

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TRIÂNGULO MINEIRO - UFTM
INSTITUTO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS E EXATAS - ICTE**

FREUD ANTONIO MARTINELLI GOMES

**DESCARTE RACIONAL DE COMPONENTES ELETRÔNICOS COM GERAÇÃO
DE INSUMOS, SUBPRODUTOS E PRODUTOS
MANUAL DE REFERÊNCIA TÉCNICA**

UBERABA, 2015

FREUD ANTONIO MARTINELLI GOMES

**DESCARTE RACIONAL DE COMPONENTES ELETRÔNICOS COM GERAÇÃO
DE INSUMOS, SUBPRODUTOS E PRODUTOS
MANUAL DE REFERÊNCIA TÉCNICA**

Trabalho apresentado junto à Comissão de Avaliação do Programa de Mestrado Profissional em Inovação Tecnológica – PMPIT, tendo como área de concentração Inovação Tecnológica e linha de pesquisa Processos Tecnológicos.

Professor Orientador: Dr. Mário Sérgio da Luz
Professor Coorientador: Dr. Júlio César de Souza
Inácio Gonçalves

UBERABA, 2015

**Catálogo na fonte: Biblioteca da Universidade Federal do
Triângulo Mineiro**

G614d Gomes, Freud Antonio Martinelli
Descarte racional de componentes eletrônicos com geração de insumos, subprodutos e produtos: manual de referência técnica / Freud Antonio Martinelli Gomes. -- 2015.
65 f. : il., fig., graf., tab.

Dissertação (Mestrado Profissional em Inovação Tecnológica) -- Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, MG, 2015
Orientador: Prof. Dr. Mário Sérgio da Luz
Coorientador: Prof. Dr. Júlio César de Souza Inácio Gonçalves

1. Aparelhos e materiais eletrônicos. 2. Aparelhos e materiais eletrônicos - Eliminação de resíduos - Manuais, Guias, etc. I. Luz, Mário Sérgio. II. Universidade Federal do Triângulo Mineiro. III. Título.

CDU 621.389

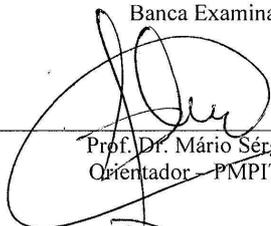
FREUD ANTÔNIO MARTINELLI GOMES

DESCARTE RACIONAL DE COMPONENTES ELETRÔNICOS COM
GERAÇÃO DE INSUMOS, SUBPRODUTOS E PRODUTOS, MANUAL DE
REFERÊNCIA TÉCNICA

Trabalho de conclusão apresentado ao
Programa de Mestrado Profissional em
Inovação Tecnológica da Universidade
Federal do Triângulo Mineiro, como requisito
para obtenção do título de mestre.

Uberaba, 13 de março de 2015

Banca Examinadora:



Prof. Dr. Mário Sérgio da Luz
Orientador – PMPIT - UFTM



Prof. Dr. David Calhau Jorge
Membro Titular – UFTM



Profa. Dra. Márcia Helena Pontieri
Membro titular – UFPB

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo dom da vida e por permitir que eu chegasse até aqui.

Agradeço à Universidade Federal do Triângulo Mineiro pela oportunidade de permitir meu crescimento profissional.

Agradeço aos Professores Dr. Mário Sérgio da Luz e Prof. Dr. Júlio César de Souza Inácio Gonçalves, orientador e coorientador respectivamente, pelo auxílio e paciência, além da confiança em mim depositada.

Agradeço à Profa. Dra. Mônica Hitomi Okura pelo auxílio e apoio incondicionais sem os quais a realização deste trabalho não seria possível.

Agradeço aos Professores Dra. Lúcia Helena Pelizer Pasotto e Prof. Dr. Marlei Barboza Pasotto pelo estímulo constante.

Agradeço ao Prof. Dr. Rui Tadashi Yoshino que, mesmo distante, muito me auxiliou neste período.

Agradeço aos demais professores do PMPIT que com o repasse de seus conhecimentos permitiram meu aprimoramento como discente e pesquisador.

Agradeço aos servidores técnico-administrativos da UFTM principalmente aqueles ligados diretamente ao PMPIT que, com seu trabalho e esforço, garantiram as condições necessárias ao desempenho de nossas atividades.

Agradeço aos meus companheiros de trabalho da UFTM que durante toda esta jornada me incentivaram fazendo com que os obstáculos pudessem ser superados de maneira mais fácil.

Agradeço enfim à minha esposa Solange e aos meus filhos Camila e Bruno que souberam abrir mão de minha presença de maneira muito generosa durante todo o tempo dedicado ao meu trabalho. Sem eles e sem seu apoio nada seria possível.

RESUMO

A sociedade moderna faz uso crescente de equipamentos eletrônicos em todos os setores. O homem lança mão de equipamentos eletrônicos em todas suas atividades: trabalho, lazer, segurança, comunicação, educação e política. A evolução tecnológica fornece continuamente novos modelos de equipamentos eletrônicos, com mais funcionalidades, maior economia e com maior valor agregado. A cada dia são lançados novos equipamentos eletrônicos que seduzem os consumidores e os fazem abandonar os antigos produtos, tornando estes defasados embora em boas condições de uso. Com o passar do tempo o volume de equipamentos eletrônicos sem uso aumenta consideravelmente em todos os setores da sociedade. Todo este cenário contribui para o descarte de equipamentos obsoletos e/ou danificados, denominado resíduo eletrônico, fato este que tem contribuído sensivelmente para a poluição do meio ambiente. Muitos equipamentos são simplesmente descartados como lixo comum, sem que haja preocupações tais como: se o local do descarte é apropriado; se na composição de cada equipamento eletrônico existem componentes que emitem radiação, poluem o ambiente e/ou fazem mal à saúde. Diariamente grande quantidade de equipamentos eletrônicos obsoletos é comercializada simplesmente como sucata. Assim, são necessárias ações no sentido de minimizar este problema, motivo pelo qual este trabalho é apresentado. Tendo em vista o exposto, o objetivo deste projeto é propiciar o descarte dos componentes presentes nos equipamentos eletrônicos de forma racional com geração de insumos, subprodutos e produtos com a criação de um Manual de Referência Técnica que defina de forma clara, precisa e exata todos os procedimentos a serem adotados para alcançar o objetivo proposto. Serão analisadas as informações sobre o descarte de equipamentos eletrônicos de uma instituição pública e, identificadas suas características e composições, serão propostas, através de um Manual de Referência Técnica, boas práticas com a aplicação da chamada “logística reversa”, permitindo o descarte racional de componentes não reutilizáveis bem como a criação de insumos, subprodutos e produtos derivados dos mesmos. Como resultado, espera-se a criação de um Manual de Referência Técnica que sirva de ferramenta de trabalho para outros pesquisadores na área.

Palavras-chaves: Equipamento eletrônico, lixo eletrônico, manual de referência.

ABSTRACT

In all sectors of modern society there is an increasing use of electronic equipment. The humankind makes use of these equipment in all activities: work, leisure, safety, communication, education and politics. Technological evolution continuously provides new models of electronic equipment, with more features, better economy rates and higher value. On a daily basis new equipment are released and customers are induced to discard old products, making them outdated in spite of their good conditions. As time passes the amount of unused electronic equipment considerably increases in all sectors of society. This scenario contributes to the disposal of obsolete and/or damaged equipment, denominated electronic waste, which, in its way, significantly enhances environmental pollution. A great number of equipment are simply discarded as general waste, regardless some crucial aspects, such as the suitability of the disposal area, or the presence of toxic and/or radioactive components in each equipment. A massive number of out-of-date electronic equipment are commercialised as just scrap metal every day. Thus, there are needed actions aimed to diminish this problem, which is the reason of this work presentation. Considering the above exposed, the objective of this project is to provide a rational disposal of components present in discarded electronic equipment, focusing on the generation of supplies, sub products and products. In order to achieve this objective, the creation of a Technical Reference Manual that defines in a clear, precise and exact way all procedures is needed. Information regarding the disposal of electronic equipment of a public institution will be analysed and, being identified its characteristics and composition, there will be proposed, in the form of a Technical Reference Manual, suitable behaviours with the application of the called 'reverse logistics', allowing the rational discard of non-reusable components as well as the generation of inputs, sub products and products derivatives thereof. As a result, it is expected the creation of a Technical Reference Manual to be used as a working tool by other researchers in this field.

Keywords: Electronic equipment, electronic waste, reference manual.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ABDI - Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
- ABINEE - Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica
- CCCP - Centro Científico e Cultural de Peirópolis
- DSIM - Departamento de Sistemas e Métodos
- DTI - Diretoria de Tecnologia da Informação
- EEE - Equipamentos Eletroeletrônicos
- FGV - Fundação Getúlio Vargas
- ICTE - Instituto de Ciências Tecnológicas e Exatas
- IDC - International Data Corporation
- PC - Personal Computer (Computador Pessoal)
- PLS - Plano de Gestão e Logística Sustentável
- PMPIT - Programa de Mestrado Profissional em Inovação Tecnológica
- PNRS - Política Nacional de Resíduos Sólidos
- PNUMA - Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
- REEE - Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos
- UFTM - Universidade Federal do Triângulo Mineiro
- WEEE - Waste Electrical and Electronic Equipment
- RoHs – Restriction of Certain Hazardous Substances (Restrição de Certas Substâncias Perigosas)

LISTA DE FIGURAS (ILUSTRAÇÕES)

Figura 1 – Total de Micros em uso no Brasil

Figura 2 – Classificação das Categorias de Equipamentos Eletroeletrônicos

Figura 3 – Logística Reversa

Figura 4 – Transporte e Armazenamento em Peirópolis

Figura 5 – Armazenamento Inicial dos Equipamentos e Componentes

Figura 6 – Armazenamento após a Primeira Separação

Figura 7 – Macro Fluxo de Processos

Figura 8 – Formulário de Coleta de Equipamentos

Figura 9 – Fluxo do Processo Triagem

Figura 10 – Fluxo do Processo Decomposição

Figura 11 – Fluxo do Processo Análise Preliminar

Figura 12 – Fluxo do Processo Análise Secundária

Figura 13 – Fluxo do Processo Análise Terciária

Figura 14 – Fluxo do Processo Insumos

Figura 15 – Fluxo do Processo Subprodutos

Figura 16 – Fluxo do Processo Produtos

Figura 17 – Fluxo do Processo Estoque de Insumos, Subprodutos e Produtos

Figura 18 – Fluxo do Processo Descarte Final

Figura 19 – Visão Geral da Planilha de Apoio aos Processos Iniciais

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Processo Triagem

Quadro 2 – Processo Decomposição

Quadro 3 – Processo Análise Primária

Quadro 4 – Processo Análise Secundária

Quadro 5 – Processo Análise Terciária

Quadro 6 – Processo Insumos

Quadro 7 – Processo Subprodutos

Quadro 8 – Processo Produtos

Quadro 9 – Processo Estoque de Insumos, Subprodutos e Produtos

Quadro 10 – Processo Descarte Final

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Elementos tóxicos presentes em diversas partes de um computador

Tabela 2 – Descarte mensal de equipamentos e componentes eletrônicos na UFTM

SUMÁRIO

1	Introdução	11
2	Objetivos	14
2.1	Objetivo geral	14
2.2	Objetivos específicos.....	15
3.	Revisão Bibliográfica.....	15
3.1	Equipamentos Eletroeletrônicos.....	15
3.1.1	Definição de Equipamentos Eletroeletrônicos.....	15
3.2	Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos.....	17
3.2.1	Definição de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos	17
3.2.2	Composição de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos.....	18
3.3	Problemas Advindos do uso de Equipamentos Eletroeletrônicos.....	20
3.4	Política Nacional de Resíduos Sólidos.....	22
3.5	Logística Reversa.....	24
3.5.1	Definição de Logística Reversa.....	24
3.6	Problemas Oriundos da Utilização de Equipamentos Eletrônicos.....	27
4.	Desenvolvimento Metodológico	28
5.	Resultados.....	30
6.	Conclusões.....	61
7.	Referências Bibliográficas.....	63

1. INTRODUÇÃO

A sociedade moderna faz uso crescente de equipamentos eletrônicos em todos os setores. O homem lança mão de equipamentos eletrônicos em todas suas atividades: trabalho, lazer, segurança, comunicação, educação e política. A evolução tecnológica fornece continuamente novos modelos de equipamentos eletrônicos, com mais funcionalidades, maior economia e com maior valor agregado.

A cada dia são lançados novos equipamentos eletrônicos que seduzem os consumidores e os fazem abandonar os antigos produtos, tornando estes defasados embora em boas condições de uso. Com o passar do tempo o volume de equipamentos eletrônicos sem uso aumenta consideravelmente em todos os setores da sociedade. Todo este cenário tem como consequência o incremento do descarte de equipamentos obsoletos e/ou danificados, denominado resíduo de equipamentos eletroeletrônicos, aumentando sensivelmente a poluição do meio ambiente.

Muitos equipamentos são simplesmente descartados como lixo comum, sem que haja preocupações tais como: se o local do descarte é apropriado; se na composição de cada equipamento eletrônico existem componentes que emitem radiação, poluem o ambiente e/ou fazem mal à saúde do homem.

Diariamente grande quantidade de equipamentos eletrônicos obsoletos é comercializada como sucata. No Brasil, estima-se que sejam descartadas quase 400.000 toneladas de eletrodomésticos e eletrônicos por ano – o que equivale a quase 2 quilos por habitante (VIALLI, 2012).

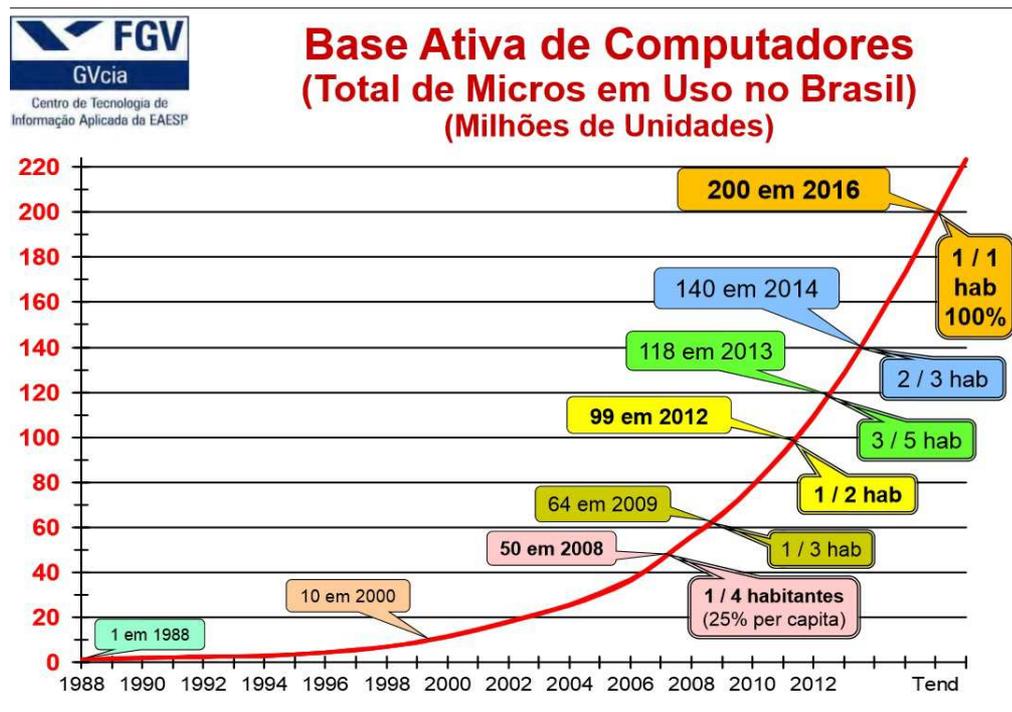
Rogers (2009) afirma que as pessoas jogam fora cerca de 2 bilhões de telefones celulares, 50 milhões de monitores de computador anualmente e ainda existem outros 2 bilhões de diversos aparelhos eletrônicos que ainda vão chegar às latas de lixo, tornando o resíduo eletrônico o segmento que mais cresce entre as diversas categorias de resíduo.

Segundo a ABINEE (2014), Associação Brasileira da Indústria Eletroeletrônica, as vendas de *tablets* somaram 5,4 milhões de unidades de janeiro a agosto de 2014. Conforme dados da IDC, organizados pela ABINEE, este resultado foi 17% superior ao registrado no mesmo período do ano passado. Por sua vez, a comercialização de *desktops* ficou 32% abaixo das vendas de janeiro a agosto de 2013 (2,6 milhões de unidades), enquanto as vendas de *notebooks* sofreram retração de 25% (4 milhões de unidades).

Com isso, o total do mercado de PCs atingiu 12 milhões de unidades no acumulado do ano, 13% a menos do que o registrado entre janeiro e agosto de 2013. Ao final de agosto de 2014, os *tablets* representavam 46% do mercado total (ABINEE, 2014).

Os números da 24ª Pesquisa Anual da FGV-EAESP-CIA (2013), revelam que em 2009 existiam 64 milhões de computadores em uso no Brasil (1 para cada 3 habitantes); em 2013 já eram 118 milhões de computadores (3 para cada 5 habitantes). Em 2014 se chega a 140 milhões de computadores, o que representa 2 computadores para cada 3 habitantes e, até 2016, o cenário mais provável é de 200 milhões de computadores atingindo assim a média de 1 computador por habitante conforme apresentado na Figura 1.

Figura 1 - Total de micros em uso no Brasil



Fonte: ABINEE, 2014

A mesma pesquisa revela que no Brasil:

- Em 2016 teremos um computador por habitante
- Em 4 anos dobrou o número de computadores em uso
- Vende-se 1 computador por segundo aproximadamente

- Possui a mesma taxa de telefones (móvel + fixo) que os Estados Unidos: 3 para cada 2 habitantes
- TVs: existem 37% mais que a média mundial
- Estamos bem acima da média mundial por habitante em computadores, TVs e telefones.

Preocupados com a destinação final e com descarte dos produtos eletroeletrônicos, em 2003, a Comunidade Europeia aprovou duas diretivas políticas voltadas à gestão dos resíduos de produtos eletroeletrônicos: Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) e Restriction of Certain Hazardous Substances, ou Restrição de Certas Substâncias Perigosas (RoHs).

Essas exigências incorporam a responsabilidade do produtor (produtor, distribuidor ou importador) e têm impactos globais.

WEEE

Ansanelli (2007) o destaca que WEEE é um regulamento em vigor desde 2006, com o objetivo de prevenir e diminuir os resíduos de uma lista de equipamentos eletroeletrônicos selecionados segundo o estágio atual de análise científica. Fundamenta-se nos princípios do poluidor pagador, precaução e na responsabilidade estendida do produtor. A responsabilidade do produtor está associada às etapas de coleta seletiva, tratamento, recuperação, reciclagem e financiamento. A internalização dessas atividades visa estimular o design ecológico dos produtos e o fornecimento de informações. O tratamento pode ser realizado pelo produtor ou por terceiros, mas financiado pelo produtor. A taxa de recuperação varia de um mínimo de 70% a 80% do peso médio por utensílio e a taxa de reciclagem (de componentes, materiais e substâncias), de um mínimo de 50% a 75% do peso médio conforme uma lista de equipamentos selecionados, como eletrodomésticos, produtos de informática e telecomunicações, ferramentas, brinquedos, entre outros.

RoHs

É uma diretiva europeia que proíbe que a utilização de certas substâncias perigosas em processos de fabricação de produtos: cádmio, mercúrio, cromo, bifenilos polibromados, éteres difenil-polibromados e chumbo. Esta diretiva também é conhecida como a “lei do sem chumbo” (PARLAMENTO EUROPEU, 2003).

Em função do cenário exposto, vislumbra-se a necessidade de que sejam propostas novas alternativas que contribuam para o descarte racional dos componentes eletrônicos bem como criem a oportunidade de geração de insumos, subprodutos e produtos advindos deste “lixo eletrônico”. Para tanto é proposta a criação de regras de trabalho além de normas de procedimentos, a fim de que seja viabilizado de forma sistemática e racional este processo.

O Manual de Referência Técnica contempla todos os procedimentos, ações e regras a serem adotados utilizando-se “logística reversa”, permitindo o descarte racional de componentes não reutilizáveis bem como a geração de insumos, subprodutos e produtos derivados dos mesmos.

Também deverá servir como ferramenta norteadora para novas pesquisas e ações que permitam a realização do descarte de componentes de forma racional bem como para a geração de novos insumos, subprodutos e produtos oriundos do “lixo eletrônico”. Neste aspecto (pesquisa) permitirá que os diversos pesquisadores dos cursos da UFTM desenvolvam seus projetos quer seja na criação de novos equipamentos a serem utilizados nas diversas etapas propostas, quer seja na proposição de criação de novos subprodutos e produtos que beneficiarão a sociedade moderna.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Criação de um *Manual de Referência Técnica* que sirva como ferramenta norteadora de ações que garanta o descarte racional de componentes de equipamentos eletroeletrônicos não reutilizáveis bem como a criação de insumos, subprodutos e produtos derivados dos mesmos, na Universidade Federal do Triângulo Mineiro.

2.2. Objetivos específicos

Tendo em vista a situação exposta, os objetivos específicos são:

- ✓ Análise quantitativa do lixo eletrônico gerado pela UFTM, especificamente aquele gerado por equipamentos de informática;
- ✓ Apontar fluxo correto de trabalho no tocante a procedimentos de análise e descarte;
- ✓ Propor etapas de cada processo de descarte e/ou reaproveitamento de componentes;
- ✓ Propor etapas de processos de geração de insumos, subprodutos e produtos.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A partir de pesquisa bibliográfica identificaram-se alguns estudos sobre a problemática envolvendo o descarte racional de equipamentos eletrônicos e sua possível reutilização que serão comentados nesta seção.

3.1 Equipamentos Eletroeletrônicos

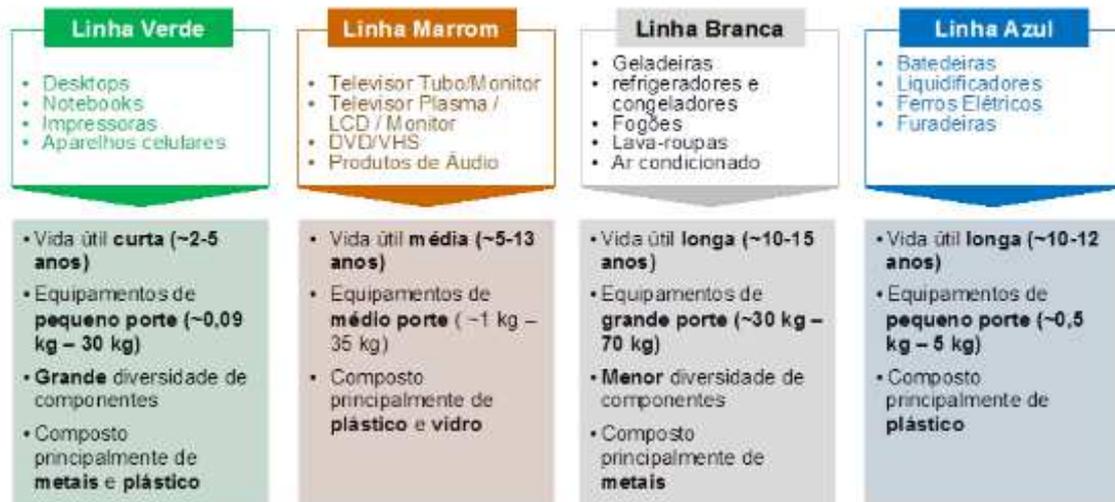
3.1.1 Definição de Equipamentos Eletroeletrônicos

A Diretiva 2002/95/CE do Parlamento Europeu no seu artigo 3º define equipamentos eletroeletrônicos (EEE) como:

Os equipamentos cujo funcionamento adequado depende de correntes elétrica ou campos eletromagnéticos, bem como os equipamentos para geração, transferência e medição dessas correntes e campos pertencentes às categorias definidas no Anexo I A da Diretiva 2002/96/CE e destinados à utilização com uma tensão nominal não superior a 1.000 V para corrente alternada e 1.500 V para corrente contínua (PARLAMENTO EUROPEU, 2003a).

Eles são classificados em quatro categorias amplas denominadas Linha Verde, Linha Marrom, Linha Branca e Linha Azul. Cada linha possui características relativas à vida útil, ao porte de equipamentos integrantes, à diversidade de componentes e às principais composições, conforme ilustrado na Figura 2:

Figura 2 – Classificação das Categorias de Equipamentos Eletroeletrônicos



Fonte: Análise Inventta; Diagnóstico da Geração de Resíduos Eletroeletrônicos em MG, 2009

A Linha Branca engloba refrigeradores, congeladores, fogões, lavadoras de roupa, lavadoras de louça, secadoras e condicionadores de ar. Os equipamentos têm vida útil longa (de 10 a 15 anos em média), são de grande porte, com pequena diversidade de componentes e são compostos principalmente por metais.

A Linha Marrom engloba monitores e televisores de tubo, plasma, LCD e LED, aparelhos de DVD e VHS, equipamentos de áudio e filmadoras. Os equipamentos têm vida útil média (de 5 a 13 anos em média), são de médio porte e são compostos principalmente por plástico e vidro.

A Linha Azul engloba batedeiras, liquidificadores, ferros elétricos, furadeiras, secadores de cabelo, espremedores de frutas, aspiradores de pó e cafeteiras. Os equipamentos têm vida útil longa (de 10 a 12 anos em média), são de pequeno porte e são compostos principalmente por plástico.

Finalmente a Linha Verde engloba computadores *desktop* e *laptops*, acessórios de informática, *tablets* e telefones celulares. Os equipamentos têm vida útil curta (de 2 a 5 anos em média), são de pequeno porte, com grande diversidade de componentes e são compostos principalmente por metais e plástico.

Embora presente estudo tenha sido baseado em equipamentos da Linha Verde, o Manual de Referência Técnica poderá ser utilizado em todas as demais linhas.

3.2 Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos

3.2.1 Definição de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEEs)

De acordo com a Diretiva 2002/96/CE do Parlamento Europeu, definem-se REEEs como:

Os equipamentos elétricos e eletrônicos que constituem resíduos, nos termos da alínea “a” do artigo 1º da Diretiva 75/442/CEE, incluindo todos os componentes, subconjuntos e materiais consumíveis que fazem parte do produto no momento em que este é descartado (PARLAMENTO EUROPEU, 2003b).

Ao fim de sua vida útil os equipamentos eletroeletrônicos (EEE) passam a ser considerados resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE). Idealmente, só chegam a esses pontos uma vez esgotados todas as possibilidades de reparo, atualização ou reuso. Alguns deles, notadamente os equipamentos de telecomunicações, têm um ciclo de obsolescência mais curto. Em outras palavras, devido à introdução de novas tecnologias ou à indisponibilidade de peças de reposição, eles são substituídos, e portanto, descartados mais rapidamente.

Para Aisse et. al. (1982) é considerado “resíduo eletrônico” todo material proveniente de um processo de construção que possui ou tenha em sua constituição componente e materiais eletroeletrônicos. Incluindo nesse âmbito, telefones celulares, computadores, televisores, eletrodomésticos e aparelhos eletrônicos diversos (CAMPOS e OLIVEIRA,2014).

3.2.2 Composição de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos

Os REEE são compostos por materiais diversos: plásticos, vidros, componentes eletrônicos, mais de vinte tipos de metais pesados e outros. Estes

materiais estão frequentemente dispostos em camadas e subcomponentes afixados por solda ou cola. Alguns equipamentos ainda recebem jatos de substâncias químicas específicas para finalidades diversas como proteção contra corrosão ou retardamento de chamas. A concentração de cada material pode ser microscópica ou de grande escala, sendo que a extração de cada um deles exige um procedimento diferenciado. Deste modo, sua separação para processamento e eventual reciclagem tem complexidade, custo e impacto muito maiores do que exemplos mais conhecidos de recolhimento, como é o caso das latas de alumínio, garrafas de vidro e outros.

O atual crescimento da produção e consumo de eletrônicos, gera um volume cada vez maior de resíduos que provocam sérios impactos sobre o meio ambiente devido as suas características tóxicas. Segundo Rogers e Kostigen (2009), cerca de 40% do chumbo nos lixões americanos é proveniente de resíduo eletrônico mal descartado, o que pode gerar poluição tóxica do ar e da água.

Embora a composição dos resíduos eletroeletrônicos dependa de cada equipamento que o compõe, ela pode ser dividida em seis categorias (FRANCO, 2008):

- Ferro e aço, usado em gabinetes e molduras;
- Metais não-ferrosos, principalmente cobre usado em cabos e alumínio;
- Vidros, usados nas telas e mostradores;
- Plásticos, usados em gabinetes, carcaça e revestimentos de cabos e circuito impresso;
- Dispositivos eletrônicos montados em circuito impresso;
- Outros (borracha, cerâmica, etc.).

Segundo a Tabela 1 (ARTONI, 2007 e SILVA; OLIVEIRA; MARTINS, 2007), são encontrados elementos tóxicos em diversos componentes de um computador que causam inúmeros efeitos nocivos à saúde humana. Estes elementos tóxicos estão presentes tanto em componentes internos quanto em componentes externos aos quais o ser humano tem acesso direto tais como tubos de imagem, baterias e cabos. Os efeitos tóxicos da presença destes elementos vão desde pequenos distúrbios gastrointestinais até danos neurológicos e câncer.

Tabela 1 - Elementos tóxicos presentes em diversas partes de um computador

Elemento	Onde se localiza	Efeitos tóxicos no ser humano
Alumínio		Mal de Alzheimer
Antimônio	Alguns tipos de retardantes de chama	Nefrite, problemas cardiovasculares e gastrointestinais.
Bário	Vidro (tela) de um tubo de raios catódicos	Distúrbios gastrointestinais, convulsões, hipertensão, lesões renais e cardíacas.
Berílio	Liga anti-fricção (cobre-berílico)	Edema e câncer pulmonar.
Bromo	Retardantes de chama em circuitos impressos, fios e cabos	Desordem hormonal, nervosa e reprodutiva.
Cádmio	Algumas baterias, soldas e circuitos integrados	Danos aos ossos, rins, dentes, fígado, pâncreas, testículos, e pulmões. Possível lesões renais e cardíacas. Deformações fetais e câncer.
Chumbo	Tubos de raios catódicos e soldas	Danos neurológicos, renais e sanguíneos. Acumula-se nos ossos, cabelo, unhas, cérebro, fígado e rins. Causa anemia e enxaquecas. Alterações gastrintestinais, neuromusculares e hematológicas. Pode levar à morte.
Cobre	Fios e cabos	Lesões no fígado
Cromo		Anemia, alterações hepáticas e renais. Câncer de pulmão.
Mercúrio	Soldas, termostatos e sensores	Danos neurológicos e hepáticos. Pode levar à morte
Níquel		Câncer - mutação genética
Prata		Letal
Vanádio	Tubos de raios catódicos	Distúrbios gastrointestinais, inapetência.

Fonte: ARTONI (2007) e SILVA; OLIVEIRA; MARTINS, (2007), adaptado

A exposição e/ou o contato do ser humano com estes elementos tóxicos poderá acarretar várias doenças, muitas vezes talvez até imperceptíveis em um primeiro momento, mas que com o contínuo contato e com o passar do tempo,

poderão ter seus sintomas percebidos pelo homem. Um exemplo desta possibilidade pode ser percebido em várias fotografias em que se observa a presença de pessoas sem nenhum aparato de segurança manipulando resíduos de equipamentos eletroeletrônicos em busca da retirada de ouro e cobre.

Dentre os metais encontrados nos REEE alguns são valiosos, como o ouro, paládio, platina e prata, oriundos de placas de circuito impresso presente em computadores pessoais e telefones celulares (LEE, SONG, YOO, 2007).

Dos materiais plásticos utilizados nos EEE aproximadamente 3% são polímeros contendo nitrogênio, 13% são polímeros halogenados, e 84% são polímeros C- H-O, sendo que, em computadores pessoais, a maioria dos plásticos é do tipo acrilonitrila butadieno estireno. (MENAD, BJORKMAN, ALLAIN, 1998)

3.3 Problemas advindos do uso de Equipamentos Eletroeletrônicos

A crescente industrialização e o desenvolvimento econômico vieram acompanhados do aumento do lixo e da alteração de sua composição, passando de predominantemente orgânico para uma maior quantidade de elementos de difícil degradação. No entanto, por meio de processos de reciclagem, o impacto ambiental desses resíduos pode ser minimizado (GÓMEZ-CORREA et al, 2008; PABLOS e BURNES, 2007).

Em 2009 o Brasil atinge a marca de 64 milhões de computadores em uso, ou seja, média de 1 computador para cada 3 habitantes (ABINEE,2014).

O grande problema deste lixo encontra-se nas placas e componentes onde podem ser encontrados os seguintes componentes do computador: Metais Ferrosos cerca 32%; Plástico 23%; Vidro 18% e Ouro, Platina e Prata cerca 12% (GÓMEZ-CORREA et al, 2008; PABLOS e BURNES, 2007).

Esse material descartado indevidamente pode levar muitos anos para se decompor, além de poluir o solo onde foi descartado, podendo atingir inclusive os lençóis freáticos.

O não reaproveitamento das matérias-primas que compõem os equipamentos eletrônicos também gera impactos ambientais profundos, pois as empresas mineradoras continuarão com o processo de escavação em busca de mais matéria-prima.

A geração de lixo eletrônico global cresce a uma taxa de cerca de 40 milhões de toneladas por ano. O relatório, intitulado “Reciclando - Do lixo eletrônico a recursos”, da ONU, aponta que a maioria dos eletrodomésticos e aparelhos comuns em casas e empresas contém dezenas de componentes nocivos à saúde humana e ao meio ambiente (PNUMA,2010).

Segundo estudo efetuado pela Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) em 2013, ao considerar-se os eletrônicos de grande e pequeno porte, o Brasil já estaria gerando cerca de 1 milhão de toneladas anuais de lixo. A projeção parte de 2013 (918 mil toneladas) e vai até 2020 (1,09 milhão de toneladas), considerando ainda que haveria um pico na geração desses resíduos entre 2016 e 2017 (1,2 milhão de toneladas) (Convergência Digital, 2013).

Algumas características próprias dos REEE justificam a exigência de processos específicos de gerenciamento. Alguns dos materiais encontrados neles são metais pesados como alumínio, arsênio, cádmio, bário, cobre, chumbo, mercúrio, cromo, entre outros (SILVA; de OLIVEIRA e MARTINS, 2007). Todos esses elementos são potencialmente tóxicos, e resultam em dois tipos de riscos:

- Contaminação das pessoas que manipulam os REEE. Tanto o consumidor que mantém e utilizam em casa equipamentos antigos, quanto aqueles indivíduos envolvidos com a coleta, triagem, descaracterização e reciclagem dos equipamentos estão potencialmente expostos ao risco de contaminação por metais pesados ou outros elementos. Os efeitos no organismo podem ser graves conforme mostrado na Tabela 1. Para se reduzir o risco de contaminação, toda manipulação e processamento devem ser realizados com os devidos equipamentos de proteção pessoal.
- Contaminação do meio ambiente. Os REEE não devem em nenhuma hipótese ser depositados diretamente na natureza ou junto a rejeitos orgânicos. Mesmo em aterros sanitários, o mero contato dos metais pesados com a água traz como consequência a imediata contaminação do chorume, multiplicando o impacto decorrente de qualquer eventual vazamento. Penetrando no solo, esse material pode contaminar lençóis subterrâneos ou acumular-se em seres vivos, com consequências negativas para o ambiente como um todo.

Há, portanto, a necessidade de se propor novas alternativas que contribuam para o descarte racional dos componentes eletrônicos bem como criem a oportunidade de geração de insumos, subprodutos e produtos advindos deste “lixo eletrônico”.

O cuidado com o ambiente que toma conta da sociedade nos últimos anos faz com que consumidores e empresas se preocupem com resíduos descartados no meio ambiente. (MANO, PACHECO e BONELLI, 2010).

Os consumidores passam a pressionar as empresas para que estas gerenciem todo o ciclo de vida de seus produtos, evitando o descarte de substâncias tóxicas no meio ambiente. Por este motivo, para aumentar sua competitividade, somado à conscientização ambiental dos empresários, as empresas começam a compreender que podem obter ganhos financeiros juntamente com benefícios ambientais advindos das atividades da logística reversa (MIGUEZ, 2010).

3.4 Política Nacional de Resíduos Sólidos

Segundo Vialli (2012), algumas empresas têm se preocupado com o procedimento correto de descarte da chamada sucata tecnológica com o intuito de evitar que os equipamentos velhos tenham como destino as mãos de sucateiros, que certamente jogariam fora parte do material.

Existem algumas iniciativas que propõem o descarte racional como incentivos a projetos sociais, sendo q pelo menos dez no estado de São Paulo. Muitos destes projetos recebem os equipamentos, fazem o recondicionamento das máquinas e as destinam a Telecentros e a instituições carentes (GONZAGA,2012).

Ainda de acordo com Gonzaga (2012) algumas empresas recolhem, procedem a triagem, separação, moagem dos componentes e encaminham para empresas de reciclagem.

Percebe-se claramente que a maioria dos processos não contempla a geração de insumos, subprodutos e produtos.

Em agosto de 2010 foi promulgada a Lei 12.305, instituindo a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (BRASIL, 2010b). A PNRS reúne o conjunto de princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações adotadas pelo Governo Federal, isoladamente ou em regime de cooperação com Estados, Distrito

Federal, Municípios ou particulares, com vistas à gestão integrada e ao gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos.

Dentre estes princípios e objetivos destacam-se:

- a visão sistêmica, na gestão dos resíduos sólidos, que considere as variáveis ambiental, social, cultural, econômica, tecnológica e de saúde pública;
- o desenvolvimento sustentável;
- a ecoeficiência, mediante a compatibilização entre o fornecimento, a preços competitivos, de bens e serviços qualificados que satisfaçam as necessidades humanas e tragam qualidade de vida e a redução do impacto ambiental e do consumo de recursos naturais a um nível, no mínimo, equivalente à capacidade de sustentação estimada do planeta;
- a cooperação entre as diferentes esferas do poder público, o setor empresarial e demais segmentos da sociedade;
- a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos;
- o reconhecimento do resíduo sólido reutilizável e reciclável como um bem econômico e de valor social, gerador de trabalho e renda e promotor de cidadania.

Em relação à PNRS vale ainda destacar:

“A PNRS representa um marco para a sociedade brasileira no que se refere à questão ambiental, com destaque para uma visão avançada na forma de tratar o lixo urbano. Traz uma concepção de vanguarda, ao priorizar e compartilhar, com todas as partes relacionadas ao ciclo de vida de um produto, a responsabilidade pela gestão integrada e pelo gerenciamento ambientalmente adequados dos resíduos sólidos. Dessa forma, o setor público, iniciativa privada e população ficam sujeitos à promoção do retorno dos produtos às indústrias após o consumo e obriga o poder público a realizar planos para o gerenciamento do lixo. A lei também consagra o viés social da reciclagem, com o estímulo à participação formal dos catadores, organizados em cooperativas.” (ABDI, 2013).

3.5 Logística Reversa

3.5.1 Definição

Para que se obtenha um processo de descarte racional de equipamentos eletrônicos, cuja proposição de um Manual de Referência Técnica é objeto deste estudo, faz-se necessária a utilização de Logística Reversa (LEITE, 2003)

“Logística reversa é um amplo termo relacionado às habilidades e atividades envolvidas no gerenciamento de redução, movimentação e disposição de resíduo de produtos e embalagens...” (LEITE, 2003).

Já Rogers e Tibben-Lembke (1998) definem como:

“O Processo de planejamento, implementação e controle da eficiência e custo efetivo do fluxo de matérias-primas, estoques em processo, produtos acabados e as informações correspondentes do ponto de consumo para o ponto de origem com o propósito de recapturar o valor ou destinar à apropriada disposição” (Rogers e Tibben-Lembke, 1998:2, Apud: LEITE, 2003).

Novaes (2004) ainda propõe a definição como sendo:

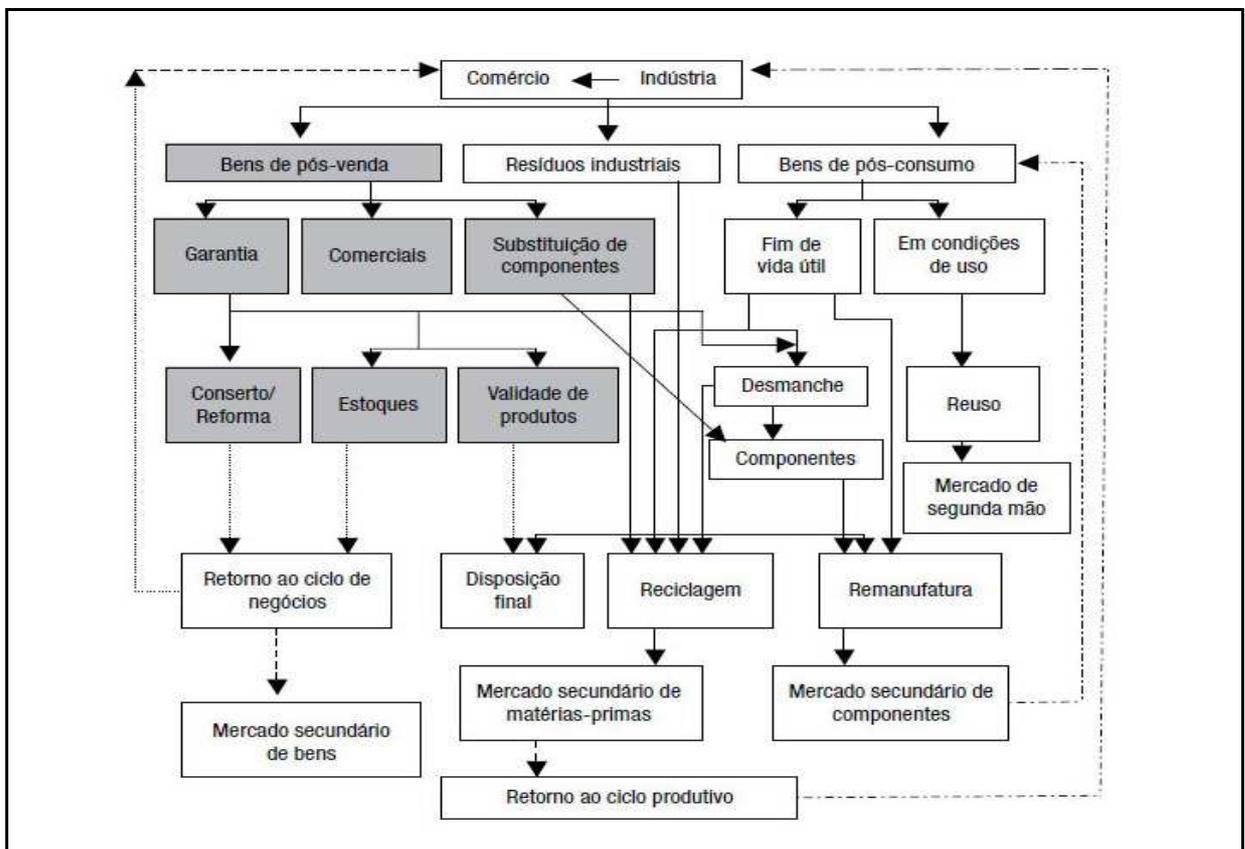
“Logística reversa cuida dos fluxos de materiais que se iniciam nos pontos de consumo dos produtos e terminam nos pontos de origem, com o objetivo de recapturar valor ou de disposição final” (NOVAES, 2004).

Conforme definição apresentada na própria legislação, a logística reversa é um instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um 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 ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada. É através desse sistema, por exemplo, que materiais recicláveis de um produto eletrônico em fim de vida útil descartado pelo consumidor poderão retornar ao setor produtivo na forma de matéria-prima. (ABDI, 2012).

É importante reconhecer que a logística reversa só começa quando um consumidor de fato descarta o seu equipamento eletroeletrônico, esteja esse em condições de uso ou não, tenha o equipamento passado pela fase de reuso ou não.

De forma a viabilizar a logística reversa exigida pela PNRS, todas as partes relacionadas ao processo deverão contribuir para o encaminhamento dos produtos em fim de vida útil para a reciclagem ou destinação final ambientalmente adequada, conforme Leite (2003) apresentado na Figura 3.

Figura 3 - Logística Reversa



Fonte: LEITE (2003)

A PNRS obriga os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de agrotóxicos, seus resíduos e embalagens, assim como outros produtos cuja embalagem, após o uso, constitua resíduo perigoso; pilhas e baterias; pneus; óleos lubrificantes, seus resíduos e embalagens; lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista; e produtos eletroeletrônicos e seus componentes, a:

- Investir no desenvolvimento, fabricação e colocação no Mercado de produtos aptos à reutilização, reciclagem ou outra forma de destinação ambientalmente adequada e cuja fabricação e uso gerem a menor quantidade de resíduos sólidos possível;
- Divulgar informações relativas às formas de evitar, reciclar e eliminar os resíduos sólidos associados a seus respectivos produtos;
- Assumir o compromisso de, quando firmados acordos ou termos de compromisso com o Município, participar das ações previstas no plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos, no caso de produtos ainda não inclusos no sistema de logística reversa (ABDI, 2013).

Mesmo com a cultura do reuso, existem casos em que o material não tem mais serventia, e deve portanto ser descartado. Estudos com consumidores apontam que grande parte deles está preocupada com o descarte correto dos eletroeletrônicos, mas que poucos sabem o que fazer com esse material, seja por falta de informação ou pela ausência de locais apropriados para o descarte (do NASCIMENTO; et al, 2010).

Reciclagem é o processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos.

Em geral, cumprem uma série de etapas (SILVA; OLIVEIRA; MARTINS, 2007; FRANCO, 2008) como:

- Eliminação dos dados, no caso de equipamentos de informática e telecomunicações;
- Pesagem;
- Desmontagem;
- Separação por tipo de materiais - ferrosos, não ferrosos e plásticos;
- Compactação dos materiais de características similares;
- Processamento mecânico e/ou químico para recuperação de materiais de valor (Trituração e moagem; Desintoxicação; Filtragem; Liquidificação; Separação por densidade; Separação por eletrólise; Decantação; Refinamento)
- Tratamento e disposição de resíduos perigosos

3.6. Problemas oriundos da utilização de equipamentos eletroeletrônicos

A sociedade moderna enfrenta alguns problemas oriundos da utilização de equipamentos eletroeletrônicos pelo homem moderno, dentre os quais pode-se destacar:

- Acúmulo de equipamentos eletrônicos sem uso em residências, empresas e indústrias;
- Ausência de consciência ambiental;
- Poluição do meio ambiente pelo descarte descompromissado de equipamentos eletroeletrônicos;
- Desconhecimento de legislação inerente à área;
- Ausência de programas e projetos que permitam a reutilização correta e total de componentes eletrônicos;
- Ausência de incentivos institucionais e governamentais que promovam o descarte racional de equipamentos eletroeletrônicos;
- Necessidade da disseminação da cultura de sustentabilidade.

Segundo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA, 2014) cerca de 40 milhões de toneladas de lixo eletrônico são gerados por ano no mundo atualmente:

- Entre os países emergentes, o Brasil é o país que mais gera lixo eletrônico.
- A cada ano o Brasil descarta: cerca de 97 mil toneladas métricas de computadores; 2,2 mil toneladas de celulares; 17,2 mil toneladas de impressoras.
- União Europeia gera anualmente de 8,3 a 9,1 milhões de toneladas.

De acordo com GERBASE e OLIVEIRA (2012) os EUA são o país com maior produção de sucata eletrônica do mundo, acumulando anualmente o montante de 3 milhões de toneladas. Em 2007, 410 mil toneladas foram recicladas (13,6%) e o restante foi inadequadamente descartado, indo para aterros ou incineradoras.

A China é o segundo maior produtor de sucata eletroeletrônica do mundo, a geração de resíduos é de aproximadamente 2,3 milhões de toneladas por ano. O acúmulo de lixo na China é ainda maior se forem considerados os alarmantes

números de importação de sucata eletrônica. O país recebe 70% de toda a sucata exportada no mundo, o restante é exportado para países como Índia, Nigéria, Paquistão, Malásia, Vietnã (GERBASE e OLIVEIRA, 2012).

Considerando apenas a sucata oriunda de computadores, os EUA estão em primeiro lugar com uma produção de 474 mil toneladas e a China em torno de 300 mil toneladas. Segue o Brasil que, em 2005, gerou 97 mil toneladas. Na América Latina, o Brasil ocupa a primeira posição como produtor de lixo de informática. Em segundo lugar está o México, com uma produção de 48,0 mil toneladas (GERBASE e OLIVEIRA, 2012).

4. DESENVOLVIMENTO METODOLÓGICO

O desenvolvimento deste projeto teve como objetos principais os equipamentos eletrônicos descartados pelo então Departamento de Sistemas e Métodos (DSIM), atual Diretoria de Tecnologia da Informação (DTI) da Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM) como referências para uma pesquisa exploratória, análise de documentos e de bancos de dados e pesquisa bibliográfica.

O início se deu com a observação de como era efetuado o descarte de equipamentos eletrônicos e seus componentes principalmente na área de Tecnologia da Informação na UFTM: os equipamentos eletrônicos obsoletos e/ou com recuperação antieconômica pertencentes ao patrimônio da UFTM eram encaminhados para o Setor de Patrimônio para que fosse efetuada a baixa do mesmo e posterior alienação conforme previsto em legislação. Os componentes de equipamentos eletrônicos que apresentavam defeitos e eram substituídos assim como equipamentos sem número de patrimônio, obsoletos ou com recuperação antieconômica eram descartados diretamente no lixo comum.

Este cenário despertou a atenção deste pesquisador em desenvolver ações que pudessem corrigir tal situação. Era necessário tomar atitudes que não permitissem a contaminação do meio ambiente e de seres humanos com a contínua prática de descarte sem critérios. A ideia inicial partiu do lema “*Era necessário limpar aquilo que a TI contribuiu para poluir*”. Primeiramente foi tomada a decisão pelo então diretor do DSIM de não se descartar mais nenhum equipamento e/ou componente como ocorria até então. Desta forma a primeira etapa teve como objetivo a interrupção do fluxo de descarte sem critérios.

Esta situação demandou a necessidade de se conseguir um espaço físico que pudesse ser utilizado para armazenamento de todo o material. Inicialmente foi destinada uma sala dentro do DSIM na qual foram colocadas algumas caixas de papelão com o intuito de se armazenar equipamentos e componentes separados por tipo. Surgiu então a ideia de se fazer pelo menos um armazenamento com triagem superficial e com pesagem mensal de cada tipo de componente.

Durante o período de março de 2012 a outubro de 2013 mensalmente os equipamentos e componentes oriundos de todos os setores da UFTM foram separados manualmente, pesados e armazenados em caixas de papelão.

Os componentes inicialmente separados e pesados eram cabos de rede, caixas de som, teclados, canaletas utilizadas em cabeamento de rede, drives, gravadores de cd/dvd, placas-mãe, placas de rede, placas de vídeo, cabos de energia, fontes de alimentação, discos rígidos, mouses, plásticos e metais. Após passarem por um processo de desmonte e limpeza eram pesados e devidamente armazenados.

Em função do grande volume de equipamentos e componentes descartados o local destinado ao armazenamento foi se tornando insuficiente, sendo necessário a busca de área maior e mais apropriada.

Um galpão no Centro Científico e Cultural de Peirópolis da UFTM (CCCP UFTM) foi cedido para que todo o material pudesse ser armazenado.

Foi efetuado o transporte dos equipamentos e componentes para o novo local onde os mesmos foram armazenados, sendo que este processo ocorreu até o mês de Novembro de 2013.

Paralelamente a estas ações iniciou-se o desenvolvimento da ideia de um projeto que abrangesse não somente o descarte racional dos equipamentos e componentes eletrônicos mas que oferecesse a proposição de reutilização dos mesmos após a aplicação de processos que poderiam resultar em novos componentes “limpos”, subprodutos e produtos e que os mesmos pudessem ser utilizados pela sociedade em geral. Surgia então a proposta inicial do Projeto de Descarte Racional de Componentes Eletrônicos com Geração de Insumos, Subprodutos e Produtos.

5. RESULTADOS

Durante todo o processo apresentado no Desenvolvimento Metodológico um conjunto de informações pôde ser gerado conforme a Tabela 2 que mostra o resultado do volume mensal descartado de cada um dos componentes acima citados durante os meses de Março de 2012 e Outubro de 2013.

Tabela 2 – Descarte mensal de equipamentos e componentes eletrônicos na UFTM

UFTM - UNIVERSIDADE FEDERAL DO TRIÂNGULO MINEIRO
DTI - DIRETORIA DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO

DESCARTE MENSAL DE EQUIPAMENTOS E COMPONENTES ELETRÔNICOS - EM KG
MARÇO DE 2012 A OUTUBRO 2013

DESCRIÇÃO	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT
CABOS DE REDE	14	29	11	5	7	6	4	2	5	2	3	13	7	9	15	13	7	6	5	8
CAIXAS DE SOM	3	5,9	5	2,2	1,1	1,4	1,2	0,5	0,5	0,8	0,6	0,9	0,8	0,9	0,9	0,8	0,6	0,5	0,2	0,2
TECLADOS	2,1	3,2	1,2	2,4	2,1	1,7	1	1,4	3,2	3,6	2,9	1,9	3,3	2,2	3,9	2,9	3,2	1,9	3	2,2
CANALETAS	6	7	9	1	3	4,4	3,3	2,1	4,1	3,9	7,2	8,3	4,4	5,2	9,6	11	5,1	4,3	6,6	3,8
DRIVES	2	10	1,5	3,2	2	1,2	3,2	0,8	0,8	0	0	0	2,2	1,6	1	0,8	0,7	1,6	0	0
GRAV CD/DVD	2,6	13	1,6	1	0,9	1,3	2,2	3,2	1,9	2,6	2,4	3,5	1,8	2,7	2,5	3,1	0	1,8	0	2,2
PLACAS-MÃE	1,9	1,3	1,9	2,2	2,5	3,1	1,9	2,2	3,4	4,5	2,9	6,7	4,2	3,3	3,1	2,1	3	0,8	2,1	0,7
PLACAS DE REDE	1,7	3,2	2,7	2,2	2,5	3,3	1,8	1,1	2,7	2,3	1,8	3,2	2,6	2,4	3,9	1,6	2	1,3	1,1	2,1
PLACAS DE VÍDEO	0,8	1,9	0,8	1,6	0,8	1,9	1	1,3	2,1	0,6	0,9	1,7	0,7	0	0	2,2	0	0,8	1,4	0,7
CABOS DE ENERGIA	3,5	2,5	3	3	1,5	1,4	1,8	1,7	4	3,2	2,1	3,1	0,5	2,8	3,1	5,3	2	0	0	1,1
FONTES DE ENERGIA	9,4	6,8	5,3	7,2	6	3,2	4,4	3,9	4,5	5,2	6	9,1	11,2	3,8	14,4	12,6	6,7	3	2,2	3,7
DISCOS RÍGIDOS (HD's)	6,7	4	2,4	1,9	5,5	3,9	3,1	2,5	4,3	3	2,8	3,9	2,3	1,9	2,3	4	2,4	3,2	2	1,8
MOUSES	5,9	4,8	2,9	3	6,4	1,2	1	1,9	4,4	6,7	6,9	4,5	4,1	3,2	3,2	2,9	1,9	1,4	1,1	0,7
OUTROS - PLÁSTICOS	17,5	9,2	6,6	9,7	13,1	14,1	8	10,1	12,6	11	8,5	9,4	16,5	7,5	9,6	14	8	12,9	15	13,8
OUTROS - METAIS	19,6	6,3	11,2	1,4	12,1	5,5	4,5	7	9	8,8	17,3	6,4	13,2	18,9	18,3	22	4	6,3	5,5	4,3
TOTAL MENSAL	96,7	108	66,1	47	66,5	53,6	42	41,7	62,5	59	65,3	76	74,8	65,4	90,8	98,3	47	45,8	45	45,3

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2013

Dentre as análises efetuadas a partir do exposto na Tabela 2 destacam-se:

- Somente em 12 oportunidades (4%) não ocorreu o descarte de algum componente;
- Levando-se em consideração que a média mensal dos descartes atingiu 64,78 Kg e que no período pesquisado a comunidade da UFTM era formada por aproximadamente 2.200 pessoas, chega-se à média mensal de descarte per capita de 0,029 Kg. Ou seja a média anual per capita é 0,348 Kg bem abaixo da média anual do Brasil que é de 2 Kg;

- A maior concentração de descarte de cabos de rede reflete os meses em que foram realizadas alterações da rede de dados da UFTM a saber Março, Abril e Junho de 2012, Fevereiro de 2013 e Maio de Junho de 2013;
- O descarte de canaletas acompanha os picos de descarte dos cabos de rede, demonstrando que existe relação direta entre os dois componentes, uma vez que as mudanças de *layout* da rede de dados incluíram cabos de rede e canaletas;
- O volume de plástico descartado manteve-se sempre alto nos meses analisados;
- Caixas de som sofreram sensível diminuição de descarte após o 3º mês de análise, devido à chegada de novos equipamentos com caixas de som embutidas nos monitores;
- O volume de fontes de energia descartado é considerável e se mantém presente em todos os meses analisados tendo três picos nos meses de Março, Maio e Junho de 2013, quando ocorreram problemas de ordem elétrica na Instituição;
- O volume de descarte de mouses segue uma curva descendente em função da utilização de *notebooks* por muitos usuários da UFTM.

Como consequência da obtenção de um espaço no CCCP/UFTM em Peirópolis houve a necessidade de se efetuar o transporte de todo o material até então armazenado no DSIM.

No referido local o material foi armazenado da maneira como se encontrava, ou seja, em caixas de papelão, ainda sem que houvesse sido efetuado qualquer processo de separação ou triagem.

A Figura 4 mostra imagens do transporte e do armazenamento dos equipamentos e componentes em Peirópolis.

Figura 4 – Transporte e Armazenamento em Peirópolis



Fonte: Do Autor, 2013

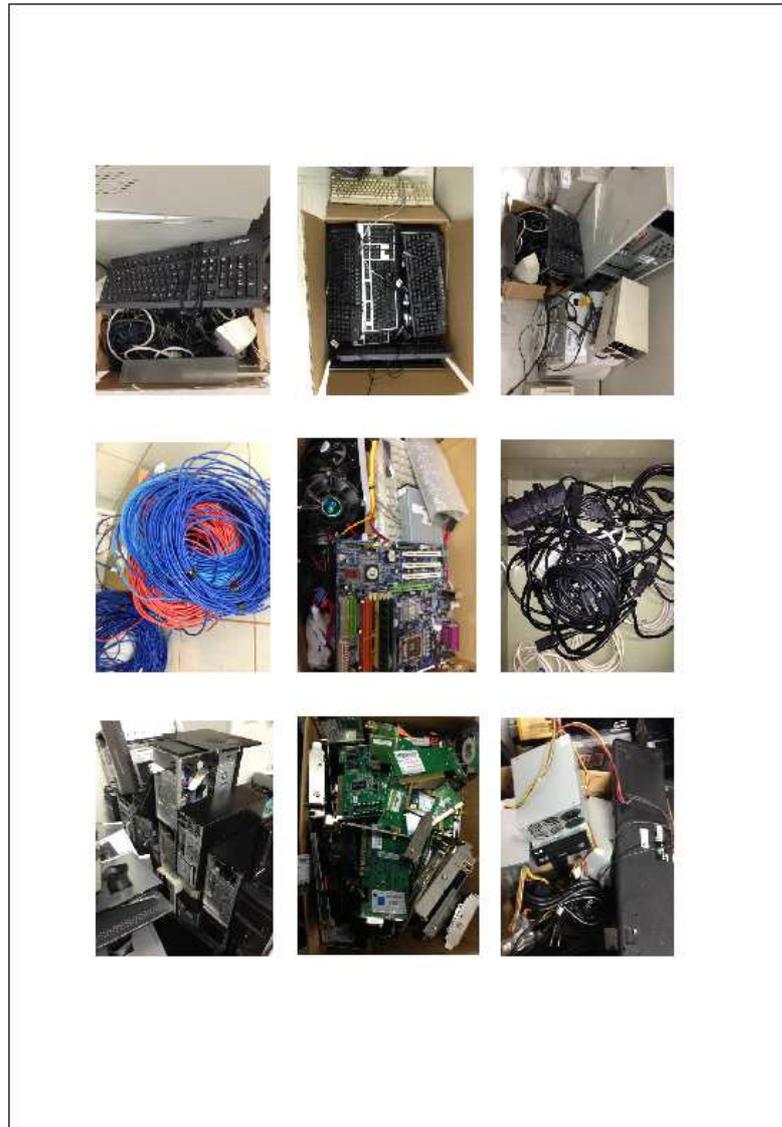
- a) Transporte
- b) Armazenamento inicial
- c) Peças
- d) Cabos
- e) Equipamentos e peças

Após esta etapa iniciou-se a primeira triagem dos equipamentos e componentes por um grupo de voluntários. Todo o processo inicial foi efetuado de maneira manual, com utilização de ferramentas simples tais como chaves de fenda, chaves Philips e alicates de bico fino.

Novamente foram utilizadas caixas de papelão para armazenamento dos componentes que passaram por separação por tipo.

A Figura 5 mostra imagens de como os equipamentos e componentes se encontravam armazenados inicialmente.

Figura 5 – Armazenamento inicial dos equipamentos e componentes



Fonte: Do Autor, 2013

A separação foi efetuada levando-se em consideração o tipo dos equipamentos e componentes. Primeiramente os equipamentos passaram por um processo de limpeza superficial e na sequência foram desmontados. Foram então removidos cabos, placas, periféricos (teclados, mouses, gravadores de cd e dvd), memórias, discos rígidos, fontes de alimentação, processadores, gabinetes, etc.

Após esta etapa os componentes foram armazenados em caixas de papelão e em um armário de aço recebido como doação para o projeto.

A Figura 6 mostra imagens de os equipamentos e componentes armazenados após a primeira etapa de triagem e separação (macro).

Figura 6 – Armazenamento após a primeira separação



Fonte: Do Autor, 2013

Diante do cenário exposto e em função do grande volume de material estocado, foi percebida a necessidade de se criar uma ferramenta norteadora que pudesse servir como guia de ações a serem seguidas e colocadas em prática. Havia a necessidade de se organizar os procedimentos, criar regras a serem seguidas para evitar que, com a falta de norteamto de ações, todo o trabalho fosse perdido.

Foi percebido que se ações norteadoras não fossem criadas, a ideia correria o risco de se perder e todo o processo se reduzisse a uma simples transferência do material que, embora tivesse passado por etapa de separação, somente teria um novo local de armazenamento.

Junte-se a esta situação o fato de que, a cada mês mais material tivesse a necessidade de ser armazenado, em um futuro próximo haveria a demanda de mais espaço, criando assim um ciclo sem fim.

Surge então a ideia de se criar o objeto deste estudo, ou seja, um Manual de Referência Técnica que abrangesse todas as etapas do processo: da coleta ao descarte racional bem como a possibilidade de criação de insumos, subprodutos e produtos oriundos dos componentes eletrônicos anteriormente descartados.

O Manual desenvolvido permite que outros pesquisadores e sociedade em geral possam utilizá-lo de forma sistemática, racional e organizada, como ferramenta a ser adotada quando do descarte de equipamentos eletrônicos e/ou na reutilização dos seus componentes gerando novos insumos, subprodutos e produtos.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TRIÂNGULO MINEIRO - UFTM
INSTITUTO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS E EXATAS - ICTE**

**DESCARTE RACIONAL DE COMPONENTES ELETRÔNICOS COM GERAÇÃO
DE INSUMOS, SUBPRODUTOS E PRODUTOS
MANUAL DE REFERÊNCIA TÉCNICA**

UBERABA, 2015

SUMÁRIO

1. Apresentação	4
2. Descrição dos Processos.....	5
2.1 Coleta	7
2.1.1 Coleta Direta.....	7
2.1.2 Coleta Indireta	8
2.1.3 Entrega Direta.....	8
2.2 Triagem	11
2.3 Decomposição (Logística Reversa).....	13
2.4 Análise Preliminar de Componentes.....	15
2.5 Análise Secundária de Componentes	16
2.6 Análise Terciária de Componentes.....	17
2.7 Insumos	18
2.8 Subprodutos	19
2.9 Produtos	20
2.10 Estoque (Insumos, Subprodutos, Produtos	21
2.11 Descarte Final	22
3. Planilha de Apoio	24

**DESCARTE RACIONAL DE COMPONENTES ELETRÔNICOS COM GERAÇÃO
DE INSUMOS, SUBPRODUTOS E PRODUTOS
MANUAL DE REFERÊNCIA TÉCNICA**

Autor

Freud Antonio Martinelli Gomes

1. APRESENTAÇÃO

Este Manual de Referência Técnica foi desenvolvido como trabalho final do Programa de Mestrado Profissional em Inovação Tecnológica (PMPIT) da Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM) tendo como área de concentração Inovação Tecnológica e linha de pesquisa Processos Tecnológicos.

Tem como objetivo ser uma ferramenta norteadora que auxilie outros pesquisadores bem como a sociedade em geral no processo sistemático, racional e organizado do descarte de equipamentos eletrônicos e/ou na reutilização dos seus componentes gerando novos insumos, subprodutos e produtos.

Apresenta-se assim como um protocolo de ações a serem seguidas em função de realidades distintas de equipamentos eletrônicos e destinação dos mesmos. Permitirá além da criação de novos insumos, subprodutos e produtos oriundos de equipamentos eletrônicos obsoletos ou com recuperação antieconômica, fornecer importante contribuição no processo de sustentabilidade e proteção do meio ambiente. Possibilitará contribuir com a preservação do meio ambiente proporcionando ao ser humano qualidade de vida, visto que o descarte racional de componentes de equipamentos eletrônicos evita a contaminação do meio ambiente.

Importante se faz salientar que o Manual de Referência Técnica como o próprio título descreve não tem a pretensão de ser um fim em si mesmo, ou seja, não esgota as possibilidades de todos os processos, mas fornece elementos necessários que poderão servir como base para novos pesquisadores que, ao adotá-lo terão a oportunidade de gerar novos insumos, subprodutos e produtos além de desenvolverem novas possibilidades de descarte racional de componentes de equipamentos eletrônicos.

O presente Manual de Referência Técnica está dividido em processos devidamente nomeados e identificados a partir de um Macro Fluxo de Processos tendo como início a coleta dos equipamentos descartados, passando pelos processos de triagem, decomposição, análises de componentes, e como final os processos de descarte racional final ou estoque de insumos, subprodutos e produtos como exposto na Figura 7.

Desta forma as ações seguem um fluxo pré-definido promovendo a organização e padronização de todo o desenvolvimento das ações, permitindo que se estabeleça uma sequência lógica que, aliada a aplicação de fundamentos de logística, permitirão conferir eficiência e eficácia ao processo.

Este Manual de Referência é composto por 11 processos:

- Coleta
- Triagem (Separação)
- Decomposição (Logística Reversa)
- Análise Preliminar de Componentes
- Análise Secundária de Componentes
- Análise Terciária de Componentes
- Insumos
- Elaboração de Subprodutos
- Elaboração de Produtos
- Estoque (Insumos, Subprodutos, Produtos)
- Descarte Final

2.1 COLETA

Este processo é o processo inicial e engloba a coleta dos equipamentos eletrônicos obsoletos, sem uso, com recuperação antieconômica ou que por qualquer motivo o usuário faça a opção pelo descarte.

Pode ser efetuado através de três procedimentos:

- Coleta Direta
- Coleta Indireta
- Entrega Direta

2.1.1 Coleta Direta

Ocorre quando a instituição através de meios próprios realiza a coleta diretamente nos locais de doação.

Requisitos mínimos necessários:

- Veículos adequados
- Pessoal capacitado
- Sistema de Gerenciamento de Coleta
 - Dia
 - Local
 - Responsável
 - Doador
 - Rota
 - Equipamento
 - Quantidade

2.1.2 Coleta Indireta

Ocorre quando a instituição cria pontos ou postos fixos de coleta internos e/ou externos de doação.

Requisitos mínimos necessários:

- Recipientes destinados para este fim
- Locais destinados para este fim
- Veículos adequados
- Pessoal capacitado
- Sistema de Gerenciamento de Coleta
 - Dia
 - Local
 - Responsável
 - Rota
 - Equipamento
 - Quantidade

2.1.3 Entrega Direta

Ocorre quando a instituição cria pontos ou postos fixos de coleta internos para recepção de doação.

Requisitos mínimos necessários:

- Recipientes destinados para este fim
- Locais destinados para este fim
- Veículos adequados
- Pessoal capacitado

- Sistema de Gerenciamento de Recepção
 - Dia
 - Local
 - Responsável
 - Rota
 - Equipamento
 - Quantidade

Para auxiliar a implementação do Processo de Coleta foi criado um formulário que pode ser visto na Figura 8.

No formulário estão as informações necessárias para que se faça o registro das ações do referido processo.

Estas informações servem como entrada de dados do Sistema de Gerenciamento de Coleta anteriormente referenciado e que é um dos requisitos necessários de todo o processo.

2.2 TRIAGEM

Este processo engloba a separação inicial dos componentes dos equipamentos eletrônicos.

É um processo macro pois faz a separação dos componentes por tipo dos mesmos. Não se trata da decomposição dos equipamentos e sim da separação, conforme exposto na Figura 9.

Neste processo são separados os diversos itens (peças) que compõem um equipamento eletrônico tais como teclados, mouses, cabos, monitores, gabinetes, ou seja, neste momento é efetuada uma triagem inicial dos componentes, conforme Quadro 1.

Requisitos mínimos necessários:

- Locais destinados para este fim
- Mobiliário destinado para este fim
 - Bancadas
 - Mesas
 - Estantes
 - Recipientes para armazenamento provisórios (caixas)
 - Armários
- Ferramental básico para este fim
 - Chaves de fenda
 - Chaves Philips
 - Alicates
 - Parafusadeira para remoção de parafusos
- Pessoal destinado para este fim
- Sistema de Gerenciamento de Triagem
 - Data
 - Responsável
 - Equipamentos
 - Quantidades

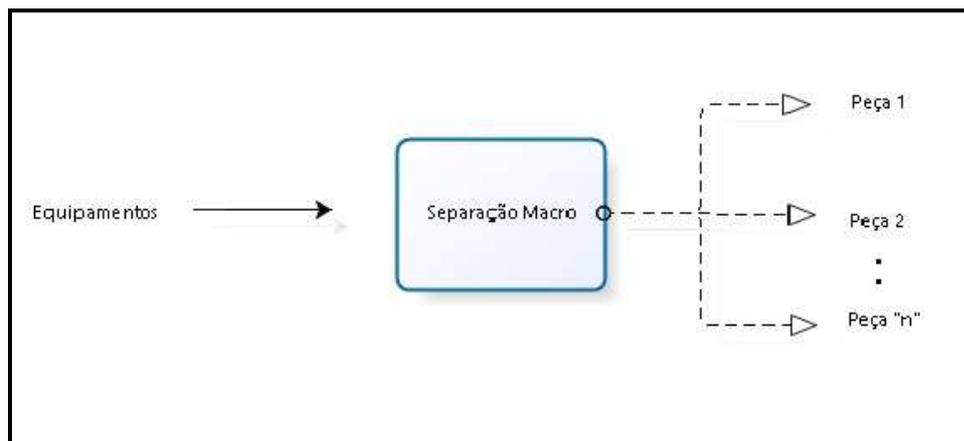
Fluxo do Processo TRIAGEM

Quadro 1 – Processo Triagem

Entrada	Ações	Saída
Equipamentos	Separação Macro	Peças

Fonte: Do Autor, 2013

Figura 9 – Fluxo do Processo Triagem



Fonte: Do Autor, 2013

2.3 DECOMPOSIÇÃO (LOGÍSTICA REVERSA)

Este processo engloba a separação inicial dos componentes (peças) dos equipamentos eletrônicos, previamente triados no processo de Triagem.

Neste processo uma série de etapas devem ser cumpridas (da SILVA; MARTINS; de OLIVEIRA, 2007; FRANCO, 2008) como:

- Eliminação dos dados, no caso de equipamentos de informática e de telecomunicações;
- Pesagem;
- Desmontagem;
- Separação por tipo de materiais - ferrosos, não ferrosos e plásticos;
- Compactação dos materiais de características similares;
- Processamento mecânico e/ou químico para recuperação de materiais de valor. (Trituração e moagem; Desintoxicação; Filtragem; Liquidificação; Separação por densidade; Separação por eletrólise; Decantação; Refinamento)

Para cada etapa deste processamento será necessária a utilização de equipamentos já existentes no mercado, bem como a criação de novos equipamentos devido à particularidade do processo. O processo é representado pela no Quadro 2 sendo o fluxo do processo representado na Figura 10.

Requisitos mínimos necessários:

- Locais destinados para este fim
- Mobiliário destinado para este fim
 - Bancadas
 - Mesas
 - Estantes
 - Recipientes para armazenamento provisórios (caixas)
 - Armários
- Ferramental básico para este fim
 - Chaves de fenda
 - Chaves Philips

- Alicates
- Parafusadeiras para remoção de parafusos
- Balanças
- Pessoal destinado para este fim
- Sistema de Gerenciamento de Decomposição
 - Data
 - Responsável
 - Equipamentos
 - Quantidades

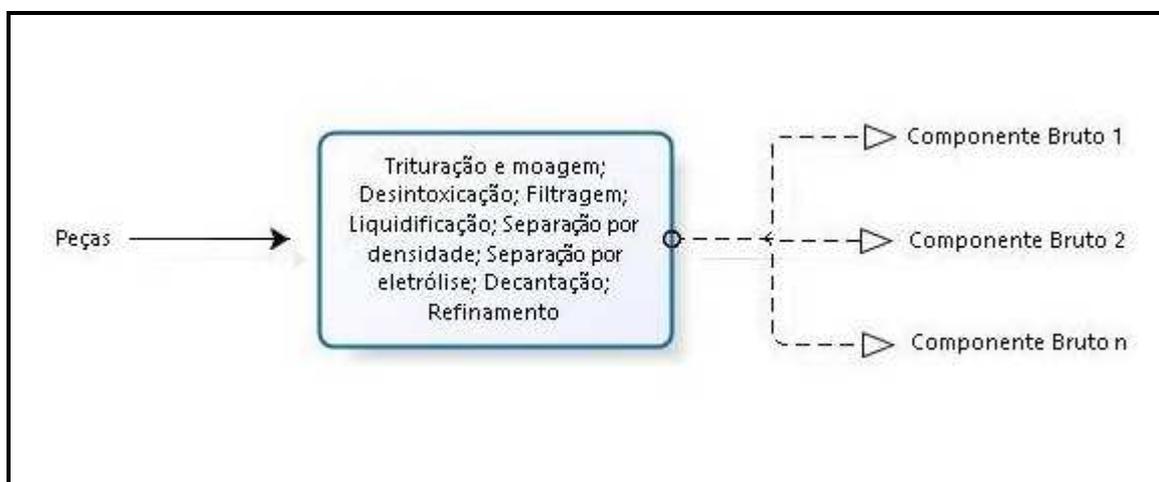
Fluxo do Processo Decomposição (Logística Reversa)

Quadro 2 – Processo Decomposição

Entrada	Ações	Saída
Peças	Trituração e moagem; Desintoxicação; Filtragem; Liquidificação; Separação por densidade; Separação por eletrólise; Decantação; Refinamento	Componentes “brutos”

Fonte: Do Autor, 2013

Figura 10 – Fluxo do Processo Decomposição



Fonte: Do Autor, 2013

2.4 ANÁLISE PRELIMINAR DE COMPONENTES

Neste processo cada componente resultante da Decomposição é analisado separadamente.

Características tais como toxicidade, potencial de contaminação do meio ambiente dentre outras são avaliadas, conforme Quadro 3.

Ao final do processo é avaliada a possibilidade de reaproveitamento direto, ou seja, sem a necessidade de nenhum outro processo ou ação, conforme exposto na Figura 11.

Em caso positivo o componente é considerado um INSUMO e deve ser armazenado em local apropriado. Em caso negativo o componente passará por uma outra avaliação denominada Avaliação Secundária.

Fluxo do Processo Análise Preliminar de Componentes

Quadro 3 – Processo Análise Preliminar

Entrada	Ações	Saída
Componentes “brutos”	Análise de toxicidade; potencial de contaminação humana e de meio ambiente; possibilidade de aproveitamento direto	Componentes “brutos”

Fonte: Do Autor, 2013

Figura 11 – Fluxo do Processo Análise Preliminar



Fonte: Do Autor, 2013

2.5 ANÁLISE SECUNDÁRIA DE COMPONENTES

Neste processo cada componente resultante da Análise Preliminar é analisado separadamente.

Características tais como toxicidade, potencial de contaminação do meio ambiente dentre outras são avaliadas. Nesta etapa são aplicadas técnicas desenvolvidas por pesquisadores no sentido de “purificar” cada componente, ou seja, tornar os mesmos componentes “limpos” que poderão ser descartados diretamente ou ser reaproveitados, conforme Quadro 4.

Ao final do processo é avaliada a possibilidade de descarte direto, ou seja, sem a necessidade de nenhum outro processo ou ação, sem que o meio ambiente seja e o ser humano sejam contaminados, conforme exposto na Figura 12.

Em caso positivo o componente é considerado um DESCARTE e deve ser descartado em local apropriado.

Em caso negativo o componente passará por uma outra avaliação denominada Avaliação Terciária.

Fluxo do Processo Análise Secundária de Componentes

Quadro 4 – Processo Análise Secundária

Entrada	Ações	Saída
Componentes “brutos”	Purificação	Componentes “limpos”

Fonte: Do Autor, 2013

Figura 12 – Fluxo do Processo Análise Secundária



Fonte: Do Autor, 2013

2.6 ANÁLISE TERCIÁRIA DE COMPONENTES

Neste processo cada componente “limpo” resultante da Análise Secundária é analisado separadamente, conforme Quadro 5.

Ao final do processo é avaliada a possibilidade de reaproveitamento conforme exposto na Figura 13.

Em caso positivo o componente “limpo” é considerado um INSUMO e deve ser armazenado em local apropriado, assim como ocorre na Análise Preliminar.

Em caso negativo o componente “limpo” é considerado um DESCARTE e deve ser descartado em local apropriado, segundo legislação vigente.

Fluxo do Processo

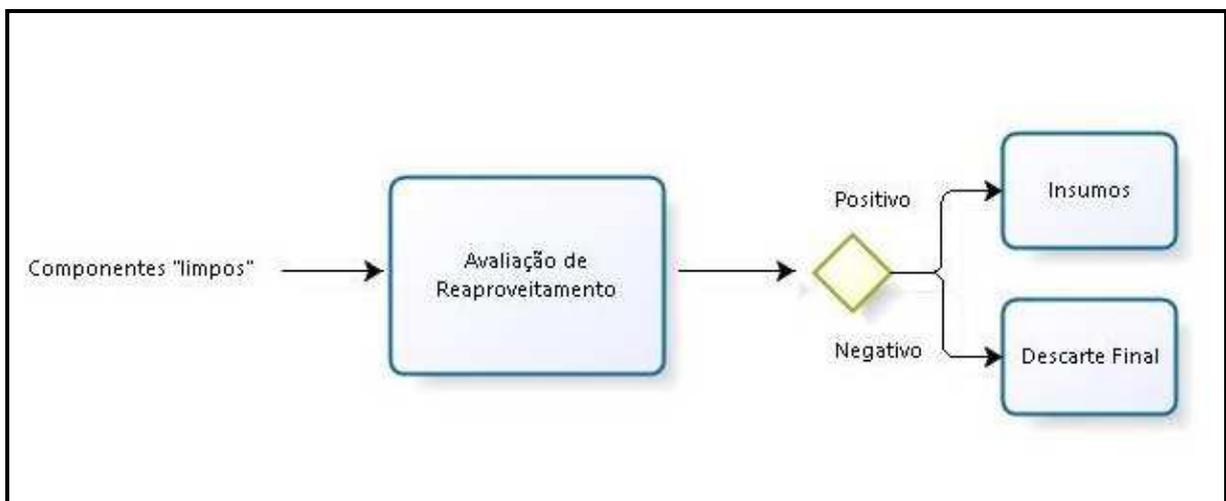
Análise Terciária de Componentes

Quadro 5 – Processo Análise Terciária

Entrada	Ações	Saída
Componentes “limpos”	Análise de Reaproveitamento	Insumos Descarte Final

Fonte: Do Autor, 2013

Figura 13 – Fluxo do Processo Análise Terciária



Fonte: Do Autor, 2013

2.7 INSUMOS

São considerados Insumos os componentes resultantes da Análise Preliminar com possibilidade de Reaproveitamento Direto, bem como os componentes resultantes da Análise Terciária com possibilidade de Reaproveitamento (Quadro 6).

Trata-se de componentes que servirão como matéria-prima para a criação de Subprodutos e Produtos, conforme exposto na Figura 14 e que deverão ser armazenados em local apropriado.

Requisitos mínimos necessários:

- Locais destinados para este fim
- Mobiliário destinado para este fim
 - Bancadas
 - Mesas
 - Estantes
 - Recipientes para armazenamento (caixas)
 - Armários

Fluxo do Processo

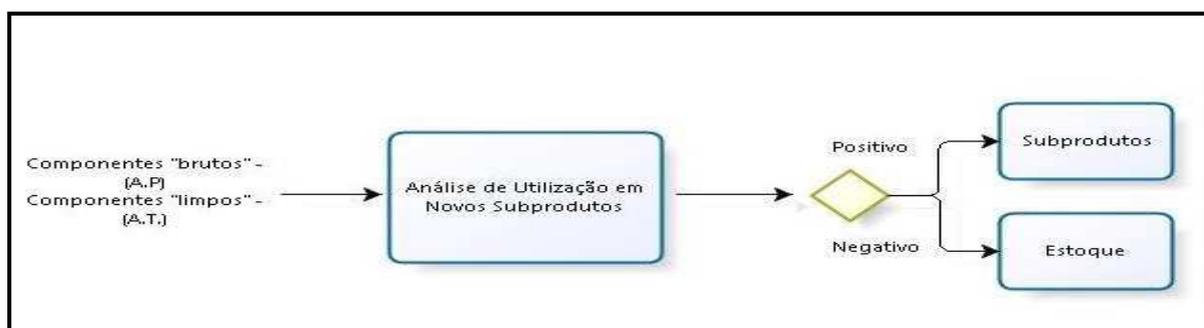
Insumos

Quadro 6 – Processo Insumos

Entrada	Ações	Saída
Componentes “brutos” - (Análise Preliminar) Componentes “limpos” – (Análise Terciária)	Análise de Utilização em Novos Subprodutos	Subprodutos Estoque de Insumos, Subprodutos e Produtos

Fonte: Do Autor, 2013

Figura 14 – Fluxo do Processo Insumos



Fonte: Do Autor, 2013

2.8 SUBPRODUTOS

São considerados Subprodutos os resultados de composições de vários Insumos após aplicação de técnicas e procedimentos definidos por pesquisadores.

Poderá ser necessária a criação e/ou construção de equipamentos novos ou a utilização de equipamentos existentes para atingir o objetivo de criação de um Subproduto. Trata-se de componentes que servirão como matéria-prima para a criação de Produtos que deverão ser armazenados em local apropriado conforme descrito no Quadro 7 e com fluxo exposto na Figura 15.

Requisitos mínimos necessários:

- Locais destinados para este fim
- Mobiliário destinado para este fim
 - Estantes
 - Recipientes para armazenamento (caixas)
 - Armários

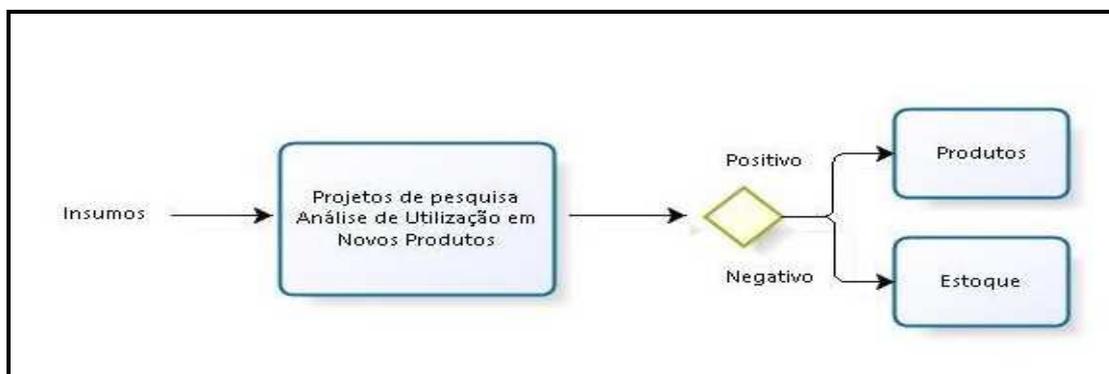
Fluxo do Processo Subprodutos

Quadro 7 – Processo Subprodutos

Entrada	Ações	Saída
Insumos	Projetos de pesquisa Análise de Utilização em Novos Produtos	Produtos Estoque de Insumos, Subprodutos e Produtos

Fonte: Do Autor, 2013

Figura 15 – Fluxo do Processo Subprodutos



Fonte: Do Autor, 2013

2.9 PRODUTOS

São considerados Produtos os resultados de composições de vários Insumos e Subprodutos após aplicação de técnicas e procedimentos a serem definidos por terceiros (Quadro 8).

Poderá ser necessária a criação e/ou construção de equipamentos novos ou a utilização de equipamentos existentes para atingir o objetivo de criação de um Produto conforme exposto na Figura 16. Deverão ser armazenados em local apropriado.

Requisitos mínimos necessários:

- Locais destinados para este fim
- Mobiliário destinado para este fim
 - Estantes
 - Recipientes para armazenamento (caixas)
 - Armários

Fluxo do Processo Produtos

Quadro 8 – Processo Produtos

Entrada	Ações	Saída
Insumos Subprodutos	Projetos de pesquisa Análise de Utilização em Novos Produtos	Produtos Estoque de Insumos, Subprodutos e Produtos

Fonte: Do Autor, 2013

Figura 16 – Fluxo do Processo Produtos



Fonte: Do Autor, 2013

2.10 ESTOQUE DE INSUMOS, SUBPRODUTOS E PRODUTOS

Neste processo estão englobados todos os procedimentos e necessidades de armazenamento dos Insumos, Subprodutos e Produtos gerados nos diversos processos anteriores, conforme exposto no Quadro 9 e com fluxo exibido na Figura 17.

Deverão ser armazenados em local apropriado.

Requisitos mínimos necessários:

- Locais destinados para este fim
- Mobiliário destinado para este fim
 - Estantes
 - Recipientes para armazenamento (caixas)
 - Armários

Fluxo do Processo

Estoque de Insumos, Subprodutos e Produtos

Quadro 9 – Processo Estoque de Insumos, Subprodutos e Produtos

Entrada	Ações	Saída
Insumos Subprodutos Produtos	Análise de local e mobiliário adequado	Insumos, Subprodutos e Produtos devidamente armazenados

Fonte: Do Autor, 2013

Figura 17 – Fluxo do Processo Estoque de Insumos, Subprodutos e Produtos



Fonte: Do Autor, 2013

2.11 DESCARTE FINAL

Neste processo estão englobados todos os procedimentos necessários para o descarte final dos componentes derivados dos equipamentos eletrônicos que não puderam ser reutilizados oriundos dos processos Análise Secundária e Análise Terciária conforme descrito no Quadro 10.

Deverão ser descartados em local apropriado após análise das características de cada tipo de componente,

A figura 18 mostra todo o fluxo do Processo.

Requisitos mínimos necessários:

- Locais destinados para este fim conforme a característica de cada componente
- Recipiente destinado para este fim conforme a característica de cada componente
- Respeito à legislação vigente

Fluxo do Processo Descarte Final

Quadro 10 – Processo Descarte Final

Entrada	Ações	Saída
Componentes não aprovados nas Análises Secundária e Terciária	<p>Análise das características de cada componente</p> <p>Análise do local que receberá o descarte</p> <p>Análise do tipo de recipiente para cada tipo de componente</p>	Descarte correto de componentes respeitando a legislação vigente

Fonte: Do Autor, 2013

Figura 18 – Fluxo do Processo Descarte Final



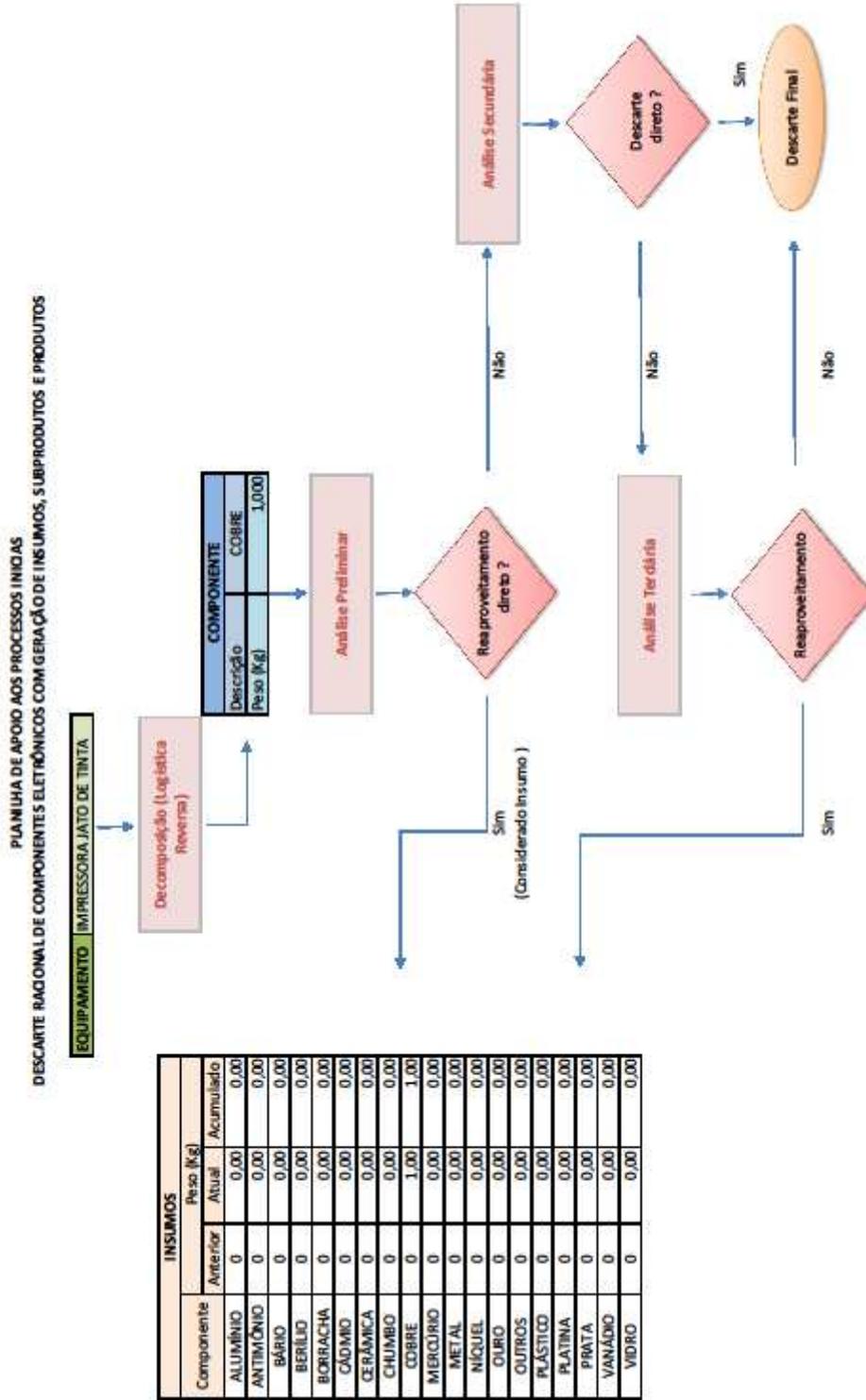
Fonte: Do Autor, 2013

3. PLANILHA DE APOIO

Foi desenvolvida uma planilha eletrônica com o objetivo de auxiliar o registro das ações desenvolvidas nos processos iniciais do referido Manual, apresentada pela Figura 19.

A Planilha de Apoio é parametrizável permitindo que se cadastre os diversos tipos de equipamentos e também seus diversos componentes. Com a utilização da mesma, cada componente tem seu peso apurado, informando ao final do processo os quantitativos de componentes gerados (em kg). Serve como instrumento de análise e referência para o restante dos processos, bem como de dados para futuras pesquisas.

Figura 19 – Visão Geral da Planilha de Apoio aos Processos Iniciais



6. CONCLUSÕES

Antes da elaboração do Manual de Referência Técnica pôde-se observar que não haviam processos definidos no tocante ao Descarte de Equipamentos Eletrônicos no âmbito da UFTM. Os procedimentos adotados até então estavam diretamente relacionados com a falta de preocupação com o destino dos equipamentos e/ou componentes de equipamentos eletrônicos obsoletos e ou que eram descartados.

Mesmo com o início do projeto deste pesquisador em área destinada no Centro Cultural e Científico de Peirópolis as ações esbarravam na ausência de procedimentos pré-definidos e padronizados, o que retardou sobremaneira a evolução dos trabalhos.

Com a criação do *Manual de Referência Técnica* surge uma ferramenta norteadora de ações que garante o descarte racional de componentes de equipamentos eletroeletrônicos não reutilizáveis bem como a criação de insumos, subprodutos e produtos derivados dos mesmos, na Universidade Federal do Triângulo Mineiro.

Durante todo o projeto a análise do lixo eletrônico gerado pela UFTM, especificamente aquele gerado por equipamentos de informática, permitiu que se mapeasse o volume e o tipo de descarte mais comum e qual sua periodicidade. Desta forma, com as informações que foram geradas, houve a possibilidade de se compreender o fluxo do descarte e suas causas.

A criação do *Manual de Referência Técnica* auxiliou na determinação do fluxo correto de trabalho no tocante a procedimentos de análise e descarte, uma vez que tais procedimentos eram inexistentes anteriormente. Proporcionou também a proposta de etapas de cada processo de descarte e/ou reaproveitamento de componentes bem como de geração de insumos, subprodutos e produtos.

Conseqüentemente novos desafios surgiram uma vez que há a necessidade de que outros pesquisadores, lançando mão das propostas de ações contidas no referido Manual, possam desenvolver ações e procedimentos científicos que venham a compor a gama de iniciativas a serem tomadas em cada um dos processos ali elencados.

O Manual de Referência Técnica surge então como elemento balizador de novas pesquisas que definam novos métodos de trabalho e soluções para as inúmeras etapas dos processos.

Mesmo existindo outros projetos que tratam da questão abordada por este estudo em nenhum deles foi encontrado o fluxo trazido pelo Manual de Referência Técnica. Alguns projetos existentes tratam da coleta, separação de componentes e encaminhamento para órgãos que tratam de reciclagem e/ou destinação final. Outros propõem soluções específicas para tipos específicos de componentes. Outros ainda propõem a transformação de determinados componentes em produtos. Porém nenhum deles propõe a abrangência total do fluxo conforme proposto no Manual de Referência Técnica.

Como exemplo de atuação seguindo o proposto no Manual de Referência Técnica este pesquisador propõe a criação de alguns produtos a serem utilizados pelos pacientes do Hospital de Clínicas da UFTM, elaborados a partir de insumos gerados pelos processos propostos no referido manual. Para que esta proposta possa se tornar realidade a Administração da UFTM bem como a Coordenação do CCCP/UFTM concederam autorização para as ações e novos pesquisadores estão sendo convidados a colaborar.

Com a efetiva utilização das práticas contidas no Manual de Referência Técnica a UFTM poderá enfim dar destinação correta aos equipamentos eletrônicos bem como a componentes dos mesmos obsoletos e/ou com recuperação antieconômica colaborando com a preservação ambiental.

Além disto, muitos setores da sociedade civil poderão ser beneficiados com os produtos resultantes dos processos permitindo que a UFTM cumpra seu papel social inclusive nas atividades extramuros.

Portanto os benefícios da utilização do Manual de Referência Técnica podem ser sentidos desde o momento de sua elaboração e serão indefinidamente expandidos com a adesão de novos pesquisadores comprometidos com a conservação e preservação do meio ambiente e com a melhoria da qualidade de vida da sociedade.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDI. **Logística Reversa de Equipamentos Eletroeletrônicos Análise de Viabilidade Técnica e Econômica**. Disponível em <http://www.mdic.gov.br/arquivos/dwnl_1362058667.pdf>. Acesso em: 15 out. 2013

ABINEE. **Vendas de Tablets crescem até 17% em agosto**. Disponível em <<http://www.abinee.org.br/noticias/com321.htm>>. Acesso em: 3 out. 2014.

AISSE, M.M.; OBLADEN, N. L.; SANTOS, A. S. **Aproveitamento dos Resíduos Sólidos Urbanos**. Curitiba: CNPq/ ITAH/ IPPUC/ LHSAMA- UCPr. [1982]. 107p.

Análise Inventta; **Diagnóstico da Geração de Resíduos Eletroeletrônicos no Estado de MG (2009)**; Final Report WEEE (2007)

ANSANELLI, S.L.M. **Os impactos internacionais das exigências ambientais da União Européia para o setor de equipamentos eletro-eletrônicos** (Resumo expandido). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2007.

ARTONI, C. **Perigos escondidos - para onde vai o e-lixo**. Galileu, n. 187, fev. 2007, seção ambiente.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Diário Oficial da União, Brasília, 03 ago. 2010b. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 3 mai. 2013.

CAMPOS, L. F. L. e OLIVEIRA, M. de, **Gestão do Resíduo Tecnológico Gerado pela Tecnologia da Informação**. Disponível em: <http://www.machadosobrinho.com.br/revista_online/publicacao/artigos/Artigo02REMS4.pdf>. Acesso em: 20 out. 2014.

Convergência Digital. **Brasil já produz 1 milhão de toneladas de lixo eletrônico por ano**. Disponível em:

<<http://convergenciadigital.uol.com.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=34032&sid=16&tpl=printerview>>. Acesso em: 20 dez. 2013.

do NASCIMENTO, D. M.; do VAL, D. D.; MOTTA, S. A. de O.; PAGOTTO, E. L. **Logística Reversa: Reciclagem de Equipamentos Eletrônicos na Cidade de São José dos Campos**. 2010.

FGV. **24ª Pesquisa Anual da FGV-EAESP-CIA 2013**. Disponível em:

<<http://eaesp.fgvsp.br/sites/eaesp.fgvsp.br/files/arquivos/gvpesqti2013ppt.pdf>>.

Acesso em: 3 out. 2014.

FRANCO, R. G. F. **Protocolo de referência para gestão de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos domésticos para o município de Belo Horizonte**. Dissertação – Universidade Federal de Minas Gerais, Programa de pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, 162p. 2008.

GERBASE, A. E.; OLIVEIRA, C. R. **Reciclagem do lixo de informática: uma oportunidade para a química**. Química Nova, v. 35, n. 7, p. 1486-1492, 2012.

Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422012000700035&script=sci_arttext> . Acesso em: 03 out. 2014.

GÓMEZ-CORREA, J. A. et al. **Condiciones sociales y de salud de los recicladores de Medellín**. *Revista de Salud Pública*, Bogotá, v. 10, n. 5, p. 706-715, 2008.

GONZAGA, Y., **Smart Lixo**. FOLHATEC., São Paulo, dez. 2012. Disponível em:

<<http://www1.folha.uol.com.br/tec/1197894-eletronicos-velhos-sao-reciclados-para-projetos-de-inclusao-social-saiba-como-ajudar.shtml>>. Acesso em: 19 dez. 2012.

LEE, J.C., SONG, T.H., YOO, M.J. **Present status of the recycling of waste electrical and electronic equipment in Korea. Resources, conservation & Recycling**, Elsevier, v.50, p.380-397. 2007

LEITE, P. R. **Logística Reversa: meio ambiente e competitividade**. São Paulo: Prentice Hall, 2003.

MANO, E. B. ; PACHECO, E. B. A. V.; BONELLI, C. M. C. **Meio ambiente, poluição e reciclagem**. 2ª Edição. São Paulo: Editora Blucher,. 2010. ISBN 9788521205128

MENAD, N., BJORKMAN, B., ALLAIN, E.G.. **Combustion of plastics contained in electric and electronic scrap. Resources Conservation and Recycling**, Elsevier, v.24, p.65-85. 1998.

MIGUEZ, E.C. **Logística Reversa como Solução para o Problema do Lixo Eletrônico: Benefícios Ambientais e Financeiros**. Rio de Janeiro: Editora Qualitymark, 2010. ISBN.: 9788573039504

NOVAES, A. G. **Logística e Gerenciamento da Cadeia de Distribuição: Estratégia, Operação e Avaliação**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

PABLOS, N. P; BURNES, E. L. **Bien recolectada pero mal tratada: el manejo municipal de la basura en ciudad Obregón Hermosillo y Nogales**. *Revista de Investigación Científica Estudios Sociales*, v. 15, n. 3, p. 167-193, 2007.

PARLAMENTO EUROPEU. RoHs. **Directiva 2002/95/CE** do Parlamento Europeu e do Conselho de 27 de janeiro de 2003: relativa à restrição do uso de determinadas substâncias perigosas em equipamentos eléctricos e electrónicos, 2003a.

PARLAMENTO EUROPEU. REEE. **Directiva 2002/96/CE** do Parlamento Europeu e do Conselho de 27 de janeiro de 2003: relativa aos resíduos de equipamentos eléctricos e electrónicos, 2003b

PNUMA. Disponível em:

<http://www.pnuma.org.br/noticias_detalhar.php?id_noticias=224>

Acesso em: 19 jan. 2014.

ROGERS, D. S., TIBBEN-LEMBKE, R. S., **Going Backwards: Reverse Logistics Trends and Practices, Center of Logistics Management**, University of Nevada, Reno, 1998.

ROGERS, E.; KOSTIGEN, T. M. **O Livro verde**. Tradução: Bernardo Araújo. 1ªed. Rio de Janeiro: Sextante, 2009.

SILVA, B.D., OLIVEIRA, F. C., MARTINS, D. L.,**Resíduos Eletroeletrônicos no Brasil**. Santo André, 2007.

VIALLI, A. ; **Seu computador velho vale dinheiro – Guia Exame Sustentabilidade**. São Paulo: Editora Abril. 2012.