UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

e-RESÍDUOS: A INFLUÊNCIA DA NORMA EUROPÉIA WEEE NA ESTRATÉGIA DA INDÚSTRIA DE CELULARES NO BRASIL E NO MUNDO E O IMPACTO AMBIENTAL DO DESCARTE INADEQUADO

por

JOSÉ PADILHA CHRISPIM NETO
TECNÓLOGO EM CIËNCIAS DOS MATERIAIS, CEFET-RN, 2003

TESE SUBMETIDA AO PROGRAMA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE

MESTRE EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

JULHO, 2007

© 2007 JOSÉ PADILHA CHRISPIM NETO
TODOS DIREITOS RESERVADOS.

O autor aqui designado concede ao Programa de Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Norte permissão para reproduzir, distribuir, comunicar ao público, em papel ou meio eletrônico, esta obra, no todo ou em parte, nos termos da Lei.

Assinatura do Autor:

_____

APROVADO POR:

_____
Prof. Dr. Carlos Henrique Catunda Pinto – Presidente - Orientador

_____
Prof. Dra. Karen Maria da Costa Mattos – Membro Examinador

_____
Prof. Dr. André Luis Calado Araújo – Membro Examinador Externo

MEMBRO DA SOCIEDADE:

_____
Prof. M.Sc. Mary Sorage Praxedes da Silva – Subcoordenadora de Licenciamento e Controle Ambiental - IDEMA

Catalogação da Publicação na Fonte

Chrispim Neto, José Padilha.
e-Resíduos: A influência da norma européia WEEE na estratégia da indústria de celulares no Brasil e no mundo e o impacto ambiental do descarte inadequado / José Padilha Chrispim Neto – Natal, 2007.
89 p.

Orientador: Carlos Henrique Catunda Pinto

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.

1. Estratégia – Dissertação. 2. Gestão Ambiental – Dissertação. 3. e-Resíduos – Dissertação. I. Pinto, Carlos Henrique Catunda. II. Título.
III. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

RN/UF CDD 658.4
C4613e

Índice para o Catálogo Sistemático

1. Estratégia 658.4
2. Gestão Ambiental 628.5
3. e-Resíduos 628.4

CURRICULUM VITAE RESUMIDO

José Padilha Chrispim Neto possui graduação em Tecnologia dos Materiais pelo Centro Federal de Educação Tecnológica do RN (2003) e cursou o Mestrado em Engenharia de Produção 2004 - 2007. Faz parte do grupo de pesquisa do Processamento Mineral e Resíduo no Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Norte - CEFET/RN, nas seguintes linhas de pesquisa: Processamento Cerâmico e Processamento Mineral e Resíduo. Foi bolsista de Desenvolvimento Tecnológico Industrial pelo CNPq - Nível 7C. Tem experiência na área de Tecnologia de Materiais com ênfase em Tecnologias Cerâmicas, Tratamento de Resíduos, e, Engenharia de Produção com ênfase em Gestão Ambiental e Governança em Tecnologia da Informação e Qualidade, atuando principalmente nos seguintes temas: cerâmica estrutural, software educacional, caracterização de matéria prima, tratamento de resíduos, gestão ambiental, qualidade, governança em TI e estratégia.

ARTIGO PUBLICADO DURANTE O PERÍODO DE PÓS-GRADUAÇÃO

CHRISPIM NETO, J. P. Análise do setor de telecomunicações: Um estudo de caso da estratégia adotada pela BCP Nordeste. Anais do I Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica. ISBN. 978-85-89571-11-1. Dezembro 2006.

CHRISPIM NETO, J. P.; LEITE, J. Y. P. Software educacional aplicado ao peneiramento industrial. Anais do XXI Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa. ISBN. 85-7273-263-2. Novembro 2005.

Dedico este trabalho a minha esposa, minha filha e meu futuro filho, que me auxiliaram neste período de intenso desenvolvimento intelectual, sendo meu apoio, minha inspiração e, sobretudo, meu estímulo a buscar cada vez mais.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Rio Grande do Norte e ao Programa de Engenharia de Produção (PEP).

Ao Prof. Dr. Carlos Henrique Catunda Pinto por ter me orientado e dado a direção que deveria tomar para poder fazer um bom trabalho.

O Prof. M.Sc. José Yvan Pereira Leite por ter sido o incentivador constante no desbravamento do mundo científico, me dando oportunidades para mostrar meu potencial.

Ao Prof. Dr. André Luiz Calado de Araújo pelo esforço ao qual sou testemunha, na divulgação da ciência neste estado.

Ao Prof. Jerônimo Pereira dos Santos incentivador no empreendedorismo e inovação.

Aos meus sogros Hercílio e Lourdes e minha cunhada Themis que sempre acreditaram nesta jornada e me apoiaram.

Aos meus pais Bené (Manoel) e Helena Maria que deram condições para que eu pudesse chegar até este ponto de meu desenvolvimento, me provendo dos mecanismos necessários para caminhar até aqui.

"Fit enim ad portandum facilis sarcina, quam multorum colla sustentant"

"Fica fácil carregar o fardo que é sustentado pelos ombros de muitos"

(Enódio)

Resumo da Tese apresentada à UFRN/PEP como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências em Engenharia de Produção.

e-RESÍDUOS: A INFLUÊNCIA DA NORMA EUROPÉIA WEEE NA ESTRATÉGIA DA INDÚSTRIA DE CELULARES NO BRASIL E NO MUNDO E O IMPACTO AMBIENTAL DO DESCARTE INADEQUADO.

JOSEÉ PADILHA CHRISPIM NETO

Maio/2007

Orientador : Carlos Henrique Catunda Pinto

Curso : Mestrado em Ciências em Engenharia de Produção

RESUMO:

O presente trabalho exploratório apresenta uma análise de e-resíduos da indústria de telefonia celular avaliando a evolução das redes de telecomunicações e como se comporta o mercado global e brasileiro de telefonia celular. Aborda os elementos presentes nos aparelhos celulares que podem causar mal ao meio ambiente e a saúde, como é feito o descarte dos aparelhos em fim de ciclo de vida. Analisa a nova norma européia de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos, a WEEE, como ela influenciou a estratégia das empresas fabricantes de celulares e de que forma é possível criar uma indústria nacional para reciclagem de aparelhos de celulares, com condições de competir globalmente. Para isto são apresentados alguns modelos possíveis de ser implantado no Brasil. É discutido o projeto de lei 203/91 (Brasil, 2006) sobre resíduos sólidos e como seria interessante manter algumas propostas apresentadas ao projeto, para se criar um mercado de reciclagem brasileiro com capacidade de competição global, para se aproveitar da norma Européia de forma a se obter uma vantagem competitiva.

Palavras Chaves: e-Resíduos, Estratégia, Resíduos Sólidos, Reciclagem, Reutilização.

Abstract of Master Thesis presented to UFRN/PEP as fullfilment of requirements to the degree of Master of Science in Production Engineering

e-WASTES: THE INFLUENCE OF EUROPEAN REGULATION WEEE ON STRATEGY OF MOBILE PHONE INDUSTRY ON BRAZIL AND ON THE WORLD AND THE ENVIRONMENTAL IMPACT OF THE INADEQUATE DISCARD

JOSÉ PADILHA CHRISPIM NETO

Maio/2007

Thesis Supervisor: Carlos Henrique Catunda Pinto

Program : Master of Science in Production Engineering

This present Thesis, is explorer work and presents an analysis of e-wastes of the industry of cellular mobile telephony, evaluating the evolution of the telecommunications nets and as if it holds the global and Brazilian market of cellular telephony. It approaches the elements gifts in the cellular devices that can badly cause to the environment and the health, the discarding of the devices in end of life cycle is made. It analyzes the new European regulation of electric equipment residues and electronic, the WEEE, as it influenced the strategy of the companies manufacturers of mobile phone cellular and of that she forms is possible to create a Brazilian national industry for recycling of devices of cellular, with conditions to globally competition. For this some possible models of being implanted in Brazil are presented. The project of law 203/91 on solid residues is argued and as it would be interesting if to persist some proposals presented to the project, to create a Brazilian market of recycling with capacity of global competition for use to advantage of the European regulation if to get a competitive advantage.

Keywords: e-Wastes, Strategy, Solids Wastes, Recycling and Reuses.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS XI

LISTA DE FIGURAS XII

GLOSSÁRIO XIV

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO 1

1.1 Contextualização 1

1.2 Justificativa e delimitação 3

1.3 Objetivos e relevância 3

1.4 Estrutura Geral do Trabalho 3

CAPÍTULO 2 – REVISÃO DE LITERATURA 5

2.1 O setor industrial de celulares 5

2.2 Conhecendo as redes celulares de telecomunicações 5

2.2.1 Primeira Geração 5

2.2.2 Segunda Geração 7

2.2.3 Geração Intermediária 8

2.2.4 Terceira geração 10

2.3 A telefonia celular no Brasil 13

2.4 O processo de fabricação dos Celulares 18

2.5 Elementos nocivos dos Celulares 21

2.5.1 Toxicos bioacumulativos persistentes 21

2.5.2 Chumbo 22

2.5.3 Brominatos retardantes de chamas em Plásticos 24

2.5.4 Cromo 26

2.5.5 Berilo 27

2.5.6 Cádmio 27

2.5.7 Cobre 28

2.5.8 Mercúrio 29

2.6 Toxidade dos Telefones Celulares 30

2.6.1 A liberação de produtos tóxicos através da incineração 32

2.6.2 Os perigos do lixo eletrônico descartado em aterros sanitários 33

CAPÍTULO 3 - MATERIAL E MÉTODO 34

3.1 Procedimentos metodológicos 34

3.1.1 Tipologia da Pesquisa 34

3.1.2 Área de Abrangência 35

3.1.3 Dados obtidos 35

3.1.4 Análise dos dados e metodologia de avaliação documental 35

CAPÍTULO 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO 38

4.1 A situação presente do mercado de celulares 38

4.2 Divisão do mercado de celulares 42

4.3 O impacto da norma européia WEEE e dos e–Resíduos ao meio ambiente *46*
4.4 Os e-Resíduos e o Brasil *52*
4.5 A estratégia da indústria de celulares com relação às imposições da norma WEEE *54*
4.5.1 Nokia 54
4.5.2 Motorola 60
4.5.3 Samsung 63
4.5.4 LG Electronics 66
4.5.5 SonyEricsson 68
4.6 Reutilização, Reciclagem e Redução *72*
4.6.1 Reutilização 72
4.6.2 Reciclagem e Redução 73
CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES 82
5.1 Conclusões *82*
5.2 Limitações do Estudo *84*
5.3 Recomendações para trabalhos futuros *84*
BIBLIOGRAFIA 86

LISTA DE TABELAS

TABELA 2.1: RESULTADO DO TESTE TCLP DA UNIVERSIDADE DA FLÓRIDA. 31

TABELA 3.1: ROTEIRO UTILIZADO PARA BUSCA DE DOCUMENTOS NA REDE INTERNET SOBRE A ESTRATÉGIA DAS EMPRESAS FABRICANTES DE CELULARES, APÓS A ADOÇÃO DA NORMA WEEE. 37

TABELA 4.1: PRINCIPAIS MERCADOS DE CELULAR NO MUNDO*..... 41

TABELA 4.2: ESTIMATIVA DE CUSTOS COM A IMPLANTAÇÃO DO WEEE NO REINO UNIDO..... 48

TABELA 4.3: METAL CONTIDO EM TELEFONES CELULARES EM KG POR TONELADA MÉTRICA. 79

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1 FUNCIONAMENTO DO CONCEITO DE HANDOFF (ENTRE AS CÉLULAS A E B) E ROAMING (ENTRE CENTRAIS DE COMUTAÇÃO 1 E 2). 6

FIGURA 2.2 ESQUEMA DA EVOLUÇÃO DOS PADRÕES DE REDE DE TELEFONIA CELULAR..... 8

FIGURA 2.3 MAPA COM AS ÁREAS E DELIMITAÇÕES GEOGRÁFICAS DE TELEFONIA CELULAR BANDA A E B – SMC. 14

FIGURA 2.4 MAPA COM AS ÁREAS E DELIMITAÇÕES GEOGRÁFICAS DE TELEFONIA CELULAR NO SMP. 17

FIGURA 2.5 DIAGRAMA BÁSICO DAS PARTES DE UM TERMINAL CELULAR. 19

FIGURA 2.6 DIAGRAMA BÁSICO DE UM LCD OU DISPLAY DE CRISTAL LÍQUIDO..... 20

FIGURA 2.7 CELULAR DESMONTADO E SEUS PRINCIPAIS CONTAMINANTES. 21

FIGURA 4.1 NÚMERO DE ASSINANTES DE TELEFONIA CELULAR POR TIPO DE REDE ATÉ MARÇO DE 2007. 39

FIGURA 4.2 DISTRIBUIÇÃO DOS USUÁRIOS GSM POR REGIÃO DO GLOBO. 40

FIGURA 4.3 PERCENTUAL DA DISTRIBUIÇÃO DOS USUÁRIOS GSM CELULAR POR REGIÃO DO GLOBO. 40

FIGURA 4.4 SÉRIE DE CRESCIMENTO HISTÓRICO DA DISTRIBUIÇÃO DOS USUÁRIOS GSM POR REGIÃO DO GLOBO. 42

FIGURA 4.5 MARKET SHARE GLOBAL DA TELEFONIA CELULAR POR TIPO DE REDE..... 42

FIGURA 4.6 MARKET SHARE GLOBAL DE CELULARES POR FABRICANTES EM 2006..... 44

FIGURA 4.7 MARKET SHARE DA TELEFONIA CELULAR (SMP) POR TIPO DE REDE NO BRASIL POR ANO. 45

FIGURA 4.8 PERCENTUAL DOS PRODUTOS QUÍMICOS PRESENTES EM UM CELULAR DA NOKIA. 49

FIGURA 4.9 CRIANÇA NUMA PILHA DE EQUIPAMENTOS ELETRÔNICOS EM GUIYU, CHINA. . 50

FIGURA 4.10 CRIANÇA NUMA PILHA DE EQUIPAMENTOS ELETRÔNICOS EM LAGOS, NIGÉRIA. 50

FIGURA 4.11 MAPA DOS RESÍDUOS ELETRÔNICOS NA ÁSIA..... 51

FIGURA 4.12 SÍTIO CORPORATIVO DA NOKIA. MECANISMO DE BUSCA USANDO A PALAVRA-CHAVE RECYCLE. 55

FIGURA 4.13 SÍTIO DA NOKIA SOBRE RETORNO DE CELULARES. 56

FIGURA 4.14 FLUXO DO PROCESSO DE RECICLAGEM DA NOKIA. 57

FIGURA 4.15 SÍTIO DA NOKIA COM INFORMAÇÕES SOBRE COMO ENCONTRAR UM CENTRO DE RECICLAGEM DE CELULARES. 58

FIGURA 4.16 ONDE ESTÃO TODOS OS CELULARES. 58

FIGURA 4.17 SÍTIO DA NOKIA NO BRASIL COM INFORMAÇÕES SOBRE RETORNO DE APARELHOS CELULARES PARA RECICLAGEM. 59

FIGURA 4.18 FILME ANIMADO INFORMATIVO SOBRE O PROCESSO DE RECICLAGEM. 59

FIGURA 4.19 SÍTIO CORPORATIVO DA MOTOROLA. MECANISMO DE BUSCA USANDO A PALAVRA-CHAVE RECYCLE. 60

FIGURA 4.20 SÍTIO CORPORATIVO ESPECÍFICO SOBRE RECICLAGEM DA MOTOROLA. 61

FIGURA 4.21 SÍTIO DA MOTOROLA NO REINO UNIDO SOBRE RECICLAGEM. 62

FIGURA 4.22 SÍTIO DE BUSCA DA SAMSUNG USANDO A PALAVRA-CHAVE RECYCLE..... 63

FIGURA 4.23 SÍTIO DA SAMSUNG SOBRE RECICLAGEM. 64

FIGURA 4.24 GRÁFICO SOBRE QUANTIDADE DE PRODUTOS RECICLADOS PELA SAMSUNG.. 64

FIGURA 4.25 ATIVIDADES DE RECICLAGEM GLOBAL OPERADOS PELA SAMSUNG. 65

FIGURA 4.26 PÁGINA DE BUSCA DA LG ELECTRONICS USANDO A PALAVRA-CHAVE RECYCLE. 66

FIGURA 4.27 SÍTIO DE INFORMAÇÃO SOBRE A COLETA E RECICLAGEM DE EQUIPAMENTOS ELETRÔNICOS DA LG. 67

FIGURA 4.28 PÁGINA DE BUSCA DA SONYERICSSON USANDO A PALAVRA-CHAVE RECYCLE. 68

FIGURA 4.29 PÁGINA DE BUSCA DA SONYERICSSON USANDO A PALAVRA CHAVE WEEE. ... 69

FIGURA 4.30 PÁGINA AMBIENTAL DA SONYERICSSON. 70

FIGURA 4.31 PARTE DO ARQUIVO DE DECLARAÇÃO AMBIENTAL DO TELEFONE T68I DA SONYERICSSON. 71

FIGURA 4.32 PROCESSO DE RECICLAGEM E REUTILIZAÇÃO. 72

FIGURA 4.33 LIXIVIAÇÃO POR ÁGUA RÉGIA NA REGIÃO DE GUANGZHOU – CHINA. 73

FIGURA 4.34 IMAGEM DE GUANGZHOU – CHINA EM UMA OPERAÇÃO DE LIXIVIAÇÃO POR ÁGUA RÉGIA PARA RETIRADA DE OURO E METAIS DE VALOR. 74

FIGURA 4.35 RETIRADA DE COMPONENTES DE CIRCUITO IMPRESSO EM KARASHI - PAQUISTÃO. 74

FIGURA 4.36 MULHERES PICOTANDO PLACAS DE CIRCUITO IMPRESSO EM NOVA DELHI – ÍNDIA. 75

FIGURA 4.37 MODELO SOBRE RECUPERAÇÃO DE 65% DO CELULAR SEGUNDO O EXIGIDO PELO WEEE. 75

FIGURA 4.38 PROCESSO PARA UMA PLANTA DE RE-MANUFATURA DE CELULARES. 77

FIGURA 4.39 PLANTA DE RECUPERAÇÃO METALÚRGICA PARA COMPONENTES ELETRÔNICOS. 78

GLOSSÁRIO

3G: Terceira geração de telefonia celular.

3GSM: Nome comercial do 3G para GSM baseado no UMTS.

ABS: Acrylonitrile Butadiene Styrene. Copolímero de acrilonitrila, butadieno e estireno.

ÁGUA RÉGIA: Solução de 25% de Ácido Nítrico puro e 75% de Ácido Clorídirco puro. Possui um pH muito baixo, entre 0 e 2, portanto é uma solução extremamente ácida.

AMPS: Advanced Mobile Phone System – Sistema analógico de transmissão de telefonia celular e primeiro sistema comercial utilizado.

ANATEL: Agência Nacional de Telecomunicações.

AT&T: American Telephone e Telegraph – Companhia americana de ligações a distância e que foi originalmente fundada pelo inventor do telefone Alexander Grahan Bell.

BRC: Brominato retardante de chamas.

CDMA 1xRTT: One Times Radio Transmission Technology – Evolução das redes CDMA.

CDMA 2000 - 1xEV-DV: Evolution Data and Voice. Evolução - Dados e Voz.

CDMA 2000 1xEV-DO: Evolution Data Only. Evolução - Apenas Dados.

CDMA: Code Division Multiplexer Access. Sistema de segunda geração por multiplexação por divisão de código.

COMPÓSITO: É basicamente um material em cuja composição entra dois ou mais tipos de materiais diferentes.

E-RESÍDUOS ou E-WASTES: Resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos.

EEE: Equipamentos Elétricos e Eletrônicos.

FAQs: Frequency Ask Questions. Questões mais freqüentes.

FLATS: Cabos chato usado para unir componentes eletrônicos.

FPLMTS: Future Public Land Mobile Telecommunication System – Futuro Sistema Público Regional de Telecomunicações Móvel.

FUMO: Partículas metálicas em suspensão no ar.

GSM- EDGE - Enhanced Data rates for Global Evolution - É uma tecnologia utilizada no padrão de telefonia móvel conhecida como 2,5G, que permite às redes GSM suportar e oferecer serviços de dados de alta velocidade (384 kB/s), utilizando uma infra-estrutura existente, sendo uma evolução do GPRS.

GSM: Global System Móbile Communications. Sistema de segunda geração semelhante ao TDMA.
PDC: Personal Digital Cellular. Sistema de segunda geração semelhante ao TDMA.

GSM-GPRS: General Packet Radio Service – Serviço Geral de Pacotes de Rádio. É a tecnologia que aumenta as taxas de transferência de dados nas redes GSM existente, permitindo o transporte de dados por pacotes (comutação por pacotes). Sendo assim, o GPRS oferece uma taxa de transferência de dados muito mais elevada que as taxas de transferência das tecnologias anteriores, que usavam comutação por circuito.

HANDOFF: Capacidade de um aparelho de celular poder passar de uma célula para outra sem perder a ligação ou a capacidade de comunicação.

HBCD: Hexa Bromo Ciclodecano.

HSDPA: High Speed Downlink Packet Access – Acesso em Alta Velocidade para Enlace de Decida por Pacotes.

IMT2000: O mesmo que FPLMTS ou International Móbile Telecommunications 2000 - Telecomunicação Móvel Internacional 2000.

IP: Internet Protocol – Protocolo padrão da internet, está na camada três - Rede - do modelo OSI.

ITU: International Telecommunication Union. Com sede em Genebra na Suíça, é uma das organizações que fazem parte do sistema das Nações Unidas, responsável pela padronização dos sistemas de telecomunicações entre os países membros.

kB/s: Kilobits por segundo. 1.024 bits por unidade de tempo (segundo). Medida de taxa de transmissão de dados.

LCD: Liquid Cristal Displays – Display de Cristal Líquido.

LDI: Operadora de Longa Distância Internacional.

LDN: Operadora de Longa Distância Nacional.

LINK: Ligação ou enlace entre duas estações de rádio.

LIXIVIAÇÃO: Ação de lixiviar. Usar um produto químico, mecânico ou biológico para extração de um componente, normalmente mineral de um agregado.

MARKET SHARE: Fatia ou participação de uma empresa no mercado.

MB/s: Megabits por segundo. 1.048.576 bits por unidade de tempo (segundo).

MEMÓRIA FLASH: é uma memória de computador que permite que múltiplos endereços sejam apagados ou escritos numa só operação, ou seja, trata-se de um chip regravável.

MICROCHIP: O microchip ou microprocessador moderno é um circuito integrado formado por síntese de camadas finas de filmes superpostos, chamada de mesa epitaxial de silício, trabalhada de modo a formar um cristal de extrema pureza, laminada até uma espessura mínima com grande precisão, depois cuidadosamente mascarada por um processo fotográfico e dopada pela exposição a altas temperaturas em fornos que contêm misturas gasosas de impurezas. Este processo é repetido tantas vezes quanto necessário à formação da microarquitetura do componente.

MULTIBANDA: Aparelhos que funcionam em mais de um tipo de banda de rede celular.

MULTIMODO: Aparelhos que funcionam em mais de um tipo de rede celular.

MULTIPLEXAGEM: É uma técnica que permite enviar várias mensagens distintas através do mesmo canal de transmissão simultaneamente.

NMT: Nordic Mobile Telecommunications – Sistema analógico de telefonia celular.

NTT: Nippon Telephone & Telegraph – Empresa telefônica Japonesa.

OCDE: Organização para a Cooperação Econômica e o Desenvolvimento.

OSI: Open Systems Interconnection - Interconexão de Sistemas Abertos é um conjunto de padrões da ISO relativo à comunicação de dados.

PBB: Polibrominato Bifenil.

PBDE: Polibrominato Difenil Éter.

PBTs: Persistent Bioaccumulative Toxins - Tóxicos bioacumulativos persistentes.

PCB: Bifenilas Policloradas.

PDC: Personal Digital Cellular – Celular Digital do Pacifico. Sistema de telefonia japonesa.

PVC: PolyVinyl Chloride – Poli-cloreto de vinila. Plástico.

QUALCOMM: Empresa americana criadora do padrão CDMA.

REEE: Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos ou WEEE – Waste Electronic and Electrical Equipment.

ROAMING: Capacidade de um aparelho passar de uma central de comutação para outra sem perder a ligação ou a capacidade de comunicação.

RoHS: Restriction of Hazardous Substances ou Diretiva de Restrições de Substâncias Perigosas da União Européia.

SEARCH: Página de busca em sua versão em inglês.

SIM-Card: Consiste em um circuito impresso do tipo smart card que se assemelha em forma e tamanho a um cartão de crédito convencional de plástico com tarja magnética e utilizada para identificar, controlar e armazenar dados de telefones celulares.

SISTEMAS ABERTOS: Um sistema aberto é aquele que não depende de uma arquitetura específica para comunicação.

SITE: Sítio na internet. Página criada em html ou outra linguagem de programação disponível na internet para consulta.

SMC: Serviço Móvel Celular.

SMP: Serviço Móvel Pessoal.

STFC: Serviço Telefônico Fixo Comutado

TACS: Total Access Communications System - Sistema analógico de telefonia celular.

TCLP: Toxicity Characteristic Leaching Procedure – Procedimento para Característica de Toxidade por Lixiviação.

TDMA: Time Division Multiplexer Access. Sistema de segunda geração por acesso multiplexado por divisão de tempo.

TERMOFIXO: São as matérias plásticas que inicialmente são macios, mas mudam irreversivelmente para uma forma muito rígida por aquecimento.

TBBP-A: Tetra Bromo Bifenol.

UMTS: Universal Mobile Telecommunication System. O termo é adotado para designar o padrão de redes celulares de 3ª Geração, estabelecido como evolução para operadoras de GSM e que utilizará como interface rádio o WCDMA.

UPT: Universal Personal Telecommunication – Telecomunicação Universal e Pessoal.

US-EPA: Unites States – Environmental Protection Agency Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos.

VHE: Virtual Home Environment – Ambiente Virtual Doméstico.

WCDMA: Wideband Code Division Multiplexer Access - Acesso Múltiplo em Banda Larga por Divisão de Código; é o esquema de acesso por rádio usado para os sistemas celulares da terceira geração.

WIRELESS: Redes sem fio.

Capítulo 1 - Introdução

Este capítulo apresenta o presente trabalho exploratório, contextualizando, caracterizando e apresentando o problema a ser estudado. É iniciado com a contextualização do tema, seguida pela justificativa e sua delimitação, objetivos e relevância, e finalmente, a estrutura geral do trabalho.

1.1 Contextualização

O mercado mundial de celulares, nos últimos 10 anos, sofreu mudanças que o transformaram em um mercado tão dinâmico como o de informática. Esta transformação fez um simples objeto de comunicação, virar um sonho de consumo tecnológico. Milhões de dólares investidos em tecnologia de redes por operadoras de telefonia, em poucos anos, transformaram estes sonhos de consumo, em tecnologia obsoletas.

O resultado foi uma quantidade enorme de aparelhos de celulares descartados. Segundo o "*Unites States – Environmental Protection Agency*" - US-EPA, no ano de 2005, foram descartados cerca de 150 milhões de aparelhos apenas nos Estados Unidos que invariavelmente tiveram como destino o lixo.

Como todo equipamento eletro-eletrônico, os celulares possuem substâncias tóxicas que causam vários danos ao meio ambiente; no entanto, só agora, os governos começam a se preocupar com este problema e estão criando legislação que minimizem este impacto. A norma da comunidade européia "*Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos – REEE*" ou "*Waste Electronic and Electrical Equipment – WEEE*" em sua versão em Inglês (sigla que adotaremos neste trabalho) é hoje, a principal referência legal específica existente.

No Brasil, as mudanças das tecnologias de redes de telefonia celular do "*Time Division Multiplexer Access – TDMA*" e "*Code Division Multiplexer Access – CDMA*"

para o "*Global System Móbile – GSM*" farão com que milhões de aparelhos sejam descartados no lixo ao fim de sua vida útil. Estima-se que já existam descartados entre 15,0 e 25,0 milhões de aparelhos TDMA no Brasil (2004).

Os e-Resíduos ou "*e-Wastes*" em seu termo em inglês, são os resíduos de equipamentos eletro-eletrônico, que contêm em sua maioria, substâncias perigosas, tóxicas, e raras. Seu não aproveitamento representa um desperdício de energia e recursos naturais não renováveis. Sua disposição no solo em aterros ou lixões, assim como outras substâncias tóxicas ou perigosas, é igualmente prejudicial às pessoas, a segurança e a saúde do meio ambiente.

Os produtos elétricos e eletrônicos em geral possuem vários módulos básicos. Eles são comuns a esses produtos e são conjuntos de placas de circuitos impressos, cabos, cordões e fios, plásticos anti-chama, comutadores e disjuntores de mercúrio, equipamentos de visualização, como telas de tubos catódicos e telas de cristais líquidos, pilhas e acumuladores, meios de armazenamento de dados, dispositivos luminosos, condensadores, resistências e relês sensores e conectores.

As substâncias mais problemáticas do ponto de vista ambiental presentes nestes componentes são os metais pesados, como o mercúrio, chumbo, cádmio e cromo; gases de efeito estufa; as substâncias halogenadas, como os CFC - clorofluorocarbonetos; PCB - bifenilas policloradas, PVC - cloreto de polivinila e retardadores de chama bromados, bem como o amianto e o arsênio.

O armazenamento inadequado desses resíduos levou a alguns anos, em um estudo realizado com mais de 20 usinas fabricantes de compostos orgânicos, a conclusão da presença de metais pesados como chumbo, cobre e mercúrio, além de outros tóxicos como o níquel, substância que vaza de pilhas e baterias. À época, fábricas do interior de São Paulo haviam estocado toneladas desses produtos devido à fuga dos compradores.

Casos como este, resultado de processos inadequados de coleta e triagem de materiais, deixam bem claro que situações como contaminações em massa e interferências na cadeia alimentar não ocorrem somente no exterior, mas também aqui, devido à ausência de um marco regulatório adequado.

.

1.2 Justificativa e delimitação

O crescimento exponencial da indústria de celulares que cada vez mais incrementa seus aparelhos com novidades tecnológicas que estimulam a troca constante de aparelhos e as mudanças efetuadas pela indústria de serviços de telecomunicações em suas redes visando o crescimento constante de suas bases de clientes, provoca a substituição de aparelhos em uma velocidade nunca antes vistas por qualquer equipamento de consumo. Neste contexto, o estudo sobre os "*e-RESÍDUOS: A influência da norma européia WEEE na estratégia da indústria de celulares no Brasil e no mundo e o impacto ambiental do descarte inadequado* é justificado pela necessidade em se gerar uma discussão sobre resíduos sólidos eletrônicos, ao qual se possa contribuir para informação a sociedade civil e as ações de governo, visando uma adequada legislação e o desenvolvimento organizado de um setor industrial promissor.

Como limitação não será abordada as baterias dos aparelhos, por possuírem a Resolução 257/99 do CONAMA que é seu marco regulatório próprio na legislação brasileira.

1.3 Objetivos e relevância

O objetivo deste trabalho é entender a dimensão do mercado de celulares global e nacional, qual o impacto do descarte inadequado que os e-Resíduos causam a saúde e ao meio ambiente e como nos afetará a mudança na estratégia da indústria de celulares pela entrada em vigor da legislação européia WEEE.

Como relevância este trabalho tem o intuito de:

- Contribuir no meio acadêmico ao levantar a discussão sobre o descarte inadequado dos aparelhos de celulares no Brasil,
- Servir de fonte de informação para auxiliar o poder público na tomada de decisões, sobre o destino dos resíduos eletrônicos de aparelhos celulares no Brasil.

1.4 Estrutura Geral do Trabalho

Este trabalho está organizado em cinco capítulos.

O primeiro capitulo apresenta a contextualização, justificativa e delimitação, objetivos e relevância do presente trabalho, finalizando com a estrutura geral do mesmo.

O segundo capítulo faz uma análise da evolução das redes de telefonia celular apresentando as suas gerações. Aborda também como o mercado brasileiro foi organizado para privatização e como funciona hoje o mercado de serviços de telecomunicações destacando a estratégia de adoção das redes de telefonia celular pelas empresas que hoje dominam este setor. Ele também aborda como é feito a montagem de um aparelho celular, que elementos químicos estão presentes nos aparelhos que podem provocar danos a saúde e ao meio ambiente, e, como eles podem ser liberado pelos processos tradicionais de descarte de resíduo sólido.

O terceiro capítulo descreve a forma metodológica como foi elaborada esta pesquisa, como foi feito à coleta de dados e seu período histórico além de seu tratamento.

O quarto capítulo apresenta as análises do mercado global e local de celulares, o impacto que a norma européia WEEE impôs ao mercado, os efeitos do descarte inadequado dos equipamentos eletrônicos e proposta de processo industrial para recuperação de elementos raros e destinação dos resíduos finais.

O quinto capítulo conclui este trabalho dando sugestões para novas pesquisas baseadas no tema e recomendações pertinentes.

Capítulo 2 – Revisão de Literatura

Este capítulo apresenta a revisão de literatura e referencial teórico relativo ao tema estudado.

2.1 O setor industrial de celulares

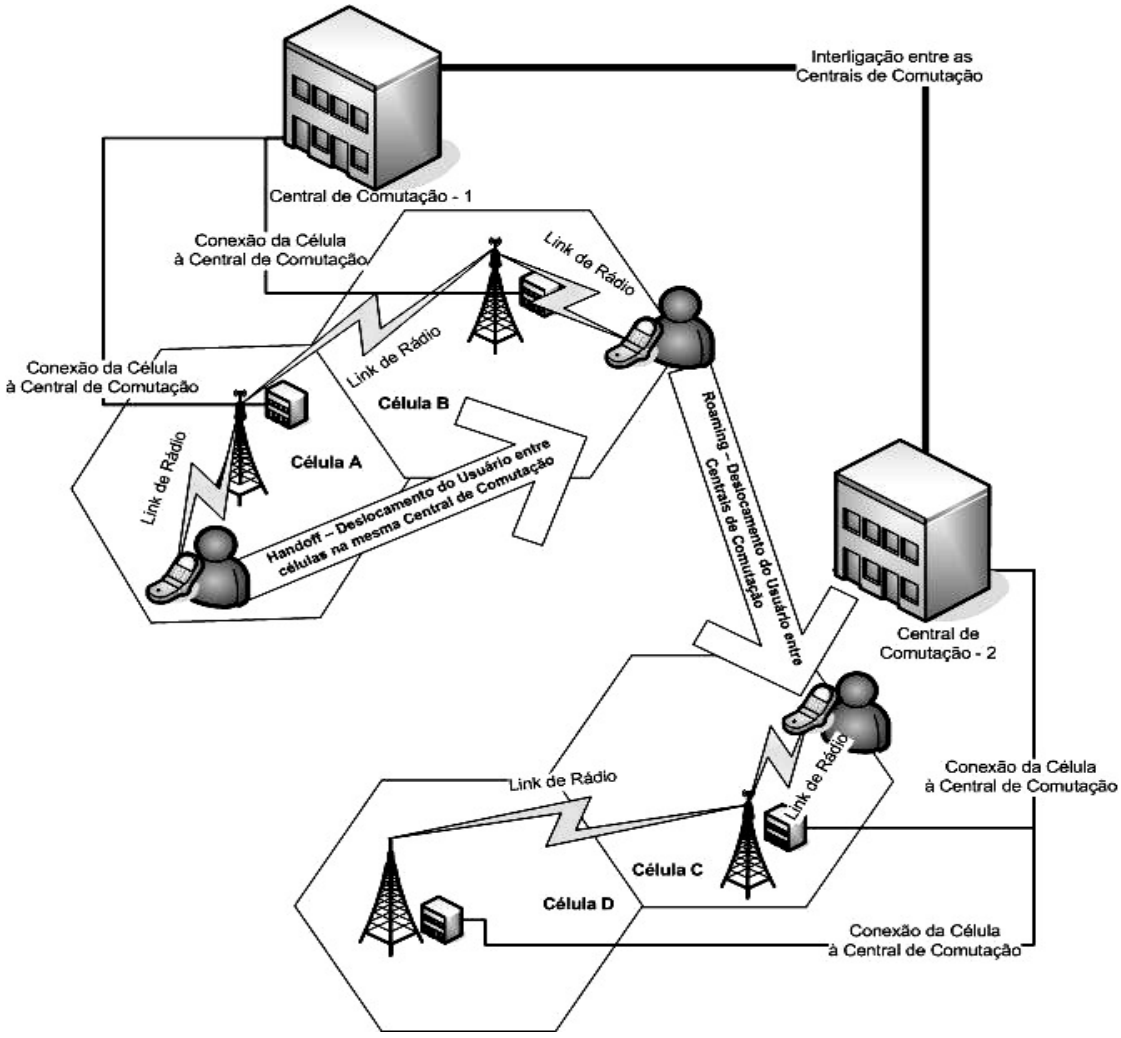
O setor industrial de celulares é o setor na área de telecomunicações que maior crescimento obteve nos últimos anos com um desenvolvimento explosivo. A necessidade criada de comunicação a qualquer momento em qualquer lugar levou esta indústria a entrar em um processo de inovação tecnológica contínua. Os avanços da informática, sobretudo a área de microprocessadores e memórias, fizeram com que os celulares ou terminais, passassem a ser um objeto de consumo tecnológico, fazendo-o extrapolar sua função básica de comunicação por voz. Até o momento desta pesquisa, um aparelho de celular típico possui normalmente, uma câmera digital com capacidade de filmagem, espaço em memória flash necessário para armazenamento de áudio, vídeo e fotografias digitais com possibilidade ou não de expansão, capacidade para reprodução de música e áudio digital, transmissão de dados, e obviamente, capacidade para comunicação por voz. Vamos conhecer a seguir as gerações das redes de telefonia celular que, em sua inovação tecnológica, impulsionam toda a indústria de celulares, dando a direção que devem seguir.

2.2 Conhecendo as redes celulares de telecomunicações

2.2.1 Primeira Geração

Segundo Botto (2002), foi o laboratório Bell da AT&T que desenvolveu o modelo de telefonia celular em 1947. No entanto só depois de 1970, com a miniaturização de componentes eletrônicos através do processo de fabricação de "*microchip*", foi possível que a mesma AT&T propusesse o primeiro sistema de telefonia celular de alta capacidade, conhecido como AMPS. Em 13 de outubro de 1983 na cidade de Chicago – EUA, entrava em operação o primeiro sistema comercial nas Américas. A NTT colocou um sistema

semelhante ao AMPS em operação em 1979 na cidade de Tóquio, no Japão, sendo o primeiro na Ásia. Na Europa, a primeira geração de celulares era composta de diversos sistemas. O NMT adotado por diversos outros países além dos nórdicos; o TACS, adotado no Reino Unido, Itália, Áustria, Espanha e Irlanda; o C-450 na Alemanha e Portugal e o Radiocom 2000 na França. Esta primeira geração de sistemas celulares caracterizava-se, basicamente, por ser analógica, utilizando modulação em freqüência para voz e modulação digital para sinalização. O tamanho das células situava-se na faixa de 500 metros a 10 quilômetros, sendo permitido o "*handoff*" (conforme apresentado na figura 2.1). O sistema possibilitava "*roaming*" entre os diferentes provedores de serviço, desde que adotassem o mesmo sistema.



Fonte IEC, 2006.

Figura 2.1 Funcionamento do conceito de Handoff (entre as células A e B) e Roaming (entre Centrais de Comutação 1 e 2).

2.2.2 Segunda Geração

Em função da pressão de demanda, particularmente nos EUA, onde o sistema analógico havia atingido o limite de sua capacidade nas maiores áreas metropolitanas, e, devido à necessidade de padronização para o sistema celular Europeu, foi necessário dar início ao desenvolvimento de sistemas digitais.

Os sistemas digitais além de possibilitar uma maior capacidade, ofereciam as seguintes vantagens sobre os analógicos: técnicas de codificação digital de voz mais poderosa, maior eficiência espectral, melhor qualidade de voz, facilidade para comunicação de dados e criptografia da informação transmitida.

Como resultado desse esforço surgiu o sistema conhecido como GSM na Europa, o TDMA e o CDMA nos EUA e o PDC no Japão.

Segundo o IEC (2006) o TDMA transformou-se nos padrões do ITU IS-54 e IS-136 e é baseada na técnica de acesso múltiplo por divisão do tempo. Nesta técnica a comunicação funciona dividindo um canal de freqüência em até seis intervalos de tempo distintos, mas na prática apenas três são ocupados. Cada usuário ocupa um espaço de tempo específico na transmissão, o que impede problemas de interferência. O PDC é uma variante do TDMA que utiliza a freqüência espectral de maneira mais eficiente. O padrão ITU IS-95 ou CDMA é baseado na técnica de acesso múltiplo por divisão de código − é um sistema proprietário desenvolvido pela empresa QUALCOMM de San Diego, Califórnia. O sistema utiliza espalhamento espectral e foi originalmente utilizado em aplicações militares para espalhar o sinal em uma faixa espectral larga, tornando as transmissões difíceis de serem interceptadas ou mesmo interferidas.
O acesso múltiplo da divisão por código (CDMA) é um método de múltiplo acesso que não divide o canal pelo tempo ou freqüência, mas, preferivelmente, codifica os dados com um código especial associado a cada canal e usa de propriedades construtivas para executar a multiplexagem.

O sistema GSM foi adotado como padrão Europeu em meados dos anos 80 e introduzido comercialmente em 1992 (IEC - 2006), operando na faixa de freqüência 935-960 MHz para recepção e 890-915 MHz para transmissão. O GSM possui uma arquitetura aberta, o que permite a combinação de equipamentos de diferentes fabricantes, possibilitando assim a manutenção de baixos custos. A seu favor, contabiliza-se ainda uma larga infra-estrutura já implantada, sendo hoje, indiscutivelmente, o padrão mais popular

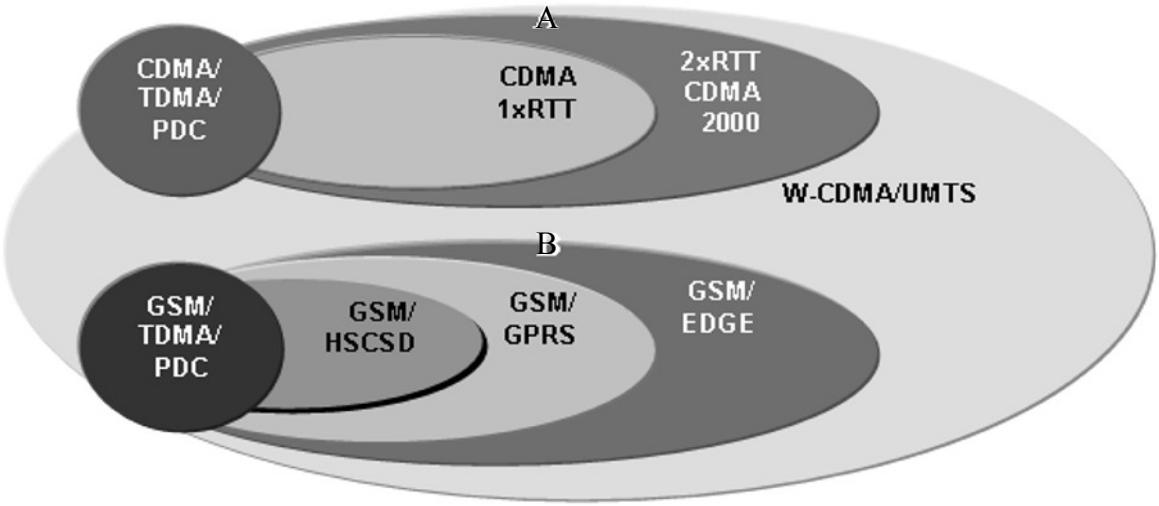
implantado mundialmente (estima-se que mais de 75% do mercado mundial atual -2006 - seja atendido pela tecnologia GSM).

Em resumo, os serviços de comunicações de segunda geração são baseados em sistemas de alto desempenho e alta multiplexação, alguns com capacidade, no mínimo, três vezes superior à dos sistemas de primeira geração. Caracterizam-se, principalmente, pela utilização de tecnologia digital para transmissão de voz e sinalização.

2.2.3 Geração Intermediária

Para atingir o 3G (terceira geração de telefonia celular) haverá a necessidade de migrações intermediárias chamada de 2,5G. De forma simplificada, a migração de 2G (segunda geração) para 3G é basicamente, uma mudança de paradigma, onde haverá a transmissão de dados em banda larga no lugar de voz.

Esta mudança de paradigma também contempla a transmissão de voz sobre pacotes de dados ou voz sobre IP, que é o protocolo padrão da internet. Em se tratando de telecomunicações, esta mudança é grande, pois, muda o conceito de conexão por circuito para conexão por pacotes. Antes de atingir a plenitude da transmissão por pacotes em banda larga (conforme apresentado na figura 2.2 A e B), haverá necessidade de avanços intermediários.



Fonte: Chrispim Neto, J. P., 2006.

Figura 2.2 Esquema da evolução dos padrões de rede de telefonia celular.

Em estudo publicado pelo o The Shosteck Group (2001), as operadoras de GSM, ou mais precisamente àquelas licenciadas para o espectro de 900 e/ou 1.800 MHz, irão evoluir antes para GSM-GPRS (banda de 128 kB/s teóricos) e em última análise para UMTS,

podendo implantar ou não o GSM-GPRS-EDGE (banda de 384 kB/s teóricos) como passo intermediário (conforme apresentado na figura 2.2 - B). A migração para o UMTS (banda de 2.024 kB/s ou 2 MB/s) irá exigir que tais operadoras utilizem uma parte do espectro 3G (UMTS) recém alocada e recém atribuída em 1.900 MHz (enlace ascendente) e 2.100 MHz (enlace descendente), juntamente com o espectro GSM atualmente atribuído de 900 e/ou 1.800 MHz. Ela irá requerer também aparelhos telefônicos multimodo/multibanda para GSM-GPRS-UMTS (ou GSM-GPRS-EDGE UMTS). Tais aparelhos multimodo irão permitir "*handoffs*" de uma rede à outra, o que irá viabilizar um fornecimento perfeitamente consistente de serviços GSM básicos (voz e mensagens) ao longo de toda a rede, além do oferecimento de UMTS nas partes de tráfego mais intenso. Isto irá possibilitar ainda que as operadoras construam a infra-estrutura 3G apenas de acordo com a demanda, minimizando assim o ônus de seus investimentos. Não é tão clara a via de migração para as operadoras de GSM que operam no espectro de 1.900 MHz (quase todas situadas nas Américas). Um espectro 3G separado, que seja adequado para UMTS, está ainda para ser alocado. Até que tal espectro esteja alocado e disponível, as operadoras de GSM que atuam no espectro atribuído de 1.900 MHz estarão impedidas de avançar além do GPRS e do EDGE, caso este último torne-se comercialmente acessível.

No estudo publicado pelo o The Shosteck Group (2001), a via de migração inicial para as operadoras de CDMA começa pela atual tecnologia CDMA ou CDMA/IS-95, passando opcionalmente pela CDMA/IS-95-B (implantada apenas no Japão, na Coréia e recentemente no Peru) e concluindo com a CDMA/IS-95-C ou CDMA 1xRTT (conforme apresentado na figura 2.2 - A). O próximo passo na evolução é a CDMA2000 1xEV-DO. A tecnologia CDMA2000 1xEV-DV (Evolução - Dados e Voz) deve ser implementada futuramente. Ao permitir a transição para a 3G no espectro já ocupado pela operadora, seja em 800 ou 1.900 MHz, a tecnologia CDMA2000 1X elimina tais incertezas. A infra-estrutura e os terminais para CDMA2000 1X estão disponíveis para as freqüências dos espectros de 800 e 1.900 MHz. Além disso, todos os terminais da CDMA2000 1X para 800 MHz possuem o modo analógico, garantindo assim, a cobertura de buracos não digitais da rede. As operadoras já possuem o espectro para atuar. Por fim, a eficiência 50 por cento maiores (ou mais) da CDMA2000 1X e suas derivações, oferecem capacidade para aplicações com maior largura de banda e também maior volume de sinais de voz. No Japão, as operadoras de PDC irão construir redes UMTS totalmente separadas para os

espectros recém atribuídos de 1.900 e 2.100 MHz. Os assinantes terão acesso a essas redes por meio de aparelhos UMTS de um só modo e uma só banda.

Segundo informações do Shosteck Group (2001) o TDMA evoluiria para 3G da seguinte forma:

> *"... a migração da TDMA/IS-136 para a 3G, que foi o objeto pela qual houve a descontinuação do padrão devido à similaridade do TDMA com o GSM como tecnologia de redes, deveria ser originalmente paralela à migração do GSM para a 3G.*
>
> *As operadoras de TDMA deveriam ter sobreposto a tecnologia GPRS baseada em pacotes à sua infra-estrutura TDMA. Em seguida, deveriam ter introduzido uma interface de rádio freqüência (RF) da tecnologia EDGE.*
>
> *No entanto o que de fato ocorreu foi que as operadoras de TDMA implementaram uma rede GSM em seu atual espectro de 800 e/ou 1.900 MHz já atribuído. Criando uma estrutura em paralelo à sua rede TDMA estabelecida.*
>
> *Em seguida, elas iriam seguir a via das operadoras GSM, efetuando a migração de suas redes GSM para GPRS, talvez para EDGE e por fim para UMTS. Em teoria, essas mudanças na via de migração, permitiriam que as operadoras de TDMA se beneficiassem dos avanços em pesquisa, desenvolvimento e das economias de escala já desfrutados pelo mundo GSM. "*

2.2.4 Terceira geração

Segundo o IEC (2006), os sistemas 3G terão comunicação sem fio permitindo a troca de informações a altas taxas e com alta qualidade entre terminais pequenos e portáteis, que, podem estar localizados globalmente e representam a fronteira a ser alcançada pelos sistemas de terceira geração – "*a global system to connect anywhere anytime*" – "*um sistema global para conectar qualquer um em qualquer momento*".

O início dos estudos sobre os sistemas de terceira geração (IEC - 2006) foi marcado por uma indecisão mantida por duas correntes: uma defendia a criação de um único padrão mundial; a outra defendia a evolução das redes e sistemas atuais de forma a atender aos requisitos definidos a partir da visão 3G. Apesar de ambas as alternativas possibilitarem economia de escala de fabricação para os componentes do sistema, a segunda teve maior força, pois também permite que os maciços investimentos já realizados pelas operadoras na implantação das redes e pelos fabricantes em processos de fabricação e etapas de desenvolvimento de produtos em todo o mundo fossem de certa forma protegidos. A ITU

elaborou um conjunto de requisitos, de tal forma que pudessem ser apresentadas propostas para as tecnologias de transmissão via rádio candidatas a compor o conjunto de especificações para o futuro padrão mundial de sistema de comunicação móvel 3G ou UMTS. A esse sistema foi inicialmente dado o nome de FPLMTS, com o objetivo de atender tanto aos usuários fixos quanto aos usuários móveis, em redes públicas e privadas. Posteriormente o nome FPLMTS foi modificado para IMT-2000, nome este que é mantido e reconhecido até hoje. O real início de operação do IMT-2000 está predominantemente sujeito a consideração de mercado, mas também a considerações técnicas. Esse sistema irá prover acesso, através de um ou mais links de rádio, a uma ampla gama de serviços de telecomunicações suportados por redes fixas e ainda, a serviços específicos a usuários móveis.

Conforme o IEC (2006) deverá existir vários tipos de terminais móveis com capacidade de acesso fixo ou móvel a redes baseadas em satélites e/ou redes terrestres. Os principais atributos do IMT-2000 são:

- Alta qualidade.
- Alto grau de aspectos comuns de projeto em todo o mundo.
- Compatibilidade de serviços dentro do sistema e com as redes fixas.
- Elevadas taxas de transmissão, possibilitando aplicações multimídia com uma vasta gama de serviços e terminais.
- Possibilidade de "*roaming*" global.
- Terminais de pequeno porte.

Segundo o IEC (2006) o alto grau de aspectos comuns de um padrão mundial não só possibilitará grande economia de escala, mas facilitará a implantação do "*roaming*" global e impulsionará o incremento na indústria de Tecnologia da Informação em aplicações tais como serviços de multimídia que farão com que as redes de comunicação móvel possam ser vistas como uma extensão sem fio da Internet. Para permitir cobertura e "*roaming*" global o IMT-2000 contará com a componente terrestre e a componente via satélite, atendendo aos usuários em interiores, exteriores e em regiões remotas com cobertura global via satélite. É esperado que os usuários possam receber os serviços oferecidos pelo IMT-2000 independente de sua localização geográfica, com qualidade comparável àquela fornecida pelas redes fixas, sendo essa qualidade influenciada apenas pelos limites impostos por cada ambiente de operação. A esse conceito dá-se o nome de VHE – "*Virtual Home Environment*". O VHE está associado ao conceito de serviços UPT que utilizam as

facilidades oferecidas pelas Redes Inteligentes para oferecer mobilidade pessoal aos usuários finais. Por mobilidade pessoal entende-se a entrega de serviços e tarifação baseadas em um número pessoal associado a cada usuário, de tal forma que o mesmo perfil de serviços seja oferecido ao usuário, independente de sua localização. Espera-se ainda que a natureza predominante do tráfego multimídia que circulará nas futuras redes do sistema IMT-2000 seja assimétrica (como tipicamente ocorre no acesso à Internet) e que o sistema tenha que ser capaz de alocar os recursos de banda aos usuários por demanda.

Segundo Botto (2002) com o IMT-2000 será percebida grande integração das redes com e sem fio, procurando interoperabilidade suficiente para dar ao sistema a flexibilidade exigida pelo mercado em termos da evolução e adequação dos serviços. O IMT-2000, na verdade, será composto por uma família de especificações que atenderão aos requisitos dos sistemas de 3G. Os usuários dessa família de sistemas 3G deverão conviver com terminais multimodo e multibanda, capazes de permitir o "*roaming*" global de forma transparente. Tais terminais, desenvolvidos a partir de modernas técnicas de processamento digital, futuramente deverão ter suas interfaces de rádio configuradas automaticamente, via software radio, dependendo das características da rede utilizada e das condições do ambiente de propagação a cada momento. Apesar da adoção do W-CDMA como interface aérea do IMT-2000 o GSM possuirá uma versão chamada de 3GSM. Este sistema é similar, mas não é o CDMA. Ele é baseado no HSDPA e permitirá que usuários finais obtenham altas taxas de dados com baixa latência, com velocidade mínima de 384 kB/s e permitindo a manutenção de três pilares básicos do padrão: Serviços contínuos, Suporte multimídia e Suporte a voz e aplicações de dados, em qualquer momento.

Segundo o documento "*HSDPA and beyond*" da Nortel Networks (2005),

> *"... o HSPDA permitirá ter uma média de rendimento de transmissão de 800 kB/s a 1,5 MBs (T1) em campo, com altos picos de taxa com 3,6 MB/s para Categoria Móvel 6 e acima de 14,4 MB/s para a Categoria Móvel 10, com baixa latência promovendo incríveis aplicações interativas e jogos multi usuários."*

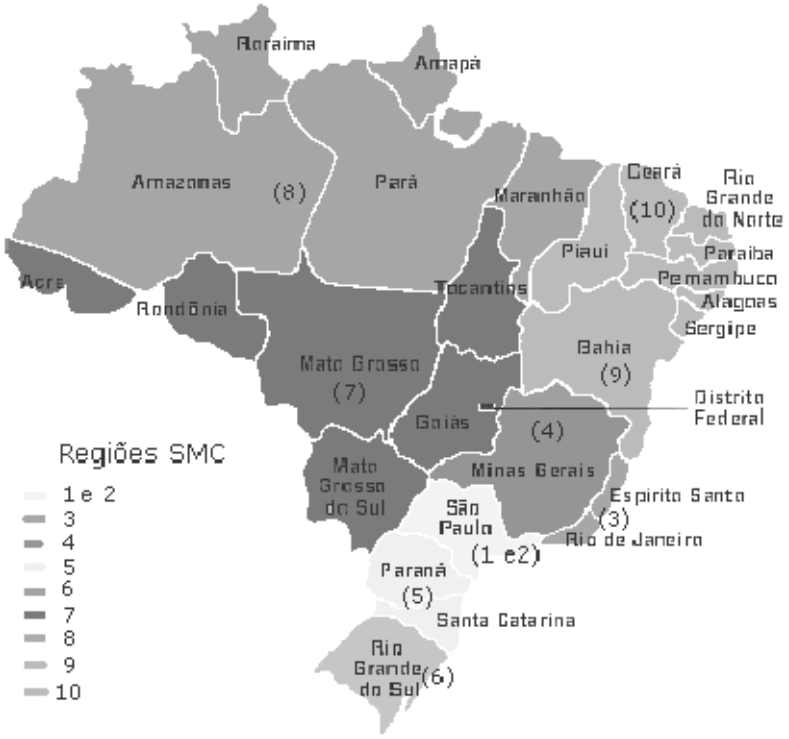
Ainda segundo o documento "*HSDPA and beyond*" da Nortel Networks (2005) a adoção das futuras redes em 3G fará uma revolução na forma como conhecemos o entretenimento e comunicação. A possibilidade de transmissão entre as categorias 5 e 10, permitirá a utilização de vídeo em ultra-alta definição o que possibilitaria incontáveis possibilidades de aplicações em terminais portáteis.

2.3 A telefonia celular no Brasil

O mercado de telefonia celular no Brasil, de fato, começou no ano de 1997 com o primeiro mandato do presidente Fernando Henrique Cardoso através do ministro das telecomunicações Sérgio Mota. Neste ano o modelo das telecomunicações foi totalmente redesenhado visando à desestatização e o re-enfoque do estado para a criação e manutenção de um marco regulatório e fiscalizatório. Em 1995 o Governo Federal através da Emenda Constitucional nº. 8, de 15 de agosto de 1995, iniciou o processo de reformas no setor de telecomunicações com a abertura à participação de capitais privados.

Segundo a TELECO (2007) em julho de 1997, o Congresso Nacional aprovou a Lei Geral das Telecomunicações - Lei nº. 9.472, de 16 de julho de 1997, a qual visava à privatização das empresas do Sistema Telebrás e a competição no mercado até então estatal e monopolista. A Lei também estabeleceu a criação da ANATEL para funcionar como agência fiscalizadora e reguladora, cabendo ao Ministério das Comunicações, a formulação das políticas estratégicas do setor.

Segundo Pires (2004), o primeiro passo dado foi à determinação da geografia de atuação de cada grupo de empresas, por área de concessão ao qual passou a ser chamado de SMC ou Serviço Móvel Celular e que seriam licitadas com a aprovação do Plano Geral de Outorgas (PGO) através do Decreto 2.534, de 02 de abril de 1998. O PGO fixou parâmetros gerais para estabelecimento da concorrência no setor, definindo as áreas de atuação das empresas prestadoras de serviços de telefonia móvel, estipulando as regras básicas da abertura do mercado e autorizações futuras para exploração dos serviços; conforme apresentado observar na figura 2.3.



Fonte: TELECO, 2007.

Figura 2.3 Mapa com as áreas e delimitações geográficas de telefonia celular Banda A e B – SMC.

Segundo Pires (2004), neste contexto, as licitações ocorreram em duas bandas para telefonia móvel:

- Banda A cuja freqüência é de 824-835 e 845-846,5 MHz.
- Banda B cuja freqüência é de 835-845 e 846,5-849 MHz.

As empresas da Banda A eram as antigas empresas estatais móveis, separadas das empresas de telefonia fixa, e foram posteriormente privatizadas. Na época usavam sistemas de redes de telefonia AMPS (chamado de padrão analógico) e eram obrigadas a mantê-lo, por determinação legal, para "*roaming*" nacional e internacional. Não havia integração entre suas centrais de comutação e possuíam estruturas organizacionais baseadas em gestões estatais burocratizadas em sua maioria, com sistemas de TI proprietários desenvolvidos internamente. As empresas da Banda B licitaram a faixa de freqüência sem herdar nenhuma infra-estrutura. Tiveram de investir para criar sua infra-estrutura, montar suas lojas e equipes técnicas e de vendas. Os contratos de concessão com prazo de 15 anos foram assinados com as operadoras das Bandas A e B no segundo semestre de 97 e início de 98.

Analisando o setor pelo modelo de Porter (Montgomery e Porter - 1998), observa-se que estiveram em atuação as suas cinco forças competitivas:

- Ameaça de produtos/serviços substitutos;
- Entrada de novos concorrentes;
- Poder de negociação dos clientes;
- Poder de oferta dos fornecedores;
- Rivalidade entre os concorrentes – competitividade.

Segundo Turola e Silva. (1999):

> *"Todas as cinco forças competitivas em conjunto determinam à intensidade da concorrência no setor, bem como a rentabilidade, sendo que as forças mais acentuadas predominam e tornam-se cruciais do ponto de vista da formulação de estratégias. Essa competitividade predomina no setor de telefonia celular, com entrada de novos concorrentes, obrigando as antigas operadoras estatais a acordarem para o mercado, esquecendo dos subsídios governamentais e se direcionando para uma organização enxuta, rentável e lucrativa".*

Segundo Turola e da Silva. (1999), as seguintes barreiras de entradas surgiram neste período:

1. Economia de escala – As empresas entrantes eram forçadas a ter economia de escala, oferecendo novos modelos de terminais para a utilização da capacidade ociosa de suas redes mais evoluídas tecnologicamente, em relação às existentes; o que possibilitou a utilização do efeito da economia de escala dos fabricantes mundiais de terminais.

2. Diferenciação de produto – As empresas entrantes precisavam criar pacotes de serviços diferenciados, redes pré-pagas e pacotes integrados com modelos de terminais e pacotes de minutos para seguimentos específicos de mercado, gerando um mix de produtos e serviços que se diferenciavam dos pacotes existentes dos concorrentes.

3. Poder de negociação dos compradores – Com a competição, o poder dos compradores em busca por novos produtos e por um serviço de melhor qualidade, gerou um aumento do poder de barganha dos compradores, forçando ao subsídio de terminais e promoções de pacotes de serviços.

4. Poder de oferta dos fornecedores – Os grandes fabricantes de terminais influenciaram na decisão da escolha de modelos de terminais, devido serem as ofertas disponíveis, restrita ao padrão adotado pela operadora.

5. Competitividade – O setor de telecomunicações, devido a grande oferta de serviços e terminais, entrou em competitividade. Lista de espera de um ou mais anos, desapareceu completamente. Um mercado informal de vendas e aluguel de linhas telefônicas simplesmente sumiu de uma hora para outra, devido a crescente queda de preços dos terminais e dos serviços. A competitividade gerou a democratização dos serviços de telefonia celular, fazendo com que todas as camadas sociais se beneficiassem.

Segundo Chrispim Neto (2006), para entrar em operação as operadoras tiveram de tomar várias decisões estratégicas. Isto ocorreu tanto nas operadoras de Banda "A", quanto nas de Banda "B": A mais importante decisão foi à escolha do padrão de rede de telefonia. Em sua maioria, com exceção da Portugal Telecom (Vivo) de São Paulo (que adotou o CDMA), foi adotado o padrão americano de segunda geração IS 136 ou TDMA o que por si, aperfeiçoava sua utilização em relação ao AMPS (padrão analógico) usado pelas operadoras concorrentes. Este padrão estava sendo utilizada amplamente nos Estados Unidos e em franco crescimento de usuários, e na época, a indústria estava começando a ganhar escala de produção na fabricação dos terminais, havendo perspectiva de sua evolução no sentido de competir com o GSM 900, que era o padrão europeu de telefonia celular também em crescimento.

Ainda segundo Chrispim Neto (2006), em 1997 o mercado das redes com padrão GSM, apesar de expressivo, ainda era pequeno em escala global, com cerca de 50 milhões de assinantes em sua maioria, na Europa. Havia uma grande disputa pela predominância global dos padrões de telefonia, concentrado basicamente no IS136 – TDMA, IS95 CDMA e GSM 900/GSM1800. Foi a partir do ano de 1997 que o padrão GSM passou a tornar-se global, entrando também na Ásia, e passando a ser preferencial devido à escala de produção. O investimento feito no padrão IS 136 deveu-se, naquele período, a indefinição quanto à evolução das redes GSM e da influência das empresas americana que tinham comprado uma parte considerável das licenças licitadas pelo governo brasileiro. A estratégia pela opção pelo padrão TDMA mostrou-se com o tempo não ser a mais

adequada. Em 1999 o padrão foi considerado definitivamente descontinuado pelos fabricantes devido a sua similaridade com o GSM, mais barato, e as redes existentes tiveram que migrar para outro padrão: GSM1800 ou IS95 - 2000 CDMA. Assim os fabricantes de equipamentos de telecomunicações forçavam as operadoras de serviços de telecomunicações a mudar suas redes TDMA e trocarem todos seus aparelhos.

É interessante observar que as vantagens de uma migração para UMTS ocorrem na freqüência de 1.800 MHz devido às condições especificadas no padrão pelo ITU (TELECO - 2007). Neste contexto o governo brasileiro iniciou a licitação das autorizações do Serviço Móvel Pessoal (SMP) através da Resolução Nº. 316 de 27/09/2002, dispondo assim o espectro de 1.800 MHz para aquisição das operadoras e permitindo a devolução ou não de suas freqüências originais. Segundo a Lei Geral das Telecomunicações as empresas que quisessem explorar esta faixa do espectro deveriam devolver suas licenças ou adquirir licenças do Serviço Móvel Pessoal – Banda C, D ou E na faixa espectral de 1.800 MHz com áreas geográficas delimitadas conforme figura 2.4.

Fonte: TELECO, 2007.

Figura 2.4 Mapa com as áreas e delimitações geográficas de telefonia celular no SMP.

Uma diferença no modelo é que os contratos de SMC são de Concessão, enquanto os contratos do SMP são de Autorização (TELECO - 2007). A operadora de SMC cursa o tráfego de longa distância para seus clientes através da operadora de LDN ou LDI de sua

escolha. Para isso foi introduzido no SMP o código de seleção de prestadora de forma semelhante ao STFC ou sistema Fixo, onde o cliente escolhe chamada a chamada, a operadora de LDN/LDI de sua preferência. Similarmente ao STFC há uma obrigação de cumprimento dos indicadores de qualidade determinados pelo Plano Geral de Metas de Qualidade da ANATEL, aplicável a todas as prestadoras do SMP, que inclui sanções pelo seu descumprimento. Neste contexto o mercado foi redesenhado em relação a 1997, onde houve uma redução dos números de empresas através de compras e fusões. Com as aquisições das autorizações para o SMC houve uma reavaliação das estratégias das empresas e as redes de telefonia celular foram mudando do TDMA para o GSM. O mercado ficou com grandes empresas nacionais que competem intensamente.

Segundo Chrispim Neto (2006), a entrada do GSM tornou o padrão predominante o que levou a uma pressão na maior operadora do país, a VIVO, que usava o CDMA. Por falta de demanda do padrão e o preço alto dos terminais, que forçava o subsídio e interferia nos seus resultados financeiros, a empresa optou por sobrepor sua rede CDMA por GSM em junho de 2006, o que foi uma vitória do padrão GSM, pois, a Vivo era uma das maiores operadoras CDMA do mundo e sua mudança para o GSM atesta a hegemonia deste padrão.

2.4 O processo de fabricação dos Celulares

Segundo o Daydeal (2006), um aparelho ou terminal de celular possui três componentes elementares básicos: A Caixa ou Carcaça, a Placa Mãe e o Display.

A Caixa ou Carcaça é moldada por polímero termofixo, ao qual são acrescentados agentes retardadores de chama para proteger o usuário de uma eventual queimadura por um possível curto circuito. Possui formas e tamanhos variáveis de acordo com o modelo. A Placa Mãe é um compósito de material termofixo e um material fibroso, laminado em camadas e recoberto por microvias de cobre com terminais em platina, ouro ou prata em sua superfície. Sobre a placa é litografado o circuito base da placa que conectará os componentes eletrônicos que são soldados com uma liga de chumbo e estanho. Os "*microchips*" ou microprocessadores são pastilhas em forma de "*waffer*" de silício, dopados com um átomo (variável conforme o processo) como contaminante (Calister – 2002), que permite a criação de vias ou micro fios e a impressão de um circuito em sua superfície através de processo litográfico com alto grau de pureza. A pastilha é inserida em um compósito termofixo rígido e os terminais são feitos em cobre revestido por ouro. O

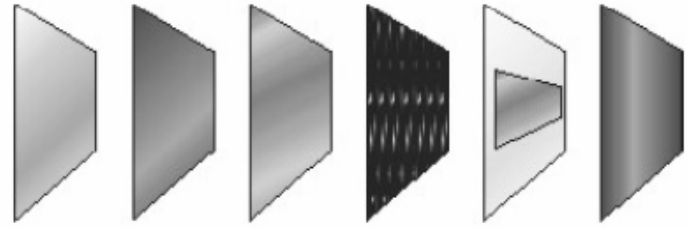
microchip é soldado na Placa Mãe, bem como os demais componentes eletrônicos, tais como resistores, transistores, etc. Também são afixados à Placa Mãe os alto-falantes, o microfone, a câmera digital, os suportes para "*Sim Card*", os conectores para contato com a bateria, o display e o teclado, conforme podemos ver na figura 2.5.

Fonte: Daydeal. 2006.

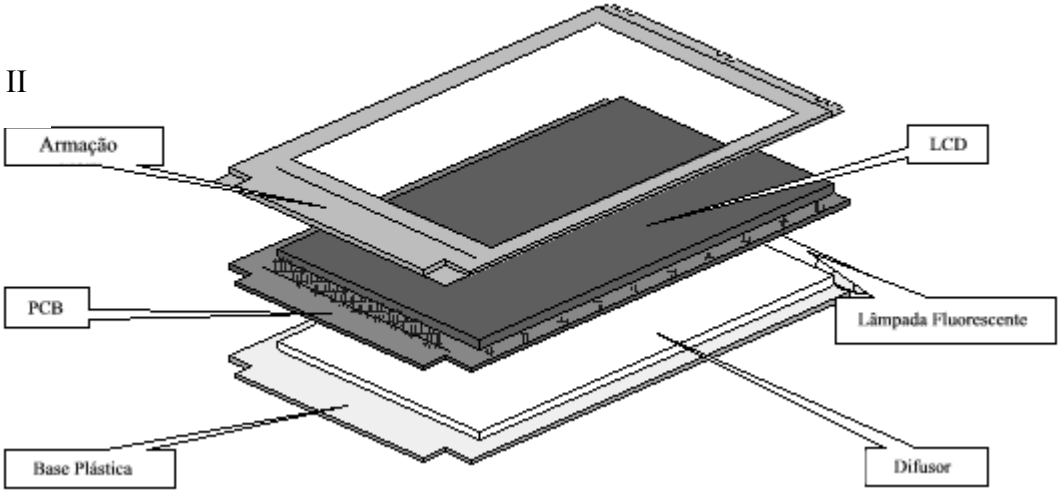
Figura 2.5 Diagrama básico das partes de um terminal celular.

O display conforme apresentado na figura 2.6 – I; é um sanduíche formado por (A) um espelho reflexivo na parte posterior em uma placa de vidro, (B) um filme polarizador na parte de baixo e um (C) eletrodo plano comum fabricado com óxido de irídio na superfície, acima do eletrodo (D) o polímero de cristal líquido; em seguida outra (E) placa de vidro com outro eletrodo no formato retangular do display e sobre ele outro (F) filme polarizador. Este sanduíche é montado em uma estrutura rígida e conectado os elementos de iluminação (figura 2.6 – II). Todo o conjunto é afixado junto com os outros componentes à Placa Mãe do terminal.

I



II



Fonte: I – TYSON, 2006. II - Austrália Department of the Environment and Heritage, 2000.

Figura 2.6 Diagrama básico de um LCD ou Display de Cristal Líquido.

O processo de montagem possui duas etapas:

1. A montagem da Placa Mãe.
2. A montagem do Terminal.

Conforme apresentado pelo Daydeal - 2006, no primeiro processo faz-se a fixação através de soldagem de todos os componentes que ficarão fisicamente ligados a Placa Mãe, de acordo com o projeto e o layout da placa. No segundo, são inseridos na Caixa Posterior e fixados por parafusos, a Placa Mãe, o Display e os demais componentes acessórios, como o microfone, auto-falante e câmera. Há possibilidade de acordo com o fabricante para que sejam protegidos os componentes com uma blindagem metálica. Em seguida é colocado o teclado de borracha e sobre o mesmo é fixada a parte superior da Caixa. Em seguida a Bateria é presa à Caixa normalmente na parte posterior e finalmente é fixado um painel plástico para cobrir a bateria.

2.5 Elementos nocivos dos Celulares

O telefone celular apresenta uma expressiva demanda de uso global. Este fato combinado com a rápida capacidade de tornar-se obsoleto, devido a seu funcionamento ou ao desenvolvimento de novas características e funcionalidades, está criando um grande e significativo volume de resíduos, proporcionando um problema de poluição global sério e preocupante do ponto de vista da disposição final e reciclagem.

De acordo com o relatório da Basel Action Network (2004), em um estudo feito pela universidade da Flórida – EUA, a composição média do aparelho de telefone celular, contém 45% de plástico, 40% placa de circuito impresso das placas mãe, 4% de cristal líquido do display, 3% de placas de magnésio e 8% de metais diversos. Estes dados não incluem a bateria. Muitos destes materiais são substâncias tóxicas, como apresentado na figura 2.7 e conforme informa a Agência Ambiental Norte-Americana – US-EPA, apresentando elementos com chumbo, cobre, brominatos retardantes de fogo, berilo, cromo hexavalente, cádmio, prata, ouro, níquel e traços de outros metais.

Fonte: Grass Roots Recycling Network, 2006.

Figura 2.7 Celular desmontado e seus principais contaminantes.

2.5.1 Toxicos bioacumulativos persistentes

Muitos materiais encontrados nos aparelhos telefônicos celulares são classificados pela US-EPA (2006), como os tóxicos bioacumulativos persistentes ou Persistent

Bioaccumulative and Toxic – PBT´s , como por exemplo, chumbo, cádmio, brominatos retardantes de chama, berilo, mercúrio, cromo e cobre.

Os PBTs são substâncias químicas que são poluentes e tóxicos. São particularmente perigosos por serem persistentes no ambiente e não degradarem, sendo bioacumulativos na cadeia alimentícia, e assim, colocam em risco a saúde humana e dos ecossistemas. A preocupação maior dos PBT´s são decorrentes da sua capacidade de facilmente se mover entre o ar, água e o solo, resultando na acumulação nos organismos vivos, que são o seu ponto original de poluição.

Segundo Baird (2002):

> *"... algumas substâncias experimentam o fenômeno da biomagnificação: suas concentrações aumentam progressivamente ao longo da cadeia alimentar ecológica".*

O US-EPA citado pelo relatório da Basel Action Network (2004) completa dizendo:

> *"PBTs são associados com uma gama de efeitos adversos a saúde humana, incluindo danos ao sistema nervoso central, problemas no desenvolvimento e no sistema reprodutivo, câncer e impactos genéticos. As crianças são populações particularmente sensíveis a este impacto".*

Eles estão listados no anexo 1 da convenção da Basiléia, além de ser de uso restrito pela Diretiva de Restrições de Substâncias Perigosas da União Européia (RoHS).

2.5.2 Chumbo

Segundo a Basel Action Network (2004), o chumbo está no ranking número um de prioridade da agência ambiental americana a US-EPA, e, faz parte da lista de tóxicos bioacumulativos persistentes, sendo amplamente usado na fabricação de eletrônicos como método primário de fixação de componentes ao circuito impresso. O chumbo é um dos mais antigos tóxicos próximos ao homem e ao meio ambiente, é um contaminante que causa diversos impactos no ecossistema, principalmente em sua forma iônica.

Conforme apresentado por Moreira et al (2004), o chumbo é um elemento tóxico não essencial que se acumula no organismo. Na sua interação com a matéria viva, o chumbo apresenta tanto características comuns a outros metais pesados quanto algumas peculiaridades. Como este metal afeta virtualmente todos os órgãos e sistemas do organismo, os mecanismos de toxicidade propostos, envolvem processos bioquímicos fundamentais, que incluem a habilidade do chumbo de inibir ou imitar a ação do cálcio e

de interagir com proteínas. Em níveis de exposição moderada (ambiental e ocupacional), um importante aspecto dos efeitos tóxicos do chumbo é a reversibilidade das mudanças bioquímicas e funcionais induzidas. A toxicidade do chumbo resulta, principalmente, de sua interferência no funcionamento das membranas celulares e enzimas, formando complexos estáveis com ligantes contendo enxofre, fósforo, nitrogênio ou oxigênio (grupamentos –SH, $–H_2PO_3$, $–NH_2$, –OH), que funcionam como doadores de elétrons. As interações bioquímicas do chumbo com grupamentos –SH são consideradas de grande significado toxicológico, visto que, se tal interação ocorrer em uma enzima, sua atividade pode ser alterada e resultar em efeitos tóxicos. O chumbo também possui alta afinidade com as aminas e os aminoácidos simples. A estabilidade dos complexos de chumbo aumenta com o número crescente de sítios ligantes e com espaçamentos ótimos.

Ainda segundo Moreira et al (2004), os efeitos biológicos do chumbo são os mesmos qualquer que seja a rota de entrada (inalação ou ingestão), uma vez que há interferência no funcionamento normal da célula e em inúmeros processos fisiológicos. As maiores concentrações de chumbo são encontradas nos ossos, porém os primeiros efeitos adversos da exposição ao metal não são aí observado. O sistema nervoso, a medula óssea e os rins são sítios críticos na exposição ao chumbo, enquanto que os distúrbios na função do sistema nervoso e os desvios na síntese da heme são considerados como efeitos tóxicos críticos. Os efeitos sobre o sistema nervoso ocorrem sempre que os níveis de chumbo no sangue (Pb-S) forem da mesma ordem de grandeza daqueles que alteram a síntese da heme. Por isso, os distúrbios na biossíntese da heme servem como "indicador metabólico" para a detecção precoce de exposição perigosa ao chumbo antes do aparecimento de sintomas clínicos. O conjunto de órgãos mais sensível ao envenenamento por chumbo é o sistema nervoso, sendo que a encefalopatia é um dos mais sérios desvios tóxicos induzidos pelo chumbo em crianças e adultos. Além da ausência de um limite preciso, a toxicidade do chumbo na infância pode ter efeitos permanentes, tais como menor quociente de inteligência, deficiência cognitiva e danos fisiológicos persistentes. O chumbo é possivelmente cancerígeno. É acumulativo no ambiente e no homem, produzido efeitos bastante altos em potência e agudos em microorganismos, plantas e animais.

A doença provocada pelo chumbo é o saturnismo ou plumbismo.

2.5.3 Brominatos retardantes de chamas em Plásticos

Segundo Baird (2002), os brominatos retardantes de chamas, ou BRC - são produtos sintéticos criados através da mistura de benzeno aquecido até cerca de 750 °C com a presença de chumbo como catalisador para formar a bifenila, no qual, dois anéis de benzeno encontram-se unidos por uma ligação simples formada por dois átomos de carbono que perderam seus átomos de hidrogênio. Em reação com cloreto férrico como catalisador, alguns dos átomos de hidrogênio são substituídos por cloro produzindo as "*Polychlorinated Biphenyls*"– Bifenilas Policloradas ou PCB's. Estes constituem uma quantidade muito utilizada de produtos em forma de óleos líquidos e ceras sólidas, devido as suas propriedades de não inflamabilidade, estabilidade química, altos ponto de fulgor e propriedades elétricas isolantes.

Segundo Baird (2002), os brominatos retardantes de chamas, são encontrados em plásticos como agentes plastificantes, isto é, agentes usados para conseguir uma maior flexibilidade em outro material, como o PVC, plásticos domésticos, circuito impresso e caixa de telefones celulares para prevenir a inflamabilidade. Um número diferente de brominatos são usados na eletrônica, e, vários deles, causam danos à saúde de seres humanos, animais e ao meio ambiente. O PVC é usado nos cabos e caixas, no entanto, há uma tendência de substituição pelo plástico ABS. Os cabos PVC como os "flats" usados para conectar os displays à placa mãe dos celulares, são empregados pelas suas propriedades de retardantes contra o fogo; mas há preocupações de que, uma vez em fogo, a fumaça dos PVC pode colocar em risco as pessoas e, por esta razão, há pressões para trocar por formas alternativas, razões estas motivadas por segurança.

Segundo Penteado (2001) estima-se que devido ao grande emprego de PCBs a produção mundial acumulada foi de aproximadamente 1.200.000 toneladas. Deste total, cerca de 60% foram utilizados em transformadores e capacitores, 15% para fluídos de transferência de calor e 25% como aditivos na formulação de plastificantes, tintas, adesivos e pesticidas. Pode-se estimar que cerca de 40% (300.000 toneladas) entrou para o ambiente desde 1920 e que grande parte do restante ainda está em uso, principalmente em equipamentos eletro-eletrônicos.

Segundo Commission of The European Communities – 2000 o PVC é um plástico que contribui entre 38% e 66% do cloro liberado nos processos de incineração, sendo que esta queima gera dioxinas e furanos – a Agência Internacional de Pesquisa do Câncer

(IARC) considera que as dibenzo-p-dioxinas policloradas, bem como os dibenzofuranos policlorados representam possíveis riscos carcinogênicos para os seres humanos.

Segundo o US-EPA (2007), com o uso de brominatos retardantes de chamas foi demonstrado uma variedade de reações adversas para a saúde, como câncer em animais, sérios efeitos no sistema imunológico, reprodutivo, nervoso, endócrino e outros efeitos. Estudos em seres humanos dão evidências que os BRC's são agentes carcinogênicos, como o Polibrominato Difenil Éter - PBDEs onde várias observações científicas têm demonstrado que pode agir como disruptor endócrino. Há indícios que os brominatos são tóxicos bioacumulativos persistentes devido a sua estabilidade química e quando depositadas em aterro sanitário são lixiviadas pelas águas.

São os seguintes os principais brominatos e uso conforme apresentado pela Basel Action Network (2004):

1. Hexa Bromo Ciclodecano (HBCD)

2. Polibrominato Bifenil (PBBs)

3. Polibrominato Difenil Éter (PBDEs)

4. Tetra Bromo Bifenol (TBBP-A)

Segundo Penteado (2001) a entrada dos PCBs na cadeia alimentar é devida principalmente as suas propriedades físico-químicas. Estes podem sofrer ao longo da cadeia alimentar, um processo de bioconcentração e biomagnificação. Bioconcentração é o mecanismo pelo qual ocorre acúmulo do contaminante resultante da absorção e eliminação simultâneas. Biomagnificação resulta do processo de acúmulo da concentração do contaminante nos tecidos dos organismos vivos na passagem de cada nível trófico da cadeia alimentar. O potencial de biomagnificação do contaminante na cadeia trófica é determinado pela lipoficidade dos congêneres de PCBs, pela estrutura e pela dinâmica da cadeia alimentar onde a concentração do contaminante aumenta com o nível trófico. Espécies predadoras apresentam tendência a altos fatores de bioacumulação de PCBs em relação a suas presas. Deste modo o homem, por ocupar o topo da cadeia trófica, está sujeito a um maior risco de exposição a estes contaminantes que, quando presente nos alimentos consumidos encontra-se em concentrações 100 vezes superiores as das encontradas em águas. Esse acúmulo de contaminantes nos tecidos dos organismos ocorre através de qualquer via, incluindo: ingestão e contato direto com a água, alimento e

sedimento contaminado. Isso faz com que a alimentação esteja entre os principais meios de exposição de PCBs para o homem, embora existam outras rotas de exposição

Baird (2002) explica que quando em processo de incineração incompleta, há produção de material tóxico como cobre, dioxínas e furanos. Isto acontece quando a incineração é feita em baixas temperaturas, como é comum em países em desenvolvimento, onde a incompleta combustão é comum devido à falta ou ao uso inadequado, de plantas de incineração para resíduos sólidos quando estas existem. A presença dos retardantes de fogo nos plásticos torna a reciclagem perigosa e difícil. Os Polibrominato Difenil Éter - PBDE formam o altamente componente tóxico Polibrominato Dibenzo Furano - PBDF e Polibrominato Dibenzo Dioxina - PBDD, durante o processo de extrusão, que é parte do processo de reciclagem de plástico. Como conseqüência, a indústria química alemã suspendeu a produção de tais componentes químicos, 1986.

É importante observar que por causa de seus efeitos tóxicos, não se permite à substituição de um composto de brominatos por outro, pois, não resolve o problema do ponto de vista ambiental.

2.5.4 Cromo

É um metal que ocorre em solos, rochas, também se encontra em cultivos e como elemento remanescente em solos agrícolas.

Segundo Barros (2005), normalmente está presente na forma trivalente (Cr^{3+}) e hexavalente (Cr^{6+}). Na primeira forma, no átomo de cromo faltam três elétrons enquanto na segunda forma faltam seis. O Cromo normalmente presente na natureza é o trivalente e ele é um elemento essencial à nutrição humana. A deficiência de ingestão deste elemento provoca distúrbios relacionados ao metabolismo da glicose já que este age como potencializador da insulina. Da mesma forma, em seres humanos, já foram observados casos de diminuição do metabolismo da glicose em crianças mal-nutridas e em pessoas de meia idade, além de desenvolvimento de doenças cardiovasculares. Em certas condições o Cromo trivalente pode se converter na outra modalidade. Esta forma hexavalente representa o estado mais estável do elemento depois do trivalente, é um metal cancerígeno que pode facilmente passar através de membranas das células, sendo facilmente absorvido, produzindo diversos efeitos tóxicos dentro das células. Pode causar fortes reações alérgicas, mesmo em pequenas concentrações, tendo como exemplo a bronquite asmática. Esta diferença de toxidade pode ser justificada pelo fato do Cr^{6+} penetrar através da

membrana celular com muita facilidade e ser um agente oxidante muito forte podendo até mesmo, interagir com constituintes da célula, inclusive material genético.

Segundo o US-EPA (2006), uma forma conhecida de contaminação é através da inalação em ambientes industriais de exposição contínua, sendo responsáveis por altas taxas de incidência de câncer pulmonar e no trato gastrintestinal. Há evidências que o cromo hexavalente possa ser também um agente mutagênico. Além disso, os compostos do cromo hexavalente são também tóxicos para o meio ambiente. A sua incineração resulta na geração de finas partículas metálicas aéreas em suspensão, de onde o cromo se despreende, havendo por isso uma concordância geral entre os especialistas que equipamentos contendo cromo não deveriam ser incinerados.

2.5.5 Berilo

Outro elemento que ocorre em telefones celulares é o berilo, presente usualmente em uma liga em forma de amálgama de cobre-berilo que incrementa a flexibilidade e resistência em componentes que precisam das propriedades flexível e elástica.

Conforme Capitani (2006), um dos vários riscos na ocorrência de berilo ocorre na manufatura e em fábricas de reciclagem, onde as finas partículas metálicas são inaladas. Do ponto de vista histopatológico a doença pulmonar crônica pelo berílio ou Berilose, é caracterizada por pneumonia intersticial com granulomas não caseosos, com intensa proliferação histiocitária, linfocitária e plasmocitária, com presença de células gigantes e corpos conchóides de Schaumann, com variados graus de fibrose, dependendo do tempo de doença. A história de exposição ao berílio é critério básico na sua definição diagnóstica.

2.5.6 Cádmio

Conforme Baird (2002) o Cádmio é um elemento do mesmo subgrupo da tabela periódica que o zinco e mercúrio, sendo mais similar ao primeiro. Como no caso do zinco, o seu único íon comum é a espécie Cd^{2+}.

Rocha et al (2006) afirma que em condições normais de temperatura, o Cádmio é um produto estável. Oxida-se lentamente ao ar com a umidade. Este metal é muito atacado pelos ácidos, mesmo pelos mais fracos, como por exemplo, os ácidos orgânicos dos alimentos. Os sais daí resultantes são tóxicos. Os compostos do Cádmio, nomeadamente o clorato e o bromato podem causar explosões sob aquecimento, por choque ou por contato com materiais redutores. A emissão de Cádmio para o ambiente é mediante a incineração

de plásticos e outros materiais que os utilizem como pigmento ou estabilizante. Sua principal via de absorção é a inalação em meios ricos em finas partículas metálicas e poeiras de cádmio. Uma simples exposição a elevadas concentrações de óxido de cádmio pode causar graves irritações pulmonares ou mesmo a morte. O Cádmio é encontrado em plásticos e componentes presentes na placa mãe dos celulares.

White (1995) apud Rocha et al (2006) relata que o homem tem sido alvo de exposição à contaminantes que colocam em risco sua qualidade de vida interferindo em sua saúde e sobrevivência; Brzózka e Moniuszko (1997), informam que o Cádmio é um dos venenos profissionais e ambientais mais perigosos; o conteúdo de Cádmio na dieta alimentar tem relação muito estreita com a absorção do metal pela via gastrintestinal e por conseqüência o acúmulo no organismo.

2.5.7 Cobre

Conforme apresentado por Dichi (1991) o Cobre (Cu) cobre é cofator essencial de várias metaloenzimas envolvidas em reações químicas responsáveis por uma série de funções biológicas importantes tais como produção de energia (citocromo e oxidase), inativação e radicais livres (superóxido dismutase), oxidação do ferro orgânico (ferro oxidase), síntese de catecolaminas (dopamina Beta oxidase), maturação do colágeno-elastina (lisil oxidase), síntese de melanina (tirosina hidroxilase) e síntese de hemoglobina. Assim como o ferro, o cobre participa das reações de óxido-redução como doador de prótons. É, portanto, um mineral essencial ao funcionamento do nosso organismo.

Segundo a Associação Brasileira de Medicina Complementar (2006), a intoxicação por cobre pode ocorrer devido à contaminação de cobre na água, absorção através da pele e níveis insuficientes de elementos que competem com o cobre nos locais de absorção intestinal como o zinco e o molibdênio. Na deficiência de zinco, geralmente o cobre encontra-se aumentado. Como o cobre deposita-se preferencialmente no cérebro e no fígado os sintomas encontrados são inicialmente decorrentes do comprometimento destes dois órgãos. Sintomas do excesso de cobre ligados as alterações cerebrais incluem: distúrbios emocionais, depressão, nervosismo e irritabilidade, sintomas semelhantes aos do mal de Parkinson e alterações semelhantes à esquizofrenia e a outros distúrbios psiquiátricos. Outras alterações ligadas ao excesso de cobre: fadiga, dores musculares e nas juntas, anemia hemolítica, queda de vitamina A, necrose hepática, icterícia e lesão renal. Além disso, o aumento de cobre está associado ao aumento de radicais livres.

O Cobre é amplamente usado nas placas de circuito impresso.

2.5.8 Mercúrio

Segundo Nascimento e Chasin (2001), o mercúrio é um metal pesado de aspecto argênteo, inodoro, que, normalmente, é encontrado em dois estados de oxidação. Na sua forma elementar é um líquido denso, prateado, nas condições normais de temperatura e pressão. As formas nas quais pode ser encontrado são: mercúrio metálico (Hg^{o}), mercúrio (I) e mercúrio (II), nas quais os átomos perdem um ou dois elétrons, respectivamente, formando o mercúrio mercuroso ($Hg2^{++}$),e o mercúrio mercúrico (Hg^{++}). Estes dois últimos, mercuroso e mercúrico, formam diversos compostos químicos orgânicos e inorgânicos. Os compostos formados a partir do mercúrio (II) são mais abundantes que aqueles formados a partir do (I) e são encontrados na forma de cloretos, nitratos e sulfatos.

Ainda segundo Nascimento e Chasin (2001) o mercúrio forma uma classe de inegável importância que é a dos organomercuriais, ligados a pelo menos um átomo de carbono originando compostos do tipo RHgX e RHgR', onde R e R' representam radicais orgânicos e X uma variedade de ânions. A ligação Hg-C é quimicamente estável e não se rompe em meio aquoso contendo ácidos e bases fracos. Os R e R' são, freqüentemente, radicais alquila, fenila e metoxietila. Os compostos contendo radicais X, na forma de sulfato e nitratos, tendem a ser solúveis na água, enquanto o cloreto forma compostos de maior lipossolubilidade.

Segundo Cardoso (2002), o mercúrio é considerado um poluente de alto risco, sendo regulado pela US-EPA. A preocupação a respeito da poluição do mercúrio surge dos efeitos à saúde decorrentes da exposição por mercúrio metilado (que é extremamente tóxico) encontrado na água e alimentos aquáticos. Segundo o autor, de acordo com estudos recentes estima-se que exista de 6.000 a 10.800 tons de mercúrio na troposfera e nas massas de água, respectivamente. O mercúrio inorgânico pode ser convertido em metilmercúrio e dimetilmercúrio pela ação de microorganismos (bactérias metanogênicas), particularmente nos sedimentos. A biotransformação do mercúrio inorgânico em metilmercúrio representa um sério risco ambiental visto que ele se acumula na cadeia alimentar aquática por um fenômeno chamado biomagnificação, portanto, por ter a capacidade de permanecer por longos períodos nos tecidos do organismo, este elemento poderá ser encontrado nos peixes predadores da extremidade da cadeia em concentrações elevadas, culminando, finalmente, no regime alimentar dos humanos.

Cardoso (2002) afirma que o sistema nervoso central é o alvo principal do metilmercúrio, onde afeta, principalmente, áreas específicas do cérebro, como cerebelo e lobos temporais. A intoxicação por metilmercúrio se caracteriza por ataxia (perda da coordenação dos movimentos voluntários), a disartria (problemas nas articulações das palavras), a parestesia (perda da sensibilidade nas extremidades das mãos e pés e em torno da boca), visão de túnel (constrição do campo visual) e perda da audição. Os primeiros sintomas afetam geralmente a região perianal e aparecem alguns dias após a exposição. Uma contaminação severa pode causar cegueira, coma e morte. O período médio de latência varia, freqüentemente, de 16 a 38 dias. O metil-mercúrio causa danos crônicos ao cérebro.

É estimado de que boa parte do consumo mundial de mercúrio é usada na fabricação de equipamentos elétricos e eletrônicos. Seu uso pode ser encontrado nos telefones celulares em Display de LCD, sensores de posição, chaves e relés. O mercúrio é também usado em baterias e placas de circuito impresso. Embora a quantidade seja muito pequena para cada um destes componentes.

2.6 Toxidade dos Telefones Celulares

Embora haja agora uma nova fase de urgência para a retirada do chumbo em eletrônicos nos países industrializados, o US-EPA (2006) estima que a solda existente nas placas de circuito impresso, descartado em 2005 dos telefones celulares, foi de aproximadamente 130 milhões de peças, que geraram o equivalente a 46,5 toneladas de chumbo descartado.

Um trabalho divulgado pela Basel Action Network (2004) informa que o US-EPA financiou estudos para o desenvolvimento do método para caracterização e quantificação do chumbo em mais de doze diferentes tipos de dispositivos eletrônicos. O trabalho foi realizado pela Universidade da Flórida que testou oito tipos de metais.

Foi feito investigações utilizando o método TCLP e o TCLP modificado para obtenção do nível de metais encontrado na lixiviação de telefones celulares e outros dispositivos eletrônicos conforme a tabela 2.1. Foram apresentados resultados de apenas quatro metais (Cobre, Ferro, Chumbo e Zinco). Nesse estudo foram testados 53 modelos de telefones celulares comuns sem baterias, após serem fragmentados em diâmetros próximos a 0,95 cm.

Tabela 2.1: Resultado do teste TCLP da Universidade da Flórida.

				Concentração da Lixiviação do Metal em mg/L				
Amostra	**Fabricante**	**Modelo/Ano**	**Método ***	**PH**	**Cu**	**Fe**	**Pb**	**Zn**
1	Motorola	SWF4018DF J 160017B	Mod.	4,9	0,01	43,0	141,0	6,0
2	Motorola	80148WNBEA	Mod.	5,0	0,11	87,0	115,0	0,4
3	Sprint	QCP-2700	Mod.	5,0	0,00	5,0	1,5	17,3
4	Motorola	SWF2049A H7 41843A4C	Mod.	4,9	0,01	6,0	1,6	3,0
5	Texas Inst	TI-36X Calculator	Mod.	5,0	0,04	1,0	0,8	1,0
6	Ericsson	CR768	Mod.	5,0	1,16	4,0	115,0	19,0
7	Nokia	2120	Mod.	6,3	0,00	2,0	0,1	12,0
8	Nokia (b)	5160	Mod.	4,9	0,03	9,0	11,0	20,3
9	Nokia (p)	5160	Mod.	5,0	0,01	2,0	2,0	18,3
10	Motorola	Piper 34106NNDPA/1996	Mod.	4,9	0,00	107,0	14,0	4,5
11	Motorola	Piper 34106NNDPA/1996	Mod.	4,9	0,00	93,0	15,0	4,0
12	Motorola	Piper 34106NNDPA/1996	Mod.	4,9	0,00	119,0	17,0	4,1
13	Motorola	Piper 34106NNDPA/1996	Mod.	4,9	0,00	113,0	17,0	2,7
14	Motorola	Piper 34106NNDPA/1996	Mod.	4,9	0,00	125,0	15,0	3,1
15	Motorola	Piper 34106NNDPA/1996	Mod.	4,9	0,00	111,0	16,0	0,3
16	Motorola	Piper 34106NNDPA/1996	TCLP	4,9	0,00	109,0	20,0	3,5
17	Motorola	Piper 34106NNDPA/1996	TCLP	4,9	0,01	109,0	21,0	4,1
18	Motorola	Piper 34106NNDPA/1996	TCLP	4,9	0,01	97,0	16,0	3,1
19	Motorola	Piper 34106NNDPA/1996	TCLP	4,9	0,01	94,0	17,0	3,1
20	Motorola	Piper 34106NNDPA/1996	TCLP	4,9	0,00	105,0	20,0	3,3
21	Motorola	Piper 34106NNDPA/1996	TCLP	4,9	0,00	83,0	18,0	2,5
22	Ericsson	DF688/1997	TCLP	5,5	0,01	7,0	4,0	4,0
23	NEC	MP5G1A-1A/1996	TCLP	5,4	0,02	4,0	3,0	7,0
24	Nokia	2160 EFR	TCLP	8,8	0,00	0,1	0,0	0,2
25	Ericsson	KH668(2)/1997	TCLP	5,6	0,08	14,0	16,0	7,7
26	Nokia	3390	TCLP	5,0	0,82	56,0	60,0	18,9
27	NEC	DM2100 MP5G1B1-1A	TCLP	8,4	0,01	0,1	0,0	0,0
28	Nokia	5120i	TCLP	5,0	0,08	56,0	16,0	16,0
29	Motorola	Piper 76362NNDBA/1995	TCLP	5,1	0,00	121,0	30,0	3,1
30	Mitsubishi	G100e/1996	TCLP	5,1	0,00	20,0	21,0	15,4
31	Qualcomm	QCP-820(2)	TCLP	5,2	0,03	147,0	12,0	25,1
32	Ericsson	KH688/1997	TCLP	5,4	0,01	17,0	1,1	7,3
33	Qualcomm	QCP-820(1)	TCLP	5,0	0,00	0,6	1,5	20,5
34	Nokia	6160/1997	TCLP	5,0	0,22	0,3	32,0	12,8
35	Nokia	2180/1995	TCLP	9,0	0,00	0,0	0,0	0,1
36	NEC	TR5E800-26B Portable	TCLP	5,0	0,02	0,1	65,0	2,4
37	Motorola	FR50/2001	TCLP	5,0	0,01	0,3	6,0	85,0
38	Nokia	918+	TCLP	8,4	0,00	0,0	0,0	0,1
39	LGIC	LGP-2300W	TCLP	5,0	0,13	0,2	23,0	5,4
40	Nokia	6160i	TCLP	5,0	0,17	0,3	31,0	13,4
41	Nokia	6160(2)/1997	TCLP	5,0	0,06	0,4	16,0	19,6
42	NEC	MP5AF4-1APortable/1995	TCLP	5,0	0,10	0,1	61,0	15,1
43	Motorola	Micro Elite TAC Lite II	TCLP	5,0	0,00	21,0	21,0	8,3

44	Motorola	Ultra Classic	TCLP	5,0	0,00	0,1	24,0	1,6
45	Motorola	Profile 300	TCLP	5,0	0,09	69,0	35,0	0,7
46	Motorola	76254NNFDA/1991	TCLP	4,9	0,35	6,0	47,0	1,5
47	Motorola	Micro TAC Elite(2)	TCLP	5,0	0,03	59,0	13,0	6,8
48	Motorola	Micro TAC Elite	TCLP	5,0	0,05	78,0	18,0	5,8
49	Qualcomm	QCP-820(3)	TCLP	5,0	0,00	74,0	1,4	10,7
50	Motorola	F09HLD8415BG/1991	TCLP	5,0	0,00	23,0	48,0	15,7
51	Motorola	F09HGD8467CG/1989	TCLP	5,0	0,06	20,0	40,0	1,5
52	Motorola	34106NNRSA/1995	TCLP	5,0	0,01	66,0	19,0	6,0
53	Nokia	2160EFR(2)/1994	TCLP	4,9	0,00	1,7	0,3	7,8
Média	**GERAL**				0,07	43,14	23,76	9,08
	TCLP				0,06	38,40	20.46	9,61
	TCLP	**Modificado**			0,09	55,13	32,13	7,73

Fonte: Basel Action Network - 2004. * **TCLP** indica o Método Padrão. **Mod.** Indica o TCLP Método Modificado

O estudo mostrou que o valor médio da lixiviação de chumbo foi de 20,46 mg/L e que 37 entre 53 exemplares excederam o nível de toxidade exigido pela Legislação Federal Americana de 5 mg/L, e, em níveis muito acima do aceitável por legislações de outros países. Usando o método TCLP modificado obteve-se o valor médio de 32,13 mg/L, mostrando que 10 entre 15 exemplares tinham concentração acima do permitido pela legislação federal americana.

Os dados mostram que apenas analisado pelo metal chumbo, um celular é tóxico o bastante para se preocupar. O valor médio excedeu em 400% o limite da legislação americana, sem bateria, o que mostra um elevado potencial de contaminante no equipamento.

2.6.1 A liberação de produtos tóxicos através da incineração

Conforme o SBRT (2006), o fluxo de lixo originário de equipamentos eletrônicos e elétricos (WEEE) contribui de forma significativa para a quantidade de metais pesados e substâncias halogênicas (cinco substâncias não metálicas e quimicamente relacionadas - o flúor, cloro, bromo, iodo, e astato). Por causa da variedade de substâncias diferentes encontradas juntas no material descartado, a incineração dos mesmos é particularmente perigosa, pois, um pode reagir com o outro. Isto é bastante preocupante na medida em que os retardantes de fogo com brominados, quando incinerados a baixa temperatura, (600-800°C) podem levar à geração dos extremamente tóxicos polibrominato dibenzo dioxina (PBDD) e o polibrominato dibenzo furano (PBDF). Quantidades significantes de PVC estão contidas no WEEE, fazendo com que a emissão de gases pelas chaminés se torne particularmente perigosas. A introdução do WEEE em incineradores resulta em altas

concentrações de metais, incluindo metais pesados nas cinzas em suspensão, gazes de chaminés e filtros. Mais de 90% do cádmio que é colocado nos incineradores é encontrado nas cinzas em suspensão, e mais de 70% do mercúrio é encontrado nos filtros. Os incineradores municipais são os maiores pontos de origem das dioxinas no meio ambiente dos Estados Unidos e Canadá e está entre os maiores pontos de origem da contaminação da atmosfera por metal pesado. A fusão de metais também pode apresentar perigos similares aos da incineração.

A melhor opção para eliminação do WEEE por incineração é em fornos de altas temperaturas ou através do processo de incineração por tocha plasma.

2.6.2 Os perigos do lixo eletrônico descartado em aterros sanitários

Conforme o SBRT (2006) é um fato conhecido de que os aterros sanitários vazam. Não podemos afirmar que, mesmo aqueles considerados mais modernos e mais seguros não irão apresentar, depois de certo tempo, vazamento de produtos químicos e metais, que irão se infiltrar no solo. Esta situação é muito pior nos aterros velhos ou lixões que são menos controlados e existe em locais com preparação inadequada este uso. O mercúrio irá se infiltrar quando certos equipamentos eletrônicos como interruptores de circuito forem destruídos. Quando os plásticos com retardantes brominatos ou contendo cádmio são descartados nos aterros sanitários, o PBDE e o cádmio podem se infiltrar no solo e nos depósitos fluviais. Há evidências que quantidades significativas de íons de chumbo são dissolvidas quando misturados com águas ácidas o que ocorre comumente nos aterros sanitários. Não é apenas a infiltração do mercúrio que provoca problemas.

Segundo Baird (2002) a vaporização do mercúrio metálico e o mercúrio dimetileno, ambos fazendo parte do WEEE, é também fonte de preocupação. Além disso, segundo o SBRT (2006), fogos não controlados podem ocorrer nos aterros sanitários com muita freqüência em muitos países. Quando expostos ao fogo a baixas temperaturas, metais e outras substâncias químicas em reação com os PCBs podem liberar as extremamente tóxicas dioxinas e furanos.

A gestão correta para uma disposição do e-Resíduos em solos seria utilizar aterros industriais Classe I.

Capítulo 3 - Material e Método

Neste capítulo são apresentados os procedimentos metodológicos adotados no estudo, como: tipologia da pesquisa, área de abrangência, dados obtidos, a análise dos dados e metodologia de avaliação documental.

3.1 Procedimentos metodológicos

3.1.1 Tipologia da Pesquisa

Segundo a estrutura metodológica esta pesquisa pode ser classificada quanto à natureza como aplicada, segundo Silva e Menezes (2001) objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática dirigidos à solução de problemas específicos, usando a abordagem quantitativa, pois, considera que tudo pode ser quantificável, o que significa traduzir em números opiniões e informações para classificá-las e analisá-las. Requer o uso de recursos e de técnicas estatísticas.

Do ponto de vista do objetivo ela é exploratória, pois, visa proporcionar maior familiaridade com o problema com vistas a torná-lo explícito ou a construir hipóteses. Conforme Gil (1999), a pesquisa exploratória tem como principal finalidade desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e idéias, tendo em vista, a formulação de problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores. É o tipo de pesquisa recomendada quando existe pouco conhecimento sobre o problema a ser pesquisado. Envolve levantamento bibliográfico; entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado e análise de exemplos que estimulem a compreensão.

De acordo com os procedimentos técnicos esta pesquisa é bibliográfica, pois se baseia a partir de material já publicado, e documental, porque fazem uso da análise de documentos publicados sem tratamento como leis e sítios na internet.

3.1.2 Área de Abrangência

O estudo avalia os assinantes de telefonia celular global e brasileiro, enfatizando os usuários da tecnologia GSM por corresponder a mais de 80% do mercado mundial de telefonia celular, no entanto, é feito correlação com outras redes visando avaliar melhor o mercado.

3.1.3 Dados obtidos

Os dados são de domínio público e foram obtidos a partir dos sítios na internet das agências das redes de telefonia celular. O estudo se concentrou nos dados obtidos pela GSM Association (2006) e na The CDMA Development Group (2006) que juntas representam 94% dos assinantes globais e pela ANATEL para a caracterização dos dados brasileiros. Foi efetuada uma comparação entre as tabelas obtidas visando selecionar os indicadores mais detalhados.

Para avaliação da estratégia adotada pelas empresas fabricantes de celular, foram escolhidas aquelas que representam à maioria dos celulares produzidos e representados pela: Nokia, Motorola, LG, SonyEricsson e Samsung

3.1.4 Análise dos dados e metodologia de avaliação documental

Neste estudo os dados coletados são considerados estatísticos não probabilísticos. Os critérios usados para agrupamento seguiram a classificação formalmente adotada pelo segmento de telecomunicações que classificam os assinantes por tipo de rede, área geográfica e empresas fabricantes.

Para avaliação documental foi adotado o modelo apresentado pela Biblioteca Chapel Hill da Universidade do Norte da Carolina (2004) que segue o seguinte método:

Credibilidade:

Este critério foi definido segmentando as empresas fabricantes mundiais de celulares, garantindo que as informações encontradas são as representações de suas ações institucionais.

Parcialidade (Bias):

Dependendo do objetivo do sítio na internet, a informação poderá ter um ponto de vista diferenciado. Para evitar desencontro de informações optamos por avaliar o sítio Coorporativo Global da Empresa focando no sítio sobre meio ambiente. Em caso da falta

de informação no sítio Coorporativo Global, efetivou-se a pesquisa nos sítios do Reino Unido e dos Estados Unidos da América.

Precisão:

Refere-se sobre se à informação apresentada é correta. Deve comparar com outras fontes procurando por contradições, verificando se existem citações ou bibliografia, se estão citadas corretamente, e finalmente, deve se verificar se existem explicações sobre os métodos de coleta de dados e materiais consultados.

Atualização:

Observar quando a página foi criada e atualizada.

Relevância:

Determinar se a informação está diretamente relacionada com o problema, avaliando o que é diretamente relacionado ao tópico e o que é mais periférico.

Para orientar esta fase foi criado o seguinte roteiro apresentado na tabela 3.1 a seguir:

Tabela 3.1: Roteiro utilizado para busca de documentos na rede Internet sobre a estratégia das empresas fabricantes de celulares, após a adoção da norma WEEE.

Sítio Coorporativo Global
Entrar no sítio corporativo Global da empresa
Checar se há informação sobre meio ambiente
Se Sim, ir para o link
Se Não, ir para Buscas. Usar a palavra chave Recycle (Reciclagem)
Checar se há indicações sobre reciclagem e retorno de celular nas buscas.
Se não achar informação refazer a busca com a palavra chave WEEE
Checar se há indicações sobre reciclagem e retorno de celular nas buscas.
Se não há, verificar indicações sobre o local do sítio ambiental da empresa.
Se não houver informações, repetir o roteiro no sítio da internet da empresa no Reino Unido e nos Estados Unidos da América.

Sítio Ambiental
Checar se há indicações sobre retorno de celular.
Se não há verificar indicações sobre política de resíduos sólidos.
Há objetividade na informação?
Há indicações de como fazer o retorno do celular?
Há indicações de como é feito o processo de reciclagem?
A navegabilidade é fácil?

Sítio no Brasil
Fazer o roteiro do sítio corporativo no sítio do fabricante no Brasil e verificar se há informações locais sobre reciclagem e retorno dos celulares.

Se até este ponto não foi possível encontrar informações sobre a reciclagem e o retorno de celulares, faça uma busca livre e conte a quantidade de cliques até se obter uma informação.

Capítulo 4 - Resultados e Discussão

Este capítulo tem por finalidade apresentar os resultados e discussões da pesquisa. Inicialmente será feita uma avaliação do comportamento do mercado global e nacional de celulares identificando as redes de maior demanda e os maiores fabricantes. Em seguida será avaliada qual o impacto que a norma WEEE provocou na indústria de celulares, que estratégia a indústria adotou para se adequar à norma e que técnicas de redução, reutilização e reciclagem podem ser adotada.

4.1 A situação presente do mercado de celulares

A situação do mercado global de celulares é de transição.

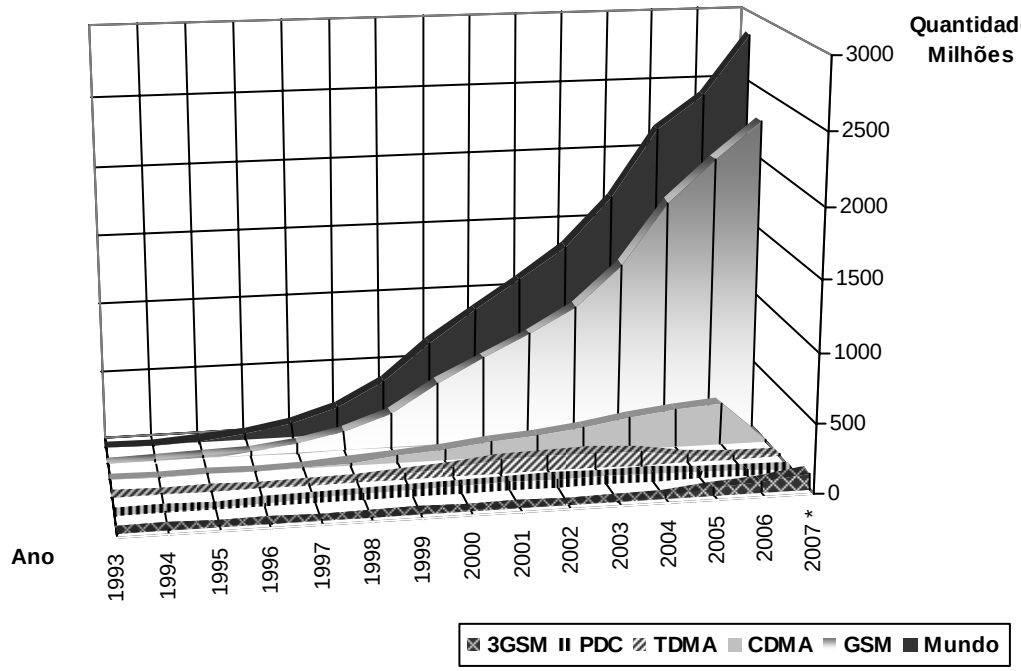
Há 10 anos a primeira geração de celulares era predominantemente o padrão AMPS e este passou pela primeira transição. Hoje há uma nova transição de redes TDMA e CDMA para o GSM. Dentro das redes GSM e CDMA, há transição de geração de rádios, passando as redes GSM por transições GPRS e EDGE e as CDMA por transição 1xRTT, CMA2000 1xEV-DO e CDMA2000 1xEV-DV, visando preparar à próxima geração de redes 3G.

O tamanho do mercado de telefonia celular pode ser observado na figura 4.1 e seu crescimento exponencial permite uma idéia de sua evolução.

As redes GSM são predominantes e hoje dominam plenamente o crescimento. A evolução para 3G será a nova transição que já está acontecendo em algumas partes do mundo, sobretudo em locais desenvolvidos como o Japão, Europa e a Coréia. Os dados do crescimento GSM na figura 4.1, mostram que o novo padrão para o UMTS baseado no 3GSM deverá ser predominante em alguns anos, uma vez que é a evolução natural do padrão.

Até o ano de 1997 havia uma indefinição sobre qual padrão de rede seria o dominante. Observa-se que nesta época houve as decisões estratégicas sobre que tipo de redes as novas empresas concessionárias do Serviço Móvel Celular brasileiro iriam adotar.

Quando observado o ano de 1997, é possível ver que o GSM já despontava como o padrão mais comercializado, no entanto, outros padrões como o TDMA e CDMA ainda estavam na disputa.



Fonte: GSM Association, Março 2007.

Figura 4.1 Número de assinantes de telefonia celular por tipo de rede até março de 2007.

Pesou na a adoção do TDMA três variáveis:

1. As empresas controladoras das concessionárias eram americanas.
2. O TDMA era um padrão largamente adotado nos Estados Unidos.
3. O GSM na época era predominantemente europeu.

Foi a partir de 1997 que o GSM começou a crescer de forma a se tornar o principal padrão de rede de celulares. Por ser um padrão aberto, com escala de produção industrial, o padrão foi crescendo de forma vigorosa durante os anos seguinte até o momento. O Brasil só começou a adotar o GSM após a migração para o Serviço Móvel Pessoal em 2002.

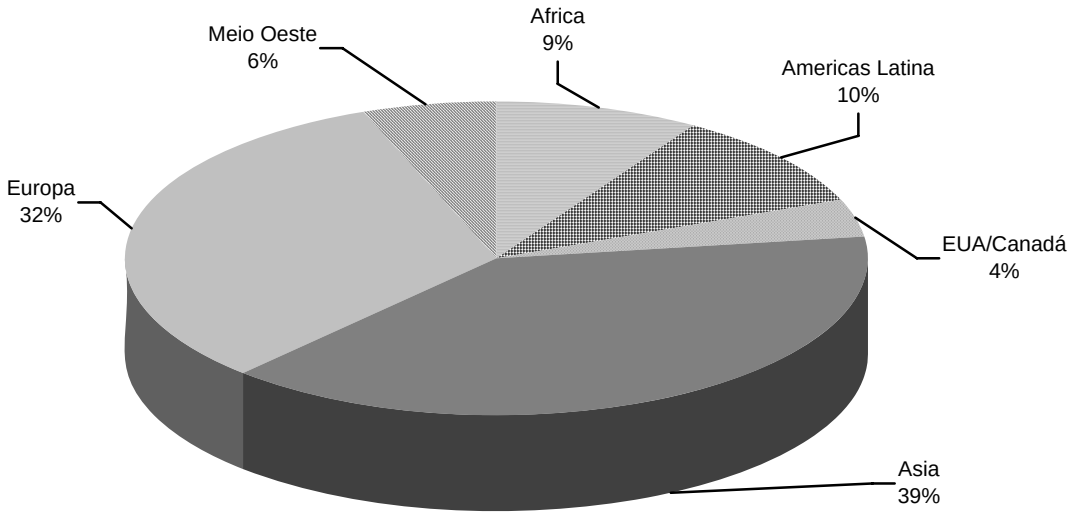
A entrada em operação das redes de telefonia celular na China a partir de 2000 e dos países do Leste Europeu a partir de 2002, sobretudo a Rússia, fez com que o padrão GSM consolidasse sua posição com a principal rede de telefonia celular no mundo e provocou em seguida a impulsão no padrão levando-os a ser dominante com 80,5% do mercado Global de celulares ou quase 2 bilhões e 200 milhões de usuários global.

Posteriormente com o fim das redes TDMA e o alto custo das redes CDMA, todo o mercado brasileiro migrou para o GSM. Um detalhe significativo é o aparecimento nas redes 3G que já ultrapassam o TDMA e o PDC.

Até março de 2007 o total de assinantes GSM no mundo era de 2.392.760.207 assinantes. Observando as figuras 4.2 e 4.3, sobre a participação do mercado por região do globo é possível observar que a Ásia possui 39% total ou 924,0 milhões de assinantes, sendo a China, o maior percentual da região com 508,2 milhões, 55% do mercado asiático ou 21% do mercado global. A Índia possuía 166,0 milhões ou 18% do mercado asiático e o Japão com 104,0 milhões ou 11% do mercado asiático.

Fonte: GSM Association, Março2007.

Figura 4.2 Distribuição dos usuários GSM por região do globo.



Fonte: GSM Association. Março 2007.

Figura 4.3 Percentual da distribuição dos usuários GSM celular por região do globo.

A América do Norte o crescimento do GSM é baixo com 94,36 milhões de assinantes ou 4%, devido à penetração do CDMA e, sobretudo, as antigas redes TDMA que ainda sobrevivem nesta região, mas, a migração para redes mais modernas é uma tendência. Dados do The CDMA Development Group (2006), apresentam o CDMA com 129,3 milhões de assinantes, portanto, um pouco acima do GSM.

A América Latina possui 234,8 milhões de assinantes ou quase 10% do mercado global, seu desempenho é impulsionado pelo Brasil, segundo a tabela 4.1, que é o quinto maior país com celulares no mundo. O Brasil possui 113 milhões ou 48% do mercado da America latina, mas, a mudança da Vivo para GSM irá consolidar este padrão como o predominante no país e na região.

Tabela 4.1: Principais mercados de Celular no Mundo*.

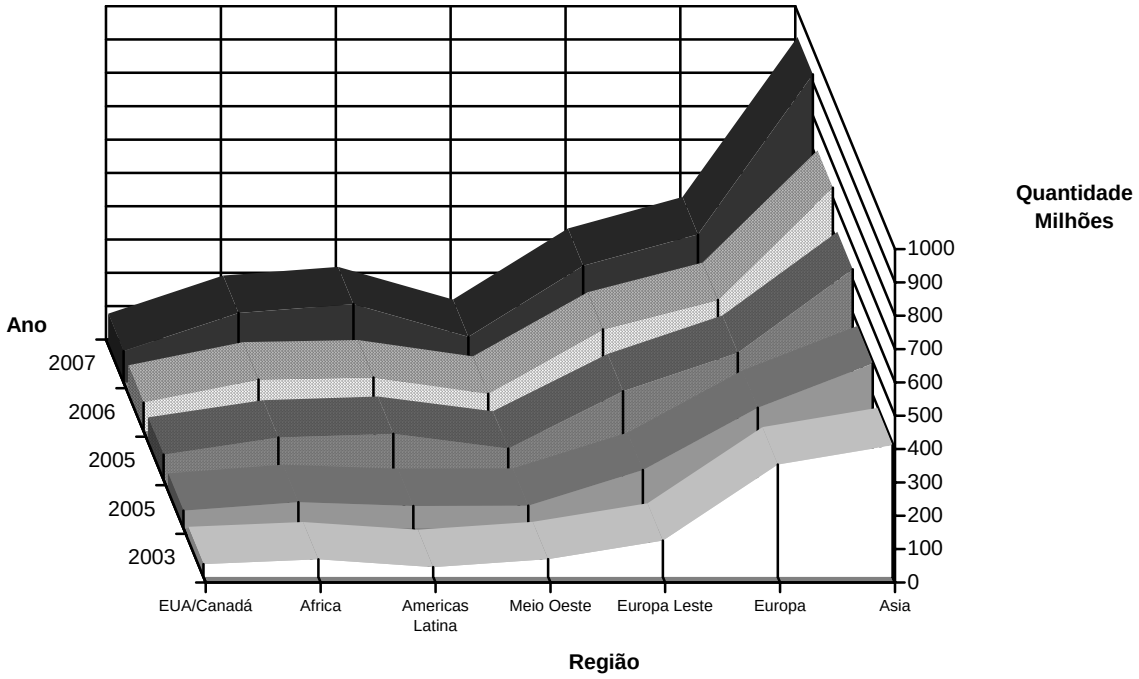
Posição	**País**	**Ano**			
		2004**	**2005****	**2006****	**2007****
1	China	335	400	461	481
2	US	181	201	233	237
3	Índia	48	76	149	166
4	Rússia	74	125	153,6	155
5	Brasil	66	86	99,9	113
6	Japão	91	95	99,8	104

Fonte: TELECO, 2007 * Incluem todas as redes de celulares. ** Unidade em milhões

Conforme a figura 4.4, o Meio Oeste corresponde aos países do Oriente Média sendo uma região de crescimento lento por causa da instabilidade política e de sua característica. Por existir uma quantidade de regimes onde a liberdade individual é cerceada, a telefonia celular existe apenas para algumas pessoas no regime. A região possui 136,65 milhões de assinantes correspondendo a 6% dos assinantes globais.

A Europa é o segundo maior mercado, é assimétrico e possui 32% do mercado global ou 764,38 milhões de assinantes, tendo a Rússia que é quarto país com maior quantidade de assinantes com 155,0 milhões ou 20% do mercado europeu. A Europa do Leste está em franco crescimento com 444,43 milhões ou 19% do mercado global, principalmente através do desempenho da Rússia. A Europa do Oeste revela-se um mercado maduro, conforme a figura 4.4, com 349,95 milhões ou 15% do mercado global com baixo crescimento e que se prepara para migrar para o 3GSM.

A soma das fatias da Ásia e Europa representa 73% do mercado global, o que mostra um enorme potencial de crescimento para a América do Norte, Latina e África. A integração global alavancada pelas telecomunicações é um dos pilares da globalização e a telefonia celular é o segmento nas telecomunicações de maior crescimento e rentabilidade.

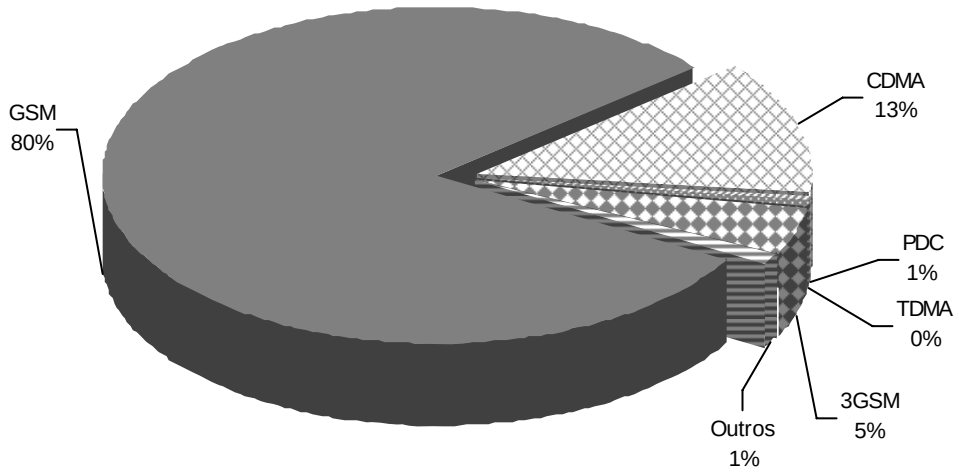


Fonte: GSM Association, Junho 2006.

Figura 4.4 Série de crescimento histórico da distribuição dos usuários GSM por região do globo.

4.2 Divisão do mercado de celulares

Na figura 4.5 observa-se o Market Share global das redes.



Fonte: TELECO, Junho 2007.

Figura 4.5 Market Share global da telefonia celular por tipo de rede.

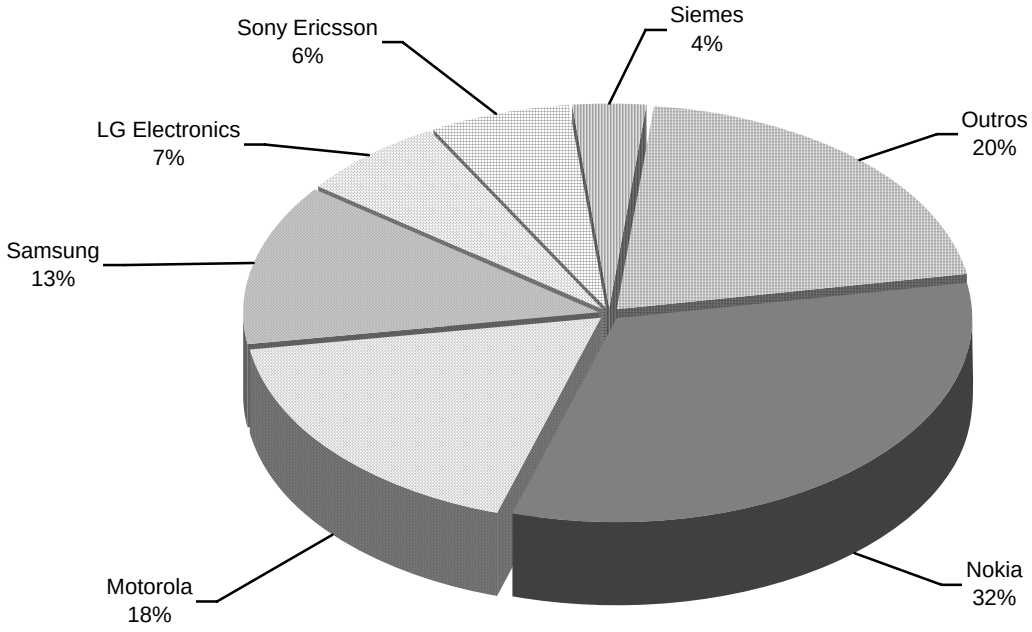
O principal concorrente da rede GSM é o CDMA, mas muito distante em percentual de mercado. Atualmente o GSM possui 80% do mercado global de celulares ou 29% da população mundial. Essa hegemonia deverá continuar pelos próximos 10 anos quando suas redes deverão migrar para 3G permitindo a consolidação do padrão através do 3GSM que já ocupa uma parcela atual de 3% do mercado. Será possível ver com o tempo uma diminuição do crescimento do GSM enquanto haverá um aumento do 3GSM, o que demarcará a nova transição para 3G.

As vendas de terminais em todo o mundo elevam à condição emergente de órfã do TDMA/IS-136. Até março de 2007 apenas 0,6% por cento era TDMA. O volume relativamente baixo de vendas da TDMA tornou esta tecnologia um problema de gestão de resíduos, pois, o padrão chegou a ter 109 milhões de usuários e todos estes aparelhos foram ou devem ser descartados.

Uma avaliação do mercado global de telecomunicações feita pelo IDC (International Data Corporation) e divulgada pelo TI Insite (2007), informa que as vendas mundiais de celulares atingiram 825,5 milhões de unidades em 2006, com um crescimento de 16,7% sobre o ano de 2004, quando foi de 707,3 milhões de unidades. A expansão foi beneficiada pela grande demanda de terminais nos mercados emergentes, como a América Latina, cujo crescimento foi de 33,7%, com venda de 105,3 milhões de celulares em 2005 onde é possível observar este fato indiretamente através da figura 4.4.

Observando a participação de mercado global das empresas em relação ao Market Share, figura 4.6, a Nokia manteve em 2006 a liderança, com vendas de 266,6 milhões de celulares, uma participação de mercado de 32%, a Motorola ficou em segundo lugar, com 144,9 milhões de celulares vendidos e participação de 18% do mercado mundial. Segundo a divulgação, a participação de mercado da Nokia manteve-se inalterada em 2005, a da Motorola cresceu quase três pontos percentuais.

O Market Share da Motorola atingiu 18% no primeiro trimestre 2006, contra 32% da Nokia que mantém a liderança. A Samsung é a terceira colocada com 13%, seguida pela LG Electronics com 7% e a Sony Ericsson com 6%. Há 20% das vendas do mercado pulverizadas entre empresas menores.



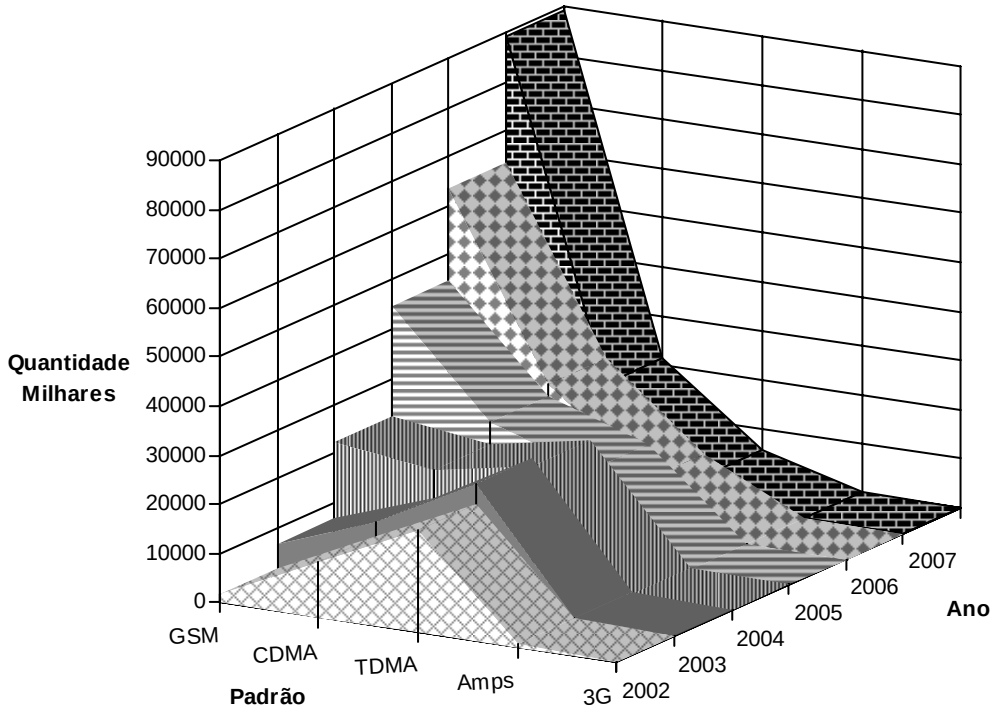
Fonte: TI INSITE, Março 2007.

Figura 4.6 Market Share global de celulares por fabricantes em 2006.

Atualmente o mercado brasileiro possui Market Share por padrão de rede como é possível observar na figura 4.7 uma vez que não há divulgação das quantidades vendidas por fabricantes.

O GSM domina o mercado com 63,6% seguido pelo CDMA com 26% e o TDMA com 10,3% segue a tendência global em declínio. Ainda não estão computados terminais 3G em operação e o AMPS possui apenas 0,10% do mercado e em extinção. A tendência atual é o declínio cada vez maior do CDMA e o desaparecimento do TDMA no país, fato este que gerará uma quantidade muito grande de descarte de terminais.

Com a migração das redes TDMA e CDMA para o GSM, este padrão se expande no país se consolidando, da mesma forma que está acontecendo globalmente. O Brasil é o 5º país em número de celulares no mundo e o crescimento de 20 milhões, observado em 2006, é também um dos maiores do mundo.



Fonte: Anatel, 2007.

Figura 4.7 Market Share da telefonia celular (SMP) por tipo de rede no Brasil por ano.

4.3 O impacto da norma européia WEEE e dos e–Resíduos ao meio ambiente

> *"A presente diretiva tem por objetivo, prioritariamente, a prevenção de resíduos de equipamentos elétrico e eletrônico (WEEE ou REEE) e, adicionalmente, a reutilização, reciclagem e outras formas de valorização desses resíduos, de modo a reduzir a quantidade de resíduos a eliminar. Pretende igualmente melhorar o comportamento ambiental de todos os operadores envolvidos no ciclo de vida dos equipamentos elétricos e eletrônicos, por exemplo, produtores, distribuidores e consumidores, e, em especial, dos operadores diretamente envolvidos no tratamento de REEE." - Artigo 1º da Diretiva.*

Com a expansão industrial da Europa na década de 1980, os principais países industrializados tiveram redução significativa de áreas para aterro sanitário. Os governos nacionais europeus autorizaram investigações visando à regulação do envio direto dos resíduos sólidos para a reciclagem ou incineração. Além de carros, baterias e material de empacotamento, os resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos, foram identificados como maior componente de resíduos genéricos presentes em aterros sanitários que poderiam sofrer alternativas de processos de recuperação. Após dois anos de discussão entre as partes interessadas, a Comissão Européia apresentou o rascunho da Diretiva para Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (WEEE ou REEE).

A WEEE requer a prevenção, coleta seletiva, tratamento apropriado para o fim do ciclo de vida e como também o desenvolvimento de novos processos para a reciclagem de equipamentos elétricos e eletrônicos.

Em 27 de janeiro de 2003 a Diretiva 96 (2006) foi aprovada e indicou a data de 13 de agosto de 2005 como a data limite para sua entrada em vigor, o fim do financiamento governamental para reciclagem e coleta de toda a cadeia produtiva e de distribuição dos equipamentos elétricos e eletrônicos. Todos os estados membros da União Européia deveriam incorporar estas diretivas nas leis nacionais até agosto de 2004, e deveriam ter sistemas de recolhimento em funcionamento até setembro de 2005.

A partir daí as empresas seriam responsáveis pela retirada de circulação de equipamentos em seu fim de ciclo de vida.

A diretiva está apoiada nos cinco pilares descritos a seguir:

- Retorno gratuito do resíduo pelo consumidor;

- Recebimento do resíduo pelo produtor/distribuidor - a indústria é responsável pela criação de pontos de coletas para recolhimento, que podem ou não serem controlados pela municipalidade;
- Tratamento para a recuperação, reutilização ou reciclagem - toda a indústria fabricantes de equipamentos elétricos e eletrônicos deve providenciar sua destinação, ou se organizar em grupos ou cooperativas, para efetivar a destinação do resíduo.
- Histórico do resíduo - a estratégia do legislador europeu em atribuir ao fabricante, importador ou vendedor, a responsabilidade, em qualquer tempo, sobre o resíduo produzido, independente da época da fabricação/comercialização.
- Responsabilidade Individual - a exigência de novos resíduos serem uma obrigação individual do fabricante, que terá de manter mecanismo de retorno do equipamento ao fim do ciclo de vida.

A legislação possui algumas definições importantes que é necessário se conhecer:

Produtor: É qualquer entidade que, independentemente da técnica de venda, incluindo a venda através de comunicação à distância, incluindo tele-marketing ou internet:

- Produza e coloque no mercado Equipamento Elétrico e Eletrônico sob marca própria;
- Revenda, sob marca própria, Equipamento Elétrico e Eletrônico produzidos por outros fornecedores;
- Importe ou coloque no mercado Equipamento Elétrico e Eletrônico de uso profissional.

Distribuidor: Qualquer pessoa que forneça comercialmente equipamentos elétricos ou eletrônicos a quem os vá utilizar e, ao fornecerem um novo produto, sejam responsáveis por assegurar que os resíduos possam lhes ser entregues, pelo menos sem encargos, à razão de um por um, desde que esses resíduos sejam de equipamentos equivalentes e desempenhem as mesmas funções que os equipamentos fornecidos.

WEEE provenientes de particulares: Os WEEE provenientes do setor doméstico, bem como os WEEE provenientes de fontes comerciais, industriais, institucionais e outras que, pela sua natureza e quantidade, sejam semelhantes aos WEEE provenientes do setor doméstico;

Como se pode observar, a legislação equipara os produtores, distribuidores e usuários particulares, como agentes solidários. Desta forma todos possuem responsabilidade de prover a retirada dos equipamentos em fim de ciclo de vida.

O foco após a entrada em vigor da legislação foi de como administrar os custos acrescido pela exigência legal, para produtos oriundos do seu fim de ciclo de vida, produzidos ao longo do tempo, além da pesquisa e desenvolvimento para criação de novos materiais e soluções que diminuam o impacto da indústria eletro-eletrônico ao meio ambiente sem poder repassá-lo à sociedade.

O produtor deve pagar para a reciclagem ou poderá ganhar com a venda do material reciclado, além disso, ele terá outros custos sobre a reciclagem como o de mão-de-obra, maquinário e impostos, bem como o custo da coleta, armazenamento e transporte que são os principais no processo de tratamento. Ele poderá repartir os custos em regime de financiamento coletivo com contribuição proporcional.

A estimativa de custos segundo a Envirowise (2006) na economia do Reino Unido para cumprimento da Diretiva será de €315 - €677 milhões/ano durante dez anos para custo de capital e pesquisa & desenvolvimento conforme tabela 4.2.

Tabela 4.2: Estimativa de custos com a implantação do WEEE no Reino Unido.

Estimativa anual	Custo de Produtores do Reino Unido (Milhões de Euros*)
Coleta e separação para WEEE	€39 - €146
Desmantelamento e tratamento	€146 - €308
Separação para reciclagem, reutilização e recuperação.	€77 - €170
Re-embalagem de produtos separados para comercialização	€27
Provimento de informações para instalação de tratamento e reciclagem.	€10
Relatório de conformidade para informação da Agência Ambiental	€16
Total	€315 - €677

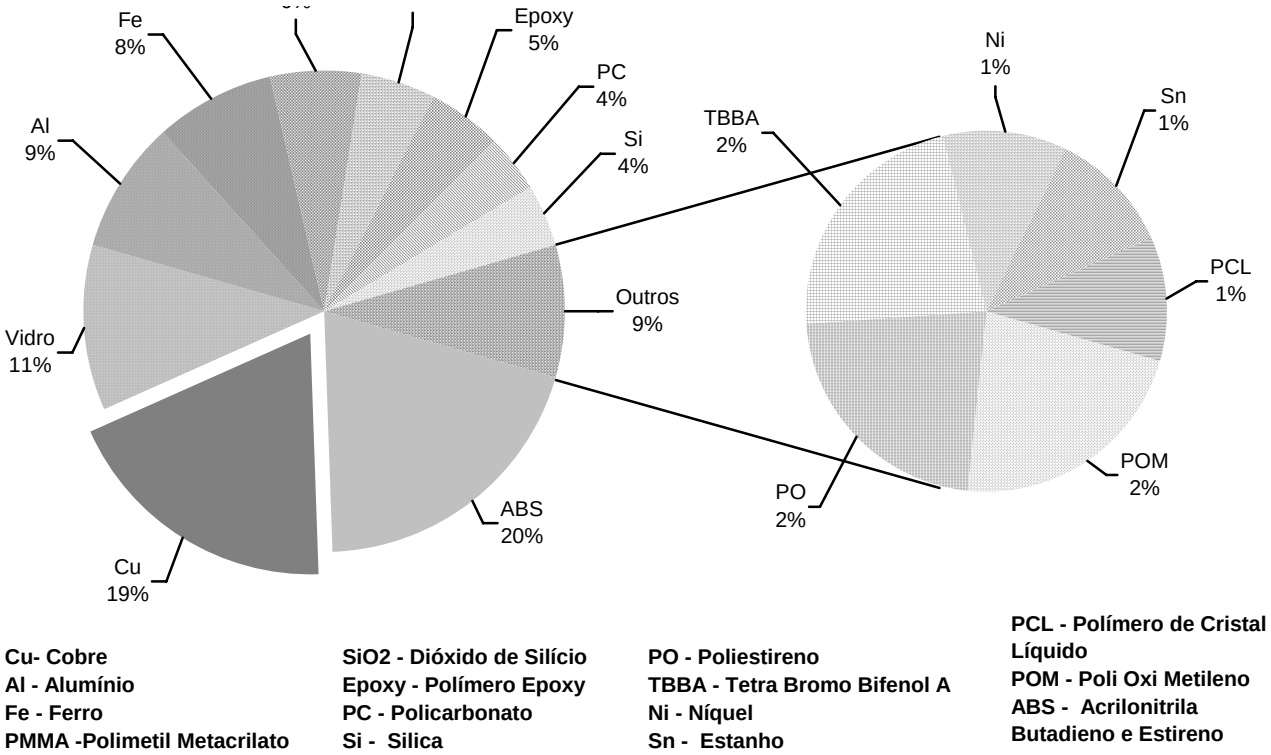
Fonte: Envirowise, 2006. * Convertido da Libra para o Euro com a cotação de 30 de dezembro de 2006.

De uma visão do mercado de celulares, o processo de globalização está forçando a atualização das redes de telecomunicações em escala global e a dominação do padrão GSM sobre as demais redes. Isto quer dizer que o mercado para o reutilização de aparelhos celulares obsoletos é limitado. Pelo menos no que concerne ao aproveitamento de terminais de outras redes. Este cenário deverá continuar com a migração para o 3GSM através do HSDPA nas redes GSM, tornando-se um padrão universal.

Quando estes aparelhos forem totalmente processados, e apenas aparelhos GSM estiverem disponíveis, é possível sua reutilização para o segmento de baixo custo, como nos países não desenvolvidos que são fortemente influenciados pelos serviços pré-pagos, exemplo do que ocorre em países da África, Oriente Médio e América do Sul.

Um mercado que se fortalece devido à demanda global por metais é o da reciclagem, principalmente o de cobre, metal que possui atualmente uma alta demanda.

Segundo Widmer et al (2005), uma tonelada de e-Resíduos contém cerca de 200 kg de cobre e segundo a Nokia (2007) 19%, em média, de seus celulares possuem cobre, conforme apresentado na figura 4.8. O aprimoramento da técnica de recuperação de metais que possa competir, em custo, com o metal explorado em minas, pode gerar uma expansão da indústria de reciclagem não só de aparelhos celulares como também de qualquer WEEE. Acredita-se que a recuperação de materiais economicamente viáveis sustentará a indústria de reciclagem de WEEE.



Fonte: Nokia, 2007.

Figura 4.8 Percentual dos produtos químicos presentes em um celular da Nokia.

O mercado se adaptará as melhores práticas e processos para a reciclagem que possam unir menores custos em relação ao custo de produção, mas, até o equilíbrio, haverá ações para eliminação destes resíduos que poderão ter conseqüências ambientais e éticas.

Exportar o lixo para países menos desenvolvidos ou em desenvolvimento tem sido uma forma, com a qual os países industrializados têm evitado lidar com o problema do custo elevado da disponibilização do e-Resíduo.

O exemplo Taizhou e Guiyu na China conforme figura 4.9, Lagos na Nigéria conforme figura 4.10, Karashi no Paquistão e Nova Delhi na Índia; locais de desmanche de equipamentos eletrônicos descartados em países desenvolvidos; é uma estratégia de eliminação do problema com ética no mínimo duvidosa.

Fonte: Basel Action Network, 2002.

Figura 4.9 Criança numa pilha de equipamentos eletrônicos em Guiyu, China.

Fonte: Basel Action Network, 2005.

Figura 4.10 Criança numa pilha de equipamentos eletrônicos em Lagos, Nigéria.

Observa-se que o impacto da WEEE não ocorreu apenas no custo financeiro dos equipamentos e nos processos industriais das empresas, mas, o custo ambiental da eliminação de e-Resíduos em países subdesenvolvidos e regiões pobres da China, Índia e Paquistão como apresentado na figura 4.11 e o custo social foi um fator importante nestas regiões, colocando em risco a integridade das populações e da biota atingida.

Fonte: Schwarzer et al. apud Widmer et al, 2005.

Figura 4.11 Mapa dos resíduos eletrônicos na Ásia

O armazenamento em ambiente aberto associado a métodos de reciclagem manual causa um impacto ambiental grande, pois, é comum a utilização de água régia como agente de lixiviação. A água régia após a retirada do metal normalmente é descartada em rios, muita vezes sem as devidas precauções para sua neutralização. Há também os metais pesados que ao serem retirados do desmonte dos aparelhos contaminam o solo, plantas, animais e águas locais. Os plásticos presentes nos aparelhos são queimados em baixa temperatura em pilhas em ambiente aberto, com sua fumaça tóxica se espalhando pelas áreas próximas ao desmanche, liberando dioxina e furanos no processo de queima.

O custo social está na contaminação das pessoas e nas doenças provocadas pela toxidade dos produtos que fazem parte dos aparelhos celulares e de sua decomposição. Não é incomum a presença de crianças brincando ou trabalhando no meio dos e-Resíduos ou nos resíduos do processo manual de reciclagem o que gera um problema de saúde pública

presente e futuro em toda a região. O valor obtido neste processo não é economicamente suficiente para tirar estas pessoas da linha de pobreza e permitir uma mudança social, desta forma o ciclo é contínuo, pois, as populações que exploram esta atividade acreditam que ela permite seu sustento sem, contudo, avaliar o impacto na saúde que estão expostos.

Ainda não é possível afirmar se a WEEE irá melhorar esta situação, que persiste há alguns anos. Os mecanismos para coibir este tipo de ação já estão presentes na norma, mas, o âmbito da mesma é a União Européia. Desta forma, outros países industrializados, ou não, podem continuar a exportar os e-Resíduos para países em desenvolvimento. A estimativa de criação de e-Resíduos tende a crescer com o tempo, devido à utilização maciça e a massificação de eletrônicos por todas as camadas da sociedade em países desenvolvidos ou em desenvolvimento.

Um detalhe importante é que os países da União Européia que adotam a WEEE devem obrigar aos exportadores, fabricantes e recicladores fora dos Estados Membros, a adotar as recomendações, bem como as práticas de segurança, integridade e controle que a mesma recomenda conforme podemos observar no artigo 6.º parágrafo 7.

> *Os WEEE exportados da Comunidade nos termos dos Regulamentos (CEE) nº. 259/93 e (CE) nº. 1420/1999 do Conselho, de 29 de Abril de 1999, que estabelece regras e procedimentos comuns aplicáveis às transferências de determinados tipos de resíduos para certos países não membros da OCDE (2), ..., se o exportador puder provar que a operação de valorização, reutilização e/ou reciclagem ocorreu em condições equivalentes aos requisitos da presente diretiva.*

Sem esta condição as empresas são proibidas de comercializar na União Européia.

4.4 Os e-Resíduos e o Brasil

O Brasil ainda não dispõe de uma legislação específica para destinação de resíduos sólidos e não há uma discursão sobre uma legislação ou norma sobre resíduos eletrônicos. No entanto, como receita total em 2006 do setor de eletro-eletrônico segundo a Associação Brasileira da Indústria de Elétrica e Eletrônica – (ABINEE, 2006) foi de R$ 81,6 bilhões, com o volume de exportação de US$ 8,95 bilhões, uma força de trabalho de 143.000 empregados, a produção e venda de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (EEE) no Brasil transformou-se em um dos maiores segmentos da pauta de exportação brasileira além de ser uma importante fonte de receita, trabalho e renda no mercado doméstico.

Este dinamismo deveu-se a uma estabilidade econômica que acrescentou ao mercado uma parte considerável das classes sociais com menor poder aquisitivo e que, através da facilidade de micro-crédito e financiamento, permitiu um consumo tecnológico que alavancou o setor.

Atualmente, não existem sistemas adequados para a coleta ou tratamento de EEE no Brasil e, os países que fazem este tipo de coleta, utilizam modelos públicos ou privados de acordo com suas comodidade.

A Constituição Federal Brasileira (2007) promulgada em 1988 em seu Artigo 23; trata de forma abrangente e moderna os assuntos relacionados à preservação do meio-ambiente e ao desenvolvimento sustentável da economia, reservando a união, aos estados, ao distrito federal e aos municípios, a tarefa de proteger o meio ambiente e de controlar a poluição.

Apesar da legislação ambiental brasileira ser uma das mais vigorosas e atualizadas do mundo, não há uma dispositivo específico para o controle apropriado para o descarte de resíduos sólidos. No Brasil apenas recentemente esta discussão começou a ter um desfecho. O Projeto de Lei nº. 203/91 possui 67 proposições apensadas e foram realizadas mais de 20 Audiências Públicas. O relator apresentou parecer favorável, com substitutivo, e, em 2007 o projeto está tentando ser colocado em pauta de votação. Como não há uma legislação específica, as empresas fabricantes de celulares adotaram como estratégia no Brasil, o recolhimento de baterias de celulares conforme determina a Resolução 257/1999 do CONAMA, deixando o recolhimento dos aparelhos de celulares a cargo do sistema de coleta pública, sem que haja algum mecanismo paralelo de coleta, sendo a única exceção a Nokia.

Uma característica do substitutivo bastante interessante é o artigo 17 que " *proíbe a importação de resíduos, exceto, que por sua característica possa ser usado como matéria prima ou insumo destinado a processos industriais de reciclagem*", o que mostra a visão aguçada do legislador para evitar situações como o que ocorre hoje nos países asiáticos e na Nigéria sobre a destinação inadequada de e - resíduos. Este artigo permite que as empresas brasileiras de reciclagem possam usufruir da enorme quantidade de terminais descartados como matéria prima.

Sob a ótica da legislação estadual o estado de São Paulo possui um Plano Diretor de Resíduos Sólidos que foi estabelecido pela lei nº. 11.387 de 2003 para propor apropriadamente novas resoluções a respeito do gerenciamento de resíduos.

O estado do Paraná possui a lei nº. 12.493 de 1999 que definiu princípios e regras rígidas aplicadas à geração, acondicionamento, armazenamento, coleta, transporte, tratamento e destinação final dos resíduos sólidos. A Lei objetiva como prioridade, reduzir a geração de resíduos sólidos através da adoção de processos tecnologicamente mais avançados e economicamente viáveis, dando prioridade à reutilização ou reciclagem de resíduos sólidos a despeito de outras formas de tratamento e disposição final.

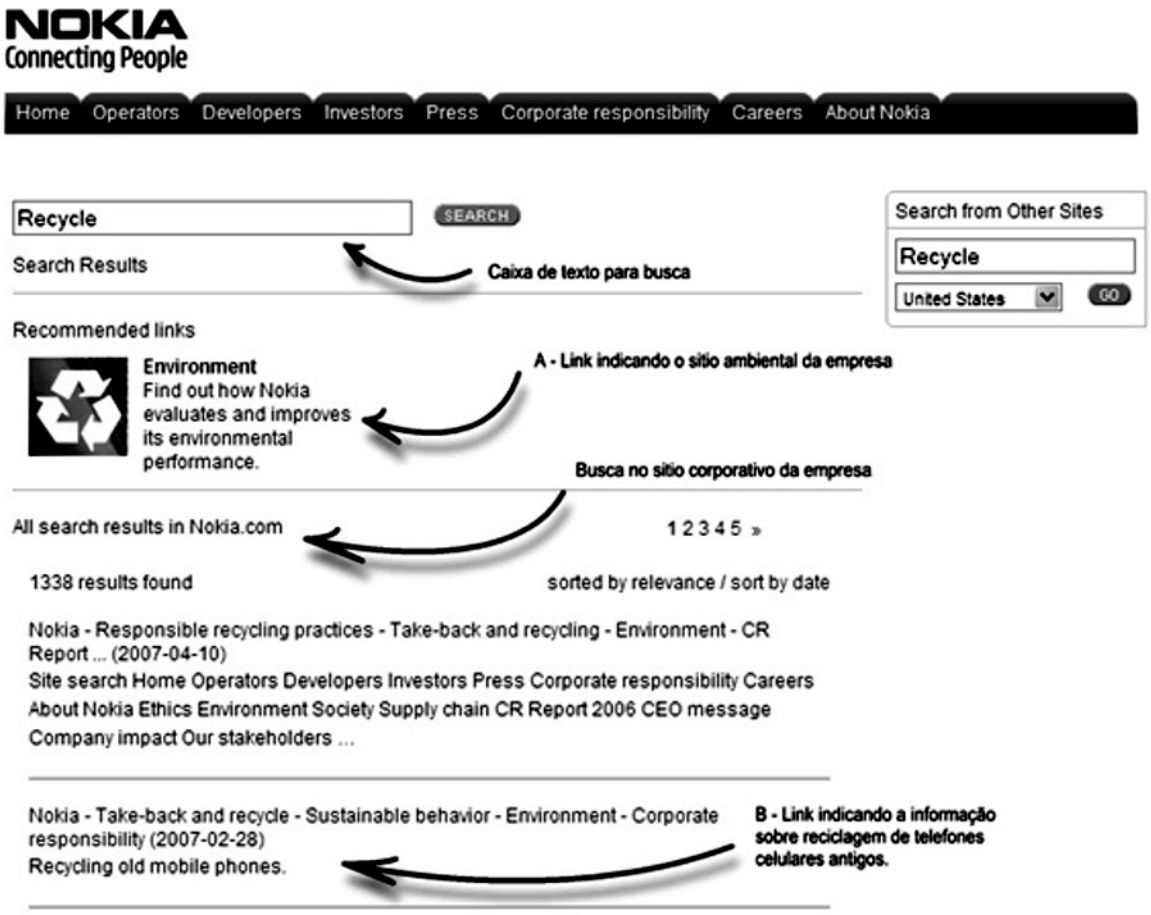
4.5 A estratégia da indústria de celulares com relação às imposições da norma WEEE

Em um primeiro momento, conforme foram previsto por especialistas, as empresas utilizaram de financiamento público para a coleta e destinação dos e-Resíduos. No dia 13 de agosto de 2005 quando entrou em vigor a WEEE, foi repassada às empresas a responsabilidade coletiva e individual para a destinação dos eletrônicos, celulares inclusos, em seu fim de ciclo de vida, ficando o poder público apenas no auxílio à coleta municipal destes resíduos, mas, com apóio da indústria.

As empresas tiveram de se adaptar para se manter no mercado europeu e assim, atender os requisitos da norma. Desta forma houve organização de empresas em consórcios, enquanto outras buscaram parcerias para todo o processo logístico e operacional do recolhimento e valorização dos e-Resíduos.

4.5.1 Nokia

A Nokia possui acesso fácil à informação sobre seu sítio ambiental e reciclagem de telefones celulares como é possível observar na figura 4.12.

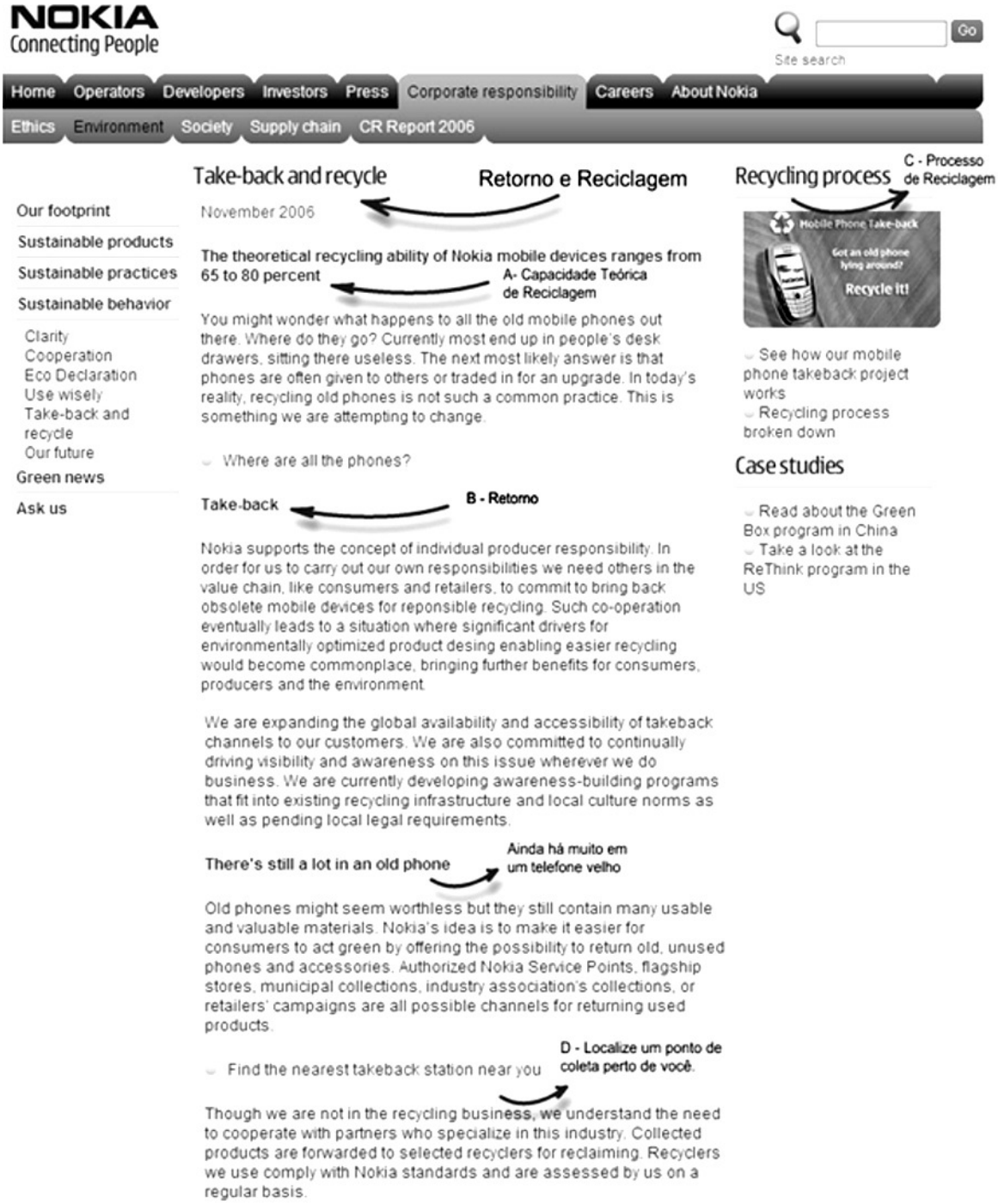


Fonte: Nokia, 2007.

Figura 4.12 Sítio corporativo da Nokia. Mecanismo de busca usando a palavra-chave Recycle.

Usando o mecanismo de busca do sítio através da palavra-chave "Recycle" (Reciclagem), vários links foram obtidos com informações. O primeiro link na figura 4.12-A informa a localização do sítio ambiental da empresa. O segundo link em 4.12-B indica um link sobre retorno de celulares antigos.

O sítio específico sobre o retorno de celulares é ligado a Responsabilidade Corporativa, no item Comportamento Sustentável, conforme a figura na figura 4.13-A, e podemos encontrar que há possibilidade teórica de reciclagem de 65 a 80 por cento de celulares, devido haver aparelhos que não conseguem ser coletados por várias situações.

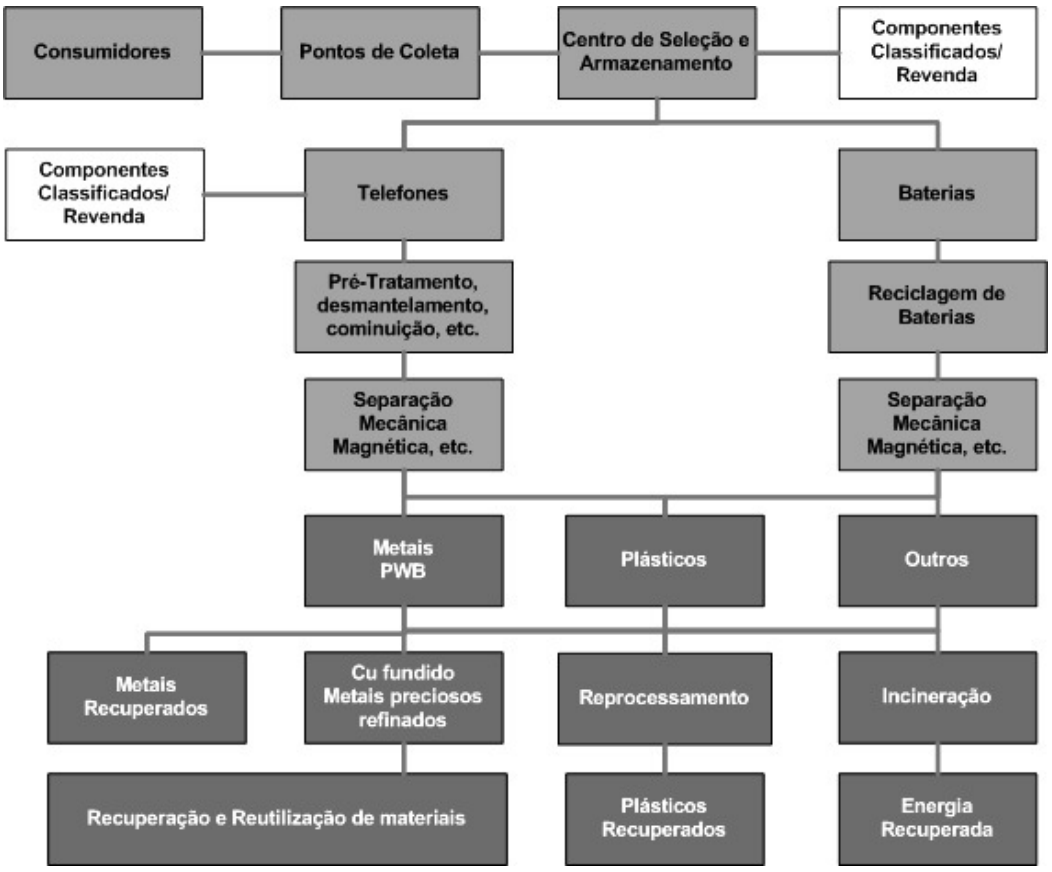


Fonte: Nokia, 2007.

Figura 4.13 Sítio da Nokia sobre retorno de celulares.

Na figura 4.13-B o sítio informa sobre como fazer o retorno dos celulares. A empresa apresenta inicialmente seu apoio ao conceito de responsabilidade individual como fabricante reafirmando sua adequação a WEEE, e solicita a todos da cadeia de valor, como consumidores e revendedores, que façam sua parte devolvendo os aparelhos obsoletos.

Na figura 4.13-C é possível observar uma informação sobre como é o processo de reciclagem da empresa, sendo apresentada com um filme animado e também um fluxo do processo conforme a figura 4.14.



Fonte: Nokia, 2007.

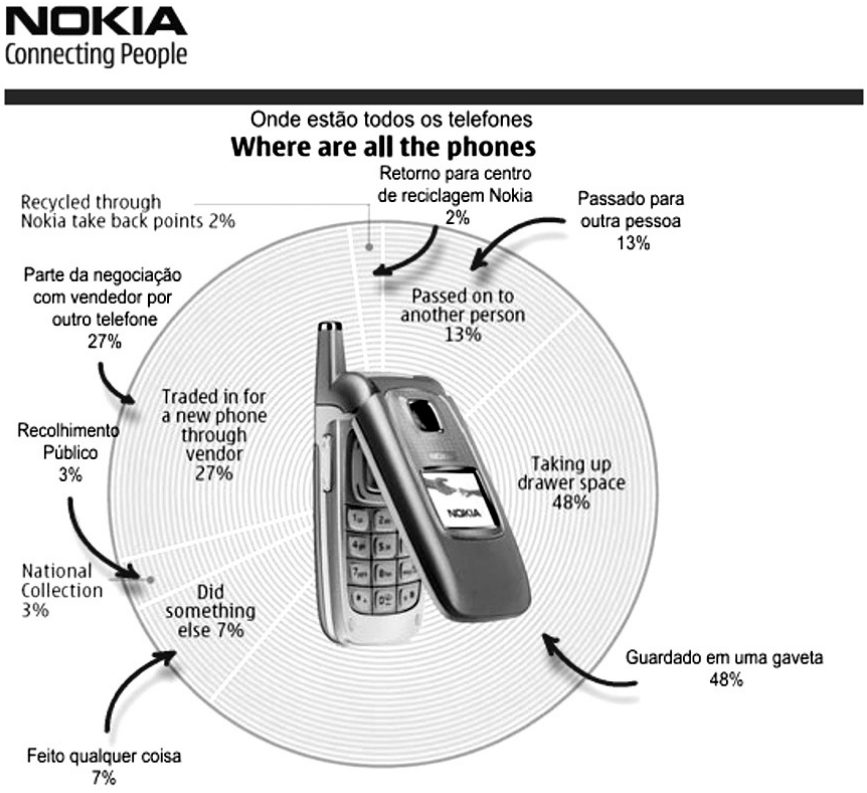
Figura 4.14 Fluxo do processo de reciclagem da Nokia.

Na figura 4.13-D ela apresenta como o cliente pode localizar um ponto de coleta mais próximo de sua residência ao qual podemos observá-lo na figura 4.15.

Fonte: Nokia, 2007.

Figura 4.15 Sítio da Nokia com informações sobre como encontrar um centro de reciclagem de celulares.

A figura 4.16 apresenta um gráfico da Nokia informando onde estão todos os celulares. A empresa não apresenta como coletou esses dados.



Fonte: Nokia, 2007.

Figura 4.16 Onde estão todos os celulares.

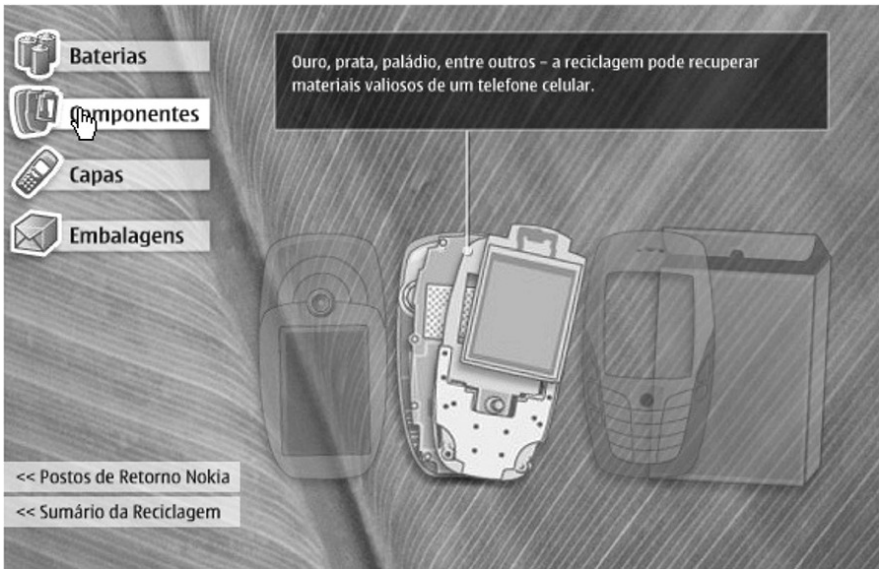
Para checar o alcance global do sistema de coleta da Nokia, foi selecionado o Brasil para verificar se havia como fazer o retorno.

Na figura 4.17 observa-se o sítio da Nokia no Brasil onde é possível encontrar uma assistência técnica para coleta de aparelhos usados

Fonte: Nokia, 2007.

Figura 4.17 Sítio da Nokia no Brasil com informações sobre retorno de aparelhos celulares para reciclagem.

O link sobre reciclagem de telefones celulares apresenta um filme animado conforme a figura 4.18, onde é apresentado como é o processo de reciclagem e ao se clicar no link para localizar um ponto de coleta, somos redirecionados para a página de reciclagem de baterias que possui um link para a localização de assistências técnicas que deveriam receber o telefone usado.



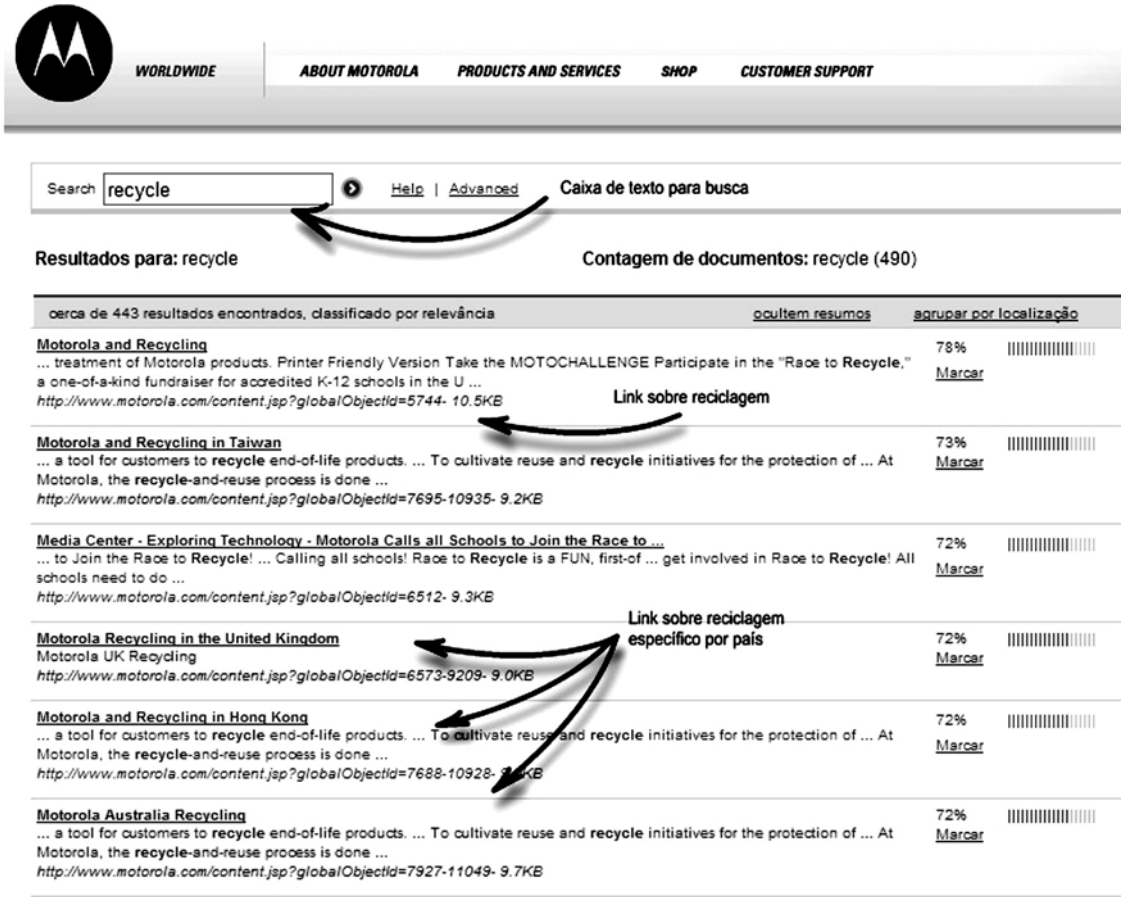
Fonte: Nokia, 2007.

Figura 4.18 Filme animado informativo sobre o processo de reciclagem.

Na avaliação do sítio da Nokia é observado que a informação sobre reciclagem apesar de não constar explicitamente em um link direto da página corporativa, é facilmente encontrada pelo mecanismo de busca. A informação é clara e objetiva e consegue apresentar ao usuário comum, sem conhecimento técnico, como buscar um ponto de coleta, como é feito o processo de reciclagem do aparelho e que elementos são recuperados.

4.5.2 Motorola

O sítio da Motorola apresenta informação de forma fácil, conforme pode ser observado na figura 4.19.



Fonte: Motorola, 2007.

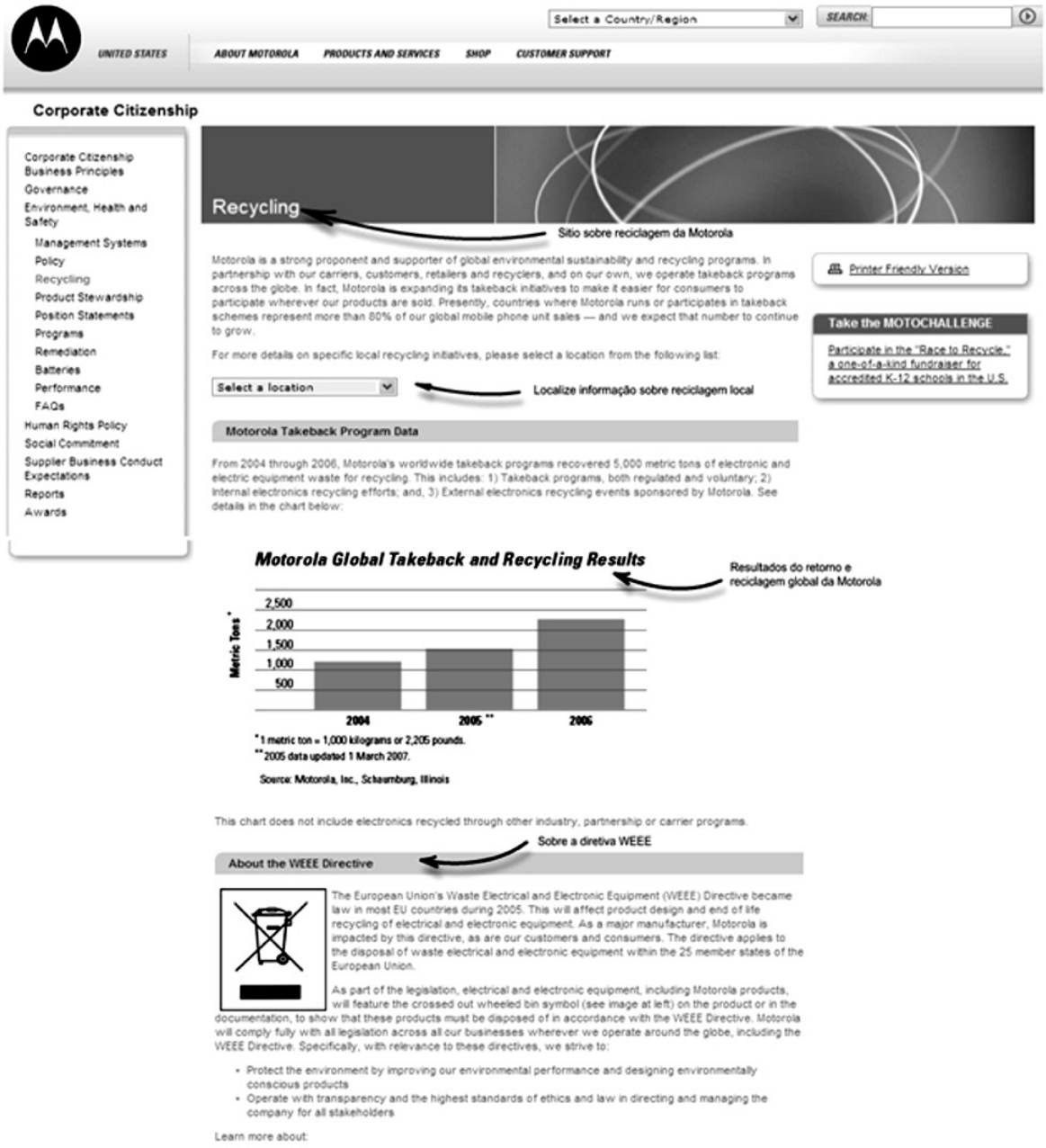
Figura 4.19 Sítio corporativo da Motorola. Mecanismo de busca usando a palavra-chave Recycle.

Na busca pela palavra chave "*RECYCLE*" foi observado um link direto sobre o tópico e vários outros com informação sobre reciclagem em países específicos.

A página específica sobre reciclagem fica dentro da área de Cidadania Corporativa da Motorola e ligada a Meio Ambiente, Saúde e Segurança, conforme figura. 4.20.

O sítio informa que a empresa é forte participante de programas de reciclagem para sustentabilidade ambiental global. Toda sua cadeia logística opera programas de retorno

em várias partes do globo. A empresa está expandindo o programa facilitando aos seus consumidores um fácil retorno dos aparelhos. Ela informa que os países participantes correspondem a 80% de sua produção global comercializada.



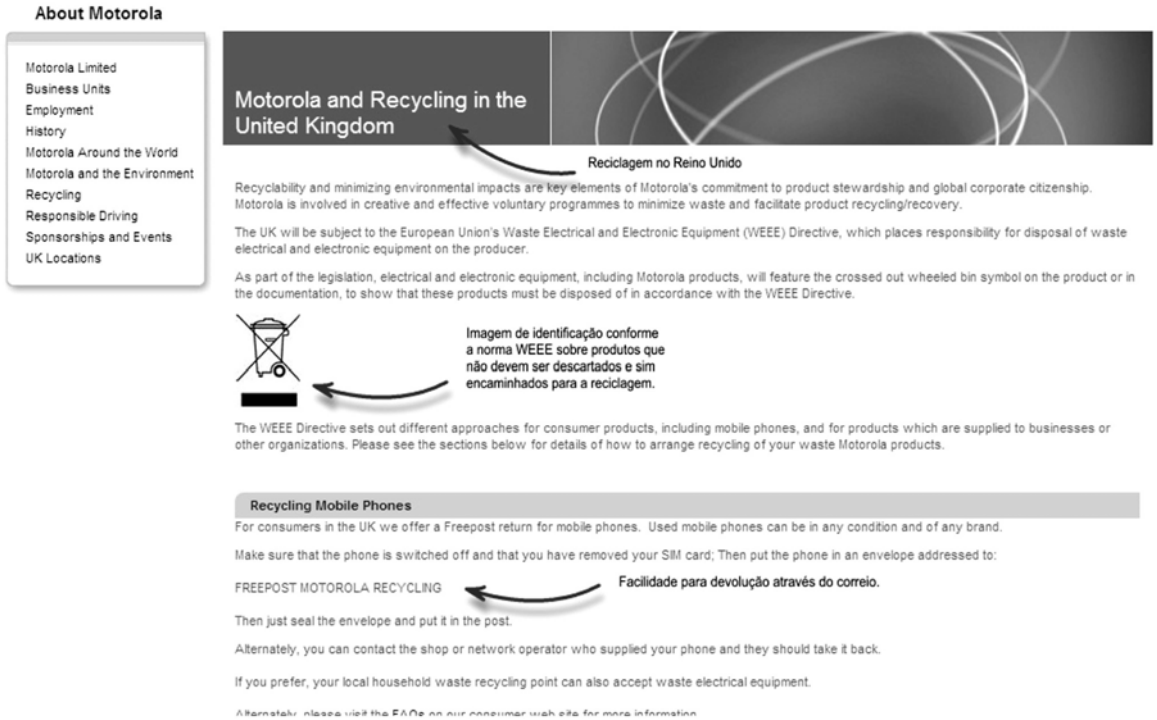
Fonte: Motorola, 2007.

Figura 4.20 Sítio corporativo específico sobre reciclagem da Motorola.

A lista de países participantes do programa de retorno da Motorola corresponde aos países da Europa, Estados Unidos da América, Austrália, Indonésia, China, Malta, Chipre, Israel, Japão, Coréia, Índia, Malásia, Filipinas, Singapura, Taiwan, Tailândia e Vietnã. O Brasil não participa do programa.

Foi efetivada uma observação no site do Reino Unido como exemplo para se verificar detalhes complementares sobre o alcance global do programa.

A figura 4.21 apresenta o sítio da Motorola no Reino Unido no qual apresenta duas informações interessantes: a primeira é o rótulo de identificação no celular informando que é um produto que deve ser descartado, conforme o anexo IV da Diretiva 96 de 27 de janeiro de 2003 que é a WEEE.



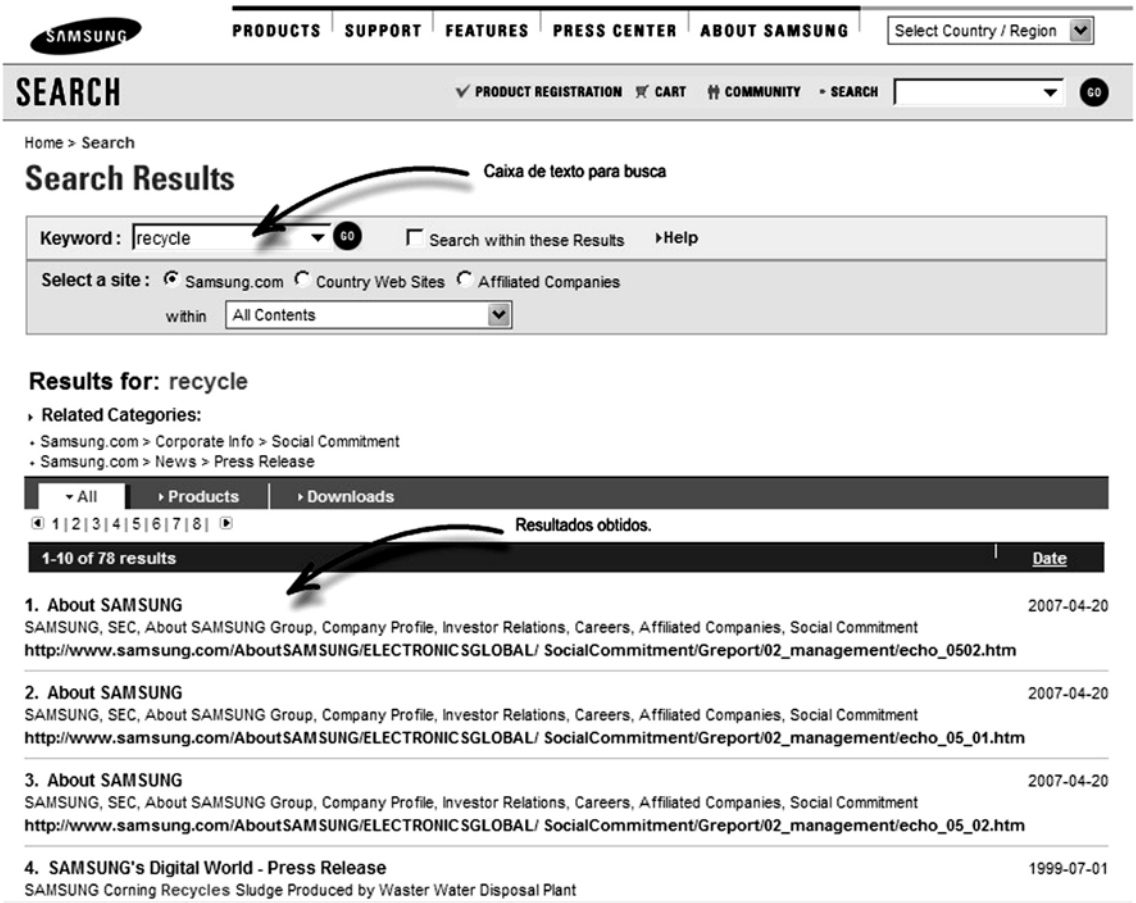
Fonte: Motorola, 2007.

Figura 4.21 Sítio da Motorola no Reino Unido sobre reciclagem.

A segunda informação refere-se à praticidade em se fazer o retorno do celular, bastando apenas colocá-lo em um envelope com endereçamento: "***FREEPOST MOTOROLA RECYCLING***" (*Porte-pago pela Reciclagem Motorola*). Este serviço de retorno é exclusivo para os clientes do Reino Unido, mas pode ser encontrado para outros países da Europa e Estados Unidos, bastando para isto fazer uma consulta em cada sítio de reciclagem específico de cada país. Um detalhe presente no sítio dos Estados Unidos da América é o programa "*Race to Recycle*" (corrida.para reciclagem) ao qual a Motorola provê ajuda em dinheiro extra para escolas do ensino fundamental.

4.5.3 Samsung

O sítio de busca da Samsung não apresenta de forma clara informação sobre como prover a reciclagem de aparelhos de celulares como é possível se observar na figura 4.22.



Fonte: Samsung, 2007.

Figura 4.22 Sítio de busca da Samsung usando a palavra-chave RECYCLE.

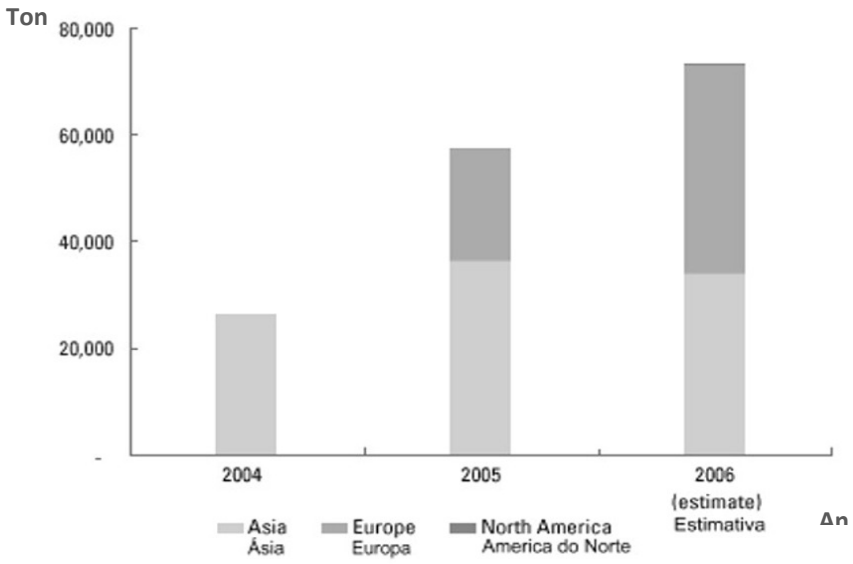
No entanto ao se visitar o primeiro link somos levados ao sítio de Produtos Ecológicos (figura 4.23) ao qual está ligada, a seguinte seqüência de páginas no sítio: Sobre a Samsung, Compromisso Social, Relatório de Gerenciamento Verde, Gerenciamento e Implementação Verde, Os Produtos Ecológicos.

A dificuldade em se obter informações claras sobre reciclagem fica bastante comprometida na forma como a Samsung indexa suas informações ambientais.

Fonte: Samsung, 2007

Figura 4.23 Sítio da Samsung sobre reciclagem.

Ao apresentar à informação a empresa não segmenta a informação dos resíduos. A categorização é bastante ampla que não permite identificar os resíduos de celulares individualmente. Todos os produtos eletrônicos produzidos pela empresa fazem parte da estatística sobre reciclagem como um volume único. Assim, na figura 4.24, as informações referem-se a todos os eletrônicos reciclados e não apenas a celulares.



Fonte: Samsung, 2007.

Figura 4.24 Gráfico sobre quantidade de produtos reciclados pela Samsung.

A figura 4.25 apresenta as regiões em escuro, onde o processo de coleta para reciclagem está em operação pela Samsung. A empresa participa conforme existe no país, programas de coletas e retorno de equipamentos eletrônicos ou exigência legal. Não há um programa específico para telefones celulares.

Fonte: Samsung, 2007.

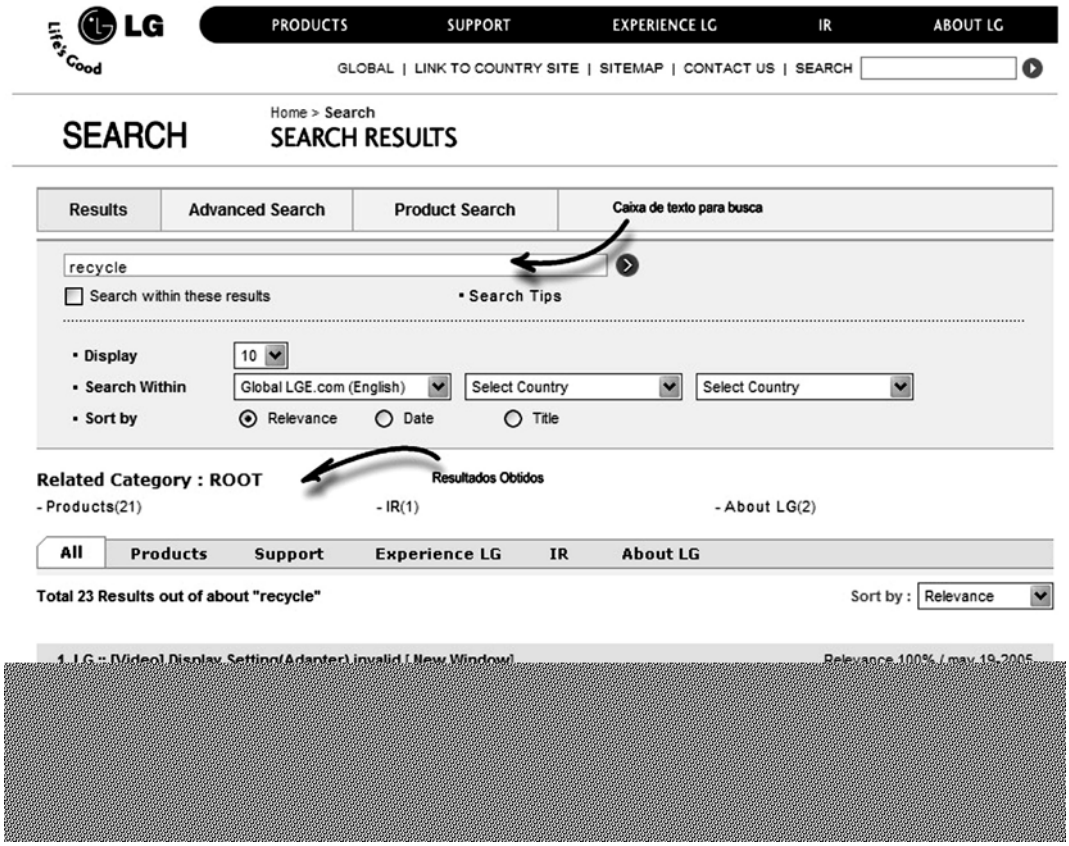
Figura 4.25 Atividades de Reciclagem Global operados pela Samsung.

É possível observar que o processo de reciclagem concentra-se no hemisfério norte, incluindo a Europa, Estados Unidos da América, Coréia, China e Japão. O Brasil não participa do programa.

A Samsung faz parte da European Recycling Platform (Plataforma de Reciclagem Européia - ERP), um consórcio estabelecido por grandes empresas de eletrônicos como a Sony, Hewlett-Packard, Gillette e Electrolux, para recolhimento e destinação dos equipamentos eletrônicos. Onde a ERP não atua, ela se junta a consórcios de reciclagem locais para realizar suas obrigações de reciclagem. A empresa trabalha com centros de pesquisa na Europa na tentativa de desenvolver melhores tecnologias de reciclagem para produtos eletrônicos.

4.5.4 LG Electronics

O sítio de busca da LG Electronics obteve resultado sobre a busca através da palavra-chave “RECYCLE”. Na figura 4.26 é possível observar o resultado da busca efetuada com a descrição de um link para uma página de reciclagem global.



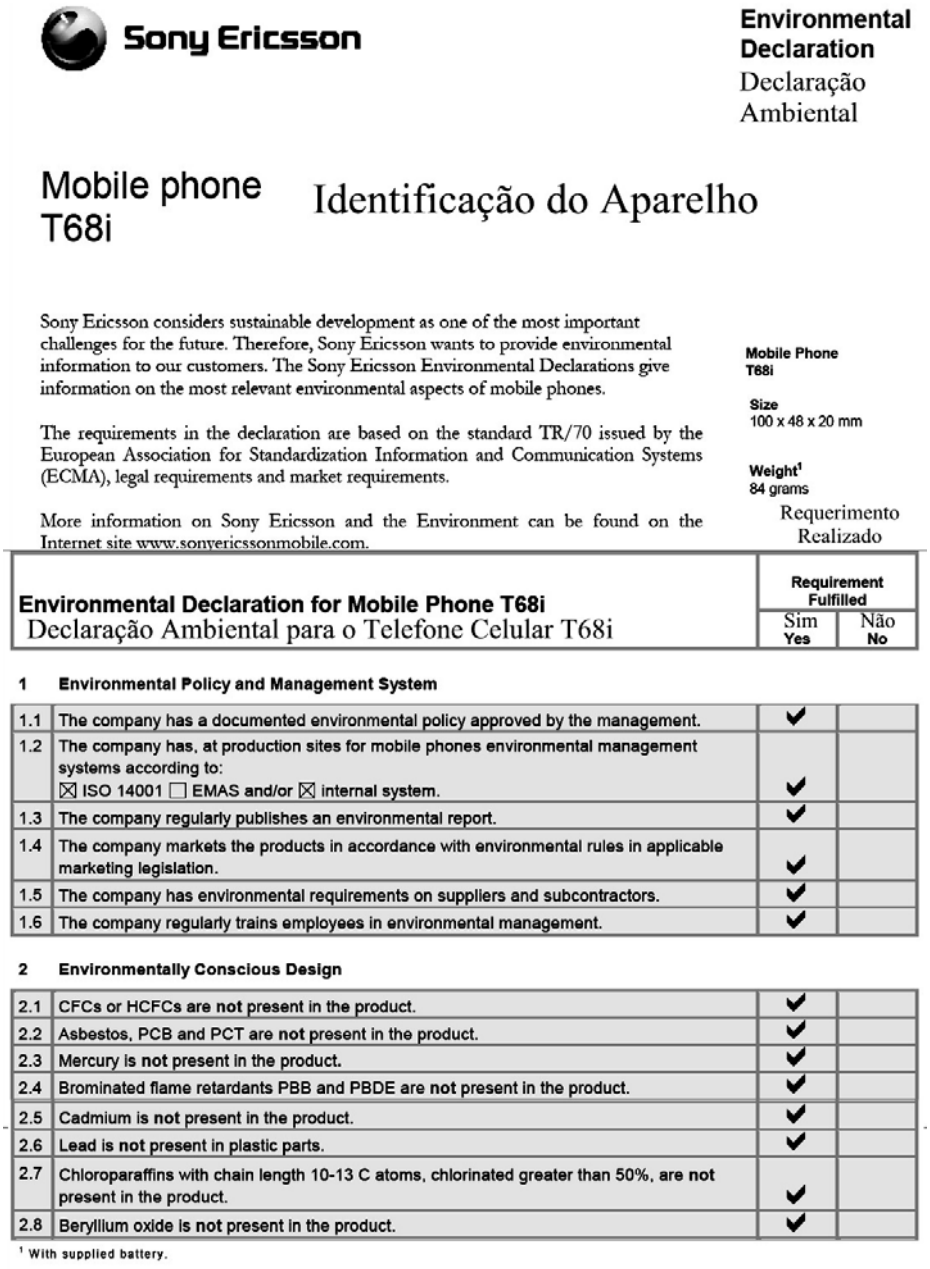
Fonte: LG Electronics, 2007.

Figura 4.26 Página de busca da LG Electronics usando a palavra-chave RECYCLE.

O sítio sobre reciclagem fica localizado na seguinte seqüência: Home, Sobre LG, Ambiental, Atividades EESH e Coleta e Reciclagem.

Como é possível observar na figura 4.27, o sítio informa que obedecer às limitadas leis de coleta não é o bastante. Afirma que em alguns países ainda estão iniciando os processos e arranjos de infra-estrutura de coleta e que tem interesse de participar e apoiar a introdução de sistemas de coletas economicamente viáveis e que levem em conta os aspectos do Eco-design que é o programa de gestão ambiental da LG Electronics e que corresponde a um conjunto de técnicas ambientais amigáveis onde o projeto do produto, assim como sua produção, equilibra responsabilidade ambiental, custos e qualidade. Para guiar o Eco-design a empresa adotou há dez anos a avaliação de ciclo de vida de produtos.

A empresa reconhece as vantagens da reciclagem e para isso ela criou em conjunto com outras empresas a European Recycling Platform (Plataforma de Reciclagem Européia). A empresa adota em todos os seus produtos em portfólio a declaração ambiental individualizada com informações ao consumidor como apresentado na figura 4.31.



Sony Ericsson

Environmental Declaration
Declaração Ambiental

Mobile phone T68i — Identificação do Aparelho

Sony Ericsson considers sustainable development as one of the most important challenges for the future. Therefore, Sony Ericsson wants to provide environmental information to our customers. The Sony Ericsson Environmental Declarations give information on the most relevant environmental aspects of mobile phones.

The requirements in the declaration are based on the standard TR/70 issued by the European Association for Standardization Information and Communication Systems (ECMA), legal requirements and market requirements.

More information on Sony Ericsson and the Environment can be found on the Internet site www.sonyericssonmobile.com.

Mobile Phone T68i

Size
100 x 48 x 20 mm

Weight[1]
84 grams

Requerimento Realizado

Environmental Declaration for Mobile Phone T68i Declaração Ambiental para o Telefone Celular T68i	**Requirement Fulfilled** Sim **Yes**	Não **No**
1 Environmental Policy and Management System		
1.1 The company has a documented environmental policy approved by the management.	✔	
1.2 The company has, at production sites for mobile phones environmental management systems according to: ☒ ISO 14001 ☐ EMAS and/or ☒ internal system.	✔	
1.3 The company regularly publishes an environmental report.	✔	
1.4 The company markets the products in accordance with environmental rules in applicable marketing legislation.	✔	
1.5 The company has environmental requirements on suppliers and subcontractors.	✔	
1.6 The company regularly trains employees in environmental management.	✔	
2 Environmentally Conscious Design		
2.1 CFCs or HCFCs are not present in the product.	✔	
2.2 Asbestos, PCB and PCT are not present in the product.	✔	
2.3 Mercury is not present in the product.	✔	
2.4 Brominated flame retardants PBB and PBDE are not present in the product.	✔	
2.5 Cadmium is not present in the product.	✔	
2.6 Lead is not present in plastic parts.	✔	
2.7 Chloroparaffins with chain length 10-13 C atoms, chlorinated greater than 50%, are not present in the product.	✔	
2.8 Beryllium oxide is not present in the product.	✔	

[1] With supplied battery.

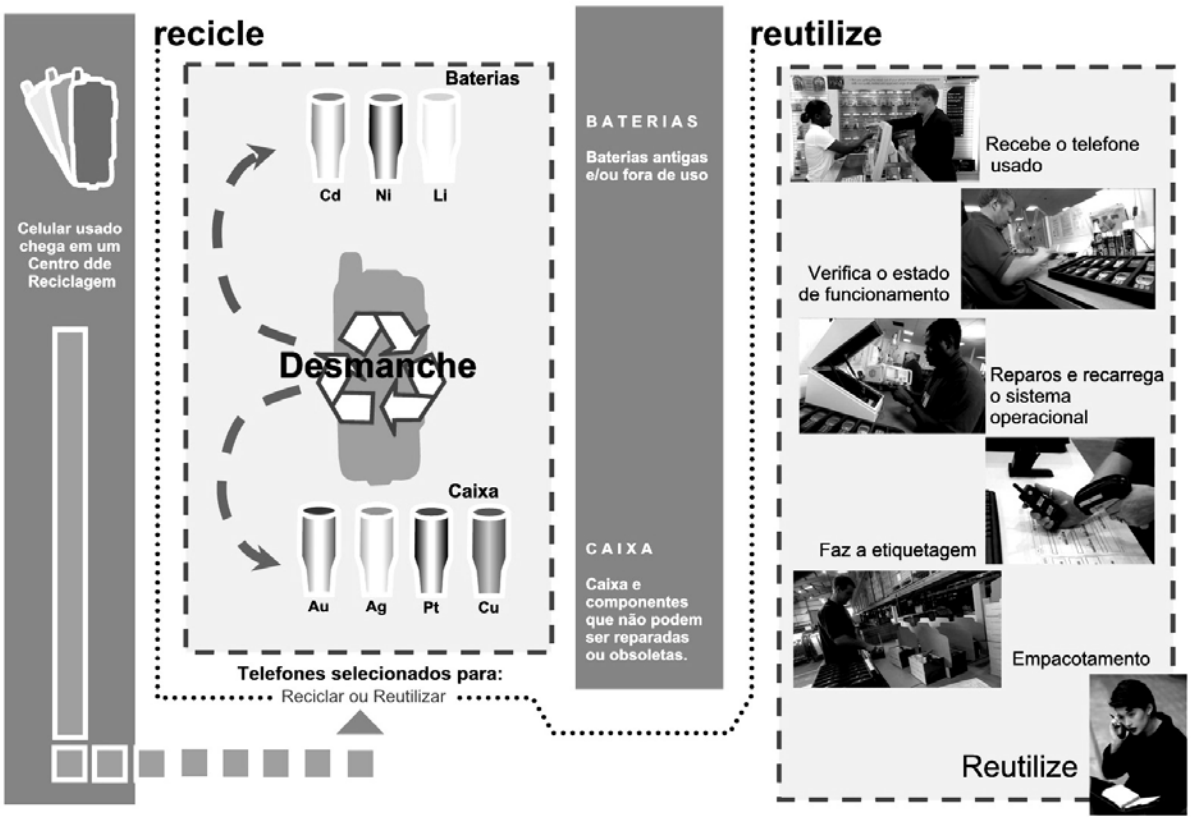
Fonte: SonyEricsson, 2007.

Figura 4.31 Parte do arquivo de declaração ambiental do telefone T68I da SonyEricsson.

4.6 Reutilização, Reciclagem e Redução

4.6.1 Reutilização

É possível observar na figura 4.32 um modelo de processos básico necessários para aplicação de reciclagem ou reutilização.



Fonte Fonebak, 2006.

Figura 4.32 Processo de Reciclagem e Reutilização.

A adoção da rede GSM na mesma faixa de freqüência da européia, é uma oportunidade para reutilização desses equipamentos e sua recolocação no mercado por um preço baixo. Mercados como o de alguns países da América do Sul, África e Oriente Médio, tem características adequadas para a reutilização destes terminais, por não disporem de exigências para consumo tecnológico.

O processo de reutilização segue as seguintes fases:

a. Coleta
b. Triagem
c. Testes
d. Separação
e. Desmontagem

f. Limpeza
g. Recuperação
h. Remontagem
i. Empacotamento

Os aparelhos e acessórios que não possuem condição para reutilização são enviados para a reciclagem.

4.6.2 Reciclagem e Redução

A reciclagem pode ser descrita como a transformação do celular em seu fim de ciclo de vida em outros elementos que poderão servir de matéria prima para outros produtos.

A reciclagem de celular permite várias rotas de recuperação. A rota mais simples adotada em países ou regiões pobres é baseada no desmanche manual e a lixiviação química, com a utilização da Água Régia – 25% de Ácido Nítrico puro e 75% de Ácido Clorídrico puro. É um poderoso agente lixiviante de metais. Na figura 4.33 é possível observar uma imagem da Basel Action Network (2002) onde se exibe como é feito este processo artesanalmente na China.

Fonte: Basel Action Network, 2002.

Figura 4.33 Lixiviação por Água Régia na região de Guangzhou – China.

Este processo bastante tóxico devido à liberação de vapores e ácidos é invariavelmente feito perto de leitos de rios, contaminando suas águas com pode-se ver na figura 4.34, da Basel Action Network (2002).

Fonte: Basel Action Network, 2002.

Figura 4.34 Imagem de Guangzhou – China em uma operação de lixiviação por Água Régia para retirada de ouro e metais de valor.

Um grande problema desta rota é como se recuperar o ácido após a lixiviação ou como neutralizá-lo. O que se observa é o lançamento nos rios além da deposição do resíduo sólido do lixiviado, fazendo com que o pH nestes locais seja próximo à zero, sendo extremamente ácido.

O processo de desmanche manual pode ser observado nas figuras 4.35 e 4.36.

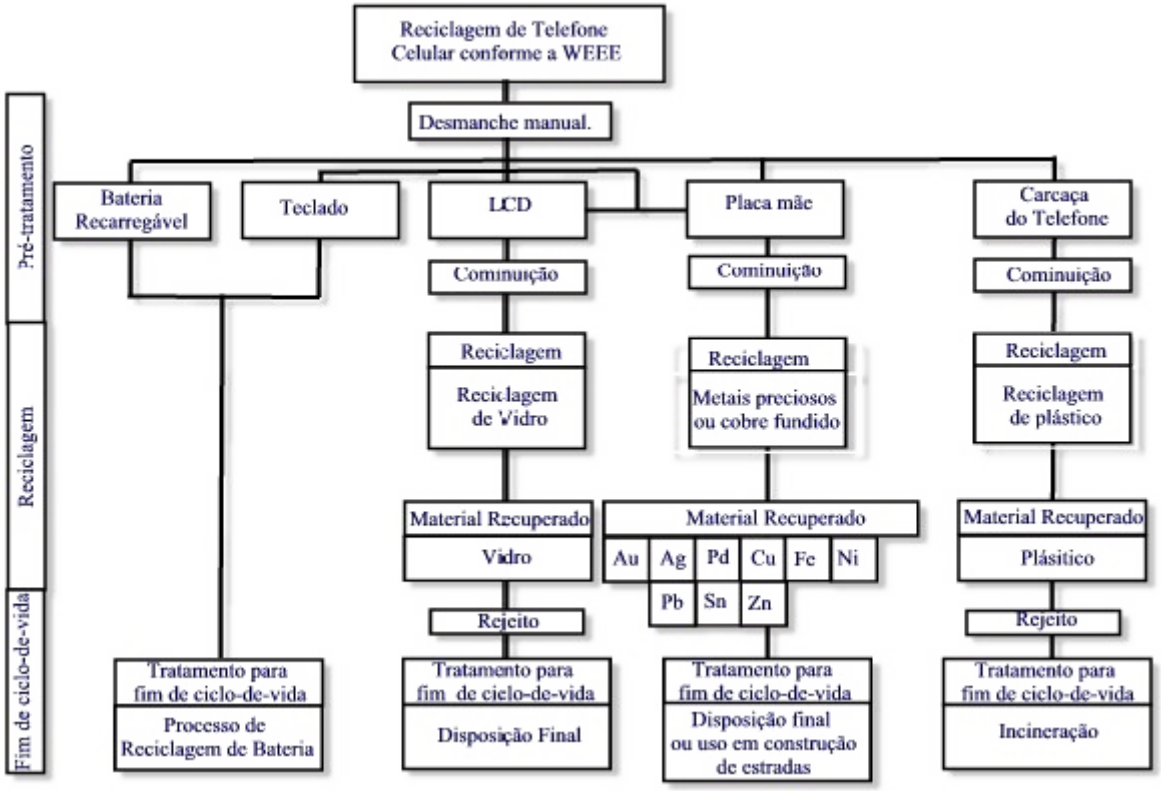
Fonte: Basel Action Network, 2002.

Figura 4.35 Retirada de componentes de circuito impresso em Karashi - Paquistão.

. Fonte: Basel Action Network, 2002.

Figura 4.36 Mulheres picotando placas de circuito impresso em Nova Delhi – Índia.

Outra rota de reciclagem dos componentes conforme exige a WEEE é mostrado na figura 4.37 como contraste ao modelo de exploração dos países em desenvolvimento ou subdesenvolvidos.



Fonte: Stutz et al, 2002.

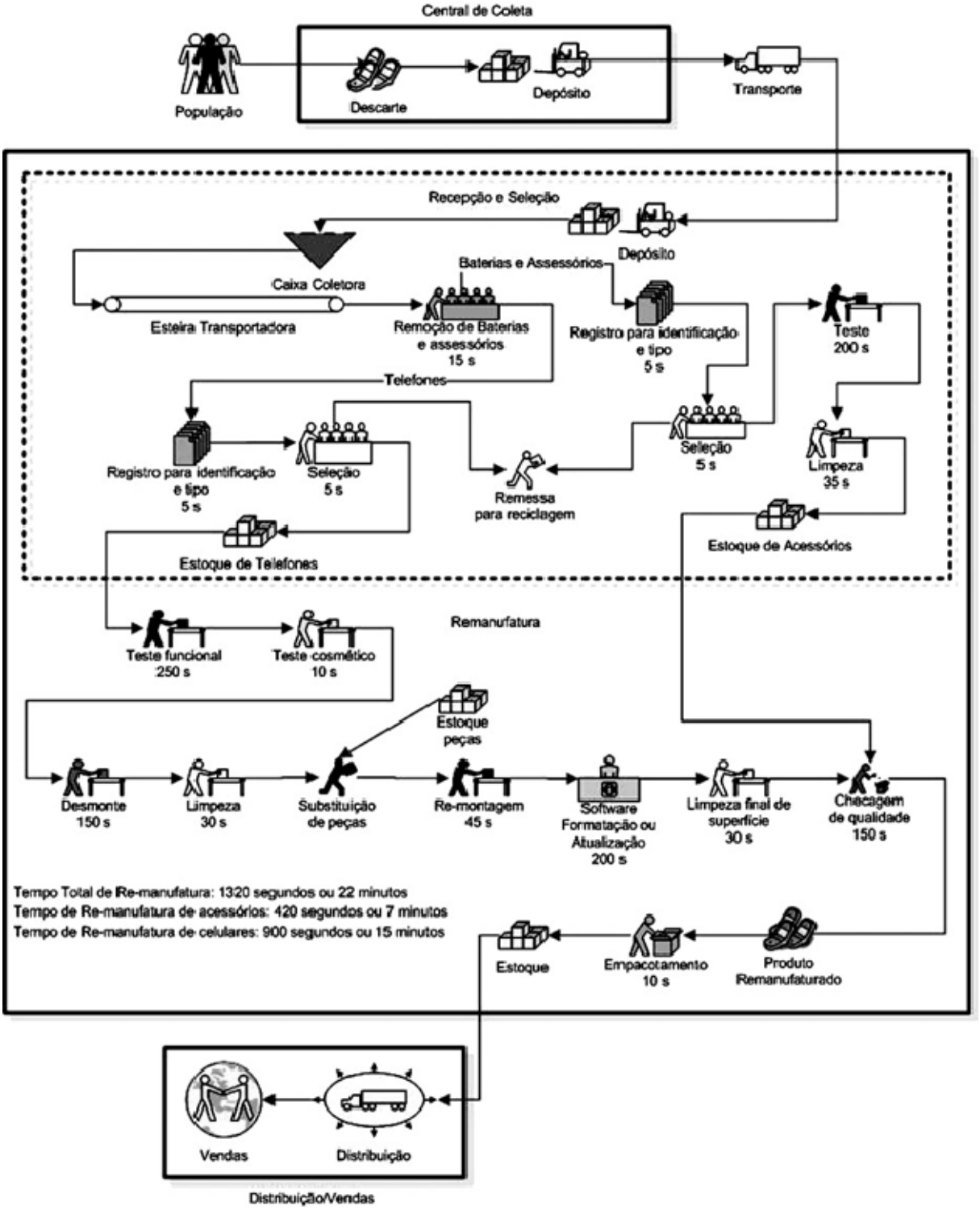
Figura 4.37 Modelo sobre recuperação de 65% do celular segundo o exigido pelo WEEE.

Este modelo geral foi proposto por Stuts (2002) para atender aos requisitos mínimos da WEEE para recuperação de 65% dos componentes do celular através de uma planta industrial.

O processo é dividido em três fases: O pré-tratamento, a reciclagem e o fim do ciclo de vida. No processo de Pré-tratamento é feito o desmanche por método manual, com a separação das partes do equipamento. Cada parte passa para o processo de reciclagem ou fim de ciclo de vida de acordo com os materiais possíveis de ser recuperados. Na reciclagem se obtém metais, vidros e plástico recicláveis. O Rejeito segue o processo especifico de disposição final ou incineração.

De modo geral, este processo pode ser desenvolvido em planta industrial com várias possibilidades no qual cobrem as três fases descritas.

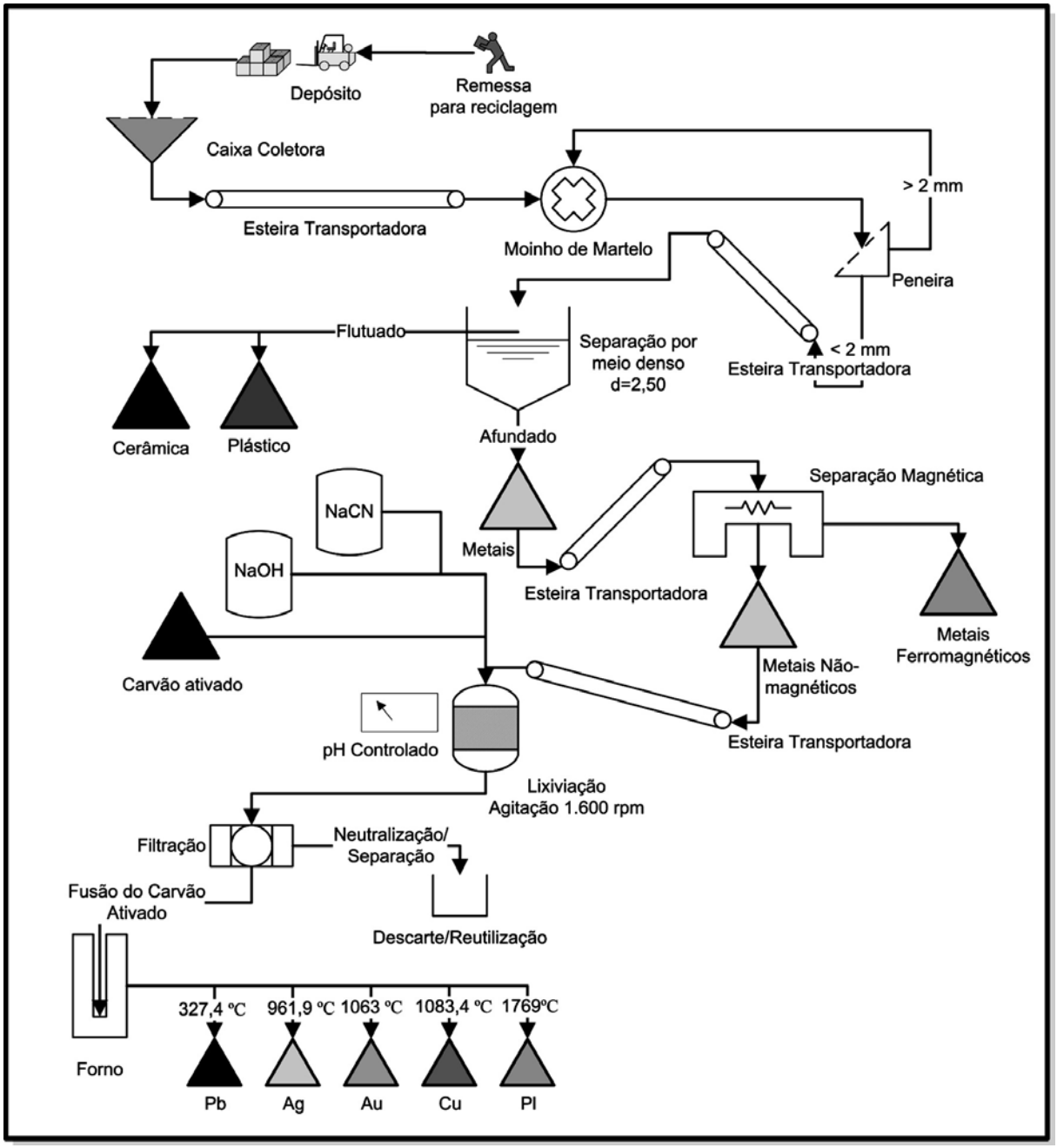
O modelo de planta industrial para remanufatura adaptado de Seliger et al (2003) na figura 4.38, prevê três setores operacionais: Recebimento, Armazenamento e Remanufatura. As micro-operações são apresentadas com estimativa de tempo necessário para execução e o valor do fluxo com 15 minutos para celulares e 7 minutos para assessórios, com tempo estimado do fluxo total de 22 minutos. Esta planta permite a remanufatura dos aparelhos celulares para sua recolocação no mercado.



Fonte: Seliger et al, 2003

Figura 4.38 Processo para uma planta de re-manufatura de celulares.

Podemos observar como complemento da planta de remanufatura proposta por Selinger, uma planta adaptada do modelo laboratorial proposto por Leite et al (2004) na figura 4.39 para reciclagem dos equipamentos que não podem ser remanufaturados.



Fonte: Leite et al, 2004.

Figura 4.39 Planta de recuperação metalúrgica para componentes eletrônicos.

Após o processo descrito na remanufatura, os equipamentos rejeitados vão para a operação de reciclagem. É pré-requisito fundamental o desmanche eficiente dos equipamentos que pode ser feito manual, robótica ou híbrida, como é defendido por Franke et al (2006). Existem na literatura, diversos equipamentos robotizados que podem ser utilizados para a

operação. O sistema híbrido é composto pela operação manual de remoção da bateria e aplicado à operação robotizada para o desmonte do equipamento e sua separação. Na operação manual é feito o desmonte e a separação das partes manualmente.

Neste ponto deve-se abordar a necessidade, ou não, de se recuperar componentes eletrônicos para reutilização. Caso seja necessário podem-se usar elementos robóticos para identificação dos componentes e sua retirada da placa mãe ou então sua retirada manual.

Após a remoção de componentes a operação de cuminuição tem início em moinho de martelo para a fragmentação dos elementos em pequenas partes. Em seguida o peneiramento é feito com malha de 2 mm, ao qual, reterá fragmentos maiores que retornarão para cuminuição e a fração passante é submetida à operação de separação em meio denso (separação sólido-sólido) que deverá ter uma densidade de 2,5 para separação de plásticos e cerâmicas como flutuado.

O afundado passa por separação magnética para retirada de material ferro-magnético e, com a fração não magnética, a literatura permite neste ponto várias rotas de operação, como a rota de separação eletrostática, rotas de separação eletroquímica ou lixiviação química. O objetivo aqui é separar os metais de valor, como chumbo, cobre, ouro, platina ou prata.

No método citado é usada a lixiviação química com carvão ativado com polpa de NaCN (2g/L) em meio alcalino e corrigido pH com NaOH (pH em torno de 10,5) com agitação a 1.600 rpm, onde é feita uma filtração e posterior queima do carvão para obtenção de uma amalgama metálica que é separada por fusão fracionada, liberando os metais de valor. Uma opção seria usar ácido em substituição ao NaCN por este ser muito tóxico.

Conforme informa Beilg et al (2006), a quantidade de material obtido na reciclagem de 1 (uma) tonelada de aparelhos celulares na Áustria pode ser observada na tabela 4.3.

Tabela 4.3: Metal contido em telefones celulares em kg por tonelada métrica.

Elementos	Massa (kg/ton)	Elemento	Massa (kg/ton)
Prata	4,8	Chumbo	6,1
Cobre	156,3	Cromo	1,5
Paládio	0,001	Ouro	0,245
Zinco	69,7	Alumínio	17,6
Níquel	20,7	Estanho	5,3
Ferro	37	Total	319
Total do peso médio do telefone celular			0,042 kg

Fonte: Beigl et al, 2006.

Baseados no custo da reciclagem e reaproveitamento de metais na Áustria informados na tabela 4.5, é possível observar que pode haver ganhos e perdas no processo de reciclagem. Alguns produtos obtidos como componentes da placa mãe e metais não ferrosos apresentam ganhos enquanto os plásticos, display e outros materiais, por não possuir valor de revenda do material reciclado, apresentam custos. No entanto a avaliação feita por Beigl et al (2006) é que no final os ganhos superam as perdas.

Tabela 4.5: Custo de reciclagem de 1 (uma) tonelada de telefones celulares.

Elementos de Custo		Porção (Massa %)	Ganho e Custos €/ton
Materiais	Placa mãe	26%	536,20
	Metais não ferrosos	6%	8,10
	Bateria	33%	0,00
	Plástico (carcaça)	22%	-8,90
	Outros materiais	10%	-12,50
	Display	3%	-25,70
	Total de materiais	100%	487,3
Logística			-190,0
Desmanche			-40,00
Total de Ganhos por Tonelada Reciclada			257,30

Fonte: Beigl et al. (2006)

Foi efetuada a caracterização dos celulares no Laboratório de Processamento Mineral e Resíduos do Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Norte, observando-se cinco marcas de populares, todos TDMA e de modelos recentes, portanto, similares em forma e tamanho com os GSM. Os equipamentos foram quarteados e selecionados uma alíquota para análise gravimétrica. A massa média por aparelho foi de 0,1325 kg (A) sem a bateria.

Levando em consideração o total atual global de 2.831.345.390 (B) terminais de celulares no mundo, pode-se concluir que dentro de um período estimado de 10 anos teremos o descarte de todos os terminais hoje em operação ou 375.238 toneladas, que corresponde ao produto de A por B. No Brasil a quantidade de terminais atual é de 113.000.000 terminais, onde podemos concluir que dentro de um período estimado de 10 anos teremos o descarte de 14.976 toneladas de terminais.

É possível calcular o tamanho anual do mercado de recuperação metalúrgica pela equação descrita em (1).

VMARMC (R$) = Valor do Mercado Anual de Recuperação Metalúrgica de Celulares

TTTC = Total de Toneladas de Terminais de Celular em 10 anos

TGTR = Total de Ganho por Tonelada Reciclada

VMARMC = (TTTC * TGTT)/10 (1)

VMARMC = (375.238 x 257,30)/10

VMARMC = 9.654.873,74 Euros por ano.

O tamanho anual do mercado de recuperação metalúrgica Brasileiro pode ser avaliado pela equação abaixo:

VMARMC = (TTTC * TGTT) (2)

VMARMC = (14.976 x 726,46)/10

VMARMC = 1.087.946,49 Reais por ano.

O rejeito do material pode sofrer várias rotas de eliminação ou recuperação conforme descrito no site da Motorola (2007). O plástico da carcaça, após ser cuminuido pode ser reutilizado para novos produtos incorporando aditivos e estabilizantes, como exemplo na fabricação de cones plásticos para sinalização automotiva, ou, ser utilizado na asfaltagem de ruas. O vidro é reutilizado para nova fabricação de vidros, as cerâmicas podem ser utilizadas como agregados na construção civil. Se for possível valorar estes subprodutos o valor obtido será muito maior. O material que sobra sem reaproveitamento deve ser incinerado.

Capítulo 5 – Conclusões e Recomendações

O objetivo deste capítulo é apresentar as conclusões e recomendações obtidas no trabalho a partir da metodologia proposta e dos resultados encontrados.

5.1 Conclusões

Com base na análise do mercado, obtemos algumas conclusões.

As redes de telefonia celular com padrão GSM são globalmente as redes dominantes e vão migrar para o UMTS com o 3GSM dentro de 10 anos. Esta mudança irá provocar o surgimento de aplicações móveis que rodarão em aparelhos celulares e que terão como base o intenso tráfego de dados pela utilização da banda larga sem fio (wireless) do 3G, em contraste hoje ao tráfego de voz. Serviços de vídeo conferência, comércio digital, serviços governamentais e TV Digital pelo celular, serão naturais dentro de alguns anos, assim como hoje são as câmeras digitais integradas aos celulares As redes concorrentes deverão se extinguir e seus terminais serão descartados. Os próprios terminais GSM deverão ser descartados pela migração para o 3G e por atualização devido ao consumo de massa por tecnologia.

O Brasil irá seguir a tendência global consolidando o GSM e, no mesmo período de 10 anos, irá migrar suas redes para o 3G. O aumento da tele-densidade do país dos 51,26 por 100 habitantes atuais, mostra que ainda há espaço para ampliação do consumo e oportunidades para serviços. No Brasil o tráfego de dados ainda é pequeno e há ainda muito espaço para exploração deste serviço. Haverá o descarte dos aparelhos TDMA e AMPS desativados pela substituição pelo GSM e parte dos CDMA deverão ser descartados.

Sobre o impacto da WEEE no mercado de celulares é possível obter as seguintes conclusões:

A grande quantidade de terminais com possibilidade de descarte nos próximos cinco a dez anos no mundo, pode ser estimada devido ao número de assinantes que hoje ultrapassou 2,5 bilhões e gerariam uma quantidade de resíduos que eventualmente devem ser incinerados ou dispostos em aterros.

A indústria de telefonia celular se adaptou a WEEE e criou mecanismos de coleta de terminais, através de pontos de coletas próprios ou de terceiros. Firmou parcerias com empresas de reciclagem ou criaram centros de incinerações de resíduos, no entanto, esta atuação não é global e é concentrada no hemisfério Norte, por atuarem apenas onde há determinação legal ou mercado consumidor com maior exigência.

O Brasil possui 100 milhões de assinantes que irão descartar seus terminais durante o período de transição para o 3G e só existem duas pequenas empresas no país em São Paulo para o reaproveitamento ou reciclagem dos equipamentos e mesmo assim, especializadas em equipamentos de informática. A indústria de celulares no Brasil não possui, a exceção da Nokia, coleta organizada de aparelhos de celulares descartados, por não haver restrições legais que façam esta exigência.

Os telefones celulares são tóxicos e a riqueza em metais nobres e valorizados nestes terminais deve ser explorada industrialmente. O mercado de metais nobres como o cobre, níquel, prata, etc, está atualmente em expansão e o reaproveitamento ou reciclagem de aparelhos celulares descartados é uma possibilidade econômica que pode ter viabilidade. Neste contexto o desenvolvimento de plantas industriais de remanufatura e reciclagem automatizadas ou semi-automatizadas para e-Resíduos, pode aproveitar as vantagens de um mercado interessado em seguir as exigências da norma WEEE para um descarte adequado e ao mesmo tempo, formar parecerias duradouras com grandes fabricantes de eletrônicos.

A criação de plantas de reciclagem através de uma política industrial orientada a transformar o seguimento em uma indústria global, permitiria a criação de um setor industrial competitivo que poderia aproveitar a demanda mundial por metais nobres para uma rápida consolidação. O custo de mão-de-obra no Brasil e as facilidades cambiais permitiram um setor competitivo que teriam facilidade de atuar de forma global.

É necessário à aprovação projeto de lei 203/91 sobre Resíduos Sólidos, mantendo o texto do artigo 2.° item XII do substitutivo que reconhece o resíduo como bem econômico e gerador de renda, e, do artigo 4.° item XXIII que permite que eles sejam usados como matéria-prima para empresas recicladoras. A necessidade de se votar a Lei é importante para disciplinar à atividade e permitir o desenvolvimento deste setor industrial.

Ao mesmo tempo há necessidade de organizar o processo de coleta e reciclagem dos aparelhos através de uma resolução específica sobre equipamentos elétricos e eletrônicos.

Neste trabalho exploratório avaliamos o tamanho do mercado da indústria de aparelhos celulares global e local, que tipo de problema ambiental e que danos à saúde poderia ocorrer com o descarte inadequado dos aparelhos de celulares, como a norma européia WEEE impactaria na indústria e que estratégia a indústria fabricante adotou com sua implantação e finalmente que tipos de plantas industriais poderia se adotar para uma indústria brasileira.

5.2 Limitações do Estudo

O tema abordado mostrou-se com algumas limitações devido ao fato do assunto ser recente e haver muito pouca bibliografia disponível. Algumas empresas cujos sítios na internet foram avaliados são fabricantes de vários equipamentos eletrônicos e tratam todo como conjunto de e-Resíduos, tornando difícil a identificação de uma estratégia específica para telefonia celular, além disso, em alguns casos houve sérios problemas de navegabilidade para se encontrar informações sobre a política ambiental devido à estrutura confusa de como este assunto é abordado.

5.3 Recomendações para trabalhos futuros

Este estudo permitiu após as análises a possibilidade de outros questionamentos que podem contribuir com a necessidade de se aprofundar o conhecimento relativo ao tema e que devem ser objetos de estudos futuros:

- Avaliar o impacto do mercado de telecomunicações com a migração do tráfego de voz para dados no Brasil e no mundo.
- Quais as implicações das aplicações móveis e multimídia em tempo real podem ter em um mercado 3G no Brasil e no Mundo e como a indústria de sistemas podem se beneficiar desta nova opção de mercado.

- O impacto da WEEE provocou mudanças nos processos industriais das empresas de celulares na tentativa de se obter produtos mais seguros e menos tóxicos para o meio ambiente. Estas mudanças de processos realmente estão efetivamente melhorando os celulares do ponto de vista ambiental?
- O desenvolvimento de "clusters" de empresas especializadas e recicladoras de e-Resíduos, uma política industrial direcionada teria que impacto no desenvolvimento da competitividade deste novo setor inexistente no Brasil.
- Avaliação dos vários processos de reciclagem de e-Resíduos, qual o de melhor desempenho econômico para competitividade em um mercado Global de forma a competir com metais reciclados em um país onde a indústria mineral compete globalmente.

Bibliografia

ABINEE. Estatística. Disponível em: < http://www.abinee.org.br/abinee/decon/decon15.htm> Acesso em: 14 de abril de 2007.

ANATEL. Agência Nacional de Telecomunicações. Disponível em: <www.anatel.gov.br> Acesso em: 11 de abril de 2007.

AUSTRÁLIA DEPARTMENT OF THE ENVIRONMENT AND HERITAGE. *Computer & Peripherals Material Project*. 2000. Disponível em: <http://www.environment.gov.au/settlements/publications/waste/electricals/computer-report/index.html#download> Acesso em 20 de maio de 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MEDICINA COMPLEMENTAR. Biblioteca de Intoxicações. Disponível em: < http://www.medicinacomplementar.com.br/Biblioteca_de_Intoxicacoes.asp> Acesso em 17 de maio de 2006.

BAIRD, C. *Química Ambiental*. 2.a Edição. Bookman. 2002

BARROS, M. A. S. D. de; *O Elemento Cromo e Suas Características*. Disponível em: <http www.ban.org> Acesso em 19 de feveiro de 2005.

BASEL ACTION NETWORK (BAN). *Mobile Toxic Waste: Recent Findings on the Toxicity of End-of-Life Cell Phones*. 2004. Disponível em: <www.ban.org> Acesso em 17 de fevereiro de 2006.

_____. *Exporting Harm. The High-Tech Trashing of Asia.* 2002. Disponível em: <http www.ban.org> Acesso em 18 de janeiro de 2006.

_____. *The Digital Dump.Exporting Re-use and Abuse to Africa.* 2005. Disponível em: <http www.ban.org> Acesso em 18 de janeiro de 2006.

BEIGL, P; SCHNEIDER, F.; SALHOFER, S. *Experiences with WEEE Take Back Systems using the Example of Mobile Phones.* Disponível em: <http://www.wau.boku.ac.at/fileadmin/_/H813-abfall/IKS_Files/Aktuelle_Vortr_ge/Beigl_Schneider_Salhofer_WEEE_TakeBack_MobilePhones.pdf> Acesso em 17 de abril de 2006.

BOTTO, F.; *Encyclopedia of Wireless Telecommunications.* McGraww-Hill. 2002.

BRASIL. Câmara dos Deputados. *Projeto de Lei 203-91*. Disponível em: <http://www2.camara.gov.br/comissoes/temporarias/especial/pl20391/> Acesso em: 20 de agosto de 2006.

BRASIL. *Lei Geral das Telecomunicações - Lei nº. 9.472, de 16 de julho de 1997*. Disponível em: <www.anatel.gov.br> Acesso em: 17 de fevereiro de 2005.

BRZÓZKA, M. M.; MONIUSZKO, J. *The influence of calcium content in diet on cumulation and toxicity of cadmium in the organism. Archives of Toxicology*. Volume 72, Número 2. Pág. 63-73. Dezembro 1997. ISSN 1432-0738.

CALISTER JR, W. D. *Ciências e Engenharia de Materiais – Uma Introdução.* LCT. 2002

CAPITANI, E. M. DE; ALGRANTI, E.; *Capítulo 9 - Outras pneumoconioses.* Jornal Brasileiro de Pneumologia. 2006; 32 (Supl 1): S54-S9.

CARDOSO; P. C. S et al.; *Efeitos biológicos do mercúrio e seus derivados em seres humanos – Uma revisão bibliográfica.*; Disponível em: < http://www.facome.uqam.ca/pdf/cardoso_2002.PDF> Acesso em 15 de abril de 2006.

CHRISPIM NETO, J. P. *Análise do setor de telecomunicações: Um estudo de caso da estratégia adotada pela BCP Nordeste*. Anais do I Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica. ISBN. 978-85-89571-11-1. Dezembro 2006.

COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES. *Environmental issues of PVC. 2000*. Disponível em: <http://www.pvcinformation.org/assets/pdf/EU_PVC_wasteReport.pdf > Acesso em 17 de outubro de 2006.

COMUNIDADE EUROPÉIA. *Diretiva Nº. 96 de 27 de Janeiro de 2003*. Waste electrical and electronic equipment. Disponível em: <http://europa.eu/scadplus/leg/en/lvb/l21210.htm> Acesso em 17 de Janeiro de 2006.

DAYDEAL. *Partes do Celular*. Disponível em: < http://www.daydeal.com/pages.php?pageid=5> Acesso em 17 de outubro de 2006.

DICHI, J. B.; Burini, R. C.; *Matabolismo do cobre e anemia*. Revista brasileira de nutrição clínica. Págs. 13-21. jan-abr 1991.

EPA / USA – Environmental Protection Agency. *PBT*. Disponível em: <http://www.epa.gov/pbt/> Acesso em 17 de maio de 2006.

_____. *PCB*. Disponível em <http://www.epa.gov/opptintr/pcb/pubs/effects.html> Acesso em 22 de junho de 2006

_____. *WasteWise Update. Electronics Reuse and Recycling.* Outubro 2000. Disponível em <http://www.epa.gov. /pbt/> Acesso em 22 de junho de 2006.

_____. *Lead*. Disponível em: <http://www.epa.gov/lead/index.html> Acesso em 12 de maio de 2006.

ENVIROWISE. *Sustainable design of electrical and electronic products to control costs and comply with legislation*. 2006. Disponível em: <www.envirowise.gov.uk> Acesso em 21 de agosto de 2006.

FONEBAK. Disponível em <http://ww.fonebak.com> Acesso em 13 de outubro de 2006.

FRANKE, C.; BASDERE, B; CIUPEK, M.; SELIGER, S. *Remanufacturing of mobile phones—capacity, program and facility adaptation planning.* Omega 34 – The International Journal of Management Science. 2006. Pags. 562 – 570.

GIL, A. C.; *Métodos e Técnicas em Pesquisa Social.* 1999. Atlas. 5ª Edição.

GRASS ROOTS RECYCLING NETWORK. Disponível em: <http://www.grrn.org/> Acesso em 13 de outubro de 2006.

GSM ASSOCIATION *Growth of the global digital mobile market.*. GSM World. 20064 Q2. Disponível em: <http://www.gsmworld.com/news/statistics/pdf/gsma_stats_q2_06.pdf> Acesso em 15 de julho de 2006.

IEC - INTERNATIONAL ENGINEERING CONSORTIUM. *Time Division Multiple Access*. Disponível em: <http://www.iec.org/online/tutorials/tdma> Acesso em 21 de agosto de 2006.

_____. *Cellular Communications*. Disponível em: <http://www.iec.org/online/tutorials/acrobat/cell_comm.pdf> Acesso em 21 de agosto de 2006.

_____. *Universal Mobile Telecommunications System (UMTS).* Disponível em: <http://www.iec.org/online/tutorials/acrobat/umts.pdf> Acesso em 21 de agosto de 2006.

_____. *Global System for Móbile Communication (GSM).* Disponível em <http://www.iec.org/online/tutorials/gsm> Acesso em 21 de agosto de 2006.

LEITE, J. Y. P.; et al. *Obtenção de metais nobres a partir de sucatas de placas de computadores.* Anais. XI Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental; 2004. Natal.

LORA, E. E. S.; *Prevenção e Controle da Poluição nos Setores Energéticos, Industrial e de Transporte*. Editora Interciências. 2.a Edição. 2002.

LG ELETRONICOS. Disponível em: <http://www.lge.com/index.jhtml> Acesso em 21 de abril de 2007.

MONTGOMERY, C. A.; PORTER, M. E. *Estratégia. A Busca da Vantagem Competitiva.* Harward Business Rewiew Book. Editora Campos. 1988.

MOREIRA, F. R; MOREIRA, J. C; *Os efeitos do chumbo sobre o organismo humano e seu significado para a saúde*. Revista Panamericana Salud Publica. 2004;15(2):119–29.

MOTOROLA. Disponível em: <www.motorola.com> Acesso em 12 de abril de 2007.

NASCIMENTO, E. S.; CHASIN; A. A. M.; *Ecotoxicologia do mercúrio e seus compostos*. Cadernos de referência ambiental; v. 1. Centro de Recursos Ambientais. 2001. Disponível em: < www.seia.ba.gov.br/.../Neama%20-20Cadernos%20de%20Referência%20Ambiental/Arquivo/mercurio.pdf > Acesso em 18 de abril de 2006.

NOKIA. Disponível em: <www.nokia.com> Acesso em 4 de abril de 2007.

NORTEL NETWORKS. *HSDPA and beyond.* 2005. Disponível em: <http://www.gsmworld.com/technology/3g/presentations.shtml> Acesso em 21 de setembro de 2005.

PARANÁ. *LEI Nº. 12.493 de 22 de janeiro de 1999*. Disponível em: < www.pr.gov.br/meioambiente/pdf/lei_12493_1999.pdf > Acesso em: 11 de abril de 2007.

PENTEADO, J. C. P.; VAZ, J. M.. *O legado das bifenilas policloradas (PCBs).* Quím. Nova, Mai/Jun 2001, vol.24, no.3, p.390-398.

PIRES, J. C. L. *A Reestruturação do Setor de Telecomunicações no Brasil.* BNDES. 2004. Disponível em: <www.federativo.bndes.gov.br/conhecimento/revista/rev1109.pdf > Acesso em: 11 de abril de 2006.

ROCHA, D. Q.; SOUZA, M. O. de; Ferreira, Y.; *Contaminação por Cádmio*. Disponível em: < http://www.cq.ufam.edu.br/cd_24_05/cadmio_qa.htm > Acesso em 7 de novembro de 2006.

SÃO PAULO (Estado). *Lei Nº. 11.387 de 27 de maio de 2003***.** Disponível em: < http://www.al.sp.gov.br/staticfile/integra_ddilei/lei/2003/lei n.11.387, de 27.05.2003.htm> Acesso em: 11 de abril de 2007.

SAMSUNG. Disponível em: <www.samsung.com> Acesso em 13 de abril de 2007.

SBRT - Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas. *Descarte de peças obsoletas de computadores***.** Disponível em: <www.anatel.gov.br> Acesso em: 17 de março de 2006.

SELIGER; G.; CIUPEK; M.; BAŞDERE; B.; FRANKE; C. *Contribution to Efficient Cellular Phone Remanufacturing.* CIRP seminar on life cycle engineering. Maio 2003. Disponível em: < http://www.sfb281.tu-berlin.de/download/dokumente/cellular.pdf > Acesso em 22 de março de 2006.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M.; *Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação*. 2001. Disponível em: < http://projetos.inf.ufsc.br/arquivos/Metodologia da Pesquisa 3a edicao.pdf> Acesso em 17 de junho de 2004.

SONYERICSSON. Disponível em: <www.sonyericcson.com> Acesso em 4 de abril de 2007.

STUTZ, M.; BURCKARD, C.; ERTEL; J. *Cost elements of recycling and the design of mobile phones in the context of weee.* CARE INNOVATION 2002, Wien, Novembro 2002**.** Disponível em <http://aix.meng.auth.gr/helcare/CARE02/Ordnerstruktur/Paper%20Presentations/10.5.pdf> Acesso em 18 de junho de 2006.

TELECO. Disponível em: <www.teleco.com.br> Acesso em 6 de abril de 2007.

THE SHOSTECK GROUP. *Os Desafios Comerciais e Tecnológicos para as Operadoras de TDMA.* CDMA Development Group. 2001. Disponível em <http://www.cdg.org/technology/3g/resource.asp> Acesso em 21 de agosto de 2004.

THE CDMA DEVELOPMENT GROUP. *4Q 2006 CDMA Subscribers*. 2006. Disponível em < http://www.cdg.org/> Acesso em 21 de abril de 2007.

TI INSITE. *Vendas mundiais de celulares crescem 21% em 2006*. Disponível em <http://www.tiinside.com.br/Filtro.asp?C=265&ID=71300> Acesso em 10 de março de 2007.

TUROLA, D. A.; DA SILVA, A. T. *Análise da Política Estratégica do Setor de Telefonia Móvel.* Pontifícia Universidade Católica de Campinas. 1999.

TYSON, J.; HOWSTUFFWORKS. *How LCDs Work.* Disponível em: <http://electronics.howstuffworks.com/lcd.htm> Acesso em 14 de junho de 2006.

UNIVERSITY OF NORTH CAROLINA. *Evaluating Information*. 2004. Acesso em 6 de março de 2004 e disponível em: <http://www.lib.unc.edu/instruct/evaluate/>

WIDMER, R.; et al. *Global perspectives on e-waste***.** Environmental Impact Assessment Review 25. 2005. Pags. 436– 458.

WHITE, T. *Stabilising heavy metal waste underground*. Search, v.26, n.5, p.148-51, 1995