

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE MUNDO NOVO
TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL

JOSÉ PAULO DA SILVA NETO

**POTENCIAL DE RECICLAGEM DE RESÍDUOS
ELETROELETRÔNICOS**

Mundo Novo - MS

Novembro/2016

JOSÉ PAULO DA SILVA NETO

**POTENCIAL DE RECICLAGEM DE RESÍDUOS
ELETROELETRÔNICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Tecnologia em Gestão Ambiental da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Tecnólogo em Gestão Ambiental.

Orientador: Prof^o. Dr^o. Leandro Marciano Marra

Co-orientadora Prof^a. Dr^a. Selene Cristina de Pierri Castilho

Mundo Novo – MS

Novembro/2016

JOSÉ PAULO DA SILVA NETO

**POTENCIAL DE RECICLAGEM DE RESÍDUOS
ELETROELETRÔNICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Tecnologia em Gestão Ambiental da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Tecnólogo em Gestão Ambiental.

APROVADO EM 01 DE NOVEMBRO DE 2016

Prof. Dr^o. Leandro Marciano Marra - Orientador - UEMS _____

Prof. Dr^a. Selene Cristina de Pierri Castilho - UEMS _____

Biólogo - Sr. Anderson Aparecido Sugahara _____

Dedico este trabalho a minha esposa
Vanessa Gonçalves Nogueira Silva.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me sustentado durante esses anos de estudos, dado força e animo para superar situações difíceis encontradas nessa caminhada, mesmo nos momentos de enfermidade não me deixou abalar.

Agradeço aos meus pais João Paulo da Silva e Maria de Lourdes Pereira da Silva e meus irmãos Sandra Pereira da Silva, Sueli Pereira da Silva, Simone Pereira da Silva, João Paulo da Silva Junior e meus sobrinhos Eduardo Martins Siqueira, Sthefany Vitória Pereira da Silva e Matheus Henrique da Silva Siqueira, pelo amor incondicional e compreensão que tiveram comigo, pela força que me deram para eu conseguir passar mas um ciclo da minha vida.

Agradeço ao meu professor e orientador Dr^o. Leandro Marciano Marra pela paciência, disponibilidade, acompanhamento e pelos conselhos.

Agradeço a minha professora e co-orientadora Dr^a. Selene Cristina de Pierri Castilho que esteve me auxiliando e apoiando no decorrer desta jornada acadêmica.

Agradeço a todo corpo docente, da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), Unidade Universitária de Mundo Novo-MS. Pelo apoio, paciência, disponibilidade, acompanhamento e aprendizado que contribuíram muito para minha formação acadêmica.

Agradeço aos meus amigos do trabalho; Antônio, Carlos, Fabrício, Fernando, Nelson e Diogo pela paciência, pois em alguns momentos tive que deixar o serviço para poder realizar alguns trabalhos da universidade, e também por terem me auxiliado com as máquinas fotográficas levadas nas viagens.

Agradeço aos amigos e colegas de classe por todos os momentos que passamos juntos de alegria e descontração.

Agradeço aos meus amigos e vizinhos que sempre estiveram me motivando nos estudos sempre indagando, que através de uma boa formação temos o poder de modificar nossa historia de vida.

Agradeço aos meus amigos e irmãos da fé que estavam sempre orando pela realização deste meu sonho.

Agradeço minha sogra Mauriza Gonçalves Teixeira e minha cunhada Nayara Gonçalves Teixeira, pelo apoio, paciência e dedicação no cuidado com a minha esposa durante as noites de estudos que eu me ausentava para estar na universidade.

E principalmente a minha esposa Vanessa Gonçalves Nogueira Silva, pelas palavras de conforto, carinhos, amor e dedicação. Pelas madrugadas que passava dormindo no sofá da

sala só para eu ficar estudando no silêncio do quarto, esperando até que fosse buscá-la. Além de estar sempre disposta a me agradar, muitas vezes me esperando chegar da universidade com o jantar na mesa.

E a todos que direta ou indiretamente, contribuíram com a minha formação, o meu muito obrigado.

*Não te mandei eu ? Esforça-te, e tem bom
ânimo; não te atemorizes, nem te espantes;
porque o senhor teu Deus está contigo, por onde
quer que andares (Josué, 1:9).
Bíblia Sagrada.*

RESUMO

Nos dias atuais os resíduos eletroeletrônicos tem se tornado um grande problema ambiental para a sociedade e em especial para gestão pública. O objetivo do presente trabalho foi separar e quantificar os componentes dos resíduos eletroeletrônicos e identificar o potencial de arrecadação financeiro da reciclagem dos seus componentes no Brasil. Os resíduos utilizados neste trabalho foram doados pelo Departamento Municipal do Meio Ambiente de Mundo Novo. Foram utilizados equipamentos das linhas branca, marrom, azul e verde, conforme classificação da agência brasileira de desenvolvimento industrial. Após obtenção os equipamentos foram destinados ao laboratório de ensino em química da Unidade da UEMS de Mundo Novo, onde foram armazenados e processados. O processo de separação e quantificação dos componentes empregou-se métodos físicos sendo totalmente manual. Os principais componentes deste tipo de resíduos são o plástico, seguido do vidro, do metal e de fios de cobre, além de placas eletrônicas, espumas, borrachas dentre outros. Ressalta-se ainda que mais de 89% destes componentes podem ser reciclados, o que geraria mais de dois bilhões de reais de potencial de arrecadação no Brasil.

Palavras-chave: impactos ambientais, metais pesados, saúde pública.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	4
2.1 OBJETIVO GERAL	4
2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO:	4
3. METODOLOGIA	5
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	6
5. CONCLUSÃO	23
REFERÊNCIAS	23
APÊNDICE	26

1. INTRODUÇÃO

Nos dias atuais, a geração de resíduos em geral, tem-se tornado um grande problema de questão socioambiental, pois além de estar relacionada à saúde pública tem repercussões sobre preservação e conservação dos recursos naturais (ROCHA et al., 2012). A disposição final de resíduos é um dos grandes problemas a serem enfrentados nos países subdesenvolvidos, onde a maior parte da população carece de informações e orientações para a sua gestão (PEDROSO, 2010).

Dentre os resíduos gerados pela sociedade, têm-se os resíduos eletroeletrônicos, os quais se constituem nos resíduos sólidos gerados pelo descarte de equipamentos eletroeletrônicos. Segundo a agência brasileira de desenvolvimento industrial, os equipamentos eletroeletrônicos, que geram o chamado lixo eletroeletrônico, compreendem 4 linhas de produtos: i) linha branca: refrigeradores, fogões, secadoras e lavadoras; ii) linha marrom: monitores, televisões, equipamentos de áudio, filmadoras; iii) linha azul: batedeiras, liquidificadores, furadeiras, cafeteiras; iv) linha verde: computadores, *notebooks*, *tabletes*, celulares (ABDI, 2013).

Os resíduos eletroeletrônicos apresentam, na sua grande maioria, grandes volumes, demandando grandes espaços físicos para armazenamento, principalmente na gestão pública que além de possuir laboratórios de informática para educação e capacitação, os setores são informatizados e apresentam grandes quantidades destes equipamentos, que após tornarem obsoletos ficam encostados em salas ocupando espaços, podendo causar problemas de saúde aos transeuntes e profissionais que ficam em contato. No mais, eles ainda são patrimoniados e exigem legislações específicas o que dificultam sua destinação final. Desta forma, os resíduos apresentam-se como um grande problema de gestão pública, principalmente para pequenos municípios que os destinam diretamente nos aterros controlados e/ou sanitários, além das usinas de triagem e compostagem de resíduos sólidos, que nem sempre conseguem destinar corretamente todos os componentes dos produtos (MARRA et al., 2015).

O aumento da produção, associado ao incremento da necessidade de produção de alimentos e bens de consumo, leva o ser humano a transformar cada vez mais a matéria-prima, gerando maiores quantidades de resíduos. Há preocupação apenas com a produtividade e com o lucro, negligenciando o gerenciamento dos recursos naturais e dos resíduos produzidos (SILVA et al., 2002).

Conduzido por um modelo de desenvolvimento econômico que provoca o seu distanciamento da natureza, rupturas ecológicas e degradação ambiental, o ser humano esquece que é parte integrante do ambiente, que dele depende e que a vida sobre a Terra

constitui uma unidade, de modo que qualquer prejuízo em ínfimo lugar do planeta é capaz de desencadear consequências em todo mundo (SILVA et al., 2005).

O padrão de consumo atual resultante de um modelo de desenvolvimento econômico onde o ter sobrepõe o ser, vem provocando excessiva produção de resíduos sólidos, os quais quase sempre têm destino e acondicionamento inadequados, causando diversos impactos ambientais e sociais.

O homem diante de tantas novidades e até mesmo pelo barateamento da tecnologia acaba adquirindo sempre novos aparelhos com funções mais sofisticadas e abrangentes, sejam celulares, televisões, entre outros, trocando-se um determinado produto por outro. Vários fatores podem ser destacados quanto a estas aquisições, seja pelo fato de ter um produto com tecnologia ultrapassada, pela manutenção se tornar inviável financeiramente em comparação com aparelhos novos ou até mesmo pela indisponibilidade de peças de reposição ao equipamento usado. São nestas trocas que surgem os resíduos eletroeletrônicos tecnológicos (FREITAS, 2009).

Assim diante do exposto, fica claro o grande problema que a sociedade tem com o descarte destes resíduos, uma vez que seu volume vem aumentando e continuará devido ao modelo de consumismo atual. O que demandará técnicas eficientes no seu manejo e destinação final.

Este cenário pode mudar, para melhor tendo visto que a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) foi sancionada em 2010. Embora essa legislação não tenha apresentados os mecanismos sobre como serão gerenciados os resíduos sólidos gerados pela sociedade, é ela que dá as orientações para a correta destinação dos resíduos no país. São três os princípios que norteiam esta legislação: poluidor-pagador e protetor-recebedor; visão sistemática na gestão de resíduos, levando em consideração as variáveis ambientais, econômicas, de saúde pública e tecnológica e; reconhecimento dos resíduos recicláveis como um bem econômico e de valor social (Brasil, 2010).

As questões da não renovabilidade de recursos associados à velocidade do ciclo de produção de bens duráveis, porém descartáveis, soma-se ainda a questão de contaminação do ambiente. A utilização de substâncias tóxicas e perigosas nos processos de produção gera emissões e subprodutos. Aposta-se nas tecnologias para recuperação de materiais e na gestão de resíduos, como solução e justificativa de manutenção da dinâmica de produção e consumo, mas a presença de substâncias tóxicas no produto final também representa risco à saúde ambiental, quando dos processos de reciclagem e tratamento dos resíduos correspondentes ao pós-consumo. Essas tecnologias podem causar contaminação do ar, do

solo da água e das pessoas envolvidas diretamente nas atividades de manuseio desses resíduos, além do consumo de energia (RODRIGUES, 2007).

A contaminação atmosférica é causada principalmente pela queima do eletrônico, seja por desconhecimento de seu alto perigo ou por uma forma incompleta e inadequada de reciclagem, onde placas de circuitos, cabos e outros materiais são queimados para obtenção dos metais que compõe, fazendo o seu derretimento, que resulta na liberação de gases nocivos e tóxicos aos seres vivos no ar (OLIVEIRA et al., 2010).

O solo pode ser contaminado diretamente pela deposição dos resíduos eletroeletrônicos, bem como por via indireta, decorrente da contaminação da atmosfera, que contaminam o solo quando chove. A contaminação das águas também apresenta um risco e afeta a cadeia alimentar, além de que a água também pode ser utilizada para consumo humano, animal e vegetal através de irrigações de plantações, contaminando o solo e os seres vivos (OLIVEIRA et al., 2010).

Com a reutilização e reciclagem desses materiais, além do retorno financeiro ocorre a redução dos impactos ambientais, visto que os resíduos demoram muito tempo para que a natureza os absorva totalmente (Tabela 01).

Tabela 1- Tempo de decomposição dos diferentes tipos de resíduos na natureza.

Material	Tempo de decomposição na natureza
Pilhas	Até 500 anos
Papel	De 3 a 6 meses
Tecidos	De 6 meses a 1 ano
Metal	Mais de 100 anos
Alumínio	Mais de 200 anos
Plástico	Mais de 400 anos
Vidro	Mais de 1000 anos

Fonte: (MMA, 2016).

Do ponto de vista ambiental, a reciclagem evita a poluição do ambiente (água, ar e solos) provocada pelos resíduos, aumentando a vida útil dos aterros sanitários, pois diminui a quantidade de resíduos a serem dispostos; diminui a exploração de recursos naturais, muitos não renováveis como petróleo; reduz o consumo de energia; e, ainda, gera oportunidade para conscientização em relação a inúmeros problemas ecológicos (ALENCAR, 2005).

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho tem como objetivo separar e quantificar os componentes dos resíduos eletroeletrônicos e identificar os principais aspectos econômicos na sua correta destinação.

2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO:

1. Determinar as proporções de materiais potencialmente recicláveis e não recicláveis presentes nos resíduos eletroeletrônicos;
2. Determinar o potencial de arrecadação econômica com a destinação correta destes resíduos eletroeletrônicos.

3. METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada na Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Unidade Universitária de Mundo Novo, no Laboratório de Ensino de Química. Os equipamentos utilizados para pesquisa foram escolhidos sem nenhuma preferência por marca ou modelo, mas preocupou-se em ter no mínimo um representante de cada linha conforme classificação da agência brasileira de desenvolvimento industrial (ABDI, 2013).

Os equipamentos selecionados foram obtidos na própria cidade de Mundo Novo/MS em parceria com uma loja de consertos e manutenção de eletrônicos e o Departamento Municipal de Meio Ambiente, responsável pela gestão de resíduos sólidos no município. Os produtos foram separados e conduzidos até a UEMS/MN, onde ficaram armazenados, em local seguro e adequado até seu processamento.

Os produtos selecionados foram: linha verde, mouse modelo Multilaser; teclado marca Satellite; pen drive; impressora multifuncional hp modelo 3050; telefone celular Sony Ericsson W380; CPU; Cartucho de toner; linha marrom: receptor de parabólica analógico Tecsat; televisor Samsung 14 polegadas; monitor AOC 15 polegadas; linha azul: raquete elétrica mata insetos; furadeira elétrica da marca Makita hp 1640; e linha branca: lavadora de roupas tanquinho Electrolux .

Os resíduos eletroeletrônicos foram desmontados por métodos físicos de separação, totalmente manual, por meio de ferramentas básicas: alicate de corte, chaves de fenda, chave *phillips*, *jogo de chave torx (L)* e estilete. Após serem desmontados os diferentes tipos de resíduos foram separados e classificados segundo a sua natureza: plástico, vidro, metal, fios de cobre encapados, etc. Sendo organizados em bandejas e fotografados com uma câmera digital Nikon. Os pesos dos diversos materiais foram determinados por balança digital.

Alguns constituintes dos equipamentos que estavam funcionando não foram completamente desmontados, por possuírem um valor agregado maior na sua reutilização do que na reciclagem, dentre eles, transformador, alto falantes, bobina e motor da lavadora de roupas.

Para descobrir o potencial de arrecadação gerado a partir da reciclagem dos resíduos eletroeletrônicos, multiplicou-se a quantidade da população existente no Brasil pela média de produção anual de resíduos produzido por pessoa, conforme FEAM (2009).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O desmonte do equipamento mouse demonstrou que 70% dos seus constituintes são compostos por plástico, seguido de 17% de fios de cobre, 11% de placa eletrônica e 2% de metal (Figuras 1 e 2). A soma dos constituintes do mouse totalizou 64 gramas. Estes resultados diferiram dos encontrados em Oliveira et al., (2010), onde observaram 36% dos constituintes sendo plástico, 30% de bola de borracha, 14% de encapamento externo do fios, 6% sendo fios de cobre, 6% circuito impresso, 7% de plugue e 1% de parafusos de aço. As diferenças são devido à evolução tecnológica empregadas nos processos produtivos das marcas, uma vez que estas diferem na tecnologia o que interfere nos seus constituintes. Por outro lado, o plástico continua a ser o principal componente observado nesta linha de produtos seguido, na maioria das vezes, pelos fios de cobre. Por se tratar de um equipamento de tamanho pequeno, que ocupa pouco espaço a tendência é ser descartado juntamente com outros resíduos domiciliares, sem ser separados para destinação correta da coleta seletiva, passando despercebidos nos centros de triagem dos aterros.

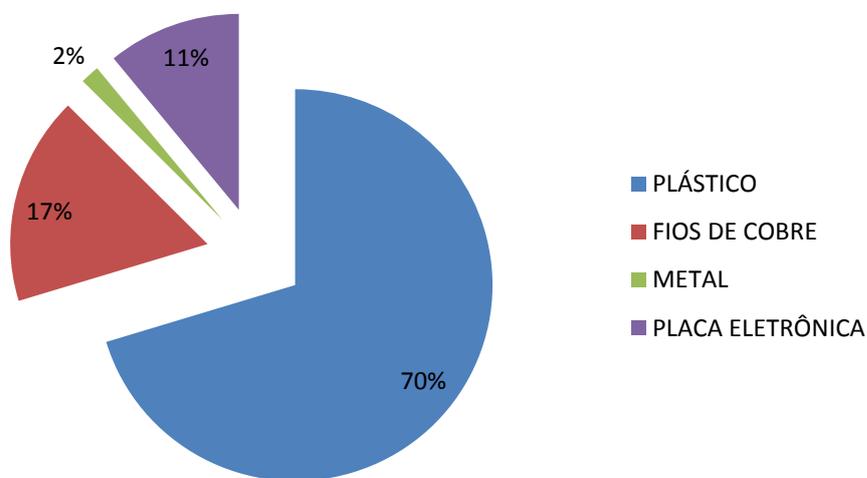


Figura 1- Constituintes do Mouse Multilaser.



Figura 2 – Fotografia dos constituintes do Mouse Multilaser.

O teclado modelo Satellite apresentou 91% dos seus constituintes compostos por plástico, seguido de 4% de borracha 2% de fios de cobre, 2% de metal e 1% de placa eletrônica (Figuras 3 e 4). A soma dos constituintes do teclado totalizou 508 gramas. Estes resultados diferem dos encontrados em Oliveira et al., (2010) onde observaram que 85% dos constituintes foi carcaça + teclas plásticas, 4% de encapamento dos fios, 4% de borrachas amortecedoras, 2% folhas de circuito impresso, 2% de plugue, 1% de parafusos e peças de metal, 1% de placa de circuito impresso e 1% de fios. As diferenças apresentadas foram devido a metodologia utilizada na desmontagem e à marca do produto.

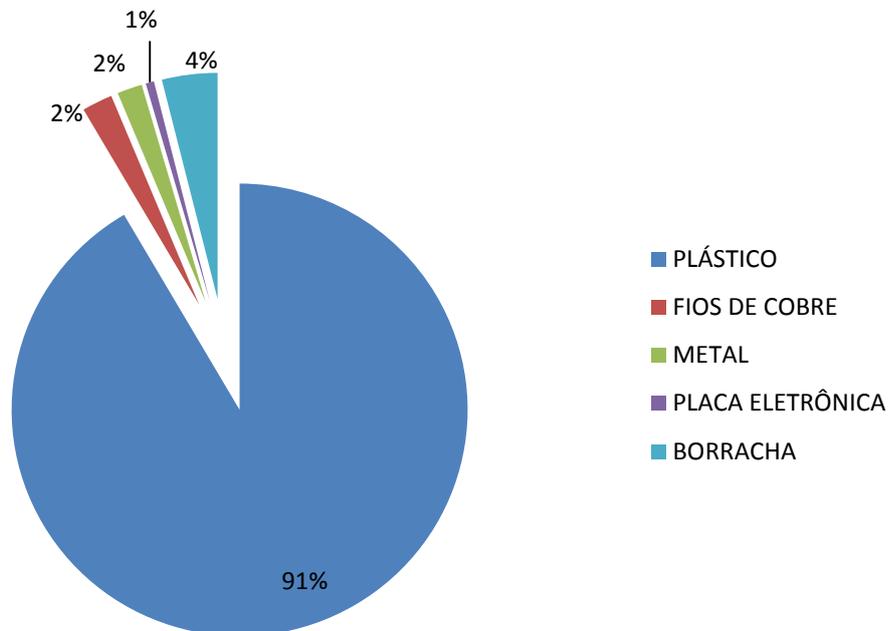


Figura 2- Constituintes do Teclado Satellite.



Figura 4 – Fotografia dos constituintes do Teclado Satellite.

Na desmontagem e segregação do receptor de parabólica modelo analógico tecsat observou-se que 38% dos seus constituintes são compostos por transformador de energia, seguido de 27% de metal, 17% de plástico, 11% de placa eletrônica e 7% de fios de cobre (Figuras 5 e 6). A soma dos constituintes do receptor totalizou 1,236 kg. Há que destacar-se que estes equipamentos já estão tornando-se obsoletos com a evolução digital. Tendo em vista que emissoras de televisão já transmitem ou se preparam para transmitir seus canais no formato digital.

O presidente da Anatel (Agência Nacional de Telecomunicação) destaca que o Brasil tem hoje de 10 a 12 milhões de domicílios que fazem uso de antenas parabólicas no sistema analógico que serão influenciados para substituição por modelos digitais (Rezende, 2015).

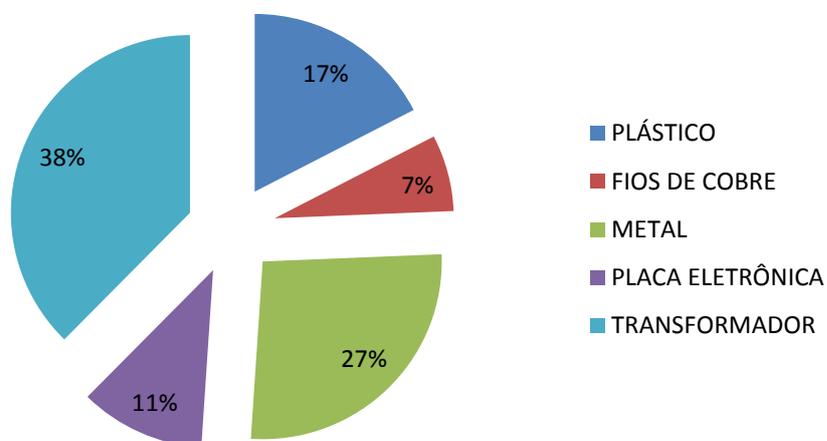


Figura 3 – Constituintes do Receptor de parabólica Tecsat.

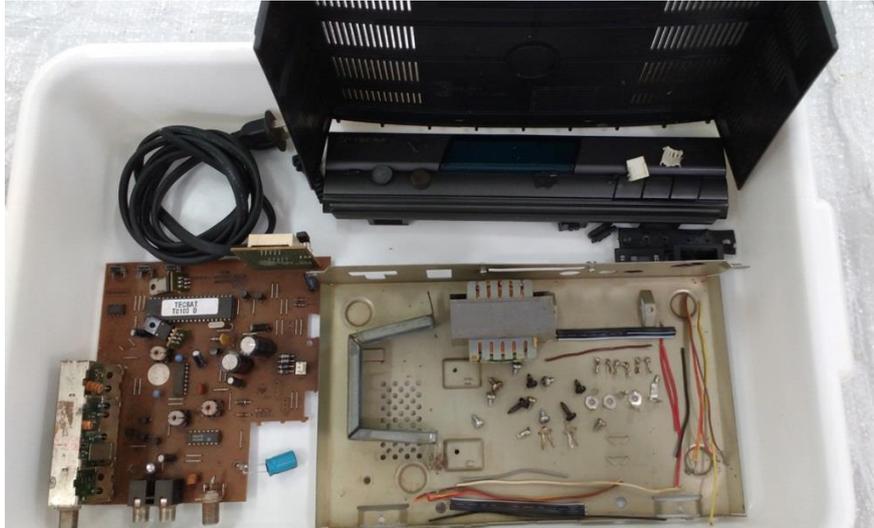


Figura 4- Fotografia dos constituintes do Receptor de parabólica Tecsat.

O desmonte do equipamento raquete elétrica mata insetos demonstrou que 64% dos seus constituintes são compostos por plástico, seguidos por 15% de metal, 10% de placa eletrônica, 10% de bateria e 1% de fios de cobre (Figuras 7 e 8). A soma dos constituintes da raquete elétrica totalizou 240 gramas. A bateria que se encontra dentro da raquete, quando descartada sem tratamento correto, podem liberar substâncias tóxicas e corrosivos que podem causar danos à saúde e ao meio ambiente (REIDLER et al., 2002).

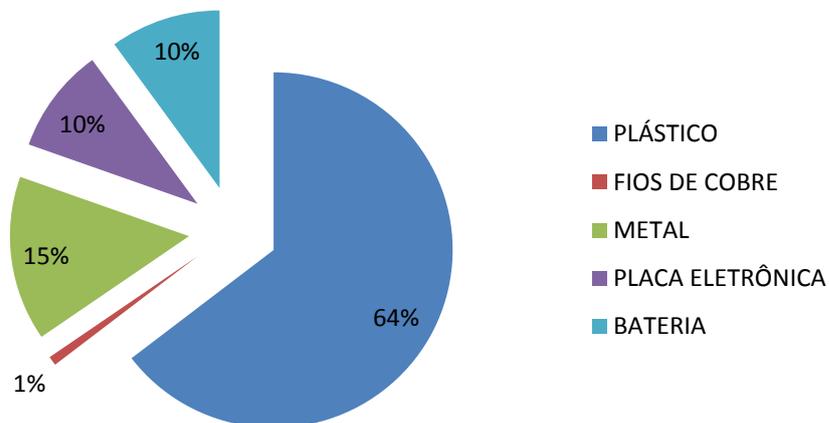


Figura 5- Constituintes da Raquete elétrica mata insetos.

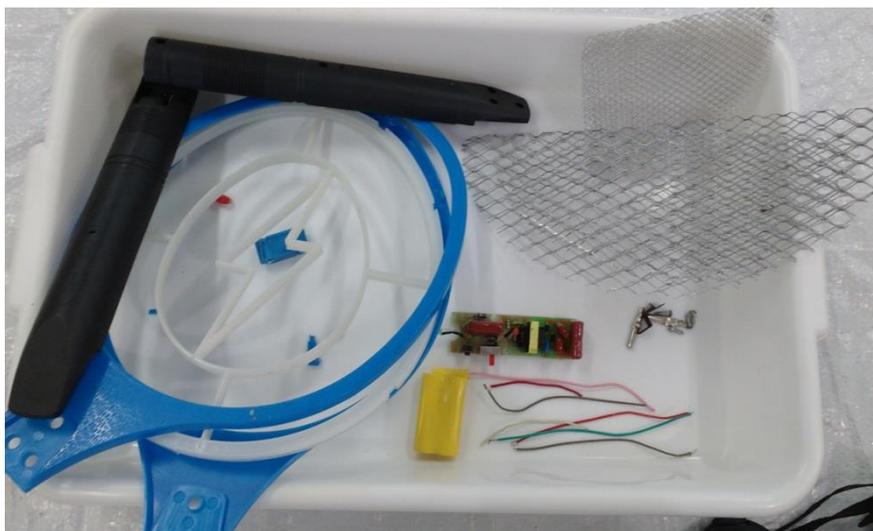


Figura 6- Fotografia dos constituintes da Raquete elétrica mata insetos.

O desmonte do equipamento pen drive demonstrou que 57% dos seus constituintes são compostos por plástico, seguido por 29% de placa eletrônica e 14% de metal (Figuras 9 e 10). A soma dos constituintes do pen drive totalizou 7,0 gramas. Este tipo de equipamento na maioria das vezes quando descartados, acabam sendo misturados com resíduo comum. Como as cooperativas instaladas dentro dos lixões, aterros controlados e sanitários, recebem grandes quantidades de resíduos sólidos urbanos, esses resíduos de pequeno porte acabam passando despercebido sendo enterrados ou incinerados.

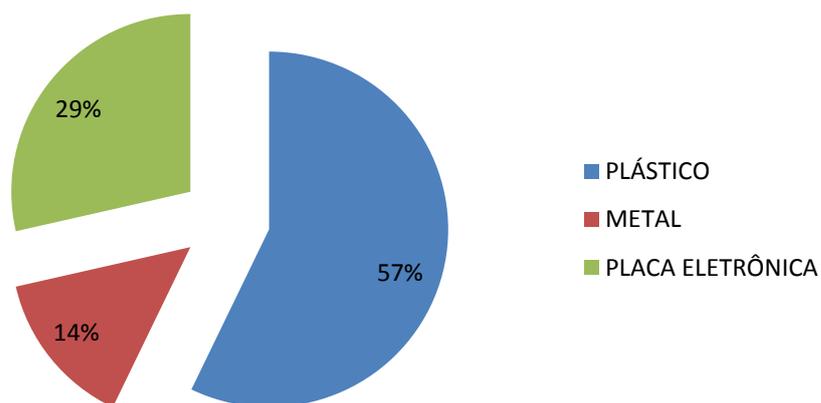


Figura 7- Constituintes do Pen Drive.



Figura 8- Fotografia dos constituintes do Pen Drive.

O desmonte do equipamento impressora hp 3050 demonstrou que 68% dos seus constituintes são compostos por plástico, seguido de 16% de vidro, 13% de metal, 2% de outros constituintes os quais são 51 gramas de motor, 26 gramas de ima, 4 gramas de borracha, 2 gramas de espuma, 1 grama de placa eletrônica e 1% de fios de cobre (Figuras 11 e 12). A soma dos constituintes da impressora contabilizou um total de 3,621 kg. Estes resultados diferem dos encontrados em Shahidian et al., (2011), no qual observaram 72 peças individuais de uma impressora hp 600 totalizando 4,934 kg. As diferenças, evidentemente, estão relacionadas aos modelos, hp 3050 e hp 600. Mas mesmo assim é importante destacar que o plástico e vidro são os principais componentes observados nesta linha de produtos, materiais que ocupam grandes áreas nos aterros municipais quando não são reciclados.

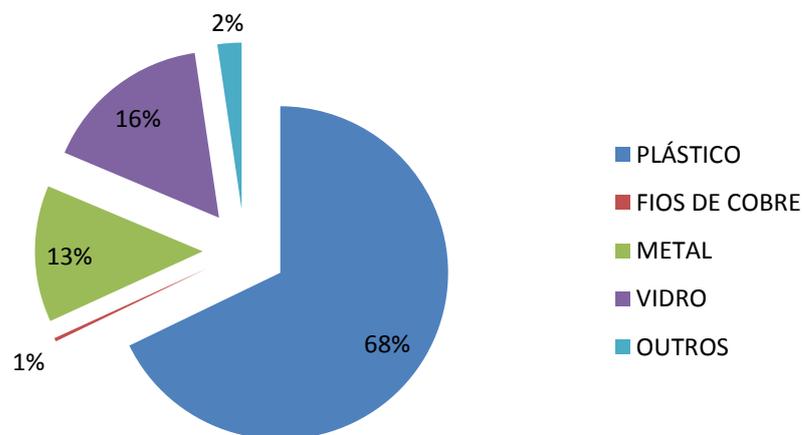


Figura 9- Constituintes da Impressora HP 3050.



Figura 10- Fotografia dos constituintes da Impressora HP 3050.

O desmonte do telefone celular Sony Ericsson W380 demonstrou que 32% dos seus constituintes são compostos de uma carcaça de plástico e metal que não foi possível à separação, seguido de 29% de plástico e display, 21% de bateria, 14% de placa eletrônica, 2% de metal, 1% de borracha e 1% de alto falante (Figuras 13 e 14). A soma dos constituintes do celular totalizou 91 gramas. O descarte inadequado destes materiais geram problemas ambientais, não apenas pelo sua massa, mas também pelo tempo de decomposição e pela presença dos metais pesados em sua composição como o mercúrio, chumbo, cádmio, manganês e níquel, os quais são altamente prejudiciais à saúde humana (PALLONE, 2008). Esses metais são encontrados, por exemplo, na soldagem (chumbo), no visor do celular (mercúrio), e nas baterias. Quando descartados de forma incorreta, essas substâncias tóxicas são liberadas e penetram no solo, contaminando lençóis freáticos e aos poucos, animais e seres humanos. Países considerados paraísos da indústria eletrônica como China, México, Filipinas e Tailândia, responsável pela fabricação de componentes de diversos aparelhos eletroeletrônicos, estão com boa parte de seus solos e mananciais (localizados próximos a grandes áreas comerciais) contaminados por substâncias químicas perigosas (GREEPENCE, 2007).

De acordo com Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL, 2013) o Brasil encerrou o mês de abril de 2013 com mais de 264,55 milhões de linhas ativas na telefonia móvel. Demonstrando que os municípios brasileiros terão que criar soluções para o descarte correto dos celulares, incentivando e aumentando os postos de coleta e palestra de educação ambiental.

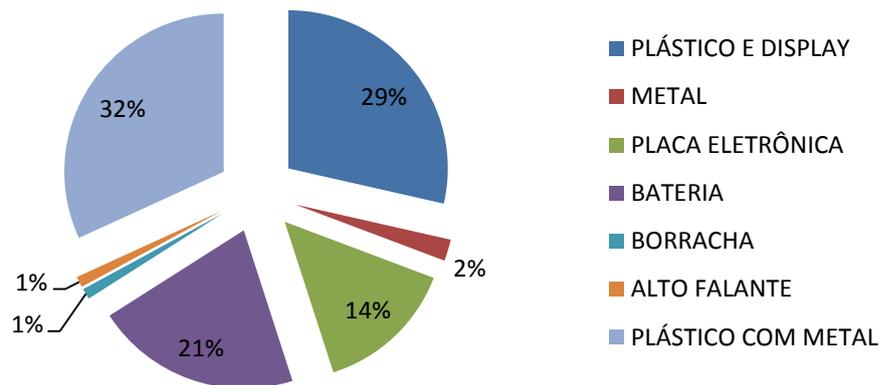


Figura 11- Constituintes do Telefone celular Sony Ericsson W380.



Figura 14 – Fotografia dos constituintes do Telefone Celular Sony Ericsson W380

O desmonte do equipamento CPU demonstrou que 60% dos seus constituintes são de metal, seguido de 20% de placa eletrônica, 9% de plástico, 5% de transformador, 4% de fios de cobre, 2% de outros constituintes, os quais são 150 gramas de cooler e 30 gramas de alto falante (Figuras 15 e 16). A soma dos constituintes do CPU contabilizou um total de 7,310 kg. São preocupantes o descarte de CPUs, placas mãe e outros componentes que possuem substâncias tóxicas que podem ser liberadas na natureza (SILVA et al.,2010). A busca por novos produtos e tecnologias fortalece questões sobre a obsolescência de equipamentos eletroeletrônicos, de forma que sua durabilidade seja menor, forçando o consumidor a efetuar uma nova compra em um período de tempo reduzido (ZANATTA, 2013).

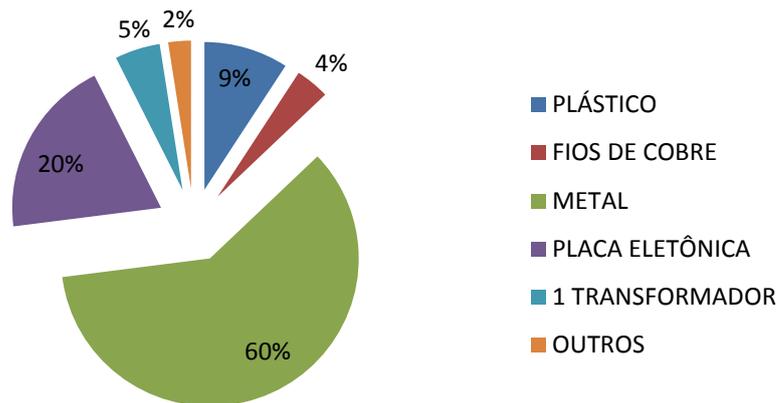


Figura 12- Constituintes do CPU.



Figura 16 – Fotografia dos constituintes do CPU.

O desmonte do televisor Samsung 14 polegadas demonstrou que 55% dos seus constituintes são compostos por vidro, seguidos de 24% de plástico, 11% de placa eletrônica, 4% de bobina, 2% de fios de cobre, 2% de alto falantes e 2% de metal (Figuras 17 e 18). A soma dos constituintes do televisor totalizou 10,26 kg. Estes resultados diferem dos encontrados em Pinheiro et al., (2009), no qual observaram 62% dos constituintes sendo vidro, 23% de plástico, 11% de metal, e 4% de outros. Segundo Oliveira (2010) as placas eletrônica dos resíduos eletroeletrônicos contêm várias frações de materiais valiosos como cobre e ouro. O material que compõe a base, chamada laminado, da placa de circuito eletrônica é recoberta por uma fina camada de cobre, sobre o qual são montados os componentes eletrônicos.

As conexões entre os componentes ocorrem do lado cobreado através de caminhos condutores assim, constata-se que há 17 g de ouro por tonelada de resíduos de placa de circuito eletrônico, sendo que na mineração de ouro a quantidade extraída varia de 6 a 12 g por tonelada de minério (VEIT, 2005).

A alternativa mais acessível e praticável para a gestão adequada dos resíduos eletroeletrônicos é a reciclagem, a qual consiste em segregar os materiais presentes em um equipamento e encaminhá-los para utilização como matéria-prima no processo industrial. Não existe necessariamente a necessidade de reinserção dos materiais dentro do mesmo ciclo produtivo. Um televisor reciclado pode fornecer materiais para produção de outros produtos em outros processos industriais. Após a reciclagem, o restante do equipamento não utilizado é encaminhado para correta destinação, evitando contaminações e propagação de doenças (FERREIRA, 2010).

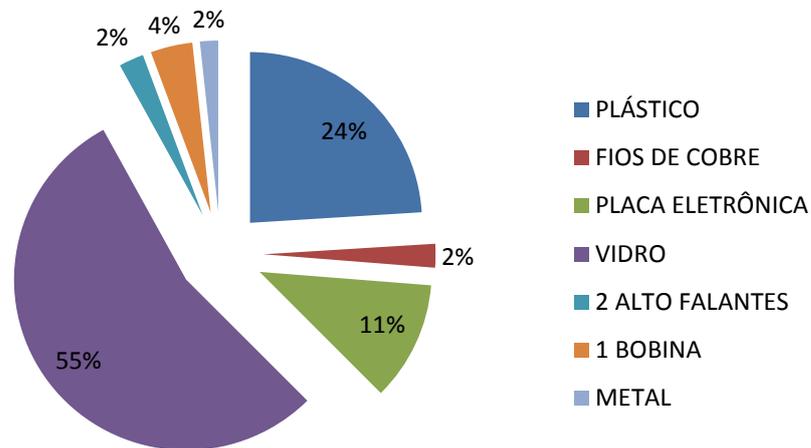


Figura 17- Constituintes do Televisor Samsung 14 Polegadas.



Figura 18 – Fotografia dos constituintes do Televisor Samsung 14 Polegadas.

O desmonte do equipamento cartucho de toner demonstrou que 43% dos seus constituintes são compostos por plástico, seguido de 34% de metal, 10% de alumínio, 8% de imã, 3% de borracha e 2% de outros constituintes que são 5 gramas de pó preto de tinta, 3 gramas de espuma e 1 grama da placa eletrônica (Figuras 19 e 20). A soma dos constituintes do cartucho de toner contabilizou um total de 518 gramas.

Observou-se que 44% dos constituintes do cartucho de toner são resíduos com grande potencial de reciclagem, sendo que o metal e alumínio que podem passar pelo processo de reciclagem várias vezes. O alumínio é o que tem maior reconhecimento quanto a sua reciclabilidade, até pelas crianças que costuma juntar alumínio para vender, estão fazendo bem, mas demonstrando uma educação ambiental que às vezes passam despercebidos pelos pais, que deixam de ensinar seus filhos o verdadeiro motivo da reciclagem do alumínio, que é se atentarem para a preservação dos recursos ambientais.

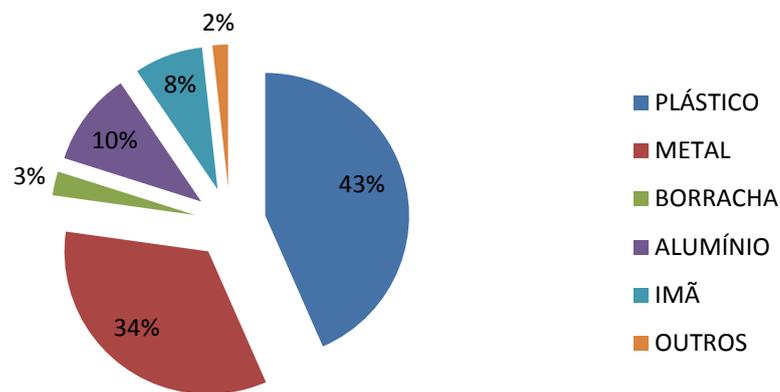


Figura 19- Constituintes do Cartucho de Toner.



Figura 20 – Fotografia dos constituintes do Cartucho de Toner.

O desmonte do equipamento monitor demonstrou que 65% dos seus constituintes são compostos por vidro, seguido de 18% de plástico, 8% de placa eletrônica, 5% de bobina, 2% de metal e 2% de fios de cobre (Figuras 21 e 22). A soma dos constituintes do monitor totalizou 13,835 kg. Este resultado é praticamente equivalente ao encontrado em outro estudo onde os vidros que constituíam os monitores de computador compõem entre 45% e 85% do peso total de um monitor (LIMA et al., 2011). Cabe observar que os monitores de computadores Catodic Ray Tube (CRT) se dispostos inadequadamente trazem maiores problemas ao meio ambiente e a saúde humana, pois eles possuem cinco substâncias tóxicas, chumbo, mercúrio, cádmio, bário e fósforo. Todas essas substâncias podem levar à morte se forem manuseadas de forma incorreta (BOY, 2011).

Uma amostra representativa do conjunto de escolas do Brasil que possuem 15 ou mais alunos matriculados no nono ano do ensino fundamental em turmas regulares demonstram que mais de três milhões de alunos possuem algum tipo de computador, seja ele de mesa, notebook ou laptop. Assim, nos próximos anos esses eletroeletrônicos se tornarão obsoletos e terão que passar por processo adequado de descarte ou reutilização dos seus componentes (IBGE, 2012).

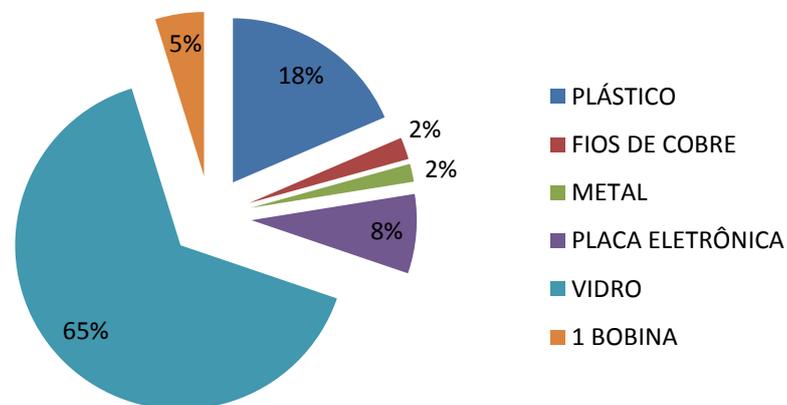


Figura 21- Constituintes do Monitor AOC 15 polegadas.



Figura 22 – Fotografia dos constituintes do Monitor AOC 15 polegadas.

Em relação ao desmonte da lavadora de roupas tanquinho Electrolux demonstrou que 67% dos seus constituintes são compostos por plástico, seguido de 26% de um motor constituído de metal e cobre 5% de metal, 1% de fios de cobre, 1% de outros constituintes, os quais são 60 gramas de borracha e 35 gramas de um capacitor (Figuras 23 e 24). A soma dos constituintes da máquina de lavar tanquinho totalizou 10,225 kg. O desmonte da lavadora de roupa demonstrou que 26% dos seus constituintes são de um motor, que em virtude de estar funcionando não foi desmontado completamente, por ter valor agregado na sua reutilização dentro da mesma linha produtiva.

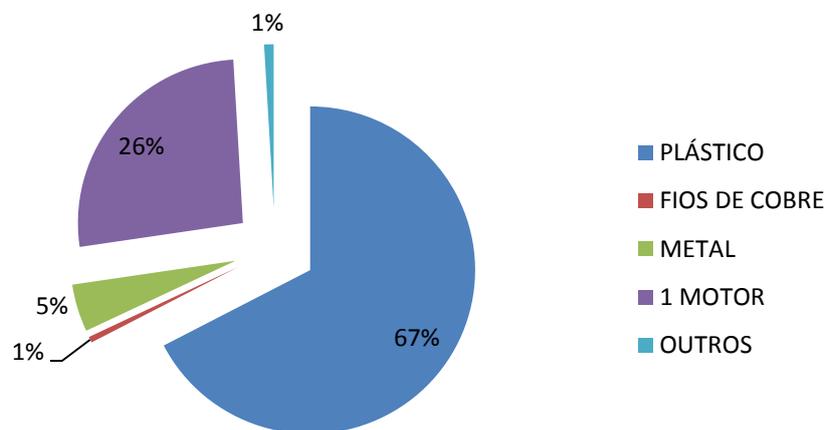


Figura 23- Constituintes da Lavadora de roupas tanquinho Electrolux.



Figura 24 – Fotografia dos constituintes da lavadora de roupas tanquinho Electrolux.

O desmonte do equipamento furadeira elétrica Makita HP 1640 demonstrou que 37% dos seus constituintes são compostos de um motor que contém metal e cobre, seguido de 31% de metal, 24% de plástico e 8% de outros constituintes, que são 150 gramas de fios de cobre com encapsamento e 5 gramas de placa eletrônica (Figuras 25 e 26). A soma dos constituintes da furadeira elétrica Makita contabilizou um total de 1,945 kg. Ao analisar os 100% dos constituintes da furadeira observa-se que todos os seus constituintes podem ser reciclados, economizando energia e recursos naturais. A melhor forma de reciclar eletroeletrônicos caso o mesmo não possa ser reutilizado, é a descaracterização do mesmo, depois de separados todos os componentes ficam mais fácil dar uma destinação correta aos componentes, como plásticos e metais (RODRIGUES, 2010). A reciclagem faz com que todo material resultante da descaracterização volte ao ciclo produtivo, aumentando o valor ambiental do produto e evitando a extração de matéria-prima da natureza. Vale destacar ainda que outros produtos metálicos como o ferro, o aço, o inoxidável, o cobre e outros metais apresentam um alto índice de reciclagem dentro do Brasil (KUNRATH et al., 2015).

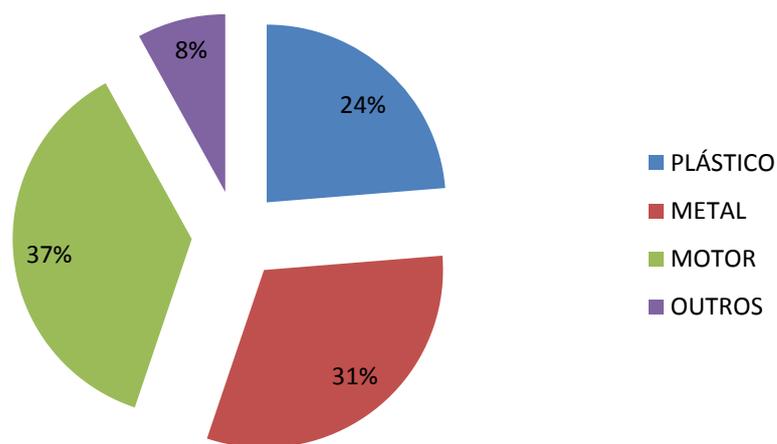


Figura 25- Constituintes da Furadeira elétrica Makita HP 1640.



Figura 26- Fotografia dos constituintes da furadeira Makita hp 1640.

O desmonte dos equipamentos eletroeletrônicos demonstraram que 33% de seus constituintes são compostos por plástico, seguido de 31% de vidro, 14% de metal, 8% de placa eletrônica, 7% de motor, 3% de outros constituintes (825 gramas de transformador de energia elétrica, 271 gramas de alto falantes, 150 gramas de cooler, 99 gramas de borracha, 66 gramas de ímã, 55 gramas de alumínio, 43 gramas de bateria, 35 gramas de capacitor, 5 gramas de espuma, 5 gramas de pó de tinta preta), 2% de fios de cobre e 2% de bobinas (Figura 27). O somatório dos constituintes dos equipamentos eletroeletrônicos contabilizaram um total de 49,86 kg.

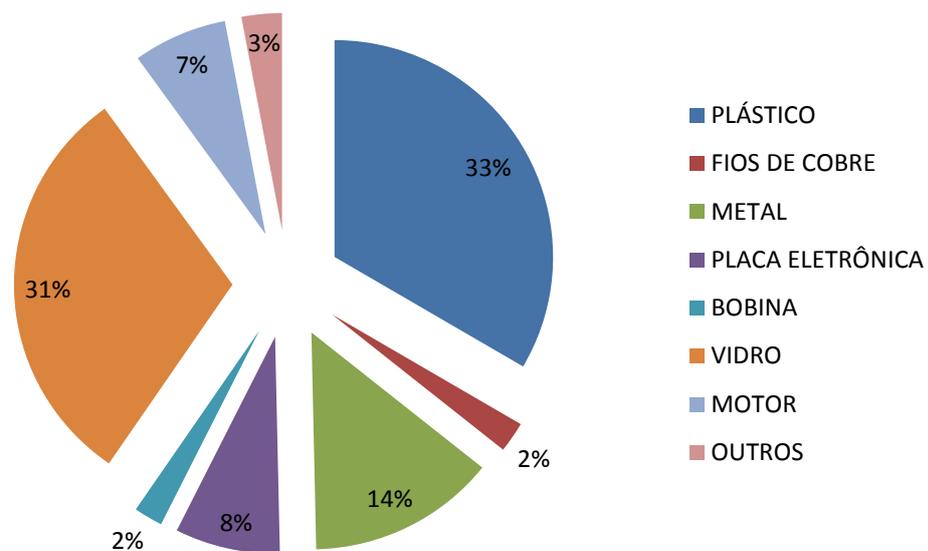


Figura 27- Total dos constituintes dos Resíduos Eletroeletrônicos avaliados.

Aproximadamente 26% do plástico utilizados nos aparelhos eletrônicos é o policloreto de vinila (PVC) que é um bom isolante térmico e elétrico, resistente a choques e não propagam chamas, esses plásticos podem ser transformados, processados e reprocessados. Produtos gerados com a matéria-prima reciclada consomem 70% menos energia do que a produção de plásticos novos. O reaproveitamento pode ser feito através de reciclagem energética, reciclagem química ou reciclagem mecânica (KIPPER apud OLIVEIRA, 2010).

A reciclagem é uma das alternativas de tratamento de resíduos sólidos mais vantajosas, tanto do ponto de vista ambiental como do social. Ela reduz o consumo de recursos naturais, poupa energia e água e ainda diminui o volume de resíduos e a poluição. Além disso, quando não passam por processo de reciclagem o plástico leva mais de 400 anos para decomposição na natureza (Ministério do Meio Ambiente, 2009).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos implantou o conceito de logística reversa como sendo um instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial para reaproveitamento em seu ciclo produtivo ou outros ciclos, bem como a destinação final ambientalmente adequada (Art. 3º da Lei n. 12305/2010).

Conseqüentemente a massa de resíduos eletroeletrônicos vem aumentando consideravelmente nas últimas décadas, com base no estudo realizado pela Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM 2009), para o período compreendido entre 2001 e 2030, estima-se

que o Brasil gere aproximadamente 750.000 toneladas por ano de equipamentos eletroeletrônicos e quanto à geração per capita anual, para o mesmo período, tem-se aproximadamente a média estimada de 5 kg por habitante, e a cotação de mercado no valor de (Tabela 2).

Tabela 2- Cotações de mercado do valor da tonelada de diferentes matérias para a reciclagem.

Tipo	Valor (R\$/Tonelada)
Plástico	R\$ 1.455,00
Vidro	R\$ 215,00
Cobre	R\$ 13.000,00
Metal	R\$ 200,00

Fonte: CEMPRE (2016); Litorallimpo (2016).

Levando em consideração que o Brasil tem 206 milhões de habitantes (IBGE, 2016) e que a média de produção de resíduos eletroeletrônicos é de 5 kg/hab/ano estão sendo gerados, anualmente, 1.030.000.000 de kg de resíduos eletroeletrônicos. Considerando os dados obtidos neste trabalho, o plástico representou 33% do valor total de resíduos gerados, seguido do vidro de 31%, metal com 14% e os demais constituintes que possuem cobre como o motor, bobina, fios de cobre que juntos somaram 11% e também 11% da somatória da placa eletrônica e outros constituintes.

Assim, os resíduos classificados como plásticos gerariam um total de 339.900 toneladas no valor de R\$ 1.455,00 a tonelada, assim, a reciclagem do plástico dos resíduos eletroeletrônicos apresenta um potencial de arrecadação no valor aproximado de R\$ 494.554.500,00. Já o vidro totalizaria 319.300 toneladas no valor de R\$ 215,00 a tonelada, assim, seu potencial de arrecadação seria em torno de R\$ 68.649.500,00.

Para o metal que representa 14% do total, o que equivale a 144.200 toneladas, com um valor de R\$ 200,00 a tonelada, o seu potencial de reciclagem dos resíduos eletroeletrônicos retornaria uma arrecadação de R\$ 28.840.000,00. Por fim, a reciclagem do cobre totalizando 113.300 toneladas e que a tonelada esta na faixa de R\$ 13.000,00 só a reciclagem dos cobres presentes nos fios, motor e bobinas dos resíduos eletroeletrônicos seria arrecadado R\$ 1.472.900.000,00.

Portanto, o Brasil apresenta um potencial de arrecadação com a reciclagem de resíduos eletroeletrônicos, anualmente, no valor de R\$ 2.064.944.000,00. Ainda assim, após a retirada do plástico, vidro, metal e constituinte de cobre, sobraram 11% de outros constituintes totalizando 113.300 toneladas que precisam ser destinados a aterros e outros métodos corretos de tratamento.

5. CONCLUSÃO

Os principais componentes dos resíduos eletroeletrônicos são o plástico, seguido do vidro, do metal e de fios de cobre.

Mais de 89% dos materiais constituintes dos resíduos eletroeletrônicos podem ser reciclados e voltar ao processo produtivo de novos equipamentos.

A reciclagem de resíduos eletroeletrônicos no Brasil apresenta, anualmente, um potencial financeiro de mais de dois bilhão de reais.

REFERÊNCIAS

ABDI. Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR-. divulgam estudo sobre **logística reversa de eletroeletrônicos**. Disponível em: <http://www.mdic.gov.br/arquivos/dwnl_1416934886.pdf>. Acesso em 22 mar 2016.

ALENCAR, M. M. M. **Reciclagem de lixo numa escola pública do município de salvador**. Revista Virtual, v. 1, n. 2, p. 96-113, 2005.

ANATEL. **Brasil alcança 264,55 milhões de acessos móveis em abril**. Disponível em:<<http://www.antel.gov.br/Portal/exibirPortalNoticias.do?ação=carregaNoticia&codigo=28848>>. Acesso em: 02 out 2016.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. **Política nacional de Resíduos Sólidos**. Disponível em:< <http://www.mma.gov.br/pol-> Acessado em: 31 mar 2016.

BRASIL, M. M. A. Ministério do Meio Ambiente. **Responsabilidade-socioambiental/producao-e-consumo-sustentavel/consumo-consciente-de-embalagem/impacto-das-embalagens-no-meio-ambiente**. Disponível em:<<http://www.mma.gov.br/pro->Acessado em: 23 nov 2016.

BOY, N. **O que acontece com o seu PC quando ele vai para o lixo?** Disponível em:<http://www.baboo.com.br/conteudo/modelos/Oque-acontece-com-o-seu-PC-quando-ele-vaipara-o-lixo_a6562_z0.aspx>. Acesso em: 9 set 2016.

CEMPRE: **Apresenta informações sobre reciclagem, 2005**. Disponível em: <www.cempre.org.br> <http://cempre.org.br/servico/mercado>. Acessado em: 23 set 2016.

FERREIRA, D. C.; SILVA, J. B.; GALDINO, J. C. S.; **Reciclagem do e-lixo (ou lixo-eletrônico)**. V.CONNEPI,2010.Disponível em:<<http://connepi.ifal.edu.br/ocs/index.php/connepi/CONNEPI2010/paper/view/1191>>. Acesso em: 24 abril 2016.

FREITAS, M.C.B. **Lixo tecnológico e os impactos no meio ambiente**. Revista Network Technologies-Faculdades Network, v. 3, n. 1, 2009.

FEAM . **Diagnóstico da Geração de Resíduos Eletroeletrônicos no Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE , 2009. p.80. Disponível em: < http://ewasteguide.info/files/Rocha_2009_pt.pdf>. Acesso em: 22 set 2016.

IBGE. **Projeção da população do Brasil e das Unidades da Federação.** Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/>>. Acessado em: 23 set 2016.

IBGE. **Pesquisa Nacional de Saúde do Escolar** - Inca Brasil que possuem 15 ou mais alunos matriculados no 9º ano do ensino fundamental em turmas regulares contabilizando um total de 3.153.314, Disponível em :<[http:// www2.inca.gov.br/wps/wcm/.../pesquisa-nacional-de-saude-do-escolar-2012.pdf?](http://www2.inca.gov.br/wps/wcm/.../pesquisa-nacional-de-saude-do-escolar-2012.pdf?)>. Acessado em: 22 set 2016.

GREENPEACE – Brasil. **Paraísos da indústria eletrônica são infernos de contaminação.** Disponível em: < <http://www.greenpeace.org/brasil/pt/Noticias/para-sos-da-industria-eletroni/>>. Acessado em: 20 set 2016.

KIPPER, L. M. **Ações Estratégicas Sistêmicas Para a Rede Sustentável de Reciclagem de Plásticos.** Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. UFSC, 2005.

OLIVEIRA, B. C.; RENATO, F.; AKIO, F.; HÉRITON F.; AUGUSTO, G.; PAULO, J. **Projeto E-lixo.** São Paulo: USP, 2010. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/26732871/E-Lixo-Como-enfrentar-este-problema-com-a-propria-tecnologia#>>. Acesso 08 out 2016.

OLIVEIRA, C. R. **Alternativas tecnológicas para o tratamento e reciclagem do lixo de informática.** 2010.

OLIVEIRA, R.; GOMES, E. S.; AFONSO, J. C. **O Lixo Eletroeletrônico: Uma Abordagem para o Ensino Fundamental e Médio.**

KUNRATH, J. L.; VEIT, H. M. Resíduos eletroeletrônicos: materiais reaproveitados dentro da cadeia de processamento. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v. 10, n. 2, 2015.

SILVA, M. M. P. D.; LEITE, V. D.; FLOR, A. M. A.; DUARTE, M. G.; Cabral, S. M. **Metodologia para caracterização de resíduos sólidos em escolas e condomínio; uma contribuição para implantação de Coleta Seletiva.** XXIII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, Cancún, México 27 al 31 de octubre, 2002.

LIMA, N. M. O.; MORAIS, C. R. S.; LIMA, L. M. R. **Lixo eletrônico: caracterização do vidro do tubo de raios catódicos de computadores para reciclagem.** Revista Eletrônica de Materiais e Processos, v.6.1, pp. 59-62, 2011.

Litoral Limpo/ Material, Preço. Cobre Mel, R\$ 13,00 / kg. Cobre Misto, R\$ 12,00 / kg. Alumínio Latinha, R\$ 3,20 / kg. Alumínio Panela, R\$ 3,30 / kg. Alumínio Perfil (Limpo). Disponível em:<<http://www.litorallimpo.com.br/precos>> Acessado em: 23 set 2016.

MARRA, L. C. C.; MARRA, L. M.; SANTOS, A. A.; SOUZA, H. M. **Gestão Pública de Resíduos Eletroeletrônicos.** I Congresso Brasileiro de Ciências e Tecnologias Ambientais, Agosto, 2015.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Lixo um grave problema no mundo moderno.** Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/secex_consumo/_arquivos/8%20%20mcs_lixo.pdf>. Acessado em 13 set 2016.

PALLONE, S. **Resíduo eletrônico: redução, reutilização, reciclagem e recuperação.** Disponível em: < <http://www.comciencia.br/comciencia/handler.php?section=8&edição=32&id=379> Acesso em: 12 set. 2016.

PEDROSO, E. F. H. **Destinação e Armazenagem de Resíduos Sólidos em Propriedades Rurais.** Trabalho de conclusão de curso. *No prelo.* 2010.

PINHEIRO, E. L. Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos. **Fundação Estadual do Meio Ambiente-MG, Belo Horizonte,** 2008.

REIDLER, N. M. V. L.; GÜNTHER, W. M. R. Impactos sanitários e ambientais devido aos resíduos gerados por pilhas e baterias usadas. In: **XXVIII Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental.** 2002.

ROCHA, D. C. **Gestão de resíduos sólidos domésticos na zona rural: a realidade do município de Pranchita – PR.** Rev. ADM. UFSM, Santa Maria, V.5. 2012.

RODRIGUES, T. **Como e onde posso jogar meu lixo eletrônico?.** Disponível em: <<http://www.mundomax.com.br/blog/eletronicos/como-e-onde-posso-jogar-meu-lixo-eletronico/>> Acesso em: 22 set 2016.

SHAHIDIAN, S.; SERRALHEIRO, R. SERRANO, J. M.; MACHADO, R. M. **Reciclagem de Impressoras no Ensino de Computação Física.** 2011.

SILVA, J. R. N. Lixo eletrônico: um estudo de responsabilidade ambiental no contexto no Instituto de Educação Ciência e Tecnologia do Amazonas–IFAM Campus Manaus Centro. In: **Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental.** 2010.

SILVA, M. M. P. Diagnóstico referente aos resíduos sólidos gerados no centro de ciências biológicas e da saúde da universidade estadual da Paraíba. In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 23.** ABES, 2005. p. 1-8.

REZENDE, J. **Troca da transmissão de TV analógica pela digital começa em ...** - Uol *-com...* 7 de abr de 2015 - Informações da Anatel são de que 30 milhões de brasileiros fazem uso de TV aberta –sem antenas parabólicas ou assinatura de TV a cabo, ... Uol Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/.../1613264.>> Acessado em: 13 set 2016.

VEIT, H. M.. **Reciclagem de cobre de sucatas de placas de circuito impresso.** Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais. UFRGS, 2005.

ZANATTA, M. **A obsolescência programada sob a ótica do direito ambiental brasileiro.** Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul – PUCRS. Porto Alegre, 2013. Disponível em: <http://www3.pucrs.br/pucrs/files/uni/poa/direito/graduacao/tcc/tcc2/trabalhos2013_2/marina_zanatta.pdf> Acesso em: 9 set 2016.

APÊNDICE

Fotografia dos Resíduos Eletroeletrônicos e seus Constituintes, Equipamentos.



Figura 28- Fotografia dos constituintes da raquete elétrica mata insetos.



Figura 29- Fotografia dos constituintes do Pen Drive.



Figura 30- Fotografia dos Constituintes do Receptor de parabólica analógico Tecsat.



Figura 31- Fotografia dos constituintes do Televisor Samsung 14 Polegadas.



Figura 32- Fotografia dos constituintes da Impressora hp 3050.



Figura 33- Fotografia dos constituintes do Telefone Celular Sony Ericsson W380.



Figura 34- Fotografia dos constituintes do CPU.



Figura 35- Fotografia dos constituintes do Monitor AOC 15 polegadas.



Figura 36- Fotografia dos constituintes da lavadora de roupas tanquinho Electrolux.



Figura 37- Fotografia dos Constituintes do Cartucho de Toner.



Figura 38- Fotografia dos constituintes do Mouse Multilaser.



Figura 39- Fotografia dos constituintes do Teclado Satellite.



Figura 40- Fotografia dos constituintes da furadeira Makita hp 1640.



Figura 41- Fotografia dos equipamentos utilizados.