta para essa questão. Segundo os PCN, os alunos se encontram desmotivados no ensino de física pelos seguintes fatores:

- Apresentação inadequada de conceitos, leis e fórmulas;
- privilegia a teoria e a abstração;
- utiliza fórmulas em situações artificiais;
- desvincula a linguagem matemática que as fórmulas representam de seu

significado físico efetivo;

- insiste na resolução de exercícios repetitivos, pretendendo que o ensino ocorra por memorização;
- apresenta o conhecimento como um produto acabado e faz o aluno pensar que não mais nenhum problema significativo a resolver;
- envolve uma lista de conteúdos demasiadamente extensa que impede o aprofundamento necessário.

A física certamente é uma ciência que exige um trabalho intelectual árduo tanto de quem a produz e utiliza seus conceitos e leis (físicos, químicos, meteorologistas, engenheiros, etc.) quanto para quem tenta compreender suas leis e conceitos para própria formação científico-cultural como indivíduo (alunos). Isto se deve ao fato que o grau de abstração e matematização sobre os quais a física está construída enquanto ciência é sem sombra de dúvida o mais elevado entre as ciências exatas. Uma vez que assumimos essa complexidade peculiar à física, havemos também de concordar que o papel do professor de física do ensino básico é fundamental, pois num primeiro olhar é o professor o intérprete que traduz da linguagem científica que vem dos laboratórios, das escrivatinhas dos físicos, dos artigos e das conferências científicas para linguagem propedêutica, aquela que o aluno compreende e tem acesso através da escola. Daí, então, o ensino de física deveria oferecer aos alunos subsídios científicos para que eles pudessem entender a dinâmica dos fenômenos naturais, as mudanças pelas quais a natureza está passando, as novas tecnologias do mundo moderno e os eventos físicos que são vivenciados por ele em seu cotidiano [Menezes 2000; Carvalho 2011].

Entretanto, parece que o ensino de física tem andado na contra-mão do que foi escrito acima. Um dos motivos que podemos apontar é o despreparo do professor. Para tornar-se um tradutor da ciência de uma linguagem formal para uma linguagem “popular”, aquela inteligível ao aluno, o professor deverá ser o primeiro a compreendê-la em seu aspecto mais formal. Segundo Gebara (2003), algumas razões para baixa qualidade do ensino de física se deve aos fatos: i) que tanto a formação inicial quanto a continuada do professor de física está aquém do desejado (formação inadequada); ii) política educacional ineficiente; e iii) desvalorização dos profissionais da educação [Rinaldi *et al.*, 1997 *apud* Gebara 2003]. Para Ricardo (2011), os futuros professores

não são treinados no curso de formação inicial (licenciatura) para aplicarem a física que aprendem ao mundo real.

Entretanto, o problema da relação entre teoria e realidade é mais evidente. Os futuros professores, frequentemente, aprendem a estrutura formal da física, mas têm dificuldade em relacioná-la com o mundo real. Parece haver um abismo entre os saberes formais e a realidade. Em certa medida, isso se deve a um ensino excessivamente apoiado na resolução de problemas e exercícios, sem discussões conceituais. [Ricardo 2011 p.35].

Observe que o professor, recém-formado, leva consigo para sala de aula do ensino básico exatamente esse modelo que é passado para ele no meio acadêmico. O atual sistema de ensino incentiva essa prática quando oferece um ensino de física puramente pragmático, isto é, sua única razão de ser é direcionada aos exames vestibulares que os alunos prestam ao final do ensino médio para ingresso na universidade. Por causa disso, o que deveria ser uma aula de ciência passou a ser uma aula de como resolver problemas. Os professores apresentam os conceitos físicos como sendo meros pré-requisitos para aplicação dessa ou daquela fórmula dentro de um problema proposto, e pouco relacionam os conceitos ensinados com o cotidiano do aluno [Ricardo 2011]. O aluno dispara todo esse arsenal de informações na resolução do problema e espera tão somente que o resultado final esteja correto. Sobre os alunos que compuseram uma média satisfatória ao final de uma série de avaliações, a comunidade escolar entende que tanto o ensino quanto a aprendizagem em física foram significativos. Entretanto, é comum que os alunos estejam concluindo cada série do ensino médio sem serem capazes de estabelecer qualquer conexão entre o que observam fora da sala de aula e os conteúdos de física que lhes foram ensinados [Gleiser 2000]. Ainda dentro desse aspecto, deve-se ressaltar que esse caminho é excludente uma vez que os alunos que possuem dificuldades em matemática (e não são poucos) concluem equivocadamente que a física não passa de cálculos matemáticos aplicados a situações físicas abstratas. Evidentemente que esses alunos se sentirão desmotivados em física aula após aula. Percebe-se então que o aluno precisa de uma educação científica que rompa com o pragmatismo dos exames vestibulares e vá além. Um ensino de física que o aluno possa utilizá-lo em sua vida nos mais diversos aspectos sócio-culturais. Essa intenção é descrita por Carvalho:

Revela-se, portanto, a importância de que a escola não se encarregue apenas de fornecer conteúdos aos seus estudantes, mas que também possa desenvolver entre eles uma racionalidade crítica que lhes ofereça condições de localizar socialmente os problemas científicos e, em consequência, permita-lhes participar de discussões referentes a problemas de seu entorno. (...), pois defende-se que ensinar Ciências e, em especial, a Física deixa de ser a mera apresentação de fórmulas e passa a ser um processo em que os estudantes se engajam na construção de seus conhecimentos investigando situações, coletando dados, levantando hipóteses, debatendo em busca de padrões que possam uma explicação e, conseqüentemente, uma previsão, e propondo modelos explicativos [Carvalho 2011 p. 13].

Um ensino de física de excelência é aquele que proporciona ao aluno ver sentido entre os eventos observados por ele em seu dia-a-dia e a explicação física que lhe é apresentada em sala de aula por meio de conceitos, relações e experimentos. Em busca desse ensino de qualidade foram criados em âmbito nacional os Mestrados Profissionais em Ensino de Física. Esse curso, oferecido em nível de pós-graduação *Strictu Sensu*, reúne como alunos, professores de ensino médio de escolas públicas e privadas. Seu objetivo central é incutir em seus alunos a reflexão sobre o atual sistema de ensino, a formação do professor, os aspectos cognitivos do aluno, o material didático e a prática docente visando uma mudança de paradigma no ensino de física nacional fazendo com que esta mudança proporcione uma formação cidadã nos alunos de ensino médio.

1.2 Uma Breve História do Ensino de Física

Para compreender como o atual ensino de física se tornou o que é hoje devemos voltar no tempo e fazer uma rápida retrospectiva. Em 1945 os EUA lançam as duas primeiras bombas atômicas sobre as cidades japonesas de Hiroshima e Nagasaki exterminando quase 200 mil pessoas e dando fim definitivo à Segunda Guerra Mundial. Inicia-se a Guerra Fria, tendo os EUA à frente do bloco capitalista e a antiga URSS (antiga União Soviética) à frente do bloco socialista. Uma das características marcantes desse tipo de guerra entre as nações líderes dos dois blocos é a corrida armamentista. Os dois países não só desenvolviam armas nucleares cada vez mais destruidoras, mas que pudessem também atingir seus adversários em territórios cada vez mais distantes (mísseis intercontinentais). A tecnologia de lançamento de mísseis de longo alcance

colaborou para que EUA e URSS começasse a trabalhar para conquista espacial. No final da década de cinquenta, URSS entra para história como sendo a pioneira em lançar um satélite ao espaço, o Sputnik. Os americanos, subjugados, começam a desenvolver projetos de ensino visando a capacitação de jovens para carreira científica e tecnológica [Carvalho 2011]. Com esse fim fazem uma reforma no currículo de física do ensino médio a partir da criação de projetos pedagógicos sendo o mais conhecido entre eles o PSSC (Physical Science Study Committee), criado em 1956 no M.I.T (Massachusetts Institute Technology). Sobre esse curso de Física, Moreira (2000) diz:

Não era, simplesmente, um novo livro de Física para a escola média. Era um projeto curricular completo, com materiais instrucionais educativos inovadores e uma filosofia de ensino de Física, destacando procedimentos físicos e a estrutura da Física. [Moreira 2000 p.94]

Antes da criação do curso de física do PSSC, o ensino de física era pautado no livro didático. Moreira (2000) cita algumas obras com seus respectivos autores como: Introdução à Física, de Maiztegui & Sábato (1951), Física na Escola Secundária, de Blackwood, Herron & Kelly (1958) e Introdução à Eletricidade, ao Magnetismo e à Ótica, de R.A. Salmeron (1961). Com o PSSC, inaugurou-se a era dos projetos - o Nuffield, na Inglaterra, o Havard Physics Project, também nos Estados Unidos, e o Projeto de Ensino de Física na Universidade de São Paulo, Brasil. Todos esses decorrentes do PSSC. Observe que o Brasil fez parte do grupo de países que abraçaram os projetos de ensino de física como propulsores de conhecimento científico. Entretanto, o estabelecimento dos projetos aqui no Brasil tivera outro propósito e, para tal, sofrera adaptações e reformulações que se encaixassem à nossa realidade sociocultural [Carvalho 2011]. Embora tais projetos fossem arrojados em seus propósitos e, por que não dizer, rigorosos em sua concepção de ensino de física, eles não tinham nenhum compromisso com o aprendizado dos alunos em física. Não podemos negar que os projetos eram ricos manuais de ensino de física que subsidiavam ao aluno todo aparato acadêmico que precisavam para se desenvolver nessa disciplina. Contudo, observou-se que mesmo com todo esse ferramental a aprendizagem em física por parte dos alunos não estava garantida. Logo,urgia-se a necessidade de um projeto pedagógico que incluísse em suas entre linhas a aprendizagem significativa dos alunos em física.

Daí, então, surge nos anos setenta a Pesquisa em Ensino de Física que tinha como objetivo voltar-se para o estudo da relação ensino-aprendizagem em física. Fundamentalmente, a pesquisa em ensino de física se ocupava em verificar qual a leitura que os alunos faziam daquilo que o professor de física tentava passar para eles: o conceito físico. Uma vez detectado algum equívoco no entendimento desses conceitos procurava-se fazer então, por algum meio ou método, que os alunos passassem por uma Mudança Conceitual. Além da resolução de problemas no aprendizado de física, a pesquisa em ensino dessa ciência se desenvolveu e abraçou outros campos de atuação como as representações mentais dos alunos, concepções epistemológicas dos professores e formação inicial e permanente de professores. Essa nova modalidade de pesquisa em ciências também trouxe consigo várias abordagens inovadoras em físicas tais como a “física do cotidiano”, “equipamento de baixo custo”, “ciência-tecnologia-sociedade” (CTS), “física contemporânea”, “história e filosofia da ciência” e “novas tecnologias”. Embora essas abordagens sejam bem interessantes, Moreira nos chama a atenção para o fato delas terem suas limitações e, que a exclusividade em se adotar uma única abordagem, o tempo todo, não seria proveitoso nem para o ensino do professor nem para o aprendizado do aluno:

Creio que cada uma destas vertentes tem seu valor, mas também suas limitações e, até mesmo, prejuízos para o ensino da física, na medida que forem exclusivas. Julgo que é um erro ensinar física sob um único enfoque, por mais atraente que seja. [Moreira 2000 p.95].

Embora a pesquisa em ensino de física busque soluções que tentem aproximar mais a física da realidade dos alunos, o ensino de física ainda está centrado na figura do professor como o agente transmissor de conhecimento, e o aluno como sujeito passivo na aquisição dessas informações. O ensino que se resume no acúmulo de saberes atende apenas às expectativas de um pequeno grupo que continuará sua formação [Ricardo e Freire 2007]. É necessário que o ensino de física se liberte desse contexto e passe a trabalhar na formação e desenvolvimento do espírito crítico dos alunos e que estes possam viver e intervir na sociedade [Carvalho 2011].

1.3 Relevância do tema dessa dissertação

Cinquenta anos após Faraday e Henry terem descoberto a indução eletromagnética, Nikola Tesla e George Westinghouse usaram essas descobertas para fins práticos e mostraram ao mundo que a eletricidade poderia ser gerada com segurança e em quantidades suficientes para iluminar cidades inteiras [Hewitt 2009]. Estava inaugurada, então, a era da transmissão de energia elétrica. Praticamente, a maioria dos aparelhos que usamos no dia-a-dia consome energia elétrica. Maior parte dela oriunda de fontes de tensão alternada (tomadas). Assim são: a geladeira, o aspirador de pó, o computador, a máquina de lavar, o ferro de passar roupas, a televisão, a torradeira elétrica, o forno de microondas, etc. Todavia, existe um grande grupo de aparelhos que também fazem parte do nosso cotidiano que, por terem sido criados para serem transportados de um lado para o outro, não podem ficar ligados à tomadas. Eles também não precisam de energia elétrica em grande escala para funcionarem, uma vez que para função que desempenham eles consomem pouca energia elétrica por unidade de tempo. Em vista desses fatores, todos eles dispensam o uso de tensão alternada e basta tensão contínua para o funcionamento dos mesmos. É o caso das lanternas, controles-remotos, rádios, brinquedos, relógios de parede, barbeadores elétricos, máquina fotográfica, mouse, joystick, etc. Todos esses aparelhos possuem algo em comum – a energia elétrica que eles utilizam provem do uso de pilhas.

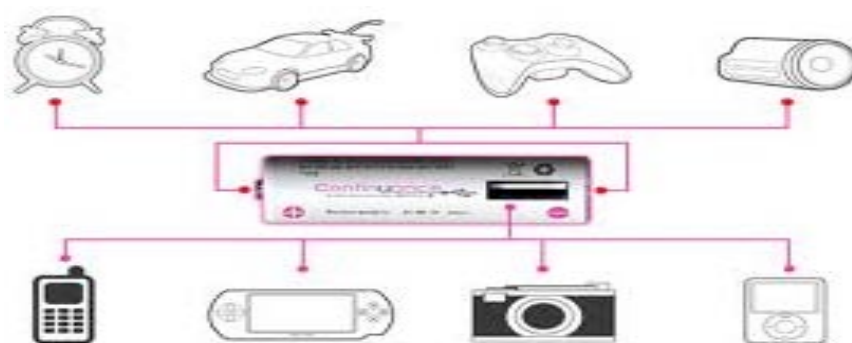


Figura 1 - Diversos aparelhos em que se faz uso de pilhas para seu Funcionamento [Callegari 2011].

Embora a humanidade ainda gire em torno da energia elétrica¹ gerada em grande escala, aquela proveniente das usinas, não podemos ignorar de forma alguma aquela

¹ Existe também uma enorme dependência global da energia fóssil.

gerada através das pilhas. Quando as pilhas utilizadas nesses aparelhos descarregam, isto é, param de fornecer uma certa quantidade de energia elétrica mínima, não ligamos a TV, a lanterna não acende e o mouse do computador não funciona. Percebido o transtorno que é criado quando não se tem as pilhas por perto, estas se tornaram uma fonte de energia imprescindível em todos os lugares. Por isso a oferta pelas mesmas é algo impressionante. Podemos encontrá-las em vários tipos de estabelecimentos comerciais como supermercados, padarias, papelarias, lojas de construção, lojas de conveniência em postos de gasolina, lojas de brinquedo, lojas de eletrônica, lojas de eletro-eletrônicos, lojas de informática, camelôs, bancas de jornal, feiras-livres, importadoras, tabacarias, botequins e farmácias.



(a)



(b)



(c)

Figura 2 - Vários estabelecimentos vendem pilhas ao consumidor: (a) loja de material de construção; (b) loja de equipamentos fotográficos; e (c) mercado informal.

Embora a necessidade pelas pilhas e a oferta pelas mesmas sejam grandes, elas não são produtos baratos. Em média, uma pilha alcalina do tipo AA custa em torno de R\$ 6,00. A pilha D, conhecida como “pilha grande”, chega aos R\$ 15,00 em alguns estabelecimentos. O custo elevado desse produto tem feito que os consumidores procurem pelas pilhas no mercado informal (camelôs) que vendem pilhas cuja qualidade é duvidosa, porém com preços mais atraentes ao consumidor. Nesse trabalho, sempre que fizermos menção a esse tipo de pilha, chamaremos-nas de *pilhas piratas*.



Figura 3 - As pilhas ainda são utensílios caros nas prateleiras do comércio.

Quando as pilhas não têm mais utilidade, as pessoas geralmente têm três posturas: (i) Algumas acreditam que as pilhas gastas, após passarem um tempo no refrigerador, recarregam-se e estarão novamente prontas para o uso; (ii) outras conectam no mesmo aparelho pilhas usadas com pilhas novas; e (iii) existem também pessoas que simplesmente se desfazem delas jogando-as no lixo comum ou em outros lugares inapropriados como terrenos baldios. Para comprovar a veracidade dessas informações passamos um questionário com doze perguntas sobre o que as pessoas conhecem sobre as pilhas e como elas se relacionam com as mesmas (vide Apêndice A).

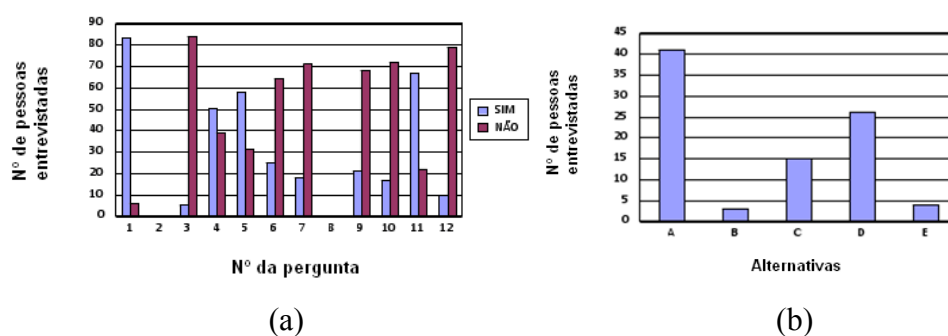


Figura 4 – (a) Resultados da pesquisa sobre o relacionamento das pessoas com as pilhas. (b) Resultados para pergunta 8. Observe que maioria das pessoas descarta as pilhas em lixo comum.

Participaram da pesquisa pessoas de todas as idades e de vários níveis de escolaridade. Os resultados são mostrados nos gráficos das figuras 4(a) e 4(b). Observe o que a maioria das pessoas respondeu na pergunta 12. Esta pergunta visava levantar o conhecimento das pessoas sobre a poluição causada pelas pilhas. A maioria dos entrevistados respondera que as pilhas não oferecem nenhum perigo à saúde pública.

Ora, tais posturas sugerem pelo menos as seguintes perguntas:

1. Por que as pilhas “acabam”?
2. Por que as pilhas vazam?
3. Embora economizemos com as pilhas piratas vale a pena utilizar tais pilhas?
4. As pilhas oferecem algum perigo tóxico?

Para responder essas perguntas é necessário que estudemos os aspectos químicos, físicos e ambientais das pilhas. É nesse sentido que essa dissertação foi escrita. Escolheu-se o tema pilhas por se tratar de um utensílio tecnológico universal, pois é usado em lares do mundo inteiro, por pessoas de todas as idades, há mais de dois séculos. As pessoas simplesmente usam as pilhas, mas desconhecem completamente seu universo tal como sua composição interna e suas propriedades físico-químicas. Também não têm nenhum respaldo científico que sustente as práticas já mencionadas acima e, tão pouco estão cientes do perigo de contaminação que as pilhas representam para a saúde pública quando descartadas de forma irresponsável. O ensino de física mais do que nunca precisa tomar para si uma parte da responsabilidade de formar cidadãos críticos e conscientes de suas ações que venham intervir na sociedade e na natureza para o seu próprio bem e para o bem daqueles que o rodeiam. Segundo Carvalho,

Como, então, oferecer aos alunos condições para que sejam capazes de trabalhar com os conhecimentos e as tecnologias que os rodeiam em suas vidas, dentro e fora da escola? Como formar estudantes capazes de compreender informações, de tecer relações entre temas de seu interesse, de julgar prós e contras frente às situações que vivenciam e que, de uma forma ou de outra, afligem sua vida, a sociedade e o ambiente? [Carvalho 2011 p.1].

O interesse desse trabalho é apontar uma direção alternativa de como proporcionar um ensino de física que faça diferença na vida do aluno segundo a orientação dos PCN:

Espera-se que o ensino de física, na escola média contribua para formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais, situando e dimensionando a interação do ser humano

com a natureza como parte da própria natureza em transformação. Para tanto, é essencial que o conhecimento físico seja explicitado como um processo histórico, objeto de contínua transformação e associado às outras formas de expressão e produção humanas. É necessário também que essa cultura em Física inclua a compreensão do conjunto de equipamentos e procedimentos tecnológicos, do cotidiano doméstico, social e profissional. [Brasil 1999 p.229].

Esse mesmo tema foi abordado pelo Fantástico, programa jornalístico da Rede Globo de televisão. Na edição de 05/02/2012 desse programa o tema foi abordado no quadro “Atenção, consumidor” de modo a chamar a atenção dos consumidores quanto ao consumo das pilhas piratas. O Instituto Nacional de Metrologia (INMETRO) foi convidado a realizar vários testes em várias marcas de pilhas autênticas e piratas para verificar se os fabricantes respeitavam as normas técnicas e as resoluções ambientais para fabricação de pilhas [INMETRO 2011]. Muitas das marcas testadas apresentaram irregularidades, principalmente, as pilhas piratas. Foi constatado pelo INMETRO que estas pilhas duram menos e poluem mais o meio ambiente.



Figura 5 - Quadro do Programa Fantástico da rede Globo abordou o tema *pilhas* na edição que foi ao ar em 05/02/2012 [Globo 2012].

O Exame Nacional do Ensino Médio, o ENEM, tem exigido dos alunos vestibulandos um conhecimento profícuo sobre a questão ambiental em torno das pilhas. Encontramos pelo menos seis questões envolvendo pilhas e meio ambiente das quais destacamos uma para transcrevermo-la logo abaixo.

(ENEM 2009)

Cerca de 1% do lixo urbano é constituído por resíduos sólidos contendo elementos tóxicos. Entre esses elementos estão metais pesados como o cádmio, o chumbo e o mercúrio, componentes de pilhas e baterias, que são perigosos à saúde humana e ao meio ambiente. Quando descartadas em lixos comuns, pilhas e baterias vão para aterros sanitários ou lixões a céu aberto, e o vazamento de seus componentes contamina o solo, os rios e o lençol freático, atingindo a flora e a fauna. Por serem bioacumulativos e não biodegradáveis, esses metais chegam de forma acumulada aos seres humanos, por meio da cadeia alimentar. A legislação vigente (Resolução CONAMA nº 257/1999) regulamenta o destino de pilhas e baterias após seu esgotamento energético e determina aos fabricantes e/ou importadores a quantidade máxima permitida desses metais em cada tipo de pilhas/bateria, porém o problema ainda persiste.

Uma medida que poderia contribuir para acabar definitivamente com o problema da poluição ambiental dos metais pesados relatados no texto seria

- (A) deixar de consumir aparelhos elétricos que utilizem pilha ou bateria como fonte de energia.*
- (B) usar apenas pilhas ou baterias recarregáveis e de vida útil longa e evitar ingerir alimentos contaminados, especialmente, peixes.*
- (C) devolver pilhas e baterias, após o esgotamento da energia armazenada, à rede de assistência técnica especializada para repasse a fabricantes e/ou importadores.*
- (D) criar nas cidades, especialmente naquelas com mais de 100 mil habitantes, pontos estratégicos de coleta de baterias e pilhas, para posterior repasse a fabricante e/ou importadores.*
- (E) Exigir que fabricantes invistam em pesquisa para a substituição desses*

metais tóxicos por substâncias menos nocivas ao homem e ao meio ambiente, e que não sejam bioacumulativas.

1.4 A Estrutura da Dissertação

Iniciamos este trabalho no capítulo 1 fazendo uma crítica ao atual ensino de física. Então procuramos as raízes dos problemas e possíveis soluções encontradas em sala de aula num breve histórico feito no item 1.2. Em seguida, no item 1.3 justificamos a escolha do tema dessa dissertação mostrando que a sua abordagem é atual e necessária.

No capítulo 2 apresentamos a origem da pilha através dos trabalhos de Galvani, Volta e outros até os dias atuais quando Leclanché inventa a pilha seca. A partir do item 2.1, abordamos os aspectos químicos e físicos das pilhas mostrando desde como a energia elétrica é obtida das reações químicas até seu comportamento durante a descarga.

O capítulo 3 apresentamos alguns tipos de abordagem em ensino de ciências como CTS (ciência – tecnologia – sociedade), alfabetização científica e ensino por investigação.

No capítulo 4 apresentamos algumas atividades que podem ser realizadas na sala de aula ou no laboratório. Todas elas com o objetivo de criar nos alunos a preocupação com o descarte de pilhas e baterias e o meio ambiente.

O trabalho é concluído no capítulo 5 aonde o autor comenta da importância de trabalhos como este e outros na pesquisa em ensino de física realizada em várias universidades públicas pelo país a fora e dentro da sala de aula contribuindo para aprendizagem científica significativa dos alunos.

Capítulo 2

As pilhas secas

2.1 Introdução – A Célula Eletroquímica

Dá-se o nome de *gerador* ao elemento dentro do qual ocorre a transformação de alguma forma de energia em energia elétrica [Gualter 2010]. Há diversos tipos de geradores elétricos, pois se podem transformar vários tipos de energia em energia elétrica. É verdade também que os geradores elétricos utilizam meios distintos para obtenção da energia elétrica. A Tabela 1 mostra diversos tipos de geradores, a energia que cada um transforma em energia elétrica e o meio pelo qual isso é possível.

Tabela 1 – Diversos geradores, a energia que cada um transforma em energia elétrica e o meio pelo qual ocorre a transformação.

Gerador	Energia transformada	Meio de transformação
Usina hidrelétrica	Mecânica	Indução eletromagnética
Usina eólica	Mecânica	Indução eletromagnética
Usina de ondas	Mecânica	Indução eletromagnética
Usina nuclear	Nuclear	Indução eletromagnética
Usina solar	Solar	Efeito fotovoltaico
Pilhas e baterias	Química	Reações químicas

Em qualquer lugar do mundo, os geradores elétricos mais acessíveis às pessoas são as pilhas e as baterias². Para se ter noção de como as pilhas estão presentes na vida das pessoas estimou-se que um bilhão de pilhas são consumidas por ano só no Brasil [Barros 1998]. No passado, as pilhas (e baterias) eram a fonte de energia elétrica utilizadas para os experimentos dos cientistas [Tolentino 2000]. Hoje em dia, além das

² As baterias mais comuns são constituídas em seu interior de uma associação em série de pilhas ou construção equivalente a isso como o empilhamento de placas metálicas em um recipiente que contém uma solução alcalina. Por causa disso, usar-se-á apenas o termo *pilha*.

pilhas comuns existem as *pilhas recarregáveis*³. E entre as pilhas comuns existem aquelas que podem ter durabilidade maior que outras. Todavia, não há nenhuma pilha que seja uma fonte de energia elétrica inesgotável, isto é, todas elas após certo tempo de uso param de fornecer energia elétrica uma vez que nas reações químicas que ocorrem em seu interior os reagentes não estão mais em quantidade suficiente para produzir a quantidade de energia elétrica original da pilha⁴.

2.2 Breve História da Invenção da Pilha

As pilhas e sua utilização talvez sejam mais antigas do que imaginamos. Arqueólogos encontraram em vários pontos da Mesopotâmia alguns recipientes, datados de 500 a.C., contendo um tubo de cobre com uma varinha central de ferro grudados por asfalto, cheios de uma substância que lembra vinagre ou algum suco de fruta cítrica. Talvez placas de ouro encontradas em meio a jóias desse período tenham sido folheadas eletroliticamente com auxílio dessas células⁵ [Kordesch e Tomantschger 1981]. Se isso for verdade, poder-se-ia dizer que a redescoberta da pilha teve início com os estudos do filósofo e médico Luigi Galvani (1737-1798) sobre o que o médico francês Pierre Bertholon (1741-1800) e o italiano Giuseppe Gardini (1740-1816) denominaram de *eletricidade animal* [Tolentino 2000]. Galvani teve sua atenção despertada quando observou contrações musculares numa rã que estava sendo dissecada por um auxiliar seu. A contração ocorreu ao mesmo tempo em que o auxiliar tocou a rã com o bisturi e uma máquina eletrostática⁶ sofrera uma descarga elétrica. Várias investigações foram investidas por Galvani. Inicialmente, ele sugerira que as contrações se deram por conta da descarga elétrica nas proximidades do local da dissecação e para comprovar tal fato realizou experiências com rãs em dias de tempestade obtendo sucesso para sua hipótese inicial, isto é, observou novamente as contrações musculares. Todavia, resolveu investigar se o fenômeno também ocorria sem influência absoluta da eletricidade externa e realizou a mesma experiência num dia sem tempestades. Nesse caso, Galvani só observou contrações na musculatura da rã quando pressionou contra o nervo da

³ Embora este último tipo não seja o assunto central desse trabalho, uma breve explicação do mecanismo de funcionamento dessa modalidade de pilha será dada mais adiante.

⁴ O fato de uma pilha estar gasta não indica que as reações químicas em seu interior cessaram.

⁵ Do inglês “cell” que é outra terminologia para pilhas.

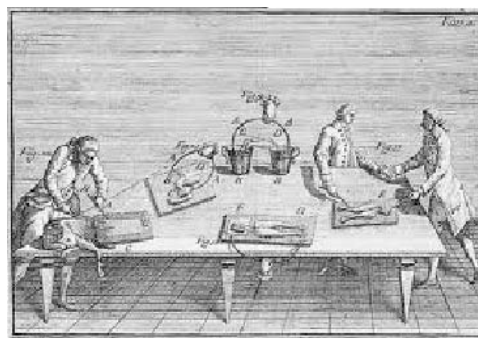
⁶ Uma *jarra de Leiden* por exemplo.

mesma o gancho metálico que a sustentava, comprimindo-o contra o gradil de ferro em sua casa. Dessa forma, Galvani passou a atribuir as contrações nos músculos da rã ao contato estabelecido entre o músculo e o nervo do animal por um arco metálico. Em 1791, Galvani, publicou uma monografia intitulada *De Viribus Electricitatis in Motu Musculari* (“Sobre as Forças de Eletricidade nos Movimentos Musculares”) como 7º volume da série *Commentarius*, editada pelo Instituto de Ciência de Bolonha.

Nessa monografia, Galvani conclui seus estudos afirmando que os animais possuíam uma eletricidade própria que era armazenada nos músculos que seria conduzida pelos nervos.



(a)



(b)

Figura 6 – (a) Luigi Galvani (1737-1798) filósofo e médico italiano [Alchemical 2008]. (b) Vários experimentos de Galvani relacionados à eletricidade [Afinidadeeletrica 2012].

Divulgada para os principais centros científicos a monografia de Galvani alcançou grande repercussão chegando ao conhecimento de *Alessandro Volta* (1745-1827), professor de física na Universidade de Pávia. Volta, repetindo as experiências de Galvani, acreditou a princípio na eletricidade animal e confirmou as hipóteses de Galvani. Entretanto, suas pesquisas foram progredindo e conseqüentemente, uma mudança de pensamento foi inevitável. Volta observou finalmente que bastava que um arco bimetálico ligasse pontos distintos do nervo da rã para que houvesse as contrações, isto é, a eletricidade (corrente elétrica) não tinha sua origem no músculo da rã, pois esse estava desligado da parte nervosa. Ora, isso ia contra a idéia de Galvani de que o músculo era um reservatório de eletricidade. Nesse sentido, Volta logo inferiu que a eletricidade que aparecia era decorrente da diferença dos metais para fazer o arco. Uma outra experiência que fortaleceu a hipótese de Volta foi aquela realizada pelo físico

suíço Johann Georg Sulzer (1720-1779) na qual após inserir a própria língua entre dois discos de metais diferentes e encostando um no outro pelas bordas, ele sentia uma pequena sensação de choque em sua língua. A partir disso, Volta estava certo que duas placas de metais distintos, quando encostada uma na outra, funcionavam como um “eletro-motor⁷”, isto é, um produtor de eletricidade. Contrariado, Galvani realiza em 1794 um experimento no qual demonstra que não havia necessidade de metais como intermediadores entre nervo e músculo. Ele encostou diretamente um no outro e as contrações ocorreram. Volta não se convence e lança a hipótese que possivelmente um estímulo químico poderia estar por trás do estímulo nervoso. Então, Volta começa a empilhar discos de zinco (Zn) e prata (Ag) alternadamente e observa que tal arranjo possibilitava o surgimento de uma tensão elétrica constante entre os terminais. Daí surge a primeira pilha elétrica intitulada *pilha voltaica*. Até então, Volta não tinha levado em consideração a presença de fluidos animais em seus experimentos o que deveria ser levado em conta já que nos experimentos originais de Galvani eles sempre estavam presentes. Por isso, Volta insere entre os discos metálicos pedaços de papelão umedecidos com uma solução salina. Obteve então um resultado surpreendente nesse caso – que a tensão produzida por cada par de discos se somava. Ora, quanto maior a pilha de discos maior a tensão elétrica produzida. Em 20 de março de 1800 Volta publicou seu invento num artigo intitulado Sobre a Eletricidade Excitada por Simples Contato de Substâncias Condutoras de Diferentes Tipos. As primeiras linhas desse artigo foram traduzidas e transcritas por Magnaghi e Assis (2008) e foram destacadas como se vê abaixo:

Após um longo silêncio, do qual não procurarei desculpas, tenho a satisfação de comunicar-lhe, senhor, e, por vosso meio à Sociedade Real, alguns resultados surpreendentes aos quais cheguei no prosseguimento de minhas experiências sobre a eletricidade excitada pelo simples contato entre metais de natureza distinta e também pelo contato de outros condutores, também diferentes entre si, sejam líquidos ou contendo algum líquido ao qual se atribui o poder condutor [p.119].

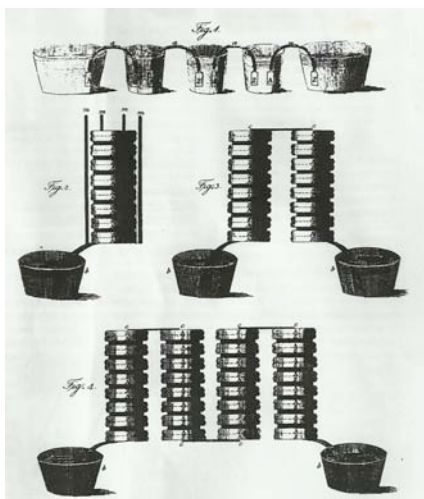
⁷ Termo original usado por Volta. Daí surge a palavra *força eletromotriz ou fem*.



Figura 7 - Alessandro Volta (1745-1827) [Oocities 2009].

Mais tarde, outras possibilidades foram inauguradas como a do cientista amador William Nicholson (1753-1815) que substituiu a solução salina por uma solução ácida.

Naquela ocasião, Napoleão Bonaparte ficou tão entusiasmado pela invenção de Volta que o condecorou com uma medalha e doou à Escola Politécnica uma pilha com seiscentos discos.



(a)



(b)

Figura 8 – (a) Variações da pilha inventada por Alexandro Volta em 1800 [Perdiamateria 2012]. (b) Versão definitiva da pilha de Volta [Wikipedia 2012a].

O invento de Volta foi um marco importante na história da ciência, pois com o advento da pilha a pesquisa experimental tornou-se deveras frutífera como relata Feltre (1994):

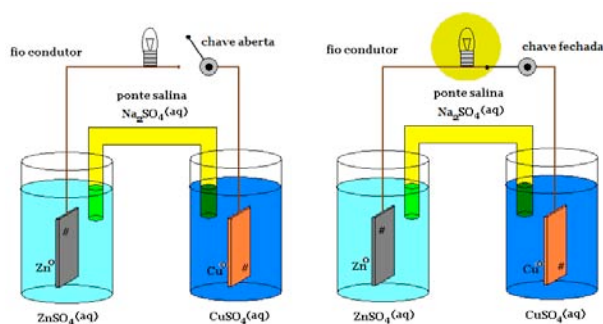
O sucesso da invenção de Volta foi tão grande que, imediatamente, muitos cientistas passaram a construir pilhas cada vez maiores para suas experiências; um

exemplo foi a pilha de 2 000 pares de placas, construída pela Sociedade Real de Londres. Isso propiciou descobertas muito importantes nos campos da Física e da Química. [p. 118].

Mais tarde, John Frederic Daniell (1790-1845) constrói sua pilha denominada Pilha de Daniell. Essa pilha é composta por duas placas metálicas condutoras distintas como na pilha original de Volta. No entanto, a solução ácida usada por Volta como eletrólito, ao reagir com os metais produzia gases tóxicos. Daniell substituiu então a solução ácida pela solução salina o que passou a ser a característica principal de sua pilha.



(a)



(b)

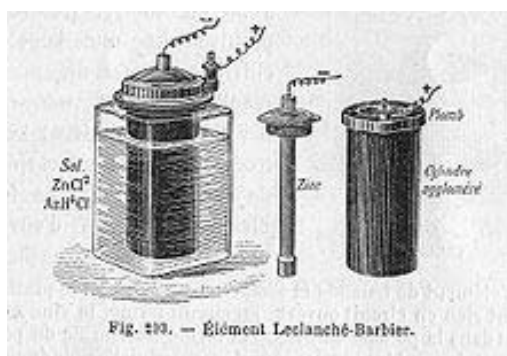
Figura 9 – (a) John Frederic Daniell (1790-1845) [About 2012]. (b) A pilha de Daniell substitui a solução ácida por soluções salinas como ZnSO₄, NaSO₄ e CuSO₄.

Em 1865, George Leclanché (1839-1882) inventa a pilha que levava seu nome – Pilha de Leclanché – mas também chamada de pilha seca⁸. A vantagem dessa pilha com relação às de Volta e Daniell era que a substância eletrolítica deixou de ser líquida. Por causa disso, além da pilha diminuir de tamanho, passou a ser uma fonte de energia portátil e compacta, e foi o modelo que deu origem ao formato das pilhas atuais.

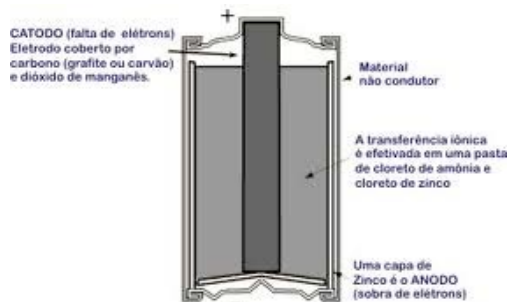
⁸ Na verdade, na pilha de Leclanché, a substância eletrolítica era uma pasta.



Figura 10 - Georges Leclanché (1839-1882) engenheiro francês [Telephonecollecting 2012].



(a)



(b)

Figura 11 – (a) Pilha de Leclanché original [Wikipedia 2012b]. (b) Pilha de Leclanché em sua versão atual [Hiperphysics 2000].

2.3 Sobre o Mecanismo de Funcionamento das Pilhas

A base científica do mecanismo de funcionamento das pilhas é estudada pela *Físico – Química* que é a parte da química que estuda aspectos físicos dos sistemas e reações químicas. São estudados pela físico-química básica: as soluções, as propriedades coligativas das soluções, o calor das reações (termoquímica), a velocidade das reações (cinética química), equilíbrio químico, a eletroquímica e as reações nucleares. Como as pilhas produzem energia elétrica oriunda de reações químicas, elas devem ser estudadas à luz da *Eletroquímica* que é a parte da físico-química que estuda as relações existentes entre os fenômenos elétricos e as reações químicas [Feltre 1994]. Na eletroquímica são estudados dois fenômenos:

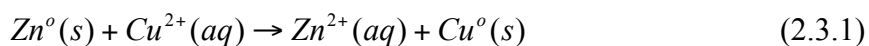
- Pilhas: consiste na produção de corrente elétrica a partir de reações químicas.
- Eletrólise: consiste na realização de reações químicas a partir da passagem da corrente elétrica pelos reagentes.

Uma pilha é constituída de quatro elementos fundamentais, a saber, 02 eletrólitos e 02 eletrodos (catodo e anodo). Basicamente, os eletrólitos são duas soluções iônicas e os eletrodos, dois metais. Evidentemente, a característica comum entre os quatro elementos é que ambos precisam ser bons condutores de eletricidade.

A corrente elétrica é produzida pela diferença de potencial gerada pelo acúmulo de elétrons num dos eletrodos (catodo) e perda de elétrons no outro (anodo). Para que haja ganho e perda de elétrons nos eletrodos é necessário que aconteça um tipo bem particular de reação química entre os eletrodos e os eletrólitos. Tais reações recebem o nome de reações de oxi-redução. Basicamente, esse tipo de reação ocorre do seguinte modo: Imergindo o eletrodo (metal no estado sólido) no eletrólito, observa-se que:

Os átomos neutros do eletrodo perdem elétrons transformando-se em íons (cátions). Íons dissociados da solução recebem esses elétrons e transformam-se em átomos neutros.

Seja a imersão de uma placa de $Zn^0(s)$ ⁹ e uma solução aquosa de $CuSO_4$ ¹⁰. A reação química que ocorre pode ser expressa por sua forma global:



Átomos de zinco da placa se dissociam em cátions Zn^{2+} liberando dois elétrons ($2e^-$). A placa de zinco se desgasta. Os cátions Zn^{2+} encontram os ânions SO_4^{2-} dissociados da solução formando $ZnSO_4(aq)$. Os elétrons encontram os cátions Cu^{2+} da solução formando $Cu(s)$ que ficam depositados na placa de zinco. Esta reação de oxi-redução pode ser expressa da seguinte forma:

⁹ Lê-se: zinco sólido.

¹⁰ Lê-se: solução aquosa de sulfato de cobre (II).

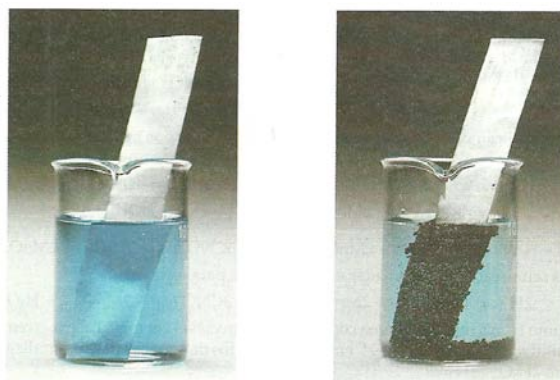
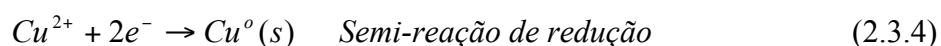
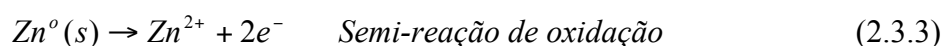


Figura 12 - A oxidação do zinco provoca o clareamento da solução de sulfato de cobre. O cobre formado fica depositado na placa de zinco [Brown, LeMay e Bursten 2005].



A equação química (2.3.1) expressa uma reação de oxi-redução. Dizemos que o elemento que perde elétrons se oxida e passa ser chamado redutor. O íon que dá origem ao átomo neutro a partir do ganho de elétrons se reduz e passa ser chamado de oxidante. A eq. (2.3.1) também pode ser dividida em suas semi-reações de oxidação e redução.



Como utilizar as reações de oxi-redução para construir uma pilha? Suponhamos que uma placa de zinco é imersa numa solução aquosa de $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ ¹¹. Chamaremos a reação a se realizar de reação I. Uma placa de cobre é imersa numa solução aquosa de $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ ¹². A reação a se realizar será a reação II. A reação I é separada da reação II por uma *ponte salina*¹³ que contém uma solução concentrada de NaNO_3 . Durante a reação I, desprendem-se da placa de zinco cátions Zn^{2+} e são liberados dois elétrons ($2e^-$) tornando-a o eletrodo negativo (anodo). Os cátions Zn^{2+} vão para a solução aumentando

¹¹

Lê-se: nitrato de zinco.

¹² Lê-se: nitrato de cobre.

¹³ A ponte salina equilibra a presença de íons NO_3^- entre as soluções e fecha o circuito.

nela a concentração de íons zinco. Na reação II, a placa de cobre absorve cátions Cu^{2+} da solução de nitrato de cobre e através de um fio condutor absorve os dois elétrons oriundos da placa de zinco tornando-a o eletrodo positivo (catodo).

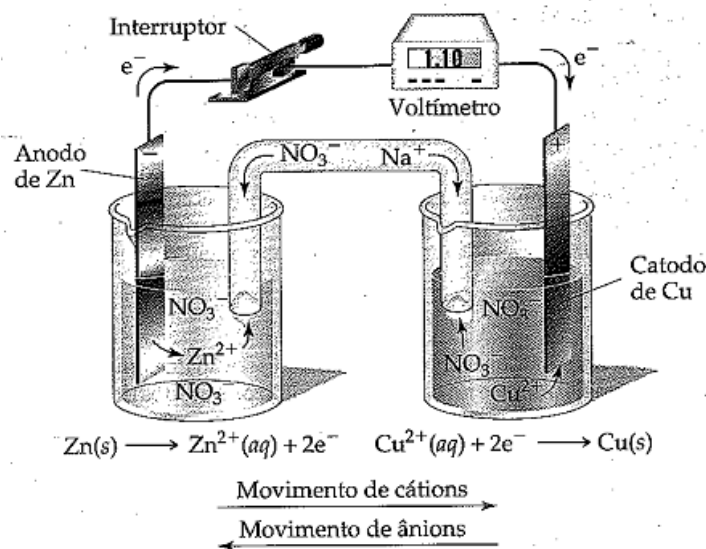


Figura 13 - Operação de uma célula eletroquímica [Brown, LeMay, Bursten 2005].

Na solução de nitrato de cobre há então uma diminuição da concentração de Cu^{2+} . Para equilibrar o excesso íons Zn^{2+} e a escassez de íons Cu^{2+} nas soluções, entra em ação a ponte salina. Trata-se de um tubo em U que contém uma solução concentrada de algum sal, aqui no caso o nitrato de sódio¹⁴. Nas aberturas do tubo bolas de lã funcionam como uma tela que permitem que cátions Na^{+} e ânions NO_3^{-} passem através delas para as soluções de nitrato de cobre e nitrato de zinco, respectivamente, mas sem deixar que a solução de $NaNO_3$ no interior do tubo se misture às soluções. Todo esse processo pode ser representado pela figura 13. Lembramos ainda que só ocorrerá o fluxo de elétrons do anodo para o catodo se as soluções permanecerem eletricamente neutras o que é garantido pela migração de íons da ponte salina para as soluções.

Como selecionar os eletrodos na montagem de uma pilha? Existem elementos da tabela periódica que têm maior facilidade de serem oxidados que outros. Dá-se o nome desse grupo de elementos de *Série de Atividade de Metais em Solução Aquosa*. A tabela abaixo nos informa que elementos formam essa série e aponta o sentido de maior facilidade de oxidação entre esses elementos. Como a seta é ascendente, escolhendo um

¹⁴Lê-se: nitrato de sódio.

elemento para ser o anodo qualquer elemento abaixo dele na tabela poderá ser tomado como o catodo.

Tabela 2 - Série de Atividades de Metais em Solução Aquosa [Brown, LeMay e Bursten 2005].

Metal	Reação de Oxidação			
Lítio	$\text{Li}(s)$	\longrightarrow	$\text{Li}^+(aq)$	$+ e^-$
Potássio	$\text{K}(s)$	\longrightarrow	$\text{K}^+(aq)$	$+ e^-$
Bário	$\text{Ba}(s)$	\longrightarrow	$\text{Ba}^{2+}(aq)$	$+ 2e^-$
Cálcio	$\text{Ca}(s)$	\longrightarrow	$\text{Ca}^{2+}(aq)$	$+ 2e^-$
Sódio	$\text{Na}(s)$	\longrightarrow	$\text{Na}^+(aq)$	$+ e^-$
Magnésio	$\text{Mg}(s)$	\longrightarrow	$\text{Mg}^{2+}(aq)$	$+ 2e^-$
Alumínio	$\text{Al}(s)$	\longrightarrow	$\text{Al}^{3+}(aq)$	$+ 3e^-$
Manganês	$\text{Mn}(s)$	\longrightarrow	$\text{Mn}^{2+}(aq)$	$+ 2e^-$
Zinco	$\text{Zn}(s)$	\longrightarrow	$\text{Zn}^{2+}(aq)$	$+ 2e^-$
Cromo	$\text{Cr}(s)$	\longrightarrow	$\text{Cr}^{3+}(aq)$	$+ 3e^-$
Ferro	$\text{Fe}(s)$	\longrightarrow	$\text{Fe}^{2+}(aq)$	$+ 2e^-$
Cobalto	$\text{Co}(s)$	\longrightarrow	$\text{Co}^{2+}(aq)$	$+ 2e^-$
Níquel	$\text{Ni}(s)$	\longrightarrow	$\text{Ni}^{2+}(aq)$	$+ 2e^-$
Estanho	$\text{Sn}(s)$	\longrightarrow	$\text{Sn}^{2+}(aq)$	$+ 2e^-$
Chumbo	$\text{Pb}(s)$	\longrightarrow	$\text{Pb}^{2+}(aq)$	$+ 2e^-$
Hidrogênio	$\text{H}_2(g)$	\longrightarrow	$2\text{H}^+(aq)$	$+ 2e^-$
Cobre	$\text{Cu}(s)$	\longrightarrow	$\text{Cu}^{2+}(aq)$	$+ 2e^-$
Prata	$\text{Ag}(s)$	\longrightarrow	$\text{Ag}^+(aq)$	$+ e^-$
Mercúrio	$\text{Hg}(l)$	\longrightarrow	$\text{Hg}^{2+}(aq)$	$+ 2e^-$
Platina	$\text{Pt}(s)$	\longrightarrow	$\text{Pt}^{2+}(aq)$	$+ 2e^-$
Ouro	$\text{Au}(s)$	\longrightarrow	$\text{Au}^{3+}(aq)$	$+ 3e^-$



2.4 A Força Eletromotriz das Pilhas (FEM)

Ora, o leitor deve estar se perguntando como se dá o fluxo de elétrons através do fio condutor que liga os eletrodos da pilha. A resposta é simples. Sabemos da eletrostática que partículas com carga positiva procuram, espontaneamente, o potencial elétrico menor enquanto que partículas com carga negativa, como os elétrons, procuram espontaneamente, o potencial elétrico maior. Na pilha estudada no item 2.3 a deposição de Zn^{2+} na solução tornou a placa negativa (anodo) o que corresponde ao menor potencial elétrico. A deposição de Cu^{2+} na placa de cobre a tornou positiva (catodo) o que corresponde ao maior potencial elétrico. Dessa maneira, os elétrons liberados do zinco movem-se do anodo (menor potencial) para o catodo (maior potencial). Quantitativamente, o sentido desse movimento se dá por causa da *diferença de potencial (ddp)* entre os eletrodos da pilha. A essa diferença de potencial dá-se o nome

de *Força Eletromotriz ou FEM* da pilha. Em eletroquímica a FEM (V_{cel}) é dada pela diferença entre os *potenciais de redução* (V_{red}) de cada semi-célula.

$$V_{cel} = V_{red}(catodo) - V_{red}(anodo) \quad (2.4.1)$$

Se os eletrólitos (produtos e reagentes) da pilha estiverem na concentração de 1 mol/L, a temperatura de 25°C e a pressão atmosférica de 1 atm dizemos que a pilha se encontra nas **CONDIÇÕES-PADRÃO**. Assim, define-se **FEM-PADRÃO** (V_{cel}^o) a diferença entre os **POTENCIAIS-PADRÃO DE REDUÇÃO** (V_{red}^o) de cada semi-célula.

$$V_{cel}^o = V_{red}^o(catodo) - V_{red}^o(anodo) \quad (2.4.2)$$

Na figura 13, acoplado-se um multímetro a cada eletrodo da pilha *Zn-Cu* nas condições-padrão a FEM-padrão registrada é + 1,1 V.

O valor do potencial-padrão de redução de cada tipo de semi-célula é medido a partir de um valor de referência chamado **ELETRODO-PADRÃO DE HIDROGÊNIO** (EPH). O valor do potencial EPH vale, por convenção, 0 V (zero volt). Se quisermos medir o potencial-padrão de uma semi-célula basta que a acoplemos ao EPH e, com um multímetro registramos a diferença de potencial entre o eletrodo da semi-célula e o EPH. Quando acoplamos a semi-célula de zinco ao EPH e medimos a diferença de potencial com o multímetro, encontramos +0,76 V. Com base nessa medida podemos encontrar o potencial-padrão de redução para o eletrodo zinco como segue abaixo.

$$+ 0,76 = 0(EPH) - V_{red}^o [Zn(s) \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-] \rightarrow V_{red}^o [Zn(s) \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-] = -0,76V$$

A tabela seguinte nos fornece valores de potenciais-padrão para algumas semi-reações de redução.

Tabela 03 – Potencial – Padrão de redução de várias semi-reações de redução [Brown, LeMay, Bursten 2005].

Potencial (V)	Semi-reação de redução
+2,87	$F_2(g) + 2e^- \longrightarrow 2F^-(aq)$
+1,51	$MnO_4^-(aq) + 8H^+(aq) + 5e^- \longrightarrow Mn^{2+}(aq) + 4H_2O(l)$
+1,36	$Cl_2(g) + 2e^- \longrightarrow 2Cl^-(aq)$
+1,33	$Cr_2O_7^{2-}(aq) + 14H^+(aq) + 6e^- \longrightarrow 2Cr^{3+}(aq) + 7H_2O(l)$
+1,23	$O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^- \longrightarrow 2H_2O(l)$
+1,06	$Br_2(l) + 2e^- \longrightarrow 2Br^-(aq)$
+0,96	$NO_3^-(aq) + 4H^+(aq) + 3e^- \longrightarrow NO(g) + 2H_2O(l)$
+0,80	$Ag^+(aq) + e^- \longrightarrow Ag(s)$
+0,77	$Fe^{3+}(aq) + e^- \longrightarrow Fe^{2+}(aq)$
+0,68	$O_2(g) + 2H^+(aq) + 2e^- \longrightarrow H_2O_2(aq)$
+0,59	$MnO_4^-(aq) + 2H_2O(l) + 3e^- \longrightarrow MnO_2(s) + 4OH^-(aq)$
+0,54	$I_2(s) + 2e^- \longrightarrow 2I^-(aq)$
+0,40	$O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e^- \longrightarrow 4OH^-(aq)$
+0,34	$Cu^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Cu(s)$
0	$2H^+(aq) + 2e^- \longrightarrow H_2(g)$
-0,28	$Ni^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Ni(s)$
-0,44	$Fe^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Fe(s)$
-0,76	$Zn^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Zn(s)$
-0,83	$2H_2O(l) + 2e^- \longrightarrow H_2(g) + 2OH^-(aq)$
-1,66	$Al^{3+}(aq) + 3e^- \longrightarrow Al(s)$
-2,71	$Na^+(aq) + e^- \longrightarrow Na(s)$
-3,05	$Li^+(aq) + e^- \longrightarrow Li(s)$

Evidentemente, o valor da FEM de uma pilha não se mantém constante, ela varia. Por quê? A explicação disso é dada a partir da equação de Nernst [Feltre 1994]:

$$V_{cel} = V_{cel}^o + \frac{RT}{nF} \ln Q \quad (2.4.3)$$

onde

V_{cel} : é a FEM fora do estado padrão dos reagentes e dos produtos;

V_{cel}^o : é a FEM no estado padrão dos reagentes e dos produtos;

R : constante universal dos gases;

T : temperatura absoluta em que a reação ocorre;

n : número de elétrons transferidos;

F : constante de Faraday;

Q : quociente da reação;

Para uma pilha que opera nas condições-padrão ($T = 298 \text{ K}$ e $p_{atm} = 1 \text{ atm}$) a equação de Nernst pode ser tratada como uma função de Q , isto é, $V_{cel} = f(Q)$. Esta equação quer dizer que a FEM fora do padrão (V_{cel}) de uma pilha DIMINUI à medida

que os reagentes vão sendo consumidos e os reagentes vão sendo formados o que significa que o tempo de vida útil da pilha expirou e ela deverá ser descartada¹⁵. Está explicado então porque uma pilha “acaba” (ou descarrega)!

2.5 A Classificação das Pilhas

Basicamente, existem dois tipos de pilhas:

1) AS PRIMÁRIAS, que não podem ser recarregadas.

Dentro dessa categoria estão as pilhas comuns e as alcalinas. Estas últimas têm maior durabilidade que as primeiras.

2) AS SECUNDÁRIAS¹⁶, que podem ser recarregadas.

Cada tipo de pilha foi projetado para atender às necessidades de demanda de energia e rapidez de descarga que cada aparelho exige. Por exemplo, segundo INMETRO (2011), as pilhas comuns de zinco – manganês são indicadas para equipamentos que requerem descargas de energias leves e contínuas como “radinhos de pilha”; as alcalinas para equipamentos que exigem descargas de energia rápidas e fortes como controles – remotos; e as recarregáveis, para aparelhos que demandam uma grande descarga de energia como celulares, notebooks e máquinas fotográficas digitais. As pilhas também variam em forma e tamanho. O tamanho da pilha está relacionado à quantidade das substâncias químicas no interior delas. Isso, por sua vez, está ligado à energia que a pilha pode liberar. Portanto, pilhas maiores descarregam maiores quantidades de energia [Jaycar 2001]. As formas e tamanhos mais comuns são mostrados na figura abaixo.

¹⁵ ou recarregada se for o caso.

¹⁶ Neste trabalho não será discutido em detalhes os processos de carga das pilhas e baterias recarregáveis dada a complexidade dos mesmos. Essa discussão ficará para um próximo trabalho.

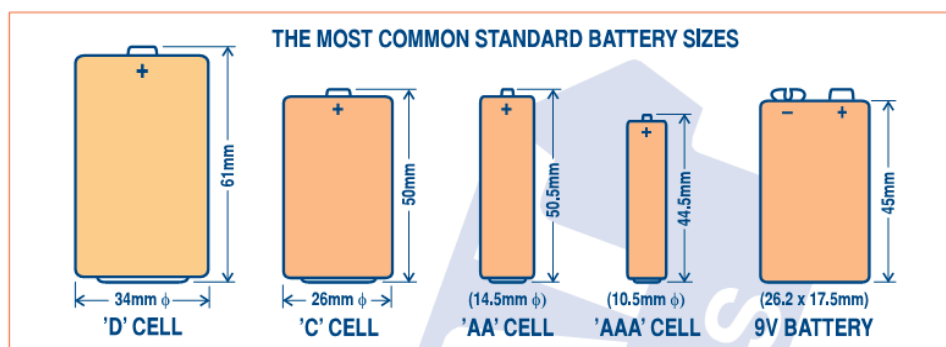


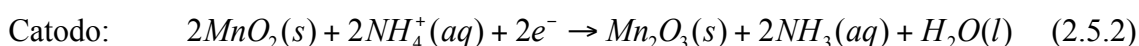
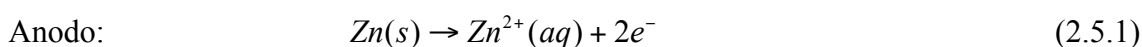
Figura 14 – As pilhas em suas formas e tamanhos diferentes; a pilha D (grande), a pilha C (média), a pilha AA (pequena), a pilha AAA (palito) que possuem formato cilíndrico e a bateria 9V com formato retangular [Jaycar 2001].

2.5.1 As Pilhas Primárias

Atualmente, as pilhas primárias são as mais consumidas entre a população. A quantidade de pilhas primárias fabricada, posta no mercado e consumida pela população é gigantesca. A Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica – ABINEE informa que são fabricadas, por ano, cerca de 800 milhões de unidades de pilhas [INMETRO 2011]. Não é à toa que nos estabelecimentos comerciais essas pilhas ficam dispostas bem na frente do consumidor, exatamente no momento quando ele vai pagar suas compras. Outro aspecto que contribui para preferência popular pelas pilhas primárias é o custo das mesmas em relação às pilhas secundárias. O INMETRO publicou uma tabela mostrando o preço unitário médio de 15 marcas diferentes de pilhas primárias entre as quais marcas regulares e irregulares (piratas). Observe-se ainda, que entre as pilhas primárias, as pilhas irregulares ou piratas - aquelas que são vendidas no mercado informal (camelôs) - têm um custo bem inferior aos das pilhas regulares vendidas em estabelecimentos comerciais legalizados. Essa diferença expressiva de preço leva os consumidores a adquirir as pilhas piratas que têm qualidade inferior e são fabricadas sem qualquer compromisso com as normas estabelecidas pelos órgãos reguladores [INMETRO 2011]. Faremos agora uma descrição das pilhas primárias mais comuns no mercado.

i) A Pilha Seca de Zinco- Carbono

Inventada em 1866 pelo químico francês George Leclanché (1839-1882), a pilha seca fornece potencial de 1,55 V. Por ser barata, é a pilha mais comum, sendo utilizada em diferentes aparelhos portáteis. A pilha seca é formada por um cilindro de zinco contendo um eletrólito formado por uma mistura pastosa de cloreto de amônio, óxido de manganês e carbono pulverizado. A célula eletroquímica tem zinco metálico como anodo e o bastão de grafita como catodo. As reações que ocorrem nessa pilha podem ser descritas pelas equações:



Um aspecto negativo dessas pilhas, além da baixa corrente, é o fato de que as reações continuam ocorrendo durante o armazenamento, podendo provocar corrosão do invólucro metálico e vazamento do material que está em seu interior.

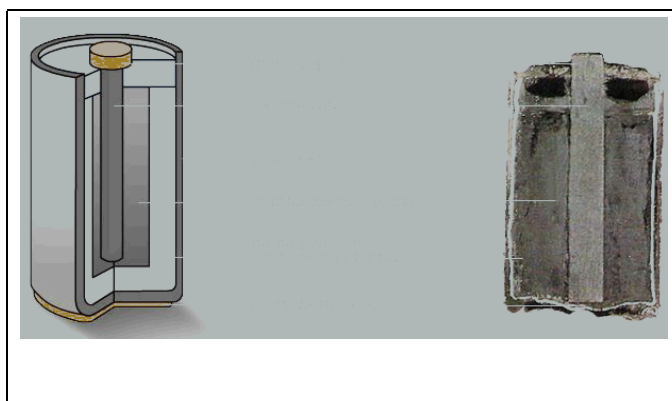


Figura 15 – Pilha de zinco – carbono – estrutura interna [Pinto 2012].

ii) Pilhas Alcalinas

Uma pilha primária muito utilizada é a pilha alcalina de $\text{Zn} - \text{MnO}_2$ (zinco – dióxido de Manganês). Tem custo mais elevado que as pilhas secas, pois a durabilidade

é maior. O anodo é composto por zinco em pó que fica encapsulado num gel que está em contato com uma solução o concentrada de KOH (hidróxido de potássio), daí o nome de *alcalina*. O catodo é uma mistura de MnO₂(s) e grafite que são separados do anodo por um tecido poroso. A pilha é selada com em uma lata de aço para evitar o vazamento de KOH concentrado [Brown, LeMay e Bursten 2005 p.750]. A descrição simplificada das reações envolvidas no processo podem se resumidas como descrita abaixo.



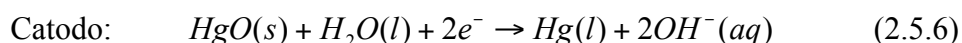
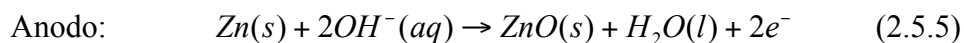
A Pilha alcalina de Zn – MnO₂ fornece uma fem de 1,55 V.



Figura 16 – Uma pilha alcalina [Lorenzo 2010].

iii) As pilhas miniaturas

A larga utilização de equipamentos portáteis tem exigido da indústria a confecção de pilhas cada vez menores. Dois exemplos dessas baterias: a de mercúrio e a de óxido de prata. Esta última muito usada em relógios de pulso. As reações da bateria de mercúrio são descritas pelas equações:



Observe que essas pilhas contém mercúrio (Hg), metal pesado e muito tóxico. Tais pilhas se descartadas inadequadamente no meio ambiente podem ser extremamente poluentes.



Figura 17 – Pilhas miniaturas são usadas em relógios de pulso [Brasilecola 2002].

2.5.2 As Pilhas Secundárias

Já foi dito que as pilhas secundárias são aquelas que podem ser recarregadas. Há pouco tempo, após serem adquiridas, essas pilhas deveriam sofrer uma carga inicial (pré-carga). Porém, atualmente, já estão sendo comercializadas pilhas pré-carregadas. As pilhas recarregáveis são as mais caras do mercado. A embalagem com duas pilhas pode custar de R\$ 27,00 a R\$ 38,00. É necessário que se adquira também um carregador para recarga. Pilhas recarregáveis podem ser recarregadas até centenas de vezes. A capacidade de uma pilha recarregável não é medida em V (Volts), mas em mAh (miliampère-hora)¹⁷.

Sabemos que as reações de oxidação-redução que ocorrem numa pilha são *espontâneas* e por isso irreversíveis. Para revertermos a reação é necessário que a vizinhança realize trabalho sobre o sistema. Nas pilhas recarregáveis isso é feito através de uma fonte de energia elétrica e o processo se dá como uma eletrólise¹⁸. A pilha é colocada num carregador ligado à tomada e o processo de recarga se inicia. Todavia, no caso das pilhas recarregáveis, não basta que seja realizada a eletrólise, o processo é mais complexo. A recarga é favorecida por detalhes técnicos não revelados pelos fabricantes – segredo industrial. Os componentes químicos empregados na fabricação de pilhas

¹⁷ Intensidade de corrente elétrica (i) x tempo (Δt) = carga elétrica (Δq).

¹⁸ Processo eletroquímico no qual uma reação só ocorre mediante a passagem de corrente elétrica pelos componentes químicos.

secundárias são diferentes daqueles utilizados nas pilhas primárias como veremos adiante¹⁹. As pilhas secundárias mais conhecidas são:

i. A pilha de níquel-cádmio (NiCd)

Esse foi o primeiro tipo de pilha recarregável. São mais baratas, no entanto, de menor tempo de vida útil e menor capacidade de carga. Outros problemas podem ser apontados como o “efeito memória”²⁰ e a presença de elementos altamente tóxicos como o cádmio. Portanto, essas pilhas vem sendo tiradas do mercado e substituídas por baterias de hidretos metálicos, mais avançadas tecnologicamente e menos perigosas para o meio ambiente. As reações químicas nas células são descritas abaixo:

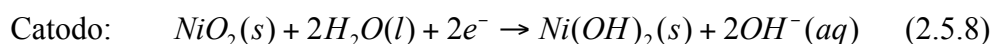
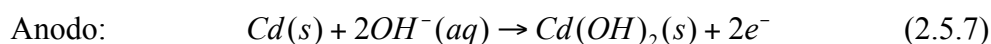


Figura 18 – A pilha de níquel –cádmio é uma das mais poluentes [Eletrônica 2007].

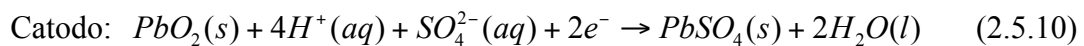
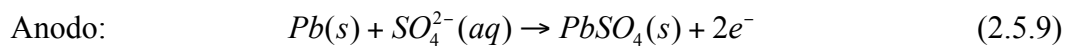
ii. Baterias de chumbo – ácido

Esta bateria foi inventada em 1859 pelo físico francês Raymond Gaston Planté (1834 – 1889). Esse tipo de bateria é a utilizada em automóveis. Como as baterias são

¹⁹ O processo de fabricação de uma pilha recarregável pode ser assistido em <http://www.youtube.com/watch?v=UV-xmlznxvk&feature=colike>.

²⁰ Efeito indesejável nas baterias NiCd que consiste na recarga total aparente. Geralmente ocorre quando se coloca a bateria para recarregar antes dela ter descarregado totalmente. Após isso, a bateria começa a descarregar mais rapidamente.

associações em série de pilhas, a bateria de chumbo – ácido é uma associação em série de *pilhas de chumbo – a ácido*. Essas pilhas fornecem altas correntes, que permitem dar partida em motores dos automóveis graças aos elevados valores de densidade de potência que apresentam. Essa alta potência elevada é possível devido à grande superfície de contato dos eletrodos (formado por uma liga de chumbo/antimônio) coberta com sulfato de chumbo (II) ($PbSO_4$). Quando recebe a primeira carga, parte dos íons chumbo (II) é reduzida a chumbo metálico, formando o anodo. Ao mesmo tempo, no outro eletrodo, o chumbo (II) é oxidado a chumbo (IV) (PbO_2), constituindo o catodo. Depois de carregadas, as reações que acontecem no anodo e no catodo são representadas, respectivamente, pelas equações:



Esse tipo de bateria tem como desvantagens o elevado peso e o risco de contaminação do meio ambiente com o chumbo, outro metal pesado.



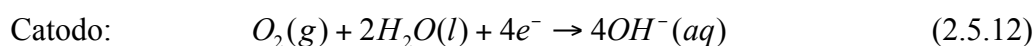
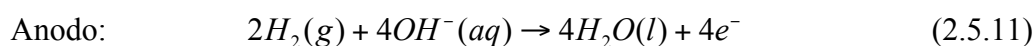
Figura 19 – A bateria de chumbo-ácido embora seja recarregável é poluente por causa do chumbo que é um metal pesado [Bizrice 2011].

A recarga dessa bateria é feita enquanto o motor do automóvel está funcionando. Depois de dada a partida, parte do movimento realizado pelo motor aciona um gerador (alternador) que fornece energia elétrica para recarga da bateria. Um fato importante foi

que o desenvolvimento das baterias de chumbo-ácido dispensou a necessidade de se dar a partida dos motores dos automóveis utilizando a força humana.

iii. Células Combustível

Uma célula combustível é um aparelho conversor de energia eletroquímica. A célula combustível converte as substâncias hidrogênio e oxigênio em água, gerando eletricidade. As reações que acontecem no anodo e no catodo de células combustível a hidrogênio são descritas, respectivamente, pelas equações abaixo:



Este tipo de pilha recarregável tem seu lugar em naves espaciais. A NASA (Agência Espacial Americana) sempre investiu muito em pesquisa para produção de novas tecnologias em baterias. Essas baterias são ecologicamente corretas uma vez que não poluem o meio ambiente como o óleo a diesel, por exemplo. A figura abaixo nos mostra a comparação entre os dois tipos de fonte de energia.

HIDROGÊNIO	DIESEL (principais emissões)	
Gás não poluente: H ₂ O	CO ₂ : aumenta o efeito estufa	
menor nível de ruído	hidrocarbonetos	agridem a saúde humana
fontes renováveis	CO e NO _x	
	maior nível de ruído	
	fontes não renováveis	

Figura 20 - Tabelas comparativas que mostram as vantagens da célula de hidrogênio e as desvantagens do óleo diesel. Pesquisadores se esforçam para que no futuro o óleo diesel possa ser substituído pela célula de hidrogênio [Novagera 2012].

2.6 Aspectos Físicos das Pilhas

2.6.1 Equação da Pilha e Curva $U \times i$ da Pilha

As pilhas são representadas, simbolicamente, como na figura 20 abaixo, onde o traço menor (-) indica o anodo – *pólo negativo* da pilha - e o traço maior (+) indica o catodo – *pólo positivo* da pilha. A letra ε indica o valor da força eletromotriz (fem) da pilha e r indica o valor da sua resistência interna. Quando um fio condutor liga o pólo positivo ao pólo negativo, por fora da pilha, como na figura 21 a corrente elétrica flui no sentido do terminal b para o terminal a .

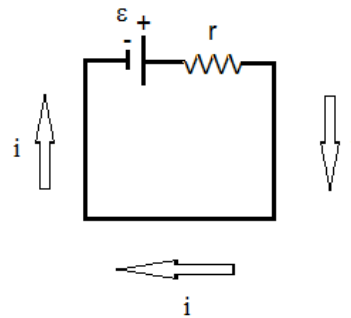
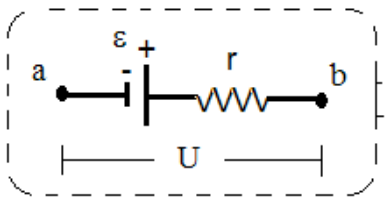


Figura 21 – Representação de uma pilha.

Figura 22 – Sentido da corrente elétrica.

A equação da pilha é a equação do gerador dada por

$$U = V_b - V_a = \varepsilon - ri \quad (2.6.1)$$

Se ε e r são constantes podemos traçar o gráfico $U \times i$. A inclinação do reta nos informa a resistência interna da pilha.

$$tg\theta = r \quad (2.6.2)$$

Quando provocamos um curto-circuito na pilha, isto é, ligamos os pólos positivo e negativo por um fio de resistência nula, a corrente elétrica que circulará no circuito é chamada *corrente elétrica de curto-circuito* i_{cc} , e sua intensidade vale

$$i_{cc} = \frac{\mathcal{E}}{r} \quad (2.6.3)$$

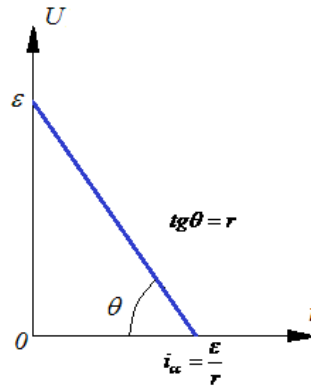


Figura 23 – Gráfico $U \times i$ de uma pilha.

2.6.2 Potência na Pilha (P) e Rendimento da Pilha (η)

Na equação da pilha, multiplicando ambos os membros por i temos

$$P_{util} = \mathcal{E}i - ri^2 \quad (2.6.4)$$

e

$$P_{util} = P - P_{diss} \quad (2.6.5)$$

A potência P_{util} é a *potência útil*, isto é, a potência consumida pelo aparelho. A potência P é *potência da pilha* que tem origem eletroquímica e P_{diss} é *potência dissipada* na resistência interna da pilha. Se considerarmos que $P_{util} = f(i)$, podemos traçar um gráfico $P_{util} \times i$ como mostrado na figura 23. A função potência útil é do 2º grau em i o que torna a curva uma parábola. O “zero” não-nulo da função é a corrente de curto circuito i_{cc} . A intensidade da corrente elétrica que proporciona a *maior potência útil possível* é

$$i' = \frac{\varepsilon}{2r} \quad (2.6.6)$$

e o valor dessa potência é dada por

$$P_{util, \max} = \frac{\varepsilon^2}{4r} \quad (2.6.7)$$

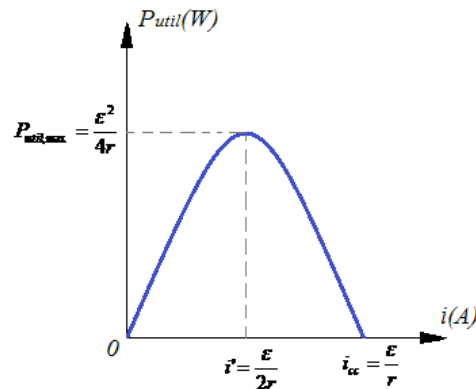


Figura 24 – Gráfico $P_{util} \times i$ de uma pilha.

O rendimento da pilha pode ser expresso pela razão da potência útil pela potência da pilha, isto é,

$$\eta = \frac{P_{util}}{P} \cdot 100\% \quad (2.6.8)$$

A multiplicação por 100% transforma o resultado em porcentagem. O rendimento da pilha informa qual fração da potência da pilha foi convertida em potência útil.

2.6.3 Associação de Pilhas

Assim como os resistores e capacitores, as pilhas podem ser associadas em *série e paralelo*. O objetivo é reduzir um conjunto de pilhas idênticas (ou não) a uma única *pilha equivalente*.

i. Associação de Pilhas em Série

Um conjunto de pilhas que estão associadas em série se caracteriza pela passagem da mesma corrente elétrica em todas as pilhas da associação. Conseqüentemente, todas as pilhas dessa associação serão atravessadas pela mesma intensidade de corrente elétrica.

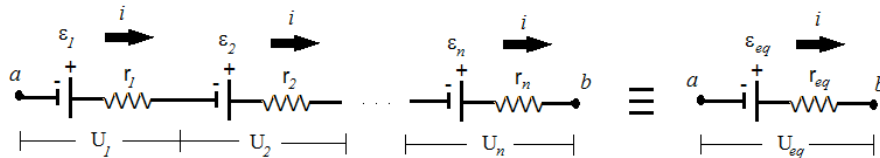


Figura 25 – Associação de pilhas em série.

Neste caso devemos proceder como na associação de resistores em série. Nessa associação consideramos a intensidade da corrente elétrica i constante e a ddp do conjunto U_{eq} é a soma das ddp's entre os terminais do componente estudado.

$$U_{eq} = \sum_{j=1}^n U_j = U_1 + U_2 + (\dots) + U_n \quad (2.6.9)$$

Mas, pela equação do gerador

$$U_j = \varepsilon_j - r_j i \quad (2.6.10)$$

Substituindo (2.6.10) em (2.6.9) temos

$$U_{eq} = \sum_{j=1}^n U_j = (\varepsilon_1 - r_1 i) + (\varepsilon_2 - r_2 i) + (\dots) + (\varepsilon_n - r_n i)$$

Reorganizado os termos temos

$$U_{eq} = (\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \dots + \varepsilon_n) - (r_1 + r_2 + \dots + r_n) i$$

Como desejamos obter $U_{eq} = \varepsilon_{eq} - r_{eq} i$ devemos ter

$$\mathcal{E}_{eq} = \sum_{j=1}^n \mathcal{E}_j = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 + (\dots) + \mathcal{E}_n \quad (2.6.11)$$

e

$$r_{eq} = \sum_{j=1}^n r_j = r_1 + r_2 + (\dots) + r_n \quad (2.6.12)$$

As expressões acima nos informam que na associação de pilhas em série a *força eletromotriz equivalente é o somatório das forças eletromotrizes das pilhas da associação e a resistência interna equivalente de uma associação de pilhas em série é o somatório das resistências internas das pilhas da associação.*

Para o caso de termos n pilhas idênticas, temos

$$\mathcal{E}_{eq} = n\mathcal{E} \quad (2.6.13)$$

e

$$r_{eq} = nr \quad (2.6.14)$$

ii. Associação de Pilhas em Paralelo

Um conjunto de pilhas que estão associadas em paralelo se caracteriza por cada pilha da associação estar ligada aos mesmos terminais. Assim sendo, as pilhas dispostas em paralelo estão submetidas à mesma diferença de potencial.

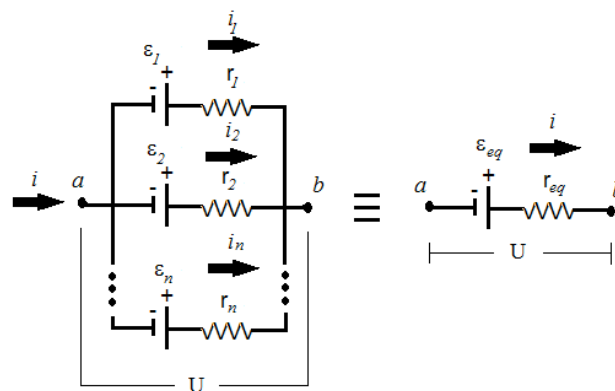


Figura 26 – Associação de pilhas em paralelo.

Nessa associação, a ddp entre os terminais das pilhas é constante e igual a U , mas a intensidade de corrente elétrica i se divide em partes não necessariamente iguais.

$$i = i_1 + i_2 + (\dots) + i_n \quad (2.6.15)$$

Da equação da pilha tiramos que

$$i_j = \frac{\varepsilon_j - U}{r_j} \quad (2.6.16)$$

Substituindo (2.6.16) em (2.6.15) temos que

$$i = \frac{\varepsilon_1 - U}{r_1} + \frac{\varepsilon_2 - U}{r_2} + (\dots) + \frac{\varepsilon_n - U}{r_n}$$

Resolvendo a equação acima para U , obtemos

$$U = \left(\frac{\varepsilon_1}{r_1} + \frac{\varepsilon_2}{r_2} + \dots + \frac{\varepsilon_n}{r_n} \right) - \left[\frac{1}{\left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \dots + \frac{1}{r_n} \right)} \right] i$$

Como no caso anterior queremos $U = \varepsilon_{eq} - r_{eq}i$, o que dá

$$\varepsilon_{eq} = \frac{\sum_{j=1}^n \varepsilon_j}{\sum_{j=1}^n \frac{1}{r_j}} \quad (2.6.17)$$

e

$$\frac{1}{r_{eq}} = \sum_{j=1}^n \frac{1}{r_j} \quad (2.6.18)$$

As expressões acima nos informam que a força eletromotriz equivalente de uma associação de pilhas em paralelo é a média ponderada entre as forças eletromotrizes

das pilhas da associação cujos pesos da média são os inversos das resistências internas de cada pilha da associação. A resistência interna equivalente dessa associação é obtida pelo seu inverso que é o somatório dos inversos das resistências internas de cada pilha.

Se tivermos n pilhas idênticas associadas em paralelo obteremos

$$\mathcal{E}_{eq} = \mathcal{E} \quad (2.6.19)$$

e

$$r_{eq} = \frac{r}{n} \quad (2.6.20)$$

iii. Alguns Comentários sobre as Associações de Pilhas em Série e Paralelo.

Embora tenha sido possível reduzir um conjunto de pilhas associadas em paralelo a uma única pilha, esse tipo de associação não é comum nos aparelhos que fazem uso de mais de uma pilha. A associação de pilhas mais comum é a associação de pilhas em série. Silveira e Axt (2003) nos chama a atenção que a associação de baterias em paralelo é utilizada apenas quando:

- Associação de baterias de chumbo-ácido, as automotivas, com intuito de uma bateria carregar a outra (“chupeta”);
- Obter uma maior corrente de curto-circuito em demonstrações de sala de aula;
- Quando se deseja uma intensidade de corrente elétrica muito elevada como aquela para acionar motores de arranque de grandes máquinas ou produzir excitação magnética inicial de geradores eletromecânicos.

Entretanto, fora das situações mencionadas acima, associar pilhas em paralelo é desvantajoso do ponto de vista energético. No caso mais geral, onde as fem's são diferentes ou ligeiramente diferentes ou mesmo com o circuito externo desligado, uma pilha servirá como gerador e a outra de receptor [Gaspar 2001, p.165, *apud* Silveira e Axt 2003]. Outro aspecto interessante da associação de pilhas (idênticas) em paralelo é que a energia útil lançada no circuito aumenta fazendo com que as pilhas durem mais

tempo. Mas Silveira e Axt salientam o fato que isso pode ser perfeitamente conseguido usando pilhas tamanho “D” uma vez que a capacidade energética da pilhas está relacionada ao volume da mesma.

Por fim, ainda poderíamos utilizar a associação de pilhas em paralelo para obter maiores intensidades de corrente elétrica. Porém, isso pode ser obtido usando pilhas com resistência interna menor. Ainda, segundo Axt, a resistência interna das pilhas diminui com o aumento do seu tamanho e com a natureza dos reagentes químicos. Uma pilha AA nova possui resistência interna maior que uma pilha C nova. Uma pilha AA nova convencional tem resistência interna maior que uma pilha AA nova alcalina. A tabela abaixo mostra como o tamanho e a natureza da pilha afeta a corrente elétrica de curto-circuito i_{cc} e a resistência interna r .

Tabela 4 - Intensidade da corrente de curto-circuito e resistência interna de alguns modelos de pilha. Observe as pilhas piratas têm resistência mais alta que as demais [Silveira e Axt 2003].

Tipo da Pilha	Intensidade da corrente de Curto-Circuito (A)	Resistência Interna (Ω)
Pilha D Alcalina	16,0	0,10
Pilha D Convencional	7,5	0,22
Pilha AA Alcalina	13,3	0,12
Pilha AA Convencional	4,6	0,36
Pilha AA do Vendedor Ambulante	2,7	0,56

Quanto à associação de pilhas em série, Silveira e Axt (2003) comentam que não é proveitoso do ponto de vista energético associar pilhas novas com pilhas velhas visto que a resistência interna das pilhas aumenta com o tempo de uso. Daí, a dissipação de energia por efeito Joule seria muito grande na pilha velha o que diminuiria drasticamente a potência útil lançada no circuito externo.

2.7 As Pilhas e o Meio Ambiente

2.7.1 A Poluição originada das Pilhas

Uma vez que as pilhas são consumidas, elas se desgastam perdendo sua capacidade energética. Até as pilhas secundárias (recarregáveis) que podem ser recarregadas dezenas de vezes perdem sua capacidade de fomentar energia. Logo, não havendo mais o que fazer com elas o consumidor tende a se desfazer delas mesmas. O problema é que geralmente o descarte é feito de forma inadequada, pois o cidadão, ou não tem conhecimento da toxicidade que os elementos químicos existentes no interior das pilhas podem oferecer à saúde pública e ao meio ambiente, ou carece de um lugar apropriado para o descarte de pilhas [Reidler e Günther 2002] e aí acabam as descartando em qualquer lugar, principalmente no lixo comum. Uma vez que as pilhas são descartadas de forma inadequada, elas vazam²¹. O escapamento das substâncias do interior da pilha que muitas das vezes consistem em metais pesados (mercúrio, cádmio e chumbo) que são altamente tóxicos, poluem o lençol freático comprometendo seriamente a qualidade da água e dos alimentos que consumimos. Segundo Reidler e Günther (2002) muitas patologias podem ser adquiridas dessa contaminação, inclusive *câncer*. Não só a ingestão de água e alimentos contaminados com tais substâncias causa danos à saúde de seres humanos e animais, mas a manipulação dessas substâncias também não é recomendada pelos fabricantes. Muitas pessoas que sobrevivem dos aterros sanitários – os “lixões” – ficam boa parte do dia manipulando o lixo à procura de objetos e restos de comida. Ora, desavisados do perigo que correm, fazem isso sem qualquer proteção, e como se já não bastasse a dura vida que levam, adquirem várias doenças pela ingestão e contato com substâncias decorrentes dos vazamentos das pilhas.

A poluição ocasionada pelo descarte inadequado de pilhas não é um problema ambiental sócio-cultural. Ele não ocorre apenas em lugares pobres onde o grau de esclarecimento das pessoas é baixo. Esse problema está presente em todos os níveis da pirâmide social. As pessoas estão descartando suas pilhas usadas no lixo comum ou em terrenos baldios trazendo perigo para si mesmo e para toda sociedade.

²¹ As pilhas vazão porque durante as reações químicas que ocorrem em seu interior liberam gases aumentando a pressão interna. O recipiente externo não resiste e se rompe.

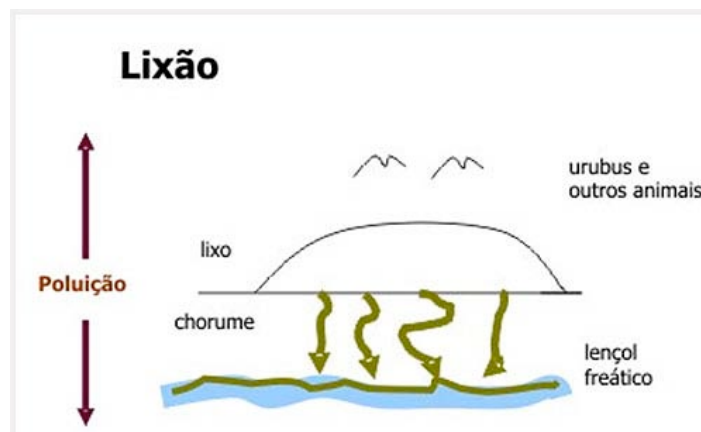


Figura 27 – As substâncias decorrentes do vazamento das pilhas contaminam o lençol freático [Ambientalsustentavel 2012].

É bom ressaltar que as pilhas piratas contribuem muito para poluição. Os fabricantes dessas pilhas não cumprem as leis em vigência impostas pelos órgãos que fiscalizam a produção de pilhas e não obedecem às normas deliberadas pelos órgãos técnicos e ambientais. O consumidor é atraído pelos preços baixos dessas pilhas o que leva a um alto consumo das mesmas. Essas pilhas podem vazarem com maior facilidade que as pilhas originais contribuindo mais para poluição do meio ambiente.

2.7.2 Algumas Resoluções Importantes

A Europa, no final dos anos 70, foi quem primeiro se preocupou com as questões ambientais que surgiram entorno das pilhas. Essa consciência só chegou ao Brasil em 1990. Mas só a partir de 1999 o país veio a ter legislação específica para pilhas e baterias que continham mercúrio, cádmio e chumbo (Resoluções CONAMA: nº 257, de 30 de junho de 1999). Tais resoluções foram substituídas mais tarde pela Resolução CONAMA: nº 401, de 4 de novembro de 2008) por entender que haviam outras substâncias além das já citadas que poderiam causar outras doenças além do câncer, tais como: anemia, disfunções digestivas, cerebrais, neurológicas, renais, hepáticas dentre outras [INMETRO 2011; Reidler e Günther 2002]. A Resolução do CONAMA nº 257/99²² proíbe o descarte de pilhas e baterias que contém metais pesados a céu aberto e a sua incineração acima dos níveis seguros. Isso obriga aos fabricantes de pilhas a

²² Essa Resolução foi substituída pela Resolução CONAMA nº 401 de 4 de novembro de 2008.

orientar os consumidores a descartar as pilhas adequadamente e a oferecer recipientes adequados onde essas pilhas possam ser depositadas em segurança após seu uso.



(a)



(b)

Figura 28 – (a) Latas de lixo específicas para reciclagem. (b) Lata reservada ao descarte de pilhas e baterias.

Depois que as pilhas e baterias usadas são recolhidas nos estabelecimentos, elas são levadas para centros de reciclagem onde passam por diversos processos para recuperação de alguns elementos químicos. Podemos todos contribuir com a preservação do meio ambiente e do bem-estar da população ao:

1. não esquecer pilhas descarregadas no interior dos aparelhos.
2. não comprar aparelhos aonde as pilhas venham embutidas.
3. retirar a bateria do celular antes de se desfazer do aparelho.
4. não remover o invólucro das pilhas.
5. não jogar as pilhas em lixo comum, na rua, terrenos baldios ou bueiros.
6. jogar as pilhas em latas específicas reservadas para o descarte das mesmas. Os estabelecimentos são obrigados por lei a oferecerem recipientes para o descarte das pilhas.
7. não colocar pilhas descartadas junto a sucatas, brinquedos ou remédios.
8. dentro de casa, juntar as pilhas usadas em um recipiente lacrado até que se possa depositá-las nos recipientes específicos.
9. não incinerar as pilhas usadas.
10. passar ao uso de pilhas recarregáveis.
11. não tentar recarregar pilhas não recarregáveis.

Capítulo 3

Propostas pedagógicas de abordagem

3.1 A Abordagem Ciência – Tecnologia – Sociedade (CTS)

Em nenhum outro período da sua história a humanidade se viu tão dependente da ciência e da tecnologia como no século XXI. Poderíamos citar vários aspectos da vida humana que não subsistiriam aos dias de hoje sem os progressos científico e tecnológico. Carl Sagan nos fala sobre isso:

Nós criamos uma civilização global em que os elementos mais cruciais – o transporte, as comunicações e todas as outras indústrias, a agricultura, a medicina, a educação, o entretenimento, a proteção ao meio ambiente e até a importante instituição democrática do voto – dependem profundamente da ciência e da tecnologia. [C.Sagan, Relatório da Reunião Educação para o Século XXI, apud Brasil, 1999, p.80].

Poderíamos citar vários exemplos da vida diária para ilustrar como fomos aos poucos “escravizados” pela tecnologia. As pessoas não abrem mão dos seus telefones celulares. O que dizer então dos computadores e da tecnologia da informação. Quantos de nós já não fomos surpreendidos com a “queda do sistema” dentro do banco ou dentro de uma repartição pública. O atendimento ao público praticamente pára. Mortimer e Santos (2000) a supervalorização da ciência gerou o mito da salvação da humanidade, isto é, as pessoas criaram a expectativa que a ciência e a tecnologia decorrente dela resolveriam todos os seus males. Quantos enfermos de câncer ou de sida estão aguardando ansiosos pelo desenvolvimento de um medicamento que os livre do sofrimento agudo e da morte iminente? Quantas pessoas paraplégicas ou tetraplégicas têm acompanhado as pesquisas com as células-troco e nela têm depositado suas esperanças de voltarem a andar ou até mesmo se moverem?

Entretanto, o que temos observado de fato nos dias atuais é a pesquisa científica expressivamente voltada para os bens de consumo, mais precisamente apontado por Alves (1968) como “falsas necessidades de consumo”. Um exemplo disso é a oferta de televisores HD (High Definition) que nos arrasta para as lojas e promove o

consumo desnecessário, pois muitas pessoas se desfazem dos seus televisores não importando o estado que se encontrem para adquirirem o último lançamento. E por que não falar dos telefones móveis (celulares) chamados *smartphones*, esses com internet e câmera com resolução cada vez melhor? As pessoas trocam de celulares com tanta frequência, por um aparelho mais moderno ou modelo mais arrojado, que não têm tempo para refletirem sobre vários aspectos desse consumo desenfreado. Um deles, o ambiental. As pessoas não têm consciência que os celulares obsoletos geralmente são descartados juntamente com suas respectivas baterias o que certamente poluirá o meio ambiente.

Além da utilidade e da futilidade, a tecnologia tem o seu lado hostil. As pesquisas sobre o núcleo atômico levaram ao desenvolvimento das armas nucleares. Duas delas foram usadas nas cidades japonesas de Hiroshima e Nagasaki causando a morte de mais de duzentas mil pessoas e dando fim definitivo à Segunda Guerra Mundial. Contudo, o desenvolvimento de armas de destruição em massa só estava começando. As armas químicas e biológicas também foram desenvolvidas e usadas sobre seres humanos em conflitos posteriores no Oriente Médio. É interessante ressaltar que todas essas armas tiveram origem na pesquisa científica de pessoas de notório saber, e que foram apoiadas e financiadas pelos governos e organizações privadas sem que a sociedade pelo menos soubesse o que estava sendo desenvolvido com recursos oriundos de seus impostos.

Por isso é mister que todos os envolvidos diretamente e indiretamente com a produção e utilização das tecnologias oriundas da pesquisa científica se sintam compelidos a participar do debate do que realmente a humanidade espera da ciência e da tecnologia. Para Vargas (1994), nós não podemos nos limitar a sermos meros usuários da tecnologia. Ele nos incumbe da missão de nos tornarmos *Filtros Sociais*, isto é, cidadãos que além de saberem discernir entre e adventos científicos e tecnológicos que afetarão positivamente ou negativamente a sua vida, saberão também fazer uso consciente desses avanços. Contudo, isso não é simples. Tornar-se um filtro social requer um preparo intelectual. É um processo que deve ser adquirido enquanto antes nos bancos escolares. Santos e Schinetzler (1997) afirmam que isso não é uma opção e sim uma necessidade.

Embora muitas propostas de novas metodologias de ensino de física tenham surgido, as aulas de física ainda são moldadas por metodologias conservadoras cujo objetivo é aprovar o aluno no *vestibular*. Nas três séries do ensino médio há uma corrida

contra o tempo para que o professor cumpra o conteúdo programado para cada série. Ora, isso nada tem a ver com a preocupação que o aluno seja formado no ensino médio com um vasto conhecimento científico, e sim, que ele vá para os diversos exames vestibulares sem defasagem de conteúdo.

Um ponto importante da LDB/96 é uma nova identidade dada ao ensino médio: a de etapa final da educação básica. Isso exige, entre outras coisas, que esse nível de ensino não esteja direcionado unicamente para o vestibular, tampouco para uma formação profissional, muito embora tais aspectos não sejam ignorados nos princípios da Lei. Desse modo, o ensino médio deveria assegurar a formação geral suficiente para que o aluno pudesse decidir sobre seu futuro. No entanto, isso parece longe de acontecer, pois a escola ainda não incorporou esse espírito em seus projetos. [Ricardo e Freire 2007, p. 252]

Os modelos curriculares no ensino das ciências naturais tais como a física e a química ainda valorizam as fórmulas e a memorização [Maroja, 2007 *apud* Amaral, Xavier e Maciel, 2009].

Esquecemos que nossos alunos têm uma vida fora da academia - eles são cidadãos – e como tal, eles deveriam usar os conhecimentos adquiridos na escola para tomarem decisões que influenciassem e transformassem a sociedade dentro da qual estão inseridos. Infelizmente, isso não acontece porque o ensino de ciências nas escolas não caminha nessa direção.

Embora a vida da maioria das pessoas seja hoje dependente da tecnologia, o Ensino Médio, que é a etapa final da formação básica do cidadão, não tem sido capaz de promover adequadamente a capacitação desses jovens para tomada de decisões, compreensão, construção e participação no controle dos conhecimentos científicos. Para não irmos tão longe, até mesmo a discussão da importância da aprendizagem das Ciências, enquanto parte da cultura humana, passa longe dos bancos escolares [Gebara 2005, p.2].

O atual ensino de ciências nas escolas não tem desenvolvido nos alunos essa visão sobre a ciência e a tecnologia. O resultado dessa omissão são alunos que se tornarão cidadãos ignorantes facilmente ludibriáveis, incapazes de: avaliar a

necessidade das inovações tecnológicas que chegam a nós a todo instante [Alves 1968]; pensar sobre a influência da ciência e da tecnologia no comportamento da sociedade, entendendo que ele é um ator que faz parte dessa relação [Reis e Galvão 2005]; entender como o desenvolvimento tecnológico molda as relações de poder [Gebara, 2005]; como a tecnologia ao mesmo tempo que inclui também exclui [Santos 2005]; tomar decisões responsáveis que influencie outros indivíduos na construção de uma sociedade mais civilizada e democrática; utilizar os produtos tecnológicos de forma consciente sempre tendo em mente que o uso não-consciente desse produto afeta a todos ao seu redor. Carl Sagan continua seu discurso chamando a atenção para esse desconhecimento:

(...) Também criamos uma ordem em que quase ninguém compreende a ciência e a tecnologia. É uma receita para o desastre. Podemos escapar ilesos por algum tempo, porém mais cedo ou mais tarde essa mistura inflamável de ignorância e poder vai explodir na nossa cara. [C.Sagan, Relatório da Reunião Educação para o Século XXI apud Brasil, 1999, p.80].

É nesse contexto que a abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) toma seu lugar no ensino de ciências com o intuito de formar indivíduos críticos e conscientes, capazes de tomar decisões inteligentes quanto ao uso da ciência e da tecnologia no âmbito da sociedade [Amaral, Xavier e Maciel 2005].

A abordagem CTS está de acordo com as diretrizes traçadas pelos documentos oficiais elaborados pelo Ministério da Educação e Cultura, MEC, a saber, a *Lei de Diretrizes e Bases (LDB)* que contempla em seus artigos 2º, 22º, 35º e 36º a formação do indivíduo para o exercício da cidadania. Para Gebara (2005), a educação básica deve garantir pelo menos o conhecimento científico não formal, e as pessoas comuns a partir desse conhecimento compreendam o mundo e participem das decisões. Os *Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN)* que na seção *Conhecimentos de Física* comenta em linhas gerais que:

Essa percepção do saber físico como construção humana constitui-se condição necessária, mesmo que não suficiente, para que se promova a consciência de uma responsabilidade social e ética. Nesse sentido, deve ser considerado o

desenvolvimento da capacidade de se preocupar com o todo social e com a cidadania. [Brasil 1999, p. 235].

E por fim, os PCN+ que são as *Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais* que, no que concerne ao ensino de física, diz em suas primeiras linhas:

Trata-se de construir uma visão da Física voltada para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade. [MEC 2002, p.59, grifo meu]

A abordagem CTS não limita o aluno quanto ao mecanismo de funcionamento de um aparelho ou à contextualização de determinado conteúdo em física com aos fenômenos naturais do cotidiano do aluno. Essa abordagem oferece ao aluno uma discussão mais profunda em cima do contexto social, cultural e econômico que circunda a pesquisa científica e o desenvolvimento tecnológico [Santos e Mortimer 2002]. Não basta, por exemplo, que abordemos geradores elétricos no ensino médio ligando uma pilha a uma pequena lâmpada vendo-a acender. Ou fazer uma associação de pilhas em série ou paralelo para validar as relações algébricas de associação de pilhas. Uma abordagem CTS em geradores elétricos, no tocante à pilhas, poderia ser a discussão sobre o consumo de pilhas piratas, o impacto ambiental causado pelo descarte inadequado de pilhas e baterias usadas, os altos preços das pilhas recarregáveis, etc. Essas são questões de grande importância social que os alunos precisam tomar ciência, mas que o ensino de física tradicional não tem levado a eles.

3.2 Alfabetização Científica

A alfabetização científica é o processo dentro do ensino de ciências que visa oferecer ao estudante subsídios científicos básicos e necessários para que ele, enquanto cidadão, adquira a capacidade de pensar sobre as questões científicas a sua volta, relevantes para sociedade que ele vive. Para Sasseron (2011) a partir da alfabetização científica espera-se que a pessoa (o aluno) adquira “capacidade de organizar seu

pensamento de maneira lógica, além de auxiliar na construção de uma consciência mais crítica em relação ao mundo que o cerca.”

A alfabetização científica pode ser estruturada em um conjunto de eixos ao qual Sasseron denominou Eixos Estruturantes da Alfabetização Científica. O primeiro eixo refere-se à compreensão básica de termos, conhecimentos, e conceitos científicos fundamentais. Faz parte do processo de alfabetização científica o domínio dos conceitos científicos básicos que permeiam os fenômenos e problemas a serem resolvidos. No caso das pilhas, por exemplo, é necessário que o aluno conheça as substâncias que as constituem e seu potencial tóxico a fim de serem participantes dos debates ambientais que giram em torno das pilhas. O segundo eixo preocupa-se com a compreensão da natureza das ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática. Isto quer dizer que em todo processo de alfabetização o estudante deverá ser preparado para interpretar e questionar, quando for caso, o discurso dos especialistas e autoridades políticas sobre os fins da pesquisa científica. Com isso espera-se do estudante que ele fique atento ao jogo de interesses entre os envolvidos na produção científica e tecnológica. A indústria automobilística brasileira vende segurança para os consumidores, isto é, acessórios de segurança como freios ABS e “airbags” que o governo deveria obrigar aos fabricantes a equiparem todos os carros com eles, são oferecidos como acessórios opcionais aos consumidores elevando o preço do veículo. No final, tem mais segurança quem pode pagar por ela. Por último o terceiro eixo que compreende o entendimento das relações existentes entre Ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente. O leitor observe que a alfabetização científica é a base para a abordagem CTS já discutida no item 3.1.

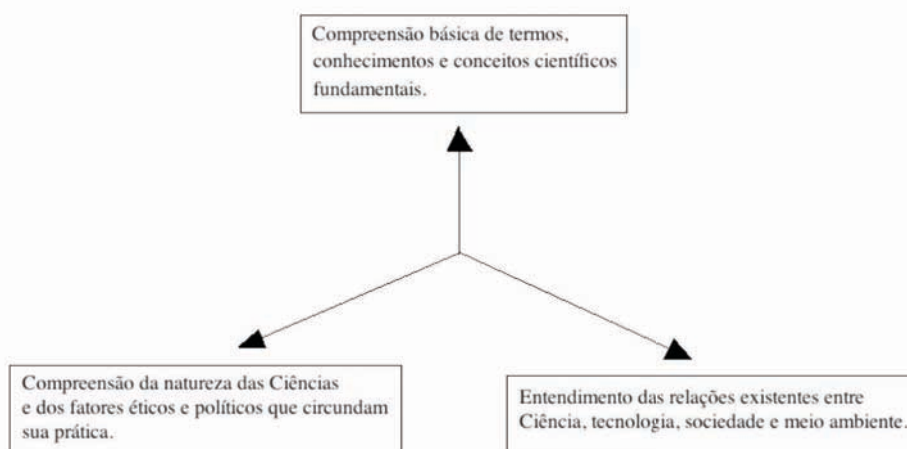


Figura 29 – Os três Eixos Estruturantes da Alfabetização Científica [Carvalho 2010].

Sem ter a compreensão dos fenômenos que o rodeiam, o aluno fica incapaz de estabelecer qualquer relação entre esses fenômenos e problemas que o afligem, a sociedade e o meio ambiente. Assim ele passará a ser mais um agente passivo que ativo na relação ciência tecnologia e sociedade.

3.3 As Atividades Práticas na Escola

Muitos acreditam que um ensino de ciências de qualidade deveria conter aulas práticas no currículo. Muitas escolas se equipam para isso. Dispõe de laboratórios e equipamentos adequados destinados às aulas de laboratório. Porém, há alguns empecilhos para realização de tais atividades. Segundo Borges (2002), a falta de atividades preparadas para uso do professor, a falta de recursos para comprar material de reposição, a falta de tempo por parte do professor para planejar as aulas e a falta de manutenção dos laboratórios são dificuldades encontradas pelas escolas e professores para realização desse tipo de aula. Há também uma confusão por parte de muitos professores em se pensar que para realização de aulas práticas fazem-se necessários laboratórios e equipamentos especiais. Muitos professores contornam essas “carências” improvisando aulas práticas em outros ambientes como na quadra de esportes da escola ou na própria sala de aula utilizando materiais de baixo custo. Os que defendem a idéia de que as aulas práticas desempenham um papel fundamental no ensino de ciências apresentam o argumento de que os alunos deixam de ter uma postura passiva e aprendem melhor pela experiência direta [Borges 2002 p.295]. Borges contradiz essas idéias dizendo que outras atividades práticas podem ser usadas para mobilizar e envolver o aluno.

Atividades de resolução de problemas, modelamento e representação, com simulações em computador, desenhos, pinturas, colagens ou simplesmente atividades de encenação e teatro, cumprem esse papel de mobilizar o envolvimento do aprendiz. Essas atividades apresentam, muitas vezes, vantagens claras sobre o laboratório usual (...) [Borges 2002, p.295]

As aulas práticas como têm sido utilizadas tradicionalmente tem sido objeto de críticas por parte dos educadores. As aulas experimentais de física, por exemplo, os alunos são

divididos em grupos e seguem um roteiro que dita para eles o que deve ser feito e como deve ser feito. Ao final da montagem do aparato experimental, da realização da experiência, da tomada de dados e da construção de gráficos cada grupo deverá chegar a um resultado que comprove um modelo previamente determinado pela teoria ensinada nas aulas teóricas.

A crítica que é feita nesse tipo de modelo de aula experimental é que tudo que é feito ali já foi previamente determinado pela figura do professor e não há tempo hábil para que os alunos realmente tenham consciência científica da atividade. Os alunos querem mais é chegar à resposta correta. Borges ressalta que há alguns aspectos positivos desse modelo tradicional como o trabalho em equipe que faz com que cada um possa interagir com a montagem do aparato e manipular os instrumentos e se tornar responsável por uma parte da experimentação. Há também o fato de que tais aulas dão mais liberdade de atuação dos alunos em relação às aulas formais em sala de aula. Assim sendo as atividades de laboratório tem sido ineficazes na mudança de concepções e modelos prévios trazidos pelos alunos.

Contudo, não podemos deixar de lado as atividades práticas só porque elas apresentam dificuldades. Então, o que devemos fazer para tornar as aulas práticas mais eficientes na absorção dos conceitos científicos?

Vários pesquisadores em ensino de ciências apontam no sentido de que a atividade prático-experimental seja o resultado inevitável da própria busca pelo saber científico. No caso do ensino de ciências, a reflexão de um problema científico pensado pelos estudantes ou colocado para eles pode ser a motivação necessária para que uma atividade prática atinja objetivos promissores no ensino de ciências. Longe de práticas repetitivas vazias de significado que visam mais constatar que descobrir, o Ensino por Investigação vem para oferecer ao ensino de ciências uma nova forma de praticar ciência.


Uma atividade investigativa nasce do surgimento de um problema científico proposto pelo professor aos alunos ou motivado pela curiosidade dos próprios alunos. Geralmente, não há solução imediata obtida a partir de fórmulas ou algoritmos como nos problemas usuais. Pode também não haver solução conhecida por parte de ambos como nas práticas tradicionais de laboratório. Às vezes não há nem solução exata para o problema [Borges 2002].

As atividades investigativas podem se assemelhar ou não a uma atividade experimental. Tudo vai depender do grau de abertura que é dado aos alunos numa dada

atividade. Assim como o professor poderá ficar a cargo de tudo, isto é, desde a sugestão do problema até a conclusão, o aluno poderá se tornar responsável pela investigação desde levantar o problema até a elucidação do mesmo passando inclusive pela idealização de todas as etapas do processo de investigação. Todavia, há diferenças básicas que devem ser esclarecidas. A tabela abaixo nos informa que enquanto o objetivo da atividade laboratorial é comprovar leis, o objetivo da atividade investigativa está na elucidação do fenômeno e determinação e parâmetros relevantes do mesmo. No laboratório, os resultados devem verificar se previsões teóricas estão corretas, mas na atividade investigativa o aluno não conhece necessariamente os resultados da sua prática.

Tabela 5 – Principais diferenças entre as atividades investigativas e o laboratório Tradicional [Borges 2002].

Aspectos	Laboratório Tradicional	Atividades Investigativas
Quanto ao grau de abertura	Roteiro pré-definido	Variado grau de abertura
	Restrito grau de abertura	Liberdade total de planejamento
Objetivo da	Comprovar leis	Explorar fenômenos
Atitude do estudante	Compromisso com resultado	Responsabilidade na investigação



Dessa forma podemos associar às atividades de investigação NÍVEIS DE ABERTURA que vão das atividades extremamente fechadas (nível 0) como as atividades tradicionais de laboratório até aquelas totalmente abertas (nível 3) – que conferem aos alunos total responsabilidade sobre a investigação. Este último se assemelha muito ao trabalho dos cientistas. Por exemplo, uma das atividades propostas nessa dissertação é investigar se uma pilha usada quando colocada no refrigerador é recarregada. Note que o problema foi dado pelo professor. A classificação dessa atividade quanto ao nível de abertura vai depender do grau de desenvoltura dos grupos.

Quanto menor for a influência do professor no processo de tentar responder à questão maior será o grau de abertura da atividade.

Borges chama a atenção que a realização de dessas atividades por parte de alunos que não têm domínio do conteúdo estudado ou não tem costume com laboratório pode se tornar muito difícil, mas não impossível. Há relatos de alunos que com conhecimento mediano e com pouca vivência de aulas de laboratório conseguiram ter bom desempenho nas atividades de investigação. Portanto, não se deve esperar dos alunos o sucesso imediato dessas atividades. Elas são cheias de idas e vindas. Os alunos podem chegar à conclusão que precisam alterar o planejamento ou aprimorar as técnicas experimentais antes de prosseguir com a atividade.

Sugere-se que essas atividades sempre sejam realizadas em grupo e moderadamente supervisionadas pelo professor. Essa supervisão deve ser feita apenas em caso de conflitos inerentes à conceituação dos fenômenos estudados ou falta de clareza na fala dos alunos durante a atividade.

Tabela 6 – Níveis de abertura para uma atividade investigativa [Borges 2002].

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

Capítulo 4

Atividades Investigativas com Pilhas

4.1 Introdução

Iniciamos essa dissertação criticando o ensino de física vigente em nosso país. Nós, os professores de física, compreendemos que um novo olhar deve ser lançado sobre o ensino de física, olhar este que nos conduza a novas abordagens que rompam com os paradigmas de um ensino tradicional que além de não promover a alfabetização científica dos alunos e não prepará-los para o exercício da cidadania, desperta a antipatia pela física.

Nesse capítulo são sugeridas quatro atividades envolvendo as pilhas. Essas atividades têm o propósito de mostrar aos alunos o poder que a alfabetização científica tem em tornar aqueles que passam por ela, cidadãos que podem tomar decisões conscientes e influenciar no comportamento de toda sociedade. Cabe informar que a maioria das atividades investigativas propostas aqui têm o caráter de mostrar para os alunos que alguns aspectos físicos das pilhas influenciam diretamente no comportamento das mesmas. Fundamentalmente, nós queremos convencer os alunos que o consumo de pilhas piratas colabora para a degradação do meio ambiente. Para entender isso é necessário que sejam realizadas alguns experimentos comparando o comportamento de pilhas piratas com as pilhas originais. Esperamos assim, que ao final dessas práticas investigativas os alunos ao usar as pilhas tenham consciência científica daquilo que estão usando passando então ao exercício da cidadania quando tiver de descartar uma pilha de forma adequada.

Com exceção da última atividade proposta, as demais deverão ser aplicadas à 3ª série do ensino médio quando os alunos aprendem eletricidade e magnetismo. Geralmente, o conteúdo de geradores elétricos, onde as pilhas são mencionadas, surge depois que os estudantes já aprenderam a analisar circuitos elétricos simples, isto é, aqueles que possuem uma fonte de tensão, fios condutores, resistores, lâmpadas e aparelhos de medidas elétricas como o multímetro. Ora, esse requisito é fundamental pois é daí que o professor vai classificar o grau de abertura da atividade como foi lido

no capítulo III. O grau de abertura dependerá, entre várias coisas, da desenvoltura que os estudantes demonstraram ter no estudo dos circuitos. Lembramos que o grau de abertura máximo é aquele que deixa os alunos totalmente à vontade com a criação e construção do aparato experimental e na busca das respostas para o problema. Aqui, o professor não deseja que tal grau seja atribuído à investigação por isso já forneceu como deverá ser os aparatos experimentais, cabendo aos alunos a construção dos mesmos.

É interessante que cada grupo, orientado pelo professor, construa seu próprio aparato experimental. Também será uma excelente oportunidade para que os alunos aprendam a manipular os instrumentos de medidas elétricas como recomendado por Brasil (1990)

As atividades serão realizadas por grupos com não mais que três alunos. O professor deverá provocar a fala dos alunos sobre o que eles estão fazendo e observando durante o experimento de modo que concepções errôneas surgidas nesse diálogo possam ser corrigidas, e que, os alunos caminhem em direção às explicações físicas plausíveis.

4.2 Atividade 1 – Medindo a Resistência Interna de uma Pilha.

Objetivos:

1ª Etapa - medir a resistência elétrica interna de pilhas autênticas e piratas e compará-las.

2ª Etapa - investigar se a resistência interna de uma pilha aumenta com o tempo de uso da mesma conforme Axt (2010) e McDermott (1996)

4.2.1 Arranjo Experimental Básico

Nessa atividade usamos como arranjo experimental o circuito ilustrado em Biscuola (2010, p.170, exercício 49) que faz parte de um simples exercício de eletrodinâmica, envolvendo geradores elétricos. Logo, para realização dessa atividade é necessário que o aluno já esteja familiarizado com o tratamento de circuitos elétricos

simples e com o uso de instrumentos de medidas elétricas sobre os circuitos. Transcrevemos o exercício como segue abaixo.

(Fuvest – SP) Uma bateria possui força eletromotriz ε e resistência interna R_o . Para determinar essa resistência, em um voltímetro foi ligado aos dois pólos da

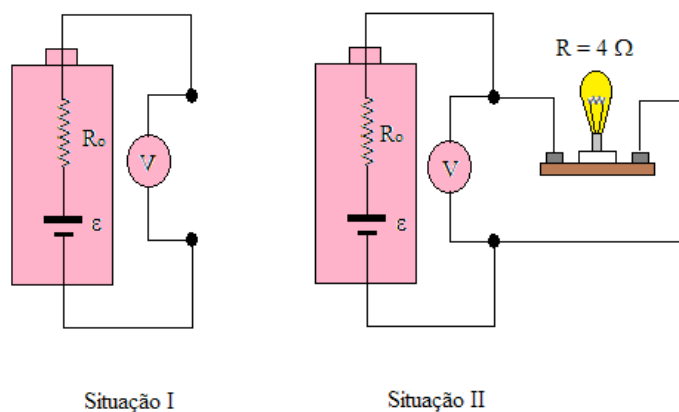


Figura 30 - Circuito do exercício 49 de Biscuola (2010).

bateria, obtendo-se $V_o = \varepsilon$ (situação I). Em seguida, os terminais da bateria foram conectados a uma lâmpada. Nessas condições, a lâmpada tem resistência $R_L = 4 \Omega$ e o voltímetro indica V_A (situação II), de tal forma que $\frac{V_o}{V_A} = 1,2$. Dessa experiência, conclui-se que o valor de R_o é:

- a) $0,8 \Omega$ b) $0,6 \Omega$ c) $0,4 \Omega$ d) $0,2 \Omega$ e) $0,1 \Omega$

Evidentemente, deveremos adaptar os dados do exercício para aqueles que temos na prática como, por exemplo, a resistência elétrica da lâmpada que é dada pelos valores nominais da mesma.

$$R_L = \frac{V_L}{i_{\max}} \therefore R_L = \frac{2,4}{0,5} \therefore R_L = 4,8 \Omega$$

Embora nossas pilhas tenham valor de força eletromotriz ε conhecidos e iguais a 1,5 V, é importante que os alunos constatem isso medindo a tensão da pilha em circuito aberto como mostrado na situação I da figura 30.

4.2.2 Construção do Circuito

Material

- 1) Duas pilhas primárias 1,5 V (AA) novas autênticas;
- 2) duas pilhas primárias 1,5 V (AA) novas piratas;
- 3) um suporte para pilhas AA para duas ou mais pilhas;
- 4) meio metro (50 cm) de fio 1,5 mm (comercializado como “cabinho”);
- 5) um interruptor do tipo on-off;
- 6) uma lâmpada com valores nominais $V_L = 2,4 \text{ V} - i_{\text{máx}} = 0,5 \text{ A}$ e bocal;
- 7) Dois conectores do tipo “jacaré” (um preto outro vermelho);
- 8) um multímetro digital modelo Smart DT-830B;
- 9) um alicate pequeno.

Cada grupo construirá seu aparato da seguinte forma:

- 1º Passo: Cortar o fio (cabinho) em duas partes iguais de 25 cm (metade A e metade B);
- 2º Passo: cortar a metade A em duas partes iguais (metade C e metade D);
- 3º Passo: com o alicate desencapar em 1,0 cm as extremidades de cada uma das três metades;
- 4º Passo: com o alicate remover os fios do suporte para pilhas;
- 5º Passo: conectar uma das extremidades da metade D ao terminal negativo do compartimento para pilhas e a outra extremidade ao terminal “on” do interruptor;
- 6º Passo: conectar uma das extremidades da metade C ao terminal “off” do interruptor e a outra extremidade ao “jacaré” cor preta;
- 7º Passo: conectar uma das extremidades da metade B ao terminal positivo do compartimento para pilhas e a outra extremidade ao “jacaré” cor vermelha;
- 8º Passo: verificar se o interruptor está na posição “off”. Caso não esteja, colocar;
- 9º Passo: conectar os “jacarés” nas extremidades do bocal;

10º Passo: colocar a lâmpada no bocal;

11º Passo: colocar as pilhas no compartimento;

12º Passo: testar o acendimento da lâmpada colocando o interruptor na posição “on”.

O material usado bem como circuito construído é mostrado nas figuras 31a e 31b abaixo.

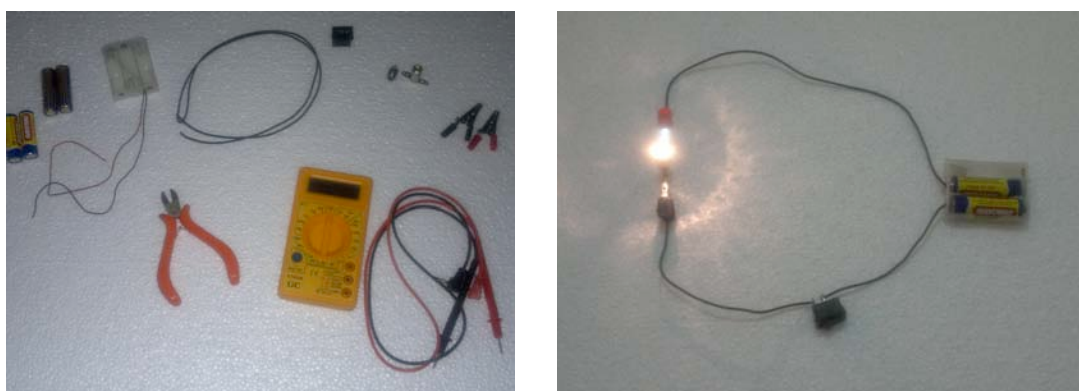
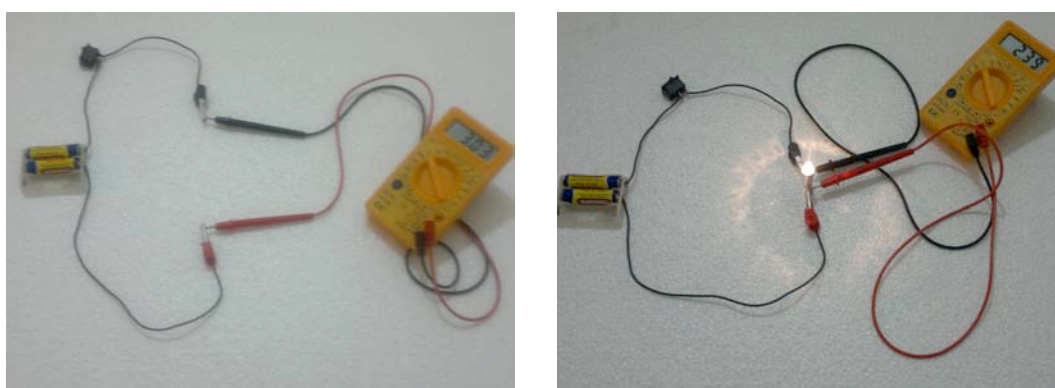


Figura 31 – (a) Material empregado na construção do circuito. (b) Circuito construído pelos alunos para investigação da resistência interna.

Uma vez construído o circuito, os alunos poderão materializar as situações I e II mostradas na figura 30. Isso pode ser visto nas figuras 32a e 32b abaixo.



(a)

(b)

Figura 32 – (a) Medição da fem ϵ_{eq} da associação de pilhas usando o multímetro digital (situação I). (b) – Medição de V_A usando o multímetro digital (situação II).

4.2.3 Procedimento para 1ª Etapa

Inicialmente, os grupos deverão resolver algebricamente o exercício buscando a relação dos parâmetros fornecidos pelo mesmo, isto é, R_L , ε e V_A . Buscar uma relação entre os parâmetros faz parte da investigação o que se difere da prática experimental tradicional aonde as relações já vêm prontas no roteiro. Apresentamos a seguir a resolução do exercício.

Aplicando a equação do gerador ao exercício temos

$$V_A = \varepsilon - R_o i$$

Dividindo a equação por V_A ambos os lados temos

$$1 = \frac{\varepsilon}{V_A} - R_o \left(\frac{i}{V_A} \right) \rightarrow 1 = \frac{\varepsilon}{V_A} - \frac{R_o}{R_L}$$

Da onde vem que

$$R_o = \left(\frac{\varepsilon}{V_A} - 1 \right) R_L .$$

A resistência interna R_o encontrada acima é a resistência interna equivalente de uma associação de pilhas em série. Logo, devemos substituir ε por $\varepsilon_{eq} = 2\varepsilon$ e dividir o resultado por 2 para obter a resistência interna de uma única pilha (R'_o).

$$R'_o = \left(\frac{2\varepsilon}{V_A} - 1 \right) \frac{R_L}{2} ,$$

que é o algoritmo definitivo procurado. O valor de V_A é fornecido pelo multímetro como ilustrado na situação II.

Os grupos devem realizar a medida duas vezes: na primeira usando pilhas autênticas e na segunda pilhas piratas.

Esta foi a 1ª etapa da atividade que é fundamental para realização da 2ª etapa, pois a partir do algoritmo encontrado a medida da resistência interna da pilha será facilmente encontrada com base apenas na leitura do multímetro.

4.2.4 Procedimento para 2ª Etapa

Nesta etapa o que os alunos precisarão fazer é deixar que a lâmpada fique acesa durante um tempo considerável. Por isso é recomendável que as pilhas utilizadas no experimento não sejam do tipo alcalina, pois é imprescindível que as pilhas descarreguem rapidamente para que os alunos possam registrar a maior quantidade de dados possível no período em que estiverem em sala de aula ou no laboratório. Outro aspecto muito importante do experimento é a influência da *Equação de Nernst*. Devemos lembrar que enquanto a pilha é descarregada no circuito os reagentes no anodo estão sendo consumidos e formando os produtos no catodo. Isto faz com que a força eletromotriz das pilhas diminua com tempo. Deste modo, é necessário que a cada registro de V_A também se faça o registro de ε_{eq} do qual se espera que de médio a longo prazo, não ser constante durante o tempo que a lâmpada estiver acesa.

Construção de Tabelas e Gráficos

A partir da tomada de dados os alunos poderão construir uma tabela como a mostrada abaixo, onde os registros do tempo t , em minuto, e da tensão V_A , em volt, poderão ser organizados.

t (min)	ε_{eq} (V)	V_A (V)	R'_o

A partir da tabela acima os alunos poderão construir dois gráficos interessantes $\varepsilon_{eq} \times t$ e $R_o \times t$

Quando os alunos constatarem a variação resistência interna da pilha, o professor poderá lhes perguntar:

- 1) O que ocorreu com a tensão V_A na lâmpada com a variação de R_o ?
- 2) O que ocorreu com a lâmpada quando $V_A < V_L$?
- 3) Poder-se-ia dizer que uma pilha “acaba” quando sua resistência interna chega a um valor crítico $R_{critico}$ tal que $V_A \ll V_L$?

A terceira pergunta é uma forma de provocar nos alunos a explicação física do porquê dos aparelhos pararem de funcionar sem que necessariamente a fem da pilha precise atingir valor nulo. Geralmente, quando nos desfazemos das pilhas sua fem ε está no intervalo $0 < \varepsilon < 1,5 \text{ V}$.

4.3 Atividade 2 – Medindo a Durabilidade das Pilhas

Objetivo

Comparar a durabilidade entre pilhas piratas e pilhas autênticas.

Material

- 1) Circuito da figura 31b;
- 2) duas pilhas primárias 1,5 V (AA) novas autênticas designação R03 ;
- 3) duas pilhas primárias 1,5 V (AA) novas piratas designação R03;
- 4) cronômetro

Procedimento

Inicialmente, cada grupo deverá conhecer o tempo médio de durabilidade das pilhas novas autênticas. Para isso tais pilhas serão inseridas no circuito da figura 31b. As pilhas deverão ser descarregadas até que as tensões caiam pela primeira vez abaixo da tensão nominal especificada. Isso será observado no multímetro. Quando isso acontecer os grupos deverão registrar através dos cronômetros o intervalo de tempo que as quedas de tensão levaram para acontecer.

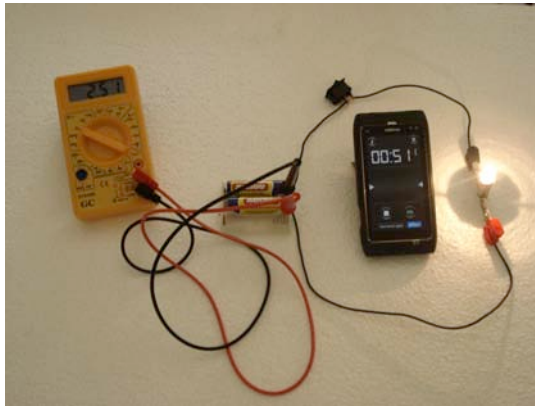
Em seguida, os grupos deverão reunir seus respectivos registros do intervalo de tempo e calcular uma média (expressa em hora).

Os grupos agora deverão repetir o mesmo procedimento para as pilhas novas piratas.

Se as médias nos dois procedimentos forem iguais ou maiores do que o valor mínimo em horas e, não mais do que cada dupla de pilhas apresentar resultado inferior a 60% do valor mínimo, as pilhas são consideradas Conforme, isto é, atende às exigências mínimas da norma ISO/IEC 60.086-2/2006 (INMETRO, 2011).

Segundo relatório apresentado pelo INMETRO em 2011, onde várias pilhas autênticas e piratas foram avaliadas quanto aos vários aspectos técnicos, o ensaio de tempo mínimo de descarga foi o que registrou maior número de não-conformidades para as pilhas piratas quando comparadas ao que a norma citada no parágrafo anterior exige. Por isso, o professor deve chamar a atenção dos alunos para o fato que as pilhas piratas duram, em média, menos tempo que as pilhas autênticas o que vai fazer com que os consumidores tenham de consumir mais dessas pilhas.

Por causa da desinformação das pessoas sobre as consequências ambientais negativas do descarte inadequado de pilhas e baterias, quanto mais pilhas piratas forem compradas mais descarte inadequado haverá e mais poluição ao meio ambiente será provocada.



(a)



(b)

Figura 33 – (a) Circuito para medição da durabilidade de pilhas novas autênticas e piratas. Observe que a lâmpada brilha intensamente no instante mostrado no cronômetro. (b) Circuito para medição da durabilidade de pilhas novas autênticas e piratas. Observe que a lâmpada brilha menos com o passar do tempo

4.4 Atividade 3 – As Pilhas e a Conscientização Ambiental

Objetivos

Fazer um levantamento presencial de estabelecimentos que comercializam pilhas e baterias à população, verificando se:

- i) os estabelecimentos cumprem a Resolução CONAMA nº401 de 4 de novembro de 2008 que em seu artigo 19 obriga que esses estabelecimentos possuam coletores específicos para o descarte de pilhas e baterias para uso dos consumidores;
- ii) se donos de loja, gerentes e funcionários estão informados da Resolução acima.

Procedimentos

Os alunos se dividirão em grupos de cinco por afinidade geográfica. O professor deverá enviar para leitura dos alunos:

- 1) Roteiro do trabalho;
- 2) 02 artigos sobre o descarte inadequado de pilhas;

3) Relatório do INMETRO sobre análise em pilhas alcalinas e zinco – manganês.

É necessário que os alunos leiam esse material a fim de ficarem inteirados do problema e então terem consciência do que vão fazer.

Após terem lido o material os alunos partirão em visitas aos estabelecimentos comerciais que vendem pilhas e baterias averiguando os itens (i) e (ii) dos objetivos. É recomendado que cada aluno visite pelo menos cinco lojas na região aonde o grupo reside. Para uma turma de 30 alunos teremos, no final, cerca de 130 lojas visitadas descontadas aquelas visitadas mais de uma vez por integrantes de diferentes grupos. Nessa visita, a observação do local e o diálogo com os comerciantes são muito importantes. Os alunos deverão registrar o que observaram e o que foi conversado com os funcionários sobre a Resolução. Se possível, pede-se que os alunos fotografem as lojas que possuírem os coletores.

Os integrantes de cada grupo deverão se reunir entre si quando voltarem da visita e produzir um relatório que contenha:

- 1) Capa com cabeçalho, título, nome e turma dos integrantes do grupo;
- 2) índice;
- 3) objetivo do trabalho;
- 4) breve introdução sobre a relação existente entre pilhas e meio ambiente;
- 5) relato do que ouviram dos comerciantes sobre o conhecimento da Resolução CONAMA nº401/2008;
- 6) relação das lojas visitadas com as fotos dos seus respectivos coletores. O grupo deverá informar se a loja possui ou não possui coletor;
- 7) construção de um gráfico de barras em Excel, mostrando do total de lojas visitadas o número ou percentual de lojas que possuem e que não possuem coletores para pilhas;
- 8) edição de duas cartas:

1ª Carta: deverá ser enviada para as lojas que não possuem os coletores lembrando-as:

- i) do perigo da contaminação que as pilhas usadas trazem ao meio ambiente e, conseqüentemente à saúde humana quando descartadas de forma inadequada;
- ii) da Resolução CONAMA nº401/2008;

Essa carta deve terminar com o grupo convidando tais lojas a cumprirem a Resolução acima.

2ª Carta: deverá ser enviada para as lojas que possuem os coletores elogiando-as pelo cumprimento da Resolução e motivando-as a continuar cumprindo a Lei para o bem de toda população.

- 9) Conclusão;
- 10) referências bibliográficas.

Após receber os relatórios de cada grupo, o professor analisa os relatórios e comenta com os alunos erros e acertos apontados por ele. Então, o professor seleciona, aleatoriamente, um integrante de cada grupo para compor um Grupo de Trabalho Final (GTF) cujo objetivo é produzir um único parecer com os comentários mais interessantes de cada relatório, um único gráfico com o total de lojas que possuem e não possuem os coletores, duas únicas cartas (as melhores entre todos os relatórios), conclusão final e uma única referência bibliográfica.

Para saber se os alunos adquiriram o conhecimento desejado sobre a relação pilhas x meio ambiente, o professor aplica à turma uma avaliação individual contendo seis questões objetivas sobre o assunto. Todas essas questões foram retiradas do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) de vários anos até o vestibular de 2010. Essa última etapa é uma boa oportunidade para mostrar para os alunos a relevância do tema, uma vez que esse assunto tem sido cobrado nesse vestibular que tem se tornado um dos mais importantes do Brasil.

Observação

Essa última atividade é composta de mais uma etapa (opcional) que consiste em que outra turma seja dividida novamente em grupos e que cada um deles leia o material fornecido pelo professor e o parecer final produzido pelo GTF. Estando por dentro do

espírito do trabalho já desenvolvido os alunos dessa turma confeccionarão coletores feitos de garrafas d'água de 10 litros e oferecerão àquelas lojas que foram visitadas e que foi observado não possuíam os coletores. Os alunos então farão outro relatório dizendo se houve aceitação ou não da parte dos comerciantes. Se houver aceitação, uma última etapa pode ser feita – os alunos poderão voltar às lojas que aceitaram os coletores improvisados e relatar se eles realmente foram postos em uso ou como estão sendo usados.

Devemos lembrar que o plástico das garrafas pet e das garrafas d'água demoram centenas para se degradarem na natureza. Logo, para utensílios domésticos cujos invólucros sejam feitos desse material devemos sempre buscar meios de reciclá-los. Nessa atividade, além de todos os envolvidos buscarem soluções para o descarte inadequado de pilhas e baterias, também foi dado um fim sustentável para essas garrafas que em altíssima escala são jogadas na natureza e também, junto com as pilhas e baterias são poluidoras em potencial do meio ambiente.

4.5 Outras Atividades Propostas

Duas outras atividades alternativas que sugerimos são:

1) Verificar se pilhas comuns usadas são recarregadas após passar um tempo no interior do refrigerador.

No questionário que passamos entre várias pessoas um número significativo de pessoas ainda tem essa prática de tentar recarregar pilhas usadas colocando-as por certo tempo no congelador. Poderíamos fazer um experimento para ver se isso realmente acontece e debater com os alunos se isso é fisicamente ou quimicamente possível. Nesse sentido, o professor deverá estar preparado para discutir espontaneidade, reversibilidade das reações químicas e termodinâmica química.

2) Verificar o rendimento de um circuito elétrico alimentado por uma pilha nova e uma pilha usada associadas em série.

Também é uma prática bastante popular juntar pilhas novas e usadas no mesmo aparelho na falta de outra nova. Com base na associação de pilhas em série, o professor poderia elaborar uma atividade investigativa de lápis e papel com seus alunos para discutir vários aspectos interessantes desse circuito como a intensidade da corrente de curto circuito (circuito aberto) e o rendimento entre circuitos com pilhas novas e circuito com mistura de pilhas novas e usadas.

Capítulo 5

Considerações Finais

Os cursos de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MPEF) oferecidos por diversas universidades públicas brasileiras com renomes nacional e internacional, em especial, o MPEF oferecido pelo Instituto de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro, têm como missão primordial a pesquisa em ensino de física realizada pelos professores de física daquele instituto e por seus pós-graduandos - professores de física do ensino médio de escolas das redes pública e particular de ensino. A pesquisa em ensino de física tem como objetivo principal a reconstrução das aulas de física nas escolas, de modo que, o aluno, nossa principal razão de ser, devidamente motivado, possa compreender melhor os fenômenos naturais e os conceitos científicos que os regem. Nessa lista de objetivos não deve ficar de fora a compreensão de como esse conjunto de fenômenos, princípios e leis podem ser utilizados na produção de tecnologias que cercam o cotidiano dos alunos e, principalmente, daqueles que visam melhorar a vida das pessoas. Não podemos esquecer também do debate ético em que o conhecimento científico e tecnológico está inserido. Ao mesmo tempo que a tecnologia oriunda do progresso científico pode melhorar a vida das pessoas ela pode também se voltar contra a vida das mesmas se for usada de forma a atender interesses particulares de alguns grupos que só vislumbram o poder, o domínio e o lucro. Há de se levar em consideração que a falta de uma educação científica torna as pessoas (principais consumidores da tecnologia moderna) alienadas quanto a essa questão. Isto ficou bem claro no desenvolvimento desse trabalho.

Esse trabalho revelou que, embora as pilhas sejam o utensílio elétrico mais popular, mais comercializado e mais usado em todo mundo tanto aqueles que as comercializam quanto aqueles que as consomem sabem muito pouco sobre elas. Para a maioria das pessoas as pilhas são verdadeiras “caixas pretas” como as dos aviões – são cheias de informações desconhecidas prontas para serem descobertas. Foi incrível descobrir, por exemplo, como um objeto pequeno no qual nem se presta muita atenção nas prateleiras das lojas pode estar inserido em tantos contextos importantes - o científico, o tecnológico, o social e ambiental. Por isso, entendeu-se que o conteúdo de geradores elétricos, no qual as pilhas são simplesmente citadas como apenas mais um

tipo de gerador elétrico entre tantos outros, e daí, não se fala mais nada sobre elas, precisa de um enfoque inovador aonde se penetre nessa “caixinha preta” que é a pilha e que o aluno descubra que nela há sim muitas coisas que as pessoas precisam saber enquanto cidadãos e usuários de pilhas. Todas essas coisas são interdependentes. Entender relação entre a necessidade das pilhas, a química e a física das mesmas nos tornará consumidores e cidadãos mais conscientes uma vez que saberemos que escolher entre comprar uma pilha autêntica (mais cara) e uma pilha pirata (mais barata) e escolher entre jogar uma pilha usada no lixo comum ou num coletor específico será também escolher o futuro que queremos dar à natureza, aos nossos filhos e netos. Isto sim é aprendizagem significativa.

Apêndice A

Questionário sobre a Utilização das Pilhas Secas por Cidadãos Comuns e Alunos

Pergunta 1 – Você costuma usar pilhas?

sim

não

Pergunta 2 – Cite os dois aparelhos em que você mais utiliza as

Resp. _____

Pergunta 3 – Você sabe quem inventou a pilha e como ela foi inventada?

sim

não

Pergunta 4 -Você sabe como a pilha funciona?

sim

não

Pergunta 5 – Você sabe o que há dentro de uma pilha?

sim

não

Pergunta 6 – Você sabe a diferença entre um a pilha AA e uma pilha AAA?

sim

não

**Pergunta 7 – Hoje em dia, utiliza-se muito as pilhas chamadas de *recarregáveis*.
Você sabe o que torna uma pilha recarregável?**

sim

não

Pergunta 8 – O que você faz quando uma pilha acaba?

- a. Joga na lata de lixo comum.
- b. Coloca na geladeira para observar se ela é recarregada.
- c. Guarda em um recipiente qualquer.
- d. Procura uma lata de lixo específica para pilhas.
- e. Não sabe o que fazer.

Pergunta 9 – Você sabe como proceder para que uma pilha dure mais tempo funcionando?

sim

não

Pergunta 10 – Você acredita que após certo tempo de permanência no refrigerador, uma pilha gasta é recarregada?

sim

não

Pergunta 11 – Às vezes você coloca pilhas novas com pilhas usadas dentro do mesmo aparelho eletrônico?

sim

não

Pergunta 12 – Você acha que as pilhas podem oferecer algum perigo para saúde pública?

sim

não

Apêndice B

Guia do Professor

Este guia visa orientar você professor numa aula introdutória de geradores elétricos. Preocupamo-nos aqui, em sintetizar com poucas palavras, os aspectos que achamos mais importantes numa introdução às pilhas elétricas como geradores de energia elétrica.

1ª Aula

1. Definir GERADORES ELÉTRICOS.

Ao final dessa definição algum aluno pode perguntar:

Professor, como se dá o processo de conversão da energia mecânica em energia elétrica numa usina hidrelétrica?

O professor pode fornecer a resposta com base na tabela 1, p. 22, da dissertação.

2. Definir PILHA ELÉTRICA.

Os alunos podem achar estranho que em meio à tantas formas de se gerar energia elétrica, como todos aqueles citados na tabela 1, o professor tenha resolvido se dar ênfase num gerador tão comum. Nesse momento, o professor precisará justificar para os seus alunos porque escolheu se aprofundar nas pilhas e não na energia eólica. Ele deverá convencer seus alunos da importância em se estudar as pilhas. Isso pode ser feito fazendo-se rapidamente uma enquete como a que foi feita através do questionário do ANEXO A. Ao invés de passar o questionário aos seus alunos, ele poderá selecionar algumas perguntas-chaves que farão os alunos refletirem e quererem saber a resposta.

Destacamos duas delas:

Pergunta 11 – Às vezes você coloca pilhas novas com pilhas usadas dentro do mesmo aparelho eletrônico?

Aplicação do questionário mostrou que essa é uma prática bem freqüente da população quanto às pilhas. Por isso, espera-se que em sala de aula, os alunos respondam que “sim”. O professor pode levar o aluno à dúvida quanto essa prática ao perguntar:

Será que isso funciona?

E deixá-los em suspense:

Veremos isso mais tarde. (Possível discussão para associação de geradores)

Pergunta 8 – O que você faz quando uma pilha acaba?

Os alunos podem responder, por exemplo, que “jogam fora”. Daí o professor pode suscitar as seguintes perguntas:

Em que lugar você joga as pilhas usadas? Será que esse lugar é o mais adequado? Por quê? (Possível discussão para questão ambiental)

Outras perguntas que podem surgir pela curiosidade dos alunos:

Professor, é verdade que a pilha se recarrega depois de colocada no congelador?

Professor, o que é efeito memória ou bateria viciada?

Por que as pilhas vazão?

Embora essa dissertação não tenha caminhado na direção de responder essas perguntas, foi constatado que quando você entra no assunto “pilhas” essas três perguntas são inevitáveis, principalmente as duas primeiras. Então, sugerimos ao professor, que consulte:

<http://www.rived.ufu.br/objetos/quimica/Pilhas/guiapilhas.pdf>

Nesse outro guia, poderá ser encontradas respostas para estas e outras perguntas cujo contexto está mais voltado para a físico-química que para física.

3. Fazer um breve histórico das pilhas chegando à natureza ELETROQUÍMICA das mesmas.

É interessante que o professor termine esse histórico mostrando o funcionamento da pilhas de Daniell. Para isso, é desejável que o professor tenha um conhecimento básico de todo processo. Destacamos aqui algumas palavras chaves que devem fazer parte do glossário BÁSICO na explicação do processo eletroquímico das pilhas.

Anodo

Ânion

Cátion

Catodo

Concentração

Condutor

Eletrólito

Eletroquímica, Célula

Força Eletromotriz

Metal(is), Série de Atividade do(s)

Nerst, Equação de

Oxidação, Semi-reação de

Oxidante, Agente

Oxi-Redução, Reação de

Ponte salina

Potencial Padrão de Redução

Produtos Redução, Semi-reação de

Reagentes

Redutor , Agente

Solução

Ao final da explicação desse processo o professor pode falar da Equação de Nernst para explicar que a força eletromotriz da pilha vai diminuindo enquanto os reagentes vão formando os produtos durante as reações químicas na pilha, isto é, a pilha é um gerador de energia elétrica finita.

O professor encerra a 1ª aula comentando que pelo fato da energia elétrica gerada pelas pilhas ser de natureza eletroquímica, nas pilhas e baterias que consumimos há metais pesados como chumbo, mercúrio, cádmio e outros. Daí o professor se aprofunda na questão ambiental dando ênfase aos seguintes aspectos:

i) Muitas pilhas são consumidas no Brasil e no mundo (referir-se ao resultado do exercício de ordem de grandeza proposto);

ii) as pessoas não conhecem a natureza das pilhas nem são informadas dos perigos que esses elementos causam à saúde quando ingeridos via água e alimentos;

iii) as pessoas descartam as pilhas em lixos comuns e outros lugares como na rua, terrenos baldios e rios;

iv) há legislação específica para as pilhas. Ela regula o percentual de metais pesados permitido no interior das pilhas, aonde deve ser feito o descarte e por quem tem que ser feitos o recolhimento e a reciclagem das mesmas (citar a Resolução CONAMA nº 401/2008 e os artigos mais importantes). Avisar que essa consciência tem sido cobrada nos exames do MEC;

v) as pessoas consomem pilhas piratas comercializadas á baixos preços em relação ás pilhas autênticas. Ora, tais pilhas são de qualidade inferior e não seguem a legislação. Geralmente, precisam ser repostas mais vezes que as pilhas autênticas por durarem menos. Isso contribui para poluição do meio ambiente.

4. Atividade Proposta nº1 – Levando a Conscientização Ecológica aos Estabelecimentos que vendem Pilhas à População

Objetivos

Fazer um levantamento presencial de estabelecimentos que comercializam pilhas e baterias à população, verificando se:

- i) os estabelecimentos cumprem a Resolução CONAMA nº401 de 4 de novembro de 2008 que em seu artigo 19 obriga que esses estabelecimentos possuam coletores específicos para o descarte de pilhas e baterias para uso dos consumidores;
- ii) se donos de loja, gerentes e funcionários estão informados da Resolução acima.

Procedimentos

Os alunos se dividirão em grupos de cinco por afinidade geográfica. O professor deverá enviar para leitura dos alunos:

- 1) Roteiro do trabalho;
- 2) Dois artigos sobre o descarte inadequado de pilhas;
- 3) Relatório do INMETRO sobre análise em pilhas alcalinas e zinco – manganês.

É necessário que os alunos leiam esse material a fim de ficarem inteirados do problema e então terem consciência do que vão fazer.

Após terem lido o material os alunos partirão em visitas aos estabelecimentos comerciais que vendem pilhas e baterias averiguando os itens (i) e (ii) dos objetivos. É recomendado que cada aluno visite pelo menos cinco lojas na região aonde o grupo reside. Para uma turma de 30 alunos teremos, no final, cerca de 130 lojas visitadas descontadas aquelas visitadas mais de uma vez por integrantes de diferentes grupos. Nessa visita, a observação do local e o diálogo com os comerciantes são muito importantes. Os alunos deverão registrar o que observaram e o que foi conversado com

os funcionários sobre a Resolução. Se possível, pede-se que os alunos fotografem as lojas que possuírem os coletores.

Os integrantes de cada grupo deverão se reunir entre si quando voltarem da visita e produzir um relatório que contenha:

- 1) Capa com cabeçalho, título, nome e turma dos integrantes do grupo;
- 2) índice;
- 3) objetivo do trabalho;
- 4) breve introdução sobre a relação existente entre pilhas e meio ambiente;
- 5) relato do que ouviram dos comerciantes sobre o conhecimento da Resolução CONAMA nº401/2008;
- 6) relação das lojas visitadas com as fotos dos seus respectivos coletores. O grupo deverá informar se a loja possui ou não possui coletor;
- 7) construção de um gráfico de barras em Excel, mostrando do total de lojas visitadas o número ou percentual de lojas que possuem e que não possuem coletores para pilhas;
- 8) edição de duas cartas:

1ª Carta: deverá ser enviada para as lojas que não possuem os coletores lembrando-as:

- i) do perigo da contaminação que as pilhas usadas trazem ao meio ambiente e, conseqüentemente à saúde humana quando descartadas de forma inadequada;
- ii) da Resolução CONAMA nº401/2008;

Essa carta deve terminar com o grupo convidando tais lojas a cumprirem a Resolução acima.

2ª Carta: deverá ser enviada para as lojas que possuem os coletores elogiando-as pelo cumprimento da Resolução e motivando-as a continuar cumprindo a Lei para o bem de toda população.

- 9) conclusão;
- 10) referências bibliográficas.

Após receber os relatórios de cada grupo, o professor analisa os relatórios e comenta com os alunos erros e acertos apontados por ele. Então, o professor seleciona, aleatoriamente, um integrante de cada grupo para compor um Grupo de Trabalho Final (GTF) cujo objetivo é produzir um único parecer com os comentários mais interessantes de cada relatório, um único gráfico com o total de lojas que possuem e não possuem os coletores, duas únicas cartas (as melhores entre todos os relatórios), conclusão final e uma única referência bibliográfica. Para saber se os alunos adquiriram o conhecimento desejado sobre a relação pilhas x meio ambiente, o professor aplica à turma uma avaliação individual contendo seis questões objetivas sobre o assunto. Todas essas questões foram retiradas do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) de vários anos até o vestibular de 2010.

2ª Aula

1. Apresentar e discutir a Equação do Gerador (ou a Pilha)

Os alunos já têm conhecimento do que é a força eletromotriz da pilha. O que cabe agora é o professor discutir o princípio da conservação de energia, isto é, enfatizar que a resistência interna da mesma consome parte da energia elétrica produzida pela pilha transformando-a em calor.

2. Apresentar e discutir a Associação de Pilhas com ênfase em Associação em Série.

É importante que o professor diga que a totalidade dos aparelhos que precisam de pilhas utiliza a associação em série. Aqui o professor também pode revelar a diferença entre pilhas e baterias. O professor pode retirar o invólucro de uma bateria 9 V e mostrar que em seu interior há na verdade 06 pilhas associadas em série.

3. Atividade proposta nº 2 - Medindo a Resistência Interna de uma Pilha.

Objetivos

1ª Etapa - medir a resistência elétrica interna de pilhas autênticas e piratas e compará-las.

2ª Etapa - investigar se a resistência interna de uma pilha aumenta com o tempo de uso da mesma conforme Axt (2010) e McDermott (1996).

Arranjo Experimental Básico

Nessa atividade usamos como arranjo experimental o circuito ilustrado em Biscuolo (2010, p.170, exercício 49) que faz parte de um simples exercício de eletrodinâmica, envolvendo geradores elétricos. Logo, para realização dessa atividade é necessário que o aluno já esteja familiarizado com o tratamento de circuitos elétricos simples e com o uso de instrumentos de medidas elétricas sobre os circuitos. Transcrevemos o exercício como segue abaixo.

(Fuvest – SP) Uma bateria possui força eletromotriz ε e resistência interna R_0 . Para determinar essa resistência, em um voltímetro foi ligado aos dois pólos da bateria, obtendo-se $V_0 = \varepsilon$ (situação I). Em seguida, os terminais da bateria foram conectados a uma lâmpada. Nessas condições, a lâmpada tem resistência $R_L = 4\ \Omega$ e o voltímetro indica V_A (situação II), de tal forma que $\frac{V_0}{V_A} = 1,2$. Dessa experiência, conclui-se que o valor de R_0 é:

a) $0,8\ \Omega$

b) $0,6\ \Omega$

c) $0,4\ \Omega$

d) $0,2\ \Omega$

e) $0,1\ \Omega$

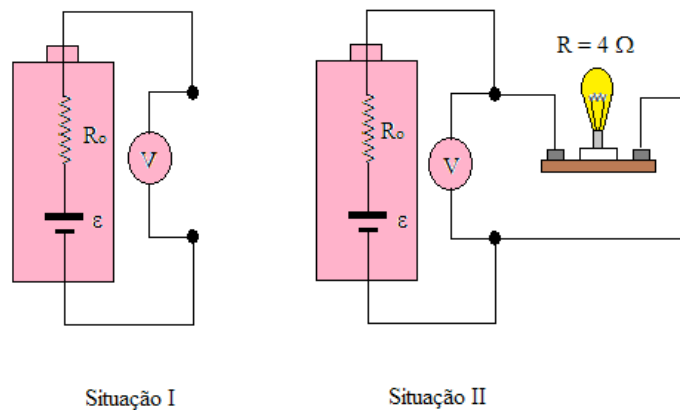


Figura A.B.1 - Circuito do exercício 49 de Biscuola (2010).

Evidentemente, deveremos adaptar os dados do exercício para aqueles que temos na prática como, por exemplo, a resistência elétrica da lâmpada que é dada pelos valores nominais da mesma.

$$R_L = \frac{V_L}{i_{\max}} \therefore R_L = \frac{2,4}{0,5} \therefore R_L = 4,8\Omega$$

Embora nossas pilhas tenham valor de força eletromotriz ε conhecidos e iguais a 1,5 V, é importante que os alunos constatem isso medindo a tensão da pilha em circuito aberto como mostrado na situação I da figura A.B.1.

Construção do Circuito

Material

- 1) Duas pilhas primárias 1,5 V (AA) novas autênticas;
- 2) duas pilhas primárias 1,5 V (AA) novas piratas;
- 3) um suporte para pilhas AA para duas ou mais pilhas;
- 4) meio metro (50 cm) de fio 1,5 mm (comercializado como “cabinho”);
- 5) um interruptor do tipo on-off;
- 6) uma lâmpada com valores nominais $V_L = 2,4 \text{ V} - i_{\max} = 0,5 \text{ A}$ e bocal;
- 7) Dois conectores do tipo “jacaré” (um preto outro vermelho);
- 8) um multímetro digital modelo Smart DT-830B;

9) um alicate pequeno.

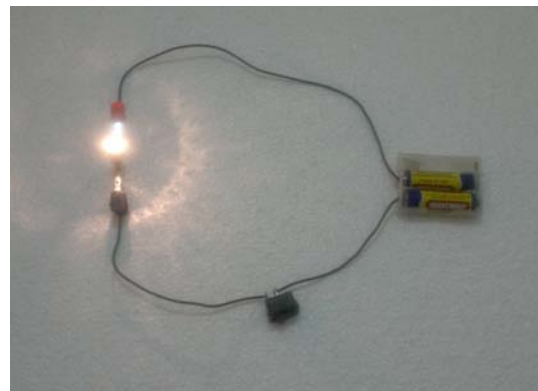
Cada grupo construirá seu aparato da seguinte forma:

- 1º Passo: Cortar o fio (cabinho) em duas partes iguais de 25 cm (metade A e metade B);
- 2º Passo: cortar a metade A em duas partes iguais (metade C e metade D);
- 3º Passo: com o alicate desencapar em 1,0 cm as extremidades de cada uma das três metades;
- 4º Passo: com o alicate remover os fios do suporte para pilhas;
- 5º Passo: conectar uma das extremidades da metade D ao terminal negativo do compartimento para pilhas e a outra extremidade ao terminal “on” do interruptor;
- 6º Passo: conectar uma das extremidades da metade C ao terminal “off” do interruptor e a outra extremidade ao “jacaré” cor preta;
- 7º Passo: conectar uma das extremidades da metade B ao terminal positivo do compartimento para pilhas e a outra extremidade ao “jacaré” cor vermelha;
- 8º Passo: verificar se o interruptor está na posição “off”. Caso não esteja, colocar;
- 9º Passo: conectar os “jacarés” nas extremidades do bocal;
- 10º Passo: colocar a lâmpada no bocal;
- 11º Passo: colocar as pilhas no compartimento;
- 12º Passo: testar o acendimento da lâmpada colocando o interruptor na posição “on”.

O material usado bem como circuito construído é mostrado nas figuras A.B.2 (a) e A.B.2 (b) abaixo.



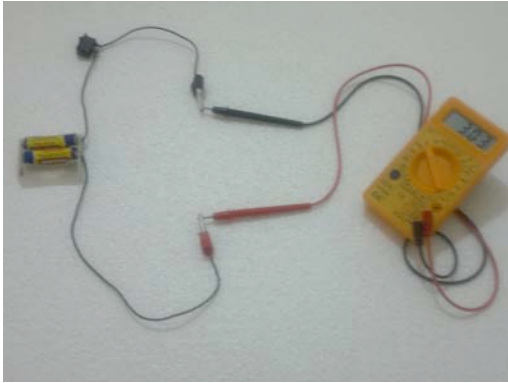
(a)



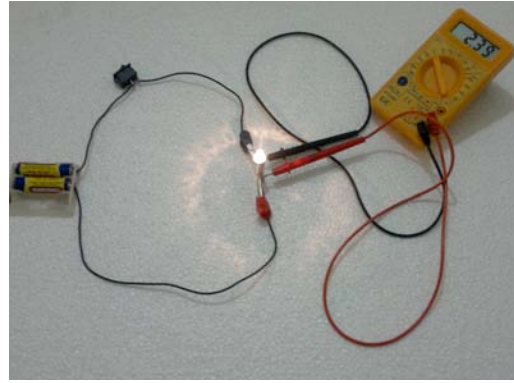
(b)

Figura A.B.2 – (a) Material empregado na construção do circuito. (b) Circuito construído pelos alunos para investigação da resistência interna.

Uma vez construído o circuito, os alunos poderão materializar as situações I e II mostradas na figura A.B.1. Isso pode ser visto nas figuras A.B.3 (a) e A.B.3 (b) abaixo.



(a)



(b)

Figura A.B.3 – (a) Medição da fem ε_{eq} da associação de pilhas usando o multímetro digital (situação I). (b) – Medição de V_A usando o multímetro digital (situação II).

Procedimento para 1ª Etapa

Inicialmente, os grupos deverão resolver algebricamente o exercício buscando a relação dos parâmetros fornecidos pelo mesmo, isto é, R_L , ε e V_A . Buscar uma relação entre os parâmetros faz parte da investigação o que se difere da prática experimental tradicional aonde as relações já vêm prontas no roteiro. Apresentamos a seguir a resolução do exercício. Aplicando a equação do gerador ao exercício temos

$$V_A = \varepsilon - R_o i$$

Dividindo a equação por V_A ambos os lados temos

$$1 = \frac{\varepsilon}{V_A} - R_o \left(\frac{i}{V_A} \right) \rightarrow 1 = \frac{\varepsilon}{V_A} - \frac{R_o}{R_L}$$

Da onde vem que

$$R_o = \left(\frac{\varepsilon}{V_A} - 1 \right) R_L$$

A resistência interna R_o encontrada acima é a resistência interna equivalente de uma associação de pilhas em série. Logo, devemos substituir ε por $\varepsilon_{eq} = 2\varepsilon$ e dividir o resultado por 2 para obter a resistência interna de uma única pilha (R'_o),

$$R'_o = \left(\frac{2\varepsilon}{V_A} - 1 \right) \frac{R_L}{2}$$

que é o algoritmo definitivo procurado. O valor de V_A é fornecido pelo multímetro como ilustrado na situação II. Os grupos devem realizar a medida duas vezes: na primeira usando pilhas autênticas e na segunda pilhas piratas. Esta foi a 1ª etapa da atividade que é fundamental para realização da 2ª etapa, pois a partir do algoritmo encontrado a medida da resistência interna da pilha será facilmente encontrada com base apenas na leitura do multímetro.

Procedimento para 2ª Etapa

Nesta etapa o que os alunos precisarão fazer é deixar que a lâmpada fique acesa durante um tempo considerável. Por isso é recomendável que as pilhas utilizadas no experimento não sejam do tipo alcalina, pois é imprescindível que as pilhas descarreguem rapidamente para que os alunos possam registrar a maior quantidade de dados possível no período em que estiverem em sala de aula ou no laboratório. Outro aspecto muito importante do experimento é a influência da *Equação de Nernst*. Devemos lembrar que enquanto a pilha é descarregada no circuito os reagentes no anodo estão sendo consumidos e formando os produtos no catodo. Isto faz com que a força eletromotriz das pilhas diminua com tempo. Deste modo, é necessário que a cada registro de V_A também se faça o registro de ε_{eq} que se espera, de médio a longo prazo, não ser constante durante o tempo que a lâmpada estiver acesa.

Construção de Tabelas e Gráficos

A partir da tomada de dados os alunos poderão construir uma tabela como a mostrada abaixo, onde os registros do tempo t , em minuto, e da tensão V_A , em volt, poderão ser organizados.

t (min)	ε_{eq} (V)	V_A (V)	R'_o

A partir da tabela acima os alunos poderão construir dois gráficos interessantes $\varepsilon_{eq} \times t$ e $R'_o \times t$

Quando os alunos constatarem a variação resistência interna da pilha, o professor poderá lhes perguntar:

- 4) O que ocorreu com a tensão V_A na lâmpada com a variação de R'_o ?
- 5) O que ocorreu com a lâmpada quando $V_A < V_L$?
- 6) Poder-se-ia dizer que uma pilha “acaba” quando sua resistência interna chega a um valor crítico $R_{critico}$ tal que $V_A \ll V_L$?

A terceira pergunta é uma forma de provocar nos alunos a explicação física do porquê dos aparelhos pararem de funcionar sem que necessariamente a fem da pilha precise atingir valor nulo. Geralmente, quando nos desfazemos das pilhas sua fem ε está no intervalo $0 < \varepsilon < 1,5$ V.

4. Atividade Proposta nº3 - Medindo a Durabilidade das Pilhas

Objetivo

Comparar a durabilidade entre pilhas piratas e pilhas autênticas.

Material

- 1) Circuito da figura 31b;
- 2) duas pilhas primárias 1,5 V (AA) novas autênticas designação R03²³;
- 3) duas pilhas primárias 1,5 V (AA) novas piratas designação R03;
- 4) cronômetro²⁴

Procedimento

Inicialmente, cada grupo deverá conhecer o tempo médio de durabilidade das pilhas novas autênticas. Para isso tais pilhas serão inseridas no circuito da figura 31b. As pilhas deverão ser descarregadas até que as tensões caiam pela primeira vez abaixo da tensão nominal especificada. Isso será observado no multímetro. Quando isso acontecer os grupos deverão registrar através dos cronômetros o intervalo de tempo que as quedas de tensão levaram para acontecer.

Em seguida, os grupos deverão reunir seus respectivos registros do intervalo de tempo e calcular uma média (expressa em hora).

Os grupos agora deverão repetir o mesmo procedimento para as pilhas novas piratas.

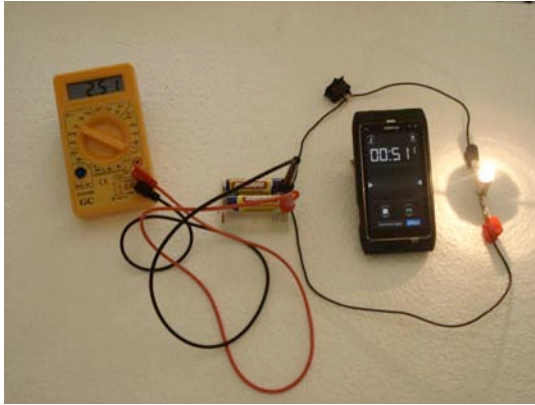
Se as médias nos dois procedimentos forem iguais ou maiores do que o valor mínimo em horas e, não mais do que cada dupla de pilhas apresentar resultado inferior a 60% do valor mínimo, as pilhas são consideradas **conforme**, isto é, atende às exigências mínimas da norma ISO/IEC 60.086-2/2006 (INMETRO, 2011).

Segundo relatório apresentado pelo INMETRO em 2011, onde várias pilhas autênticas e piratas foram avaliadas quanto aos vários aspectos técnicos, o ensaio de tempo mínimo de descarga foi o que registrou maior número de **não-conformidades** para as pilhas piratas quando comparadas ao que a norma citada no parágrafo anterior exige.

²³ O tempo mínimo de descarga para essa designação de pilha é de 1,4 h se usada num rádio segundo especificações da norma ISO/IEC 60.086-2/2006. Isso justifica a escolha dessa designação de pilha para nosso experimento uma vez que esse intervalo de tempo é razoável para que ele possa ser realizado no laboratório escolar.

²⁴ Alguns modelos de celular possuem cronômetros.

Por isso, o professor deve chamar a atenção dos alunos para o fato que as pilhas piratas duram, em média, menos tempo que as pilhas autênticas o que vai fazer com que os consumidores tenham de consumir mais dessas pilhas.



(a)



(b)

Figura A.B.4 – (a) Circuito para medição da durabilidade de pilhas novas autênticas e piratas. Observe que a lâmpada brilha intensamente no instante mostrado no cronômetro. (b) Circuito para medição da durabilidade de pilhas novas autênticas e piratas. Observe que a lâmpada brilha menos com o passar do tempo.

Por causa da desinformação das pessoas sobre as consequências ambientais negativas do descarte inadequado de pilhas e baterias, quanto mais pilhas piratas forem compradas mais descarte inadequado haverá e mais poluição ao meio ambiente será provocada.

Apêndice C

Roteiro para os Grupos para Atividade Proposta nº 1

Descarte de Pilhas – Um Exercício de Cidadania

Roteiro do Trabalho

1) Introdução

A formação de um indivíduo em um *Cidadão* tem seu início dentro da família onde seus pais lhe ensinarão os princípios da moral e da ética que têm como finalidade formar o seu *caráter*. Nos dias de hoje, formar um bom-caráter é salutar para toda sociedade, ainda mais no Brasil, país que já é conhecido internacionalmente pela corrupção e pelo famoso “jeitinho brasileiro”, ambos, problemas da falta de caráter e ética dos nossos governantes e co-patriotas, respectivamente. Todavia, formar o caráter não é o suficiente para que o indivíduo exerça plenamente o exercício da cidadania. Um cidadão completamente formado é esclarecido, isto é, está a par dos problemas comuns da sociedade e de algum modo, ele dá a sua cota de contribuição para que ele mesmo não faça parte do problema, ou num nível excelente contribui para encontrar a solução de tais problemas. Ora, a família não preenche essa lacuna, pois para que o indivíduo possa conhecer profundamente os problemas da sociedade e interagir com eles se faz necessária a *Educação Formal* que só é dada nos bancos escolares. Fora disso, é impossível que o indivíduo conheça a sociedade que vive e se sinta envolvido emocionalmente, socialmente e intelectualmente com os problemas inerentes a ela. Portanto, sem Educação, é impossível contribuir para uma sociedade melhor que é o principal atributo de um cidadão completo.

2) Objetivo

Com base no disposto acima, esse trabalho consiste em levar os alunos a se envolverem na problemática ambiental inerente ao *descarte inadequado de pilhas e baterias usadas*. Deseja-se primeiro tornar os alunos conhecedores da questão para que

por último eles passem a colaboradores na busca de uma solução para esse problema, pelo menos nas localidades aonde eles vivem.

3) O Trabalho

O trabalho será aplicado a uma turma de 2ª série do ensino médio com cerca de 35 alunos. Os alunos se dividirão em 07 grupos de 05 alunos cada. Convém que os alunos montem os grupos por *afinidade geográfica dos integrantes*.

3.1) Primeira Etapa - Leitura

Os alunos deverão ler os artigos recomendados que lhes serão enviados, o relatório do INMETRO, encontrado na página da *web* citada na nota de rodapé dessa folha²⁵, para conhecerem o problema ambiental provocado pelo descarte de pilhas e baterias usadas e as resoluções do CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente) que regulam o descarte de pilhas e baterias usadas.

3.2) Segunda Etapa – Visitação e Levantamento de Dados

Cada aluno de cada grupo visitará pelo menos 05 estabelecimentos comerciais²⁶ que comercializem pilhas. Os alunos passearão pelo estabelecimento para verificar se há nele algum lugar reservado ao depósito de pilhas e baterias usadas. Se o estabelecimento for muito grande, os alunos poderão perguntar ao gerente ou a algum funcionário se existe esse lugar no interior ou no exterior da loja. Após a visita os alunos deverão registrar as seguintes informações:

1. Nome do estabelecimento visitado;
2. endereço do estabelecimento visitado;
3. se o estabelecimento possui ou não um lugar adequado para depósito de pilhas e baterias usadas.

²⁵ <http://fantastico.globo.com/Jornalismo/FANT/0,,MUL1678223-15605,00-PILHAS+PIRATAS+DURAM+MENOS+E+POEM+A+SAUDE+EM+RISCO.html>

(*) Caso tenha dificuldades busque no Google como: “Atenção, consumidor Fantástico pilhas”

²⁶ É vetado visitas a camelôs.

4. tirar uma foto²⁷ de cada estabelecimento.

3.3) Terceira Etapa – Carta

Cada grupo confeccionará uma carta para cada estabelecimento visitado sendo que para os estabelecimentos que possuem lugar reservado para depósitos de pilhas e baterias usadas, a carta deverá elogiar o estabelecimento por estar de acordo com as resoluções do CONAMA. Para os estabelecimentos que não possuem lugar reservado a carta deverá:

1. Explicar ao comerciante a questão da poluição causada pelo descarte inadequado de pilhas e baterias usadas.
2. Citar as resoluções do CONAMA que o tornam responsável pelo recebimento das pilhas e baterias usadas em seu estabelecimento.
3. Convidá-lo, educadamente, a colaborar com o cumprimento das resoluções do CONAMA.

3.4) Quarta Etapa – Resultados Quantitativos do Levantamento

Todos os grupos se reúnem e juntam todos os levantamentos. Usando o programa Excel (utilitário do Office) deverão construir um gráfico de barras mostrando o percentual de estabelecimentos que possuem lugares destinados ao depósito de pilhas e baterias e o dos que não possuem. A figura abaixo mostra um possível modelo de gráfico.

²⁷ É preciso pedir autorização à gerência ou responsável pelo estabelecimento.

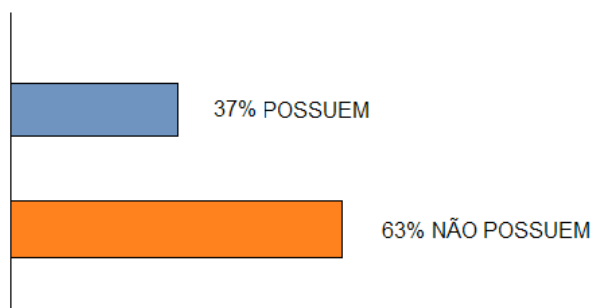


Figura A.C.1 – Modelo de gráfico, construído em Excel[®], utilizado para mostrar o resultado quantitativo do levantamento feito pelos alunos.

3.5) Quinta Etapa – Relatório e Avaliação dos Alunos

Cada grupo deverá elaborar e digitar um relatório (digitado) para entregar ao professor contendo um parecer das visitas, as fotos, as cartas redigidas e o gráfico do levantamento produzido no Excel²⁸. Cada deverá ter no máximo 03 (três laudas frente e verso).

O trabalho será encerrado com a aplicação de uma avaliação individual (uma por aluno) contendo questões objetivas sobre o tema do trabalho.

²⁸ Sugere-se que sejam usados o sistema operacional Windows XP[®] e os utilitários Word[®] e Excel[®] do Office 2003[®].

Apêndice D

Avaliação Aplicada aos Alunos ao Final da Atividade

Proposta nº 1

Avaliação de Conhecimento Adquiridos sobre o Tema: *Descarte de Pilhas e Baterias Usadas – Um Exercício de Cidadania*

Nome: _____ nº _____ Turma: _____

Assinale com um (X) a única resposta correta.

1. **(EXAMES DO MEC)** A energia elétrica vem facilitar a vida cotidiana, permitindo o uso de diversas tecnologias. Uma das formas de obtenção dessa energia são as pilhas, utilizadas em diversos aparelhos. Elas possuem materiais de perigosa e demorada interação com o meio ambiente e, por isso, não devem ser misturadas ao lixo comum.

Para uma pessoa descartar pilhas usadas, considera-se as seguintes propostas:

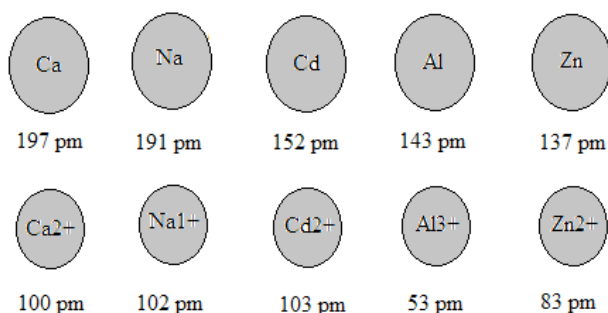
- I. Procurar informações sobre onde devem ser depositadas.
- II. Devolvê-las ao fabricante para seu destino adequado.
- III. Jogá-las em terreno baldio quando descarregadas.
- IV. Enterrá-las em profundidade correta.

Estão corretas as propostas:

- (A) I e II
- (B) II e III
- (C) I e IV
- (D) III e IV

2. **(ENEM – 2010)** O cádmio, presente nas baterias, pode chegar ao solo quando esses materiais são descartados de maneira irregular no meio ambiente ou quando são incinerados. Diferentemente da forma metálica, os íons Cd^{2+} são extremamente

perigosos para o organismo, pois eles podem substituir íons Ca^{2+} , ocasionando uma doença degenerativa nos ossos, tornando-os muito porosos e causando dores intensas nas articulações. Podem ainda inibir enzimas ativadas pelo cátion Zn^{2+} , que são extremamente importantes para o funcionamento dos rins. A figura mostra a variação do raio de alguns metais e seus respectivos cátions.



Com base no texto, a toxicidade do cádmio em sua forma iônica é consequência de esse elemento:

- (A) apresentar baixa energia de ionização, o que favorece a formação do íon e facilita sua ligação a outros compostos.
- (B) possuir tendência de atuar em processos biológicos mediados por cátions metálicos com cargas que variam de +1 a +3.
- (C) possuir raio e carga relativamente próximos aos íons metálicos que atuam nos processos biológicos, causando interferência nesses processos.
- (D) apresentar raio iônico grande, permitindo que ele cause interferência nos processos biológicos em que, normalmente, íons menores participam.
- (E) apresentar carga +2, o que permite que ele cause interferência nos processos biológicos em que, normalmente, íons com cargas menores participam.

3. **(ENEM – 2009)** Cerca de 1% do lixo urbano é constituído por resíduos sólidos contendo elementos tóxicos. Entre esses elementos estão metais pesados como cádmio, chumbo e mercúrio, componentes de pilhas e baterias, que são perigosos à saúde humana e ao meio ambiente. Quando descartadas em lixos comuns, pilhas e baterias vão para aterros sanitários ou lixões a céu aberto, e o vazamento de seus componentes contamina o solo, os rios e o lençol freático, atingindo a flora e a fauna. Por serem

bioacumulativos e não biodegradáveis, esses metais chegam de forma acumulada aos seres humanos, por meio da cadeia alimentar. A legislação vigente (Resolução CONAMA nº 257/1999) regulamenta o destino o destino de pilhas e baterias após seu esgotamento energético e determina aos fabricantes e/ou importadores a quantidade máxima permitida desses metais em cada tipo de pilha/bateria, porém o problema ainda persiste

Disponível em <http://www.mma.gov.br>.

Acesso em: 11 jul. 2009 (adaptado)

Uma medida que poderia contribuir para acabar definitivamente com o problema da poluição ambiental por metais pesados relatado no texto seria

- (A) deixar de consumir aparelhos elétricos que utilizem pilha ou bateria como fonte de energia.
- (B) usar apenas pilhas e baterias recarregáveis e de vida útil longa e evitar ingerir alimentos contaminados, especialmente peixes.
- (C) devolver pilhas e baterias, após o esgotamento da energia armazenada, à rede de assistência técnica especializada para repasse a fabricantes e/ou importadores.
- (D) criar nas cidades, especialmente naquelas com mais de 100 mil habitantes, pontos estratégicos de coleta de baterias e pilhas, para posterior repasse a fabricantes e/ou importadores.
- (E) Exigir que fabricantes invistam em pesquisa para a substituição desses metais tóxicos por substâncias menos nocivas ao homem e ao ambiente, e que não sejam bioacumulativas.

4. **(EXAMES DO MEC)** Há diversas situações em que é necessário o uso residencial de dispositivos geradores de energia elétrica como alternativa à rede de distribuição pública. Alguns desses dispositivos são:

- I. Geradores a óleo diesel ou gasolina: convertem a energia térmica da queima de combustíveis em energia elétrica.
- II. Geradores eólicos: a energia do vento é convertida em energia elétrica.

- III. Geradores hidráulicos: uma roda d'água é acoplada a um dínamo, que gera energia elétrica.
- IV. Geradores eletroquímicos (pilhas e baterias): reações químicas geram energia elétrica. Alguns podem ser recarregáveis; outros não.

O uso de cada um desses dispositivos tem vantagens e desvantagens. Identifique a linha da tabela abaixo que associa corretamente os dispositivos às suas características.

opção	geram resíduos poluidores os dispositivos	Não geram resíduos poluidores os dispositivos	Funcionam da mesma forma, independentemente do local, tempo, clima e época do ano, os dispositivos
A	II e III	I e IV	II e III
B	II e III	I e IV	I e IV
C	I e IV	II e III	I e IV
D	I e IV	II e III	II e III

5. (ENEM – 2008) Em 2006, foi realizada uma conferência das Nações Unidas em que se discutiu o problema do lixo eletrônico, também denominado *e-waste*. Nessa ocasião, destacou-se a necessidade de os países em desenvolvimento serem protegidos das doações nem sempre bem-intencionadas dos países mais ricos. Uma vez descartados ou doados, equipamentos eletrônicos chegam a países em desenvolvimento com o rótulo de “mercadorias recondicionadas”, mas acabam deteriorando-se em lixões, liberando chumbo, cádmio, mercúrio e outros metais tóxicos.

Internet: <g1.globo.com> (com adaptações)

A discussão dos problemas associados ao *e-waste* leva à conclusão de que:

- (A) os países que se encontram em processo de industrialização necessitam de matérias-primas recicladas oriundas dos países mais ricos.

- (B) o objetivo dos países ricos, ao enviarem mercadorias recondicionadas para os países em desenvolvimento, é o de conquistar mercados consumidores para seus produtos.
- (C) o avanço rápido do desenvolvimento tecnológico, que torna os produtos obsoletos em pouco tempo, é um fator que deve ser considerado em políticas ambientais.
- (D) o excesso de mercadorias recondicionadas enviadas para os países em desenvolvimento é armazenado em lixões apropriados.
- (E) As mercadorias recondicionadas oriundas de países ricos melhoram muito o padrão de vida da população dos países em desenvolvimento.

6. **(ENEM – 2007)** Quanto mais desenvolvida é uma nação, mais lixo cada um de seus habitantes produz. Além de o progresso elevar o volume de lixo, ele também modifica a qualidade do material despejado. Quando a sociedade progride, ela troca a televisão, o computador, compra mais brinquedos e aparelhos eletrônicos. Calcula-se que 700 milhões de aparelhos celulares já foram jogados fora em todo mundo. O novo lixo contém mias mercúrio, chumbo, alumínio e bário. Abandonado nos lixões, esse material se deteriora e vaza. As substâncias liberadas infiltram-se no solo e podem chegar aos lençóis freáticos ou a rios próximos, espalhando-se pela água.

Anuário Gestão Ambiental 2007, p. 47-8 (com adaptações)

A respeito da produção de lixo e de sua relação com o ambiente, é correto afirmar que

- (A) as substâncias químicas encontradas no lixo levam, frequentemente, ao aumento da diversidade de espécies e, portanto, ao aumento da produtividade agrícola do solo.
- (B) o tipo e a quantidade de lixo produzido pela sociedade independem de políticas de educação que proponham mudanças no padrão de consumo.
- (C) a produção de lixo é inversamente proporcional ao nível de desenvolvimento econômico das sociedades.
- (D) o desenvolvimento sustentável requer controle e monitoramento dos efeitos do lixo sobre espécies existentes em cursos d'água, solo e vegetação.

(E) o desenvolvimento tecnológico tem elevado a criação de produtos descartáveis, o que evita a geração de lixo e resíduos químicos.

Cartão Resposta

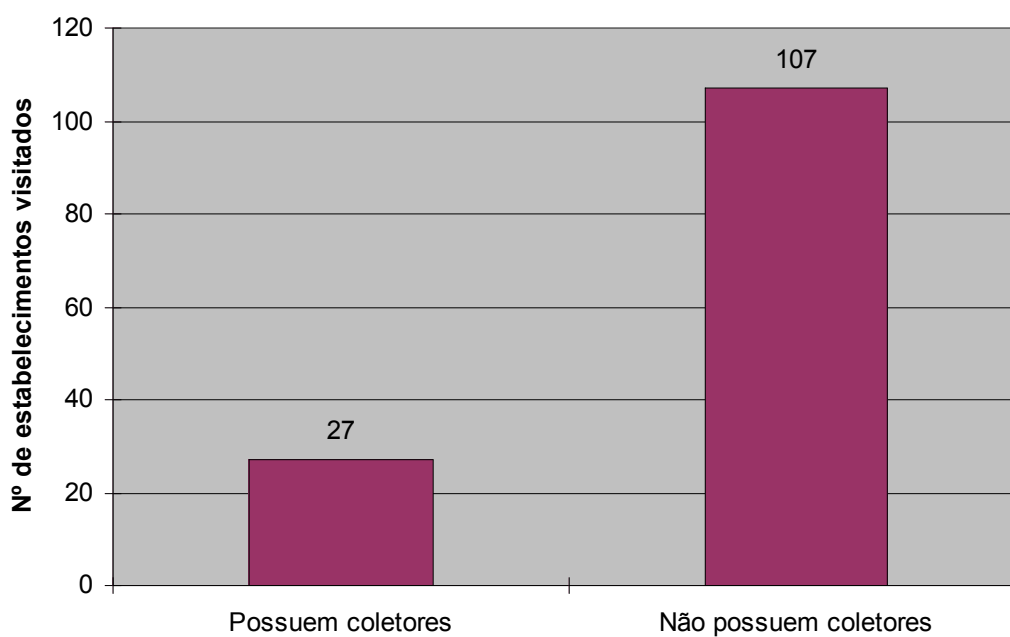
1	A	B	C	D	
2	A	B	C	D	E
3	A	B	C	D	E
4	A	B	C	D	
5	A	B	C	D	E
6	A	B	C	D	E

Apêndice E

Dados Interessantes Registrados ao Final da Atividade Proposta nº1

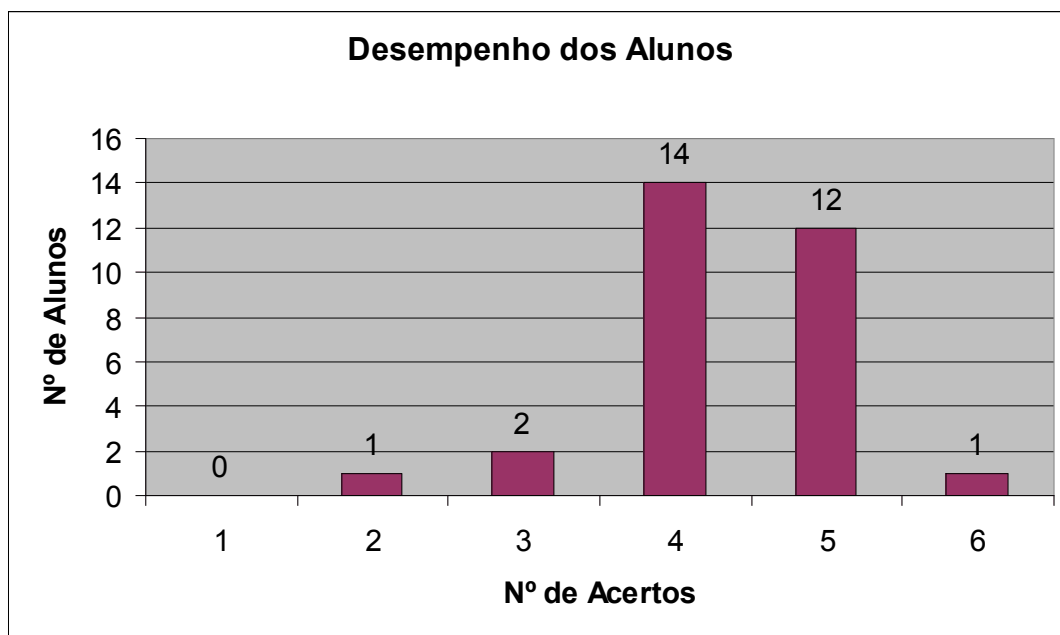
A.E.1) Números de lojas visitadas que cumprem e não cumprem a Resolução CONAMA nº 401/2008 possuindo e não possuindo coletores para o descarte de pilhas e baterias usadas.

Gráfico do levantamento realizado pelos alunos



Observe que, infelizmente, a Lei não é cumprida em maior parte dos estabelecimentos.

A.E.2) Desempenho dos Alunos após a Correção da Avaliação



Observe que, a maioria dos alunos acertaram de 4 a 5 questões da avaliação. Isto mostra que eles adquiriram o conhecimento necessário sobre pilhas, isto é, aquele que precisa ser levado para vida deles enquanto cidadãos.

Referências Bibliográficas

Abeid, L.R.F. *As Forças de Atrito e os Freios ABS numa Perspectiva do Ensino Médio*. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física), UFRJ, Rio de Janeiro, 2010.

About. 2012. Disponível em
<<http://chemistry.about.com/od/famouschemists/p/john-frederic-daniell-bio.htm>>.
Acesso em 15 de abril de 2012.

Afinidadeeletrica. 2012. Disponível em
<<http://www.afinidadeletrica.com.ar/articulo.php?IdArticulo=217>>. Acesso 15 de abril de 2012.

Alchemical. 2008. Disponível em <<http://www.alchemical.org/em/Handout10-LuigiGalvani.html>>. Acesso 15 de abril de 2012.

Alves, R. *Tecnologia e humanização*. In: Revista Paz e Terra, v. II, nº 8, 1968.

Amaral, C.L.C, Xavier, E.S. & Maciel, M.D. *Abordagem das Relações Ciência/Tecnologia/Sociedade nos Conteúdos de Funções Orgânicas em Livros Didáticos de Química do Ensino Médio*. Investigações em Ensino de Ciências, v. 14, nº 1, p. 101-114, 2009.

Ambientalsustentavel. 2012. Disponível em
<http://ambientalsustentavel.org/2012/lixao-x-aterro_voce-sabe-a-diferenca-entre-lixao-aterro-controlado-e-aterro-sanitario/>. Acesso em 15 de abril de 2012.

Barros, Susana de S. *Roteiro: As Pilhas, as Coisas...e Você*. Versão Final (5a), fevereiro, 1998.

Biscuola, G.J., Bôas, N. V. & Doca, R.H. *Física 3*. 1ª ed., São Paulo, Saraiva, 2010.

Bizrice. 2011. Disponível em
<<http://www.bizrice.com/products/Lead-Acid-Battery-Recycling-Plant.html>>. Acesso em 15 de abril de 2012.

Bloomfelf, L. *How Everything Works* John Wiley & Sons, Inc, New Jersey, 2008.

Bocchi, N., Ferracin L.C. & Biaggio, S.R. *Pilhas e Baterias: Funcionamento e Impacto Ambiental*. Química Nova na Escola, n. 11, maio, 2000.

Borges, A.T. *Novos Rumos para o Laboratório de Escolar de Ciências*. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 19, nº 3, dezembro, 2002, p. 291 – 313.

Brasilecola. 2002. Disponível em

<<http://www.brasilecola.com/quimica/pilhas-mercurio.htm>>. Acesso em 15 de abril de 2012.

Brasil, *Lei das Diretrizes e Bases da Educação Nacional*, Lei nº 9.394 de 20 de dezembro de 1996.

Brasil, *PCN: Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio*. Brasília, 1999.

Brasil, Ministério da Educação, Secretaria da Educação Média e Tecnológica. *PCN+: Ensino Médio: Orientações Curriculares Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências da Natureza. Matemática e suas Tecnologias*. Brasília, 2002.

Brown, T.L., LeMay, H.E. & Bursten, J.B.E. *Química, A Ciência Central*. São Paulo, Pearson Prentice Hall, 2005.

Callegari. 2011. Disponível em <<http://garotasnerds.com/gadgets/pilhas-com-usb/>>. Acesso em 15 de abril de 2012

Carvalho, A.M.P. *Enculturação Científica: Uma Meta no Ensino de Ciências*. Texto apresentado no XIV ENDIPE, Porto Alegre, abril, 2008.

Carvalho, A.M.P et al. *Ensino de Ciências, Unindo a Pesquisa à Prática*. Thomsen Learning, São Paulo, 2004, p.19-33.

Carvalho, A.M.P. et al. *Ensino de Física*. São Paulo, Cengage Learning, 2010.

Chasteen, S.V., Chasteen, N.D. & Doherty, P. *The Salty Science of the Aluminum-Air Battery*. *The Physics Teacher*, v. 46, dezembro, 2008.

CONAMA. Resolução nº 401 de 4 de novembro de 2008. Resolução disponível no endereço eletrônico <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=589>. Acesso em 15/04/2012.

Eletrônica-pt.com. 2007. Disponível em <<http://www.eletronica-pt.com/index.php/content/view/281/222/>>. Acesso em 15 de abril de 2012.

Feltre, R. *Química v. II Físico-química*, 4ª ed., São Paulo, Moderna, 1994.

Ferreira, G.F.L. *Um Modelo de Pilha Elétrica*. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 25, n. 3, setembro, 2003.

Fourez, G., *Crise no Ensino de Ciências? Investigações em Ensino de Ciência*, v. 8 (2), p. 109-123, 2003.

Garcia, W. *Como se Dar Bem no Novo ENEM*. 3ª ed. São Paulo, Foco Jurídico, 2011.

Gaspar, A. *Física 3*. São Paulo: Ática, 2001.

Gebara, M.J.F. *Ciência, Tecnologia e Sociedade: Abrindo Caminhos para um Ensino Interdisciplinar*. IX Simpósio Internacional Processo Civilizador, Tecnologia e Civilização, Ponta Grossa, Paraná, Brasil, 2005.

Gleiser, M. *Por que Ensinar Física?* Física na Escola, v. 1, n. 1, 2000.

Globo. 2012. Disponível em

<<http://g1.globo.com/fantastico/quadros/inmetro/noticia/2012/02/pilhas-piratas-duram-menos-e-poem-saude-em-risco.html>>. Acesso em 15 de abril de 2012.

Grandini, N.A. & Grandini, C.R. Os Objetivos do Laboratório Didático na Visão dos Alunos do Curso de Licenciatura em Física da UNESP – Bauru. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 26, nº 3, 2004, p. 251 – 256

Grupo de Reelaboração do Ensino de Física (GREF). *Física 3, Eletromagnetismo*. 4ª ed., São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo, 2000.

Hewitt, P.G. *Fundamentos de Física Conceitual*. 1ª ed. Porto Alegre, Bookman companhia Editora, 2009.

Hioka, Noboru, Filho, O.S. et Al. *Pilhas de Cu/Mg Construídas com Material de Fácil Obtenção*. Química Nova na Escola, nº 11, maio, 2000.

Hiperphysics. 2000. Disponível em

<<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/electric/battery.html>>. Acesso em 15 de abril de 2012.

INMETRO *Relatório sobre Análise em Pilhas Alcalinas e Zinco-Manganês*. Divisão de Orientação e Incentivo à Qualidade – Diviq, Diretoria da Qualidade – Dqual, Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, 2011.

Kordesch K.V, Tomantschger K. *Primary batteries*. The Physics Teacher v. XIX, nº 1, p.12-21, 1981.

Lopes, D.P.M., Dante, L.C. & Pimentel, J.R. *Associação de Pilhas Novas e Usadas em Paralelo: Uma Análise Qualitativa para o Ensino Médio*. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 20, n. 1, p.117-122, abril, 2003.

Lorenzo. 2010. Disponível em

<<http://marianaplorenzo.com/2010/10/10/o-lado-positivo-da-pilha---parte-ii-conceitos-funcionamento-e-classificacao/>>. Acesso em 15 de abril de 2012.

Magnaghi, C.P. & Assis, A. K. T. *Sobre a Eletricidade Excitada pelo Simples Contato entre Substâncias Condutoras de Tipos Diferentes – Uma Tradução Comentada do Artigo de Volta de 1800 Descrevendo sua Invenção da Pilha Elétrica*. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 25, n. 1: p.118-140, abril, 2008.

Maroja, C. *O Currículo de Química nas Escolas Públicas de Ensino Médio da Cidade de São Paulo*. 219 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade Cruzeiro do Sul, São Paulo, 2007.

McDermott L. C. at Al. *Physics By Inquiry Vol. II*. Canadá, John Wiley & Sons, Inc, 1996.

Menezes, L.C. *Uma Física para o Novo Ensino Médio*. Física na Escola, v. 1, n. 1, 2000.

Moreira, M.A. *Ensino de Física no Brasil: Retrospectiva e Perspectivas*. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 22, nº 1, março, 2000.

Morse, Robert A., *Galvanize Your Class ! Build a Battery of Students*. The Physics Teacher, vol. 48, Março 2010.

Mortimer, E.F. *Uma Agenda para Pesquisa em Educação em Ciências*. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, v. 2, nº 1, p. 25-35, 2002.

Niculescu, A. & Martin, P. *Making and Evaluating an Electrical Battery*. The Physics Teacher, vol. 44, setembro, 2006.

Novagera. 2012. Disponível em <<http://www.novagera.com.br/pnld2012/livros/quimica-volume3.pdf>>. Acesso em 15 de abril de 2012.

Nussenzveig, H.M. *Curso de Física Básica, v. 3, Eletromagnetismo*. 1ª ed., São Paulo, Edgard Blücher Ltda, 1997.

Oliveira, A.G.M.I. & Prado, E.E.M. *Construção de uma Pilha Didática de Baixo Custo*. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 18, n.1, p.101-107, abril, 2001.

Oocities. 2009. Disponível em <<http://www.oocities.org/mpennafort/volta.html>>. Acesso em 15 de abril de 2012.

Perdiamateria. 2012. Disponível em <<http://www.perdiamateria.eng.br/nomes/Volta.htm>>. Acesso em 15 de abril de 2012.

Pinto. 2012. Disponível em <http://www.wikienergia.pt/~edp/index.php?title=Pilha_de_zinco-carbono>. Acesso em 15 de abril de 2012.

Primary Cells & Batteries. Jaycar Electronics Reference Data Sheet, 2001.

Reidler, N.M.V.L & Günther, W.M.R. *Impactos Sanitários e Ambientais devido aos Resíduos Gerados por Pilhas e Baterias Usados*. XXVIII Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Cancún, outubro, 2002.

Reidler, N.M.V.L & Günther, W.M.R. *Percepção da População sobre os Riscos do Descarte Inadequado de Pilhas e Baterias Usadas*. XXVIII Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Cancún, outubro, 2002.

Reis, P. & Galvão C. *Controvérsias Sócio-Científicas e Prática Pedagógica de Jovens Professores*. Investigações em Ensino de Ciências, v. 10, nº 2, p. 131-160, 2005.

Ricardo, E. C. & Freire, J.C.A. *A Concepção dos Alunos sobre a Física do Ensino Médio: Um Estudo Exploratório*. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 29, n. 2, p. 251 – 266, 2007.

Silva, R. M. G. da & Lopes, C. R. (coord.) *Fabrica Virtual*. Disponível no endereço eletrônico <http://www.rived.ufu.br/objetos/quimica/Pilhas/guiapilhas.pdf>. Acesso em 15/04/2012.

Santos, Maria E.V.M. *Cidadania, Conhecimento, Ciência e Educação CTS ! Rumo a "Novas" Dimensões Epistemológicas*. Revista CTS, v. 2, nº 6, p. 137-157, Dezembro, 2005.

Santos, W.L.P. & Mortimer, E.F. *Abordagem de Aspectos Sociocientíficos em Aulas de Ciências: Possibilidades e Limitações*. Investigações em Ensino de Ciências, v. 14, nº 2, p. 191-218, 2009.

Santos, W.L.P. e Mortimer, E.F. *Uma Análise de Pressupostos Teóricos da Abordagem C-T-S (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no Contexto da Educação Brasileira*. In: Ensaio. Belo Horizonte. V.2, nº2 UFMG (2002), p.1-23.

Santos, W.L.P. & Mortimer, E.F. *Abordagem de Aspectos Sociocientíficos em Aulas de Ciências: Possibilidades e Limitações*. Investigações em Ensino de Ciências, v. 14, nº 2, p. 191-218, 2009.

Santos, W.L.P., Schnetzler, R. P. *Educação em Química: compromisso com a cidadania*. Ijuí: UNIJUÍ, 1997.

Silva, L.F. & Carvalho, L.M. *Professores de Física em Formação Inicial: O Ensino de Física, a Abordagem CTS e os Temas Controversos*. Investigações em Ensino de Ciências, v. 14, nº 1, p. 135-148, 2009.

Silveira, F.L. & Axt, R. *Associação de Pilhas em Paralelo: Onde e Quando a Usamos?* Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 20, n. 3, p. 391-399, dezembro, 2003.

Telephonecollecting. 2012. Disponível em <http://www.telephonecollecting.org/leclanche.html>>. Acesso em 15 de abril de 2012.

Tolentino, Mario & Rocha-Filho, R.C. *O Bicentenário da Invenção da Pilha Elétrica*. Química Nova na Escola, nº 11, maio, 2000.

Vargas, M. *Para uma Filosofia da tecnologia*. São Paulo: Alfa Omega, 1994.

Vicent, C.A. et al. *Modern Batteries. An Introduction to Electrochemical Power Sources*. 1ª ed. Londres, Edward Arnold, 1984.

Wikipedia. 2012a. Disponível em <http://pt.wikipedia.org/wiki/Pilha_de_Volta>. Acesso em 15 de abril de 2012.

Wikipedia. 2012b. Disponível em <http://pt.wikipedia.org/wiki/Pilha_de_Leclanché>. Acesso em 15 de abril de 2012.