

O que fazer com resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE's) do CESC e CESC D?

What to do with waste electrical and electronic equipment (WEEE) from CESC and CESC D?

DOI:10.34117/bjdv9n2-080

Recebimento dos originais: 17/01/2023

Aceitação para publicação: 13/02/2023

Fernando Wesley Pinheiro Brito

Mestre em Física Aplicada

Instituição: Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

Endereço: Rua Dom Manuel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, Recife - PE,

CEP: 52171-900

E-mail: nando.britto10@gmail.com

Railane dos Santos de Sousa

Licenciatura em Física

Instituição: Universidade Estadual do Maranhão (UEMA)

Endereço: Morro do Alecrim, s/n, Caxias – MA, CEP: 65600-000, Caxias - MA

E-mail: railane.s.sousa23@gmail.com

Ana Sávia Constâncio da Silva

Licenciatura em Física

Instituição: Universidade Estadual do Maranhão (UEMA)

Endereço: Morro do Alecrim, s/n, Caxias – MA, CEP: 65600-000, Caxias - MA

E-mail: anasavia45@gmail.com

Maria de Fátima Salgado

Doutora em Física

Instituição: Universidade Estadual do Maranhão (UEMA)

Endereço: Morro do Alecrim, s/n, Caxias – MA, CEP: 65600-000, Caxias - MA

E-mail: mariadefatimasalgado@yahoo.com.br

Ediomar Costa Serra

Doutor em Física

Instituição: Universidade Estadual do Maranhão (UEMA)

Endereço: Morro do Alecrim, s/n, Caxias – MA, CEP: 65600-000, Caxias - MA

E-mail: ediomarserra@professor.uema.br

João Alberto Santos Porto

Mestre em Física

Instituição: Universidade Estadual do Maranhão (UEMA)

Endereço: Morro do Alecrim, s/n, Caxias – MA, CEP 65600-000, Caxias - MA

E-mail: djoaoalberto@hotmail.com

Jailson do Santos Silva

Mestre em Física

Instituição: Universidade Federal de Pelotas (UFPel)

Endereço: R. Gomes Carneiro, 01, Balsa, Pelotas - RS, CEP: 96010-610

E-mail: jailsonsantos966@gmail.com

Gabriel de Sousa Veras Fontinele

Licenciatura em Física

Instituição: Universidade Estadual do Maranhão (UEMA)

Endereço: Morro do Alecrim, s/n, Caxias – MA, CEP: 65600-000

E-mail: gabrielxp46@gmail.com

RESUMO

Os famosos celulares chamados “tijolão”, bem como as lanterninhas ou aquelas famosas televisão de tubo, fazem parte do passado e atualmente constituem os resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos – REEE, que são elementos dos quais proprietários desses resíduos perdem o interesse, ou não tem mais valor significativo, e são descartados as vezes de maneira imprópria, podendo futuramente causar danos severos ao meio ambiente. No Brasil temos a lei CONAMA 257/99 retratando sobre fim da vida útil de baterias e pilhas que devem ser entregues pelos usuários aos estabelecimentos que comercializam ou empresas técnicas autorizadas para dar fim correto destes equipamentos. Como base de realização deste trabalho, uma coleta equipamentos no CESC e CESC D foi realizada, onde buscou-se selecionar quais deles entravam na definição de REEE. Tais equipamentos foram: Monitores, gabinetes, teclados e impressoras, e quais destes componentes usar, carcaça, capacitores, coolers, resistores etc. Com todo esse material em mãos, o próximo procedimento foi a confecção dos experimentos. Dentre eles são: motor a pistão eletromagnético onde seu funcionamento se dá pela transformação de energia elétrica em energia do movimento/mecânica, podendo calcular quantas rotações a ventoinha pode dar por minuto, com possibilidade de obtenção de velocidade e aceleração; a utilização de pastilhas piezoelétricas para transformar a pressão dada pelos dedos no teclado de um computador em energia elétrica, fazendo assim uma transformação de energia mecânica em elétrica, além de diodo para fazer a ponte retificadora transformando corrente contínua em alternada e um capacitor para armazenamento de energia.

Palavras-chave: REEE’s, experimento de física, reciclagem.

ABSTRACT

The famous cell phones called "tijolão", as well as flashlights or those famous tube television, are part of the past and currently constitute the waste electrical and electronic equipment - WEEE, which are elements of which owners of this waste lose interest, or no longer have significant value, and are sometimes improperly disposed of, and may in the future cause severe damage to the environment. In Brazil, we have the CONAMA law 257/99 portraying the end of the useful life of batteries, which must be delivered by users to the establishments that sell, or technical companies authorized to give a correct end to this equipment. As a basis for this work, an equipment collection at the CESC and CESC D was performed, where we tried to select which of them fit the WEEE definition. Such equipment were: Monitors, cabinets, keyboards, and printers, and which of these components to use, casing, capacitors, coolers, resistors, etc. With all this material in hand, the next procedure was to make the experiments. Among them is the

electromagnetic piston motor where its operation is given by the transformation of electrical energy into motion/mechanical energy, being able to calculate how many revolutions the fan can give per minute, with the possibility of obtaining speed and acceleration; the use of piezoelectric pads to transform the pressure given by the fingers on the keyboard of a computer into electrical energy, thus making a transformation of mechanical energy into electricity, and diode to make the rectifier bridge transforming direct current into alternating current and a capacitor for energy storage.

Keywords: WEEE, physics experiment, recycling.

1 INTRODUÇÃO

A sigla REEE's advém de Resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos. Para Widmer et al. (2005), os REEE's são equipamentos que não tem mais valor para seus proprietários.

Muitos desses aparelhos contêm materiais que podem ser nocivos ao meio ambiente. Segundo Trombini (2013), os REEE's têm sido cada vez mais considerados para o meio ambiente e a sociedade como um grande risco devido ao número exacerbado de substâncias tóxicas que são encontradas nas suas composições.

Em 1994 foi estimado que, aproximadamente 20 milhões de computadores chegaram no final de sua vida útil, e em 2004 o valor subiu para 100 milhões. Entre 1994 e 2004 houve um acúmulo de REEE em aproximadamente 500 milhões de computadores. Isso significa um valor baseado em 287 toneladas de mercúrio só de computadores. (WIDMER *et. al* 2005).

De acordo com a ONU (2019), até 2050, o mundo produzirá aproximadamente 120 milhões de toneladas de REEE por ano. Isso se deve ao fato de que o equipamento eletrônico se torna obsoleto, por consequência dos avanços da tecnologia e de inovações que são constantemente inseridas nestes aparelhos e dispositivos que cada vez mais estão fazendo parte no nosso dia a dia.

Segundo ABDI (2013, p.17) os REEE são compostos por mais de 20 tipos de metais pesados, além de plástico e outros componentes eletrônicos que recebem determinadas quantidade de substâncias químicas para finalidades específicas, como por exemplo, evitar a corrosão ou retardamento de chamas.

O manuseio incorreto e principalmente o descarte desses resíduos podem causar sérios problemas ambientais. Segundo Pallone (2010, *apud* Del Grossi, 2011), "são utilizados inúmeros componentes que tem outros constituintes metais pesados, como: o

mercúrio [...] o cádmio, utilizado em placas de circuitos impressos [...] tubos de raios catódicos mais antigos e estabilizadores”.

Afim de tentar uma ação contra o descarte e manuseio indevido de pilhas e baterias que contém em suas composições chumbo, cádmio, mercúrio e seus compostos, uma resolução CONAMA nº 257, de 30 de junho de 1999, estabeleceu que seja obrigatório o uso de procedimentos para reutilizar, reciclar, tratar ou determinar um fim ambientalmente adequado.

A realização do projeto “O que fazer com o REEE do CESC e CESC?” teve como intuito criar a conscientização dos moradores da região do perigo que o manuseio que os equipamentos eletrônicos podem trazer. Como uma forma de reutilizar os resíduos coletados nos câmpus, foram realizadas confecções de experimentos voltado para área da Física e a apresentação desses experimentos em escolas de ensino básico e eventos científicos locais, como forma de instigar o interesse para ciência através de experimentos.

2 MATERIAL E MÉTODO

Primeira etapa foi a revisão de literatura relativo ao conteúdo REEE focando nos possíveis danos ao meio ambiente quais os materiais poderiam ser manuseados. A segunda foi a coleta dos REEE e a separação dos materiais a serem usados nos experimentos e os objetos. Terceira etapa foi a mostra científica, apresentando os experimentos produzidos com materiais retirados dos REEE e a conscientização dos riscos trazidos por esses resíduos para o meio ambiente e sociedade.

A seguir, os materiais utilizados e procedimentos para confeccionar os experimentos e os objetos com as peças retiradas desses resíduos.

2.1 EXPERIMENTO MOTOR A PISTÃO ELETROMAGNÉTICO

Materiais: Cola instantânea;

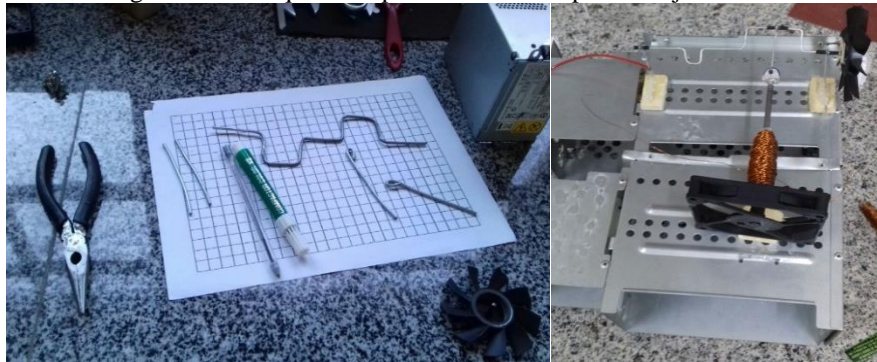
- Alicates de corte;
- Ventoinha;
- Suporte de *hard disk*;
- Fio de cobre 20mm esmaltado;
- Arame;
- Tubo de caneta esferográfica;

- Pregos;
- Fios elétricos;
- Fonte de 12 volts.

Procedimentos:

1) com arame, fazer um virabrequim (Figura 1); 2) enrolar 650 voltas do fio de cobre ao redor do tubo da caneta; 3) com o prego e arame, fazer a biela; 4) colar tudo no suporte; 5) colar a ventoinha no final do virabrequim; (Figura 1); 6) fazer a instalação elétrica do sistema e conectá-la a fonte de 12 volts; 7) para dar ignição, basta dar um impulso (Figura 6).

Fig. 1 – Virabrequim e suporte com os componentes já fixados.



Fonte: Autor

2.2 EXPERIMENTO GERADOR DE ENERGIA COM O TECLADO

Materiais:

- Alicates de corte;
- Fios elétricos;
- Teclado de *desktop* usado;
- 6 pastilhas piezoelétricas;
- 4 Diodos;
- 1 Capacitor 10 μF ;
- 1 *led* azul;
- Ferro de solda.

Procedimentos:

1) soldar os fios nos terminais das pastilhas; 2) abrir o teclado e tirar as borrachas de contato com a placa e posicionar as pastilhas em 3 teclas quaisquer (figura. 2); 3) fazer uma ponte retificadora com os diodos conforme a figura 2; 4) ligar os terminais da ponte

com os terminais do capacitor; 5) pressionar as teclas com as pastilhas 100 vezes a fim de armazenar energia no capacitor e depois ligar os fios que saem do capacitor a um *led*.

Fig. 2 – Pastilhas com fios soldados e ponte retificadora.



Fonte: Autor

2.3 GERADOR DE ENERGIA ELÉTRICA

Materiais:

- Eixo tracionado de impressora;
- Motor de impressora;
- Engrenagens;
- 1 led azul.

Procedimentos:

1) dentro da impressora, o eixo tracionado tem a função de puxar o papel para que a impressão ocorra na parte interna. No caso, o eixo tracionado já estava acoplado com o motor e as engrenagens, como um kit conforme a figura 3; 2) retirou-se esse conjunto completo sem desmontá-lo do interior da impressora e então conectados os terminais do kit aos terminais de um *led*, sendo assim o experimento já concluído (figura. 8).

Fig. 3 – Eixo Tracionador.



Fonte: Autor

2.4 PRATELEIRA PARA ORGANIZAÇÃO DAS FERRAMENTAS

Materiais:

- 2 Barras de Ferro de 1,80m;
- Parafusos;
- Ganchos;
- Cola instantânea;
- Disquetes.

Procedimentos:

1) com as duas barras de ferro, foi feito um suporte em formato de moldura e fixado na parede com parafuso e bucha apropriados a fim de acomodar as ferramentas do laboratório. 2) colou-se os disquetes utilizando a cola universal, para criar prateleiras em forma de moldura. Logo após colou-se no suporte que já estava na parede. Com a furadeira, foram furadas as barras e adicionados os ganchos (Figura 12).

2.5 SEPARADOR E APOIADOR DE LIVROS

Materiais:

- 2 Carcaças de metal da fonte de um computador;
- 2 Suportes para assegurar o HD e o Disco Rígido.

Procedimentos:

1) com os materiais separados, e com a necessidade de arrumar os livros que estavam no laboratório, alguns separadores e apoiadores de livros foram feitos para organizar o material que estava disperso; 2) foram confeccionados em forma de um ângulo de 90 graus como mostra a Figura 4. Para fixação nesta posição foram usados parafusos e outras vezes encurvando.

Fig. 4- suporte aparador de livros.



Fonte: Autor

2.6 ESTANTE DE LIVROS

Materiais:

- Estufa industrial
- 3 tampas de impressoras
- 1 tampa de micro-ondas

Procedimentos:

1) com a estufa restaurada figura 5, foi possível com desmonte de alguns equipamentos e utilizando suas carcaças, fazer prateleiras que foram usadas para organizar livros que estavam sem espaço para guardá-los.

Fig. 5 – Estufa com as tampas de impressora e micro-ondas como prateleiras.



Fonte: Autor

3 RESULTADOS

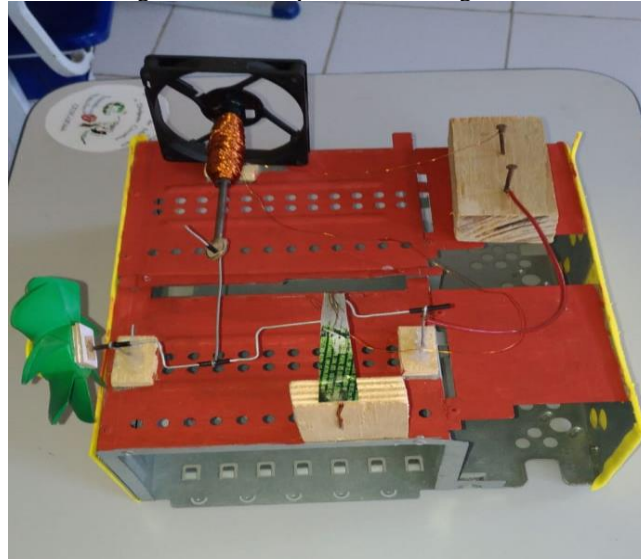
No período de 12 meses, a equipe sob orientação da coordenadora Prof^ª Maria de Fátima Salgado, desenvolveram um total de quatro experimentos (sendo um deles apenas cedido material) e três objetos de uso constante de organização do espaço de trabalho, que foi o LABMAT – Laboratório de Materiais e Divulgação Científica – localizado na UEMA Campus Caxias.

No início do trabalho, a primeira etapa foi realizar estudos para classificar o que é REEE (Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos), qual a maneira mais adequada de trabalhar com esse tipo de resíduo, quais materiais seriam seguros de manusear e por fim tentar evitar um acúmulo desses resíduos no local de trabalho, uma vez que estes materiais já se encontravam amontoados onde foram recolhidos. O risco de contaminações do ambiente é alto, e os equipamentos sem uso, como Impressoras, CPU (Unidade Central de Processamento), monitores, mouse e teclados foram coletados nos câmpus das cidades de Caxias e Codó ambas situadas no Maranhão.

Já com os resíduos no laboratório, foi feito um levantamento de quais estavam em funcionamento e quais estavam com defeito. Os que apresentavam alguma irregularidade, foram colocados para separação das peças visando iniciar a etapa de confecção dos experimentos. Os que estavam ainda funcionando, foram destinados para o reaproveitamento na própria instituição, como no conserto de computadores da Biblioteca Vespasiano Ramos e do LABMAT.

O primeiro experimento desenvolvido foi o motor a pistão eletromagnético que trabalha com a transformações de energias. Nele foram utilizadas ventoinhas que encontramos na placa-mãe, fio de cobre de pequenos motores dos gravadores de CD/DVD ou motores de impressoras, suporte de apoio do Hard Disk e da fonte de alimentação, prego, pedaços de madeira, caneta e cola.

Fig. 6 – Motor a pistão eletromagnético.



Fonte: Autor

Na construção deste experimento, a caneta com 650 espiras serviu para a construção do eletroímã, que ao entrar em contato com energia elétrica ocorre uma transformação em energia magnética, que desta maneira atrai metais e ferros. O pistão do motor é formado pelo eletroímã e um prego que é atraído para o interior dela. Juntamente com o virabrequim (eixo de manivelas), estavam acopladas uma ventoinha e a biela que liga o pistão ao eixo. Para o pistão funcionar corretamente, foi feito um sistema que possibilitasse o acionamento e desligamento do eletroímã. A aplicação mais comum desse experimento seria uma alternativa para a veículos automotores, uma vez que a substituição dos motores atuais movido a combustível fóssil que poluente, vem sendo estudada por algumas potencias mundiais como França e Estados Unidos (CASTRO, *et. al.* 2019).

O segundo experimento desenvolvido foi gerador de eletricidade através de pastilhas piezoelétricas. Neste experimento foram utilizadas as pastilhas (com ligação em série) e adaptada no interior do teclado; uma ponte retificadora (responsável por modificar a tensão para contínua); um capacitor conectado ao retificador e em seguida ao *led* (este capacitor auxilia o *led* para que continue ligado após as pastilhas não serem pressionadas).

Fig. 7 – Gerador de Energia Elétrica com o Teclado.



Fonte: Autor

A aplicação destas pastilhas piezoelétricas vem em constante crescendo nos últimos anos devido a necessidade de buscar energias renováveis. Diversas aplicações podem ser encontradas, como exemplo disso temos no setor naval com a elaboração de um sistema que produz energia através do contato da água com o casco do Navio (Portilho *et. al* 2016).

O terceiro experimento foi gerador de eletricidade através de um motor elétrico retirado de uma impressora. As impressoras constituem de um eixo tracionador que tem como função puxar o papel para a parte interna e assim fazer com que ocorra a impressão ou cópia.

Nada foi acrescentado ou retirado, apenas foi feito o funcionamento contrário do sistema para gerar eletricidade: Rotacionando o eixo do rotor em uma determinada orientação, gera uma tensão nos terminais do motor e assim conseguimos funcionar um *led*.

Fig. 8 Gerador de Energia.



Fonte: Autor

O quarto a ser desenvolvido foi o transmissor a laser. Produzido com laser de gravador de *cd/dvd* (emissor) e fototransistor (dispositivo que varia a resistência elétrica de acordo com a intensidade da luz incidida) seu funcionamento se dá pelo processo de transmitir um áudio modulado através do laser. O circuito do emissor trabalha na ampliação do áudio e transmite para o laser que oscilará de acordo com a frequência do áudio. O receptor será responsável por receber o sinal (laser) através do fototransistor. Este trabalho foi desenvolvido em parceria com outros bolsistas do Laboratório, Jailson dos Santos Silva e Nadson de Jesus da Silva Trindade.

Fig. 9 – Transmissor de áudio a laser.



Fonte: Autor

A aplicação desse projeto abrange desde o sistema controle remoto e uma TV (emissores e receptores), até para áreas das ciências como a captura e identificação de insetos utilizando a oclusão momentânea ou variação do feixe do laser produzido pelas batidas das asas ou pelos seus movimentos. (SILVA, 2014).

Além dos experimentos acessórios e móveis foram adaptados para ajudar a organizar o laboratório. A exemplo, uma estufa industrial que foi transformada em um armário para organização de livros que estavam sem local no laboratório. Nas prateleiras, os livros foram organizados por temas.

Fig. 10 – estante de livros.



Fonte: Autor

Prateleira de ferramentas de uso geral dos bolsistas também foi idealizada com materiais do projeto, tais como carcaça para fixação do HD e gravador de DVD, disquetes antigos, alguns ganchos feitos de plástico encontrado em impressoras.

Fig. 11 - prateleira de organização das ferramentas.



Fonte: Autor

Suporte para aparar livros que estavam soltos na bancada foram também produzidos. Utilizando partes metálicas e de plástico que tinham as mesmas características do suporte aparador de livros que encontramos convencionalmente.

Apresentações para a comunidade em eventos como SNCT de 2017 e 2018, além de eventos organizados pelo LABMAT (figura 12), fizeram parte da idealização do projeto, afim de levar conhecimento dos riscos de contaminação do ambiente que podem ser causados caso os REEE descartados ou manuseados de forma incorreta.

Fig. 12a - Apresentação do projeto em Aldeias Altas (MA), Fig. 12b Palestra para comunidade de Codó (MA).



Fonte: Autor

4 CONCLUSÃO

Este trabalho reforça a importância das atividades experimentais no ensino de Física, principalmente quando comparadas às aulas instrucionais, e a possibilidade de propor essas atividades aos discentes e fazendo a reutilização dos aparelhos eletrônicos que se tornaram obsoleto. Buscar alternativas para o ensino de física como mostrar experimento de baixo custo e a reciclar equipamentos eletrônicos. Novos equipamentos tecnológicos e revoluções têm impulsionado muito a quantidade de lixo eletrônico, porque as pessoas podem trocar dispositivos eletrônicos em um curto período de tempo.

Em vários campos da física, experimentos como o eletromagnetismo podem ser realizados porque podem mostrar melhor o mundo microscópico e tornar mais fácil para os alunos compreenderem os modelos usados para explicar o mundo ao seu redor. Para diferentes partes da física que usam modelos microscópicos (principalmente termodinâmica), eles podem usar este método para promover a compreensão dos conceitos físicos.

Os experimentos trabalhados o que pode chamar mais atenção é o de geração de energia elétrica através do movimento mecânico das pastilhas piezoelétricas. Elas podem ser aproveitadas como uma forma de energia muito mais convencional se utilizar de maneira correta e consciente, podendo até ser usadas para pequenos fins como as lâmpadas, em indústrias com alto fluxo de caminhões, máquinas em linha de produção, escolas, universidades, avenidas, praças, etc.

O experimento que pode atrair a maior atenção das pessoas é a geração de energia elétrica por meio da movimentação mecânica de placas piezoelétricas. Se usados corretamente e conscientemente, podem ser usados como formas mais convencionais de energia, mesmo para pequenos fins. Planejar e conduzir exposições experimentais não é uma

tarefa fácil. Isso requer a contribuição e o conhecimento do professor, além de mais tempo para preparar os cursos e os materiais disponíveis.

Observa-se que esse tipo de resíduo contém muitas substâncias tóxicas e, portanto, não pode ser descartado, pois não possui infraestrutura suficiente para lidar com as substâncias tóxicas produzidas pelo lixo eletrônico, substâncias que poluem o solo e os lençóis freáticos.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **Logística Reversa de Equipamentos Eletroeletrônicos - Análise de Viabilidade Técnica e Econômica**. ABDI - Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial Inventta Consultoria Ltda. Brasília, 2013, p.17.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 257 de 30 de junho de 1999**. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 22 jul 1999.

CASTRO, Gabriel Gonçalves Pessoa de. et. al. **Motor V8 com Pistões Eletromagnéticos como alternativa para veículos automotores**. In XVI Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. Faculdades Dom Bosco. 2019.

DEL GROSSI, Andreliza C. **Destinação dos Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE) em Londrina – PR**. II Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Londrina, 2011. Disponível em <<http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2011/III-014.pdf>> Acesso em: 28 de mar. 2020

NAÇÕES UNIDAS BRASIL. **Mundo produzirá 120 milhões de toneladas de lixo eletrônico por ano até 2050, diz relatório**. 2019. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/>> Acesso em: 31 de mar. 2020

PORTILHO, Arthur de Carvalho. **Geração Hidrocinética de Energia Elétrica por Piezoelectricidade para Navios Cargueiros**. In XXXVII Iberian Latin American Congress on Computational Methods in Engineering. Revista Interdisciplinar de Pesquisa em Engenharia. Brasília, 2016.

SILVA, Diego Furtado. **Classificação de Séries Temporais por Similaridade e Extração de Atributos com Aplicação na Identificação Automática de Insetos**. Dissertação de Mestrado, ICMC-USP. São Carlos/SP, 2014.

TROMBINI, Fátima; GOMES, Olga Venimar de Oliveira. **Reaproveitamento de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos – REEE – uma visão sobre o trabalho dos artesãos e os impactos sobre a saúde e o meio ambiente**. IV Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. IBEAS – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais Salvador/BA, 2013.

WIDMER, Rolf; OSWALD-KRAPF, Heidi; SINHA-KHETRIWALB, Deepali; SCHNELLMANN, Max; BONIA, Heinz. **Global perspectives on e-waste**. 2005. Disponível em <<https://groups.nceas.ucsb.edu/>> Acesso em 28 mar 2020.