Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 3879-3885.

Análise da dinâmica do lixão clandestino no município de Barueri, no estado de São Paulo através de imagens do Landsat 5 TM nos anos de 1992, 1993, 1996, 2001 e 2004.

Valcir Orlando Junior [1,2 *]
Adriana Gomes Affonso [2]
José Luiz Stech [2]

[1] Universidade de Mogi das Cruzes - UMC
Caixa Postal 08780-911 - Mogi das Cruzes – SP, Brasil
valcir_v8@yahoo.com.br
[2] Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 - 12201-970 - São José dos Campos - SP, Brasil
{affonso, stech}@ltid.inpe.br
* bolsista de iniciação científica no INPE

Abstract: The objective of this work is to evaluate the evolution of an illegal dumping site in the municipality of Barueri, in São Paulo State in the years of 1992, 1993, 1996, 2001 and 2004 through Landsat 5 TM images. Five land use maps were made through visual interpretation (false color composition) and the area of each class (vegetation; illegal dumping site; urban area; water bodies and exposed soil) were quantified. The results showed that in the last twelve years the illegal dumping site increased over 118% in area in relation to 1992 and the urban area increased over 41 %. This dynamics is mainly to the municipality population increase in 2004 (59,23% in relation the 1992) being considered as one of the 10 municipalities with bigger population increase in the state of São Paulo in the last 10 years. The integration of remote sensing and GIS demonstrated as an excellent tool for studies of ambient monitoring in the urban area of Barueri and sensors with high resolution would contribute in the evaluation of the illegal dumping site and its impacts.
Key-words: sensoriamento remoto, lixões clandestinos, mapeamento de áreas urbanas, Landsat, remote sensing, ilegal dumping site, urban area mapping.

1. Introdução

O nosso planeta vem sofrendo uma série de agressões, que se agravaram nas últimas décadas devido o desenvolvimento tecnológico e o acentuado aumento populacional, gerando cada vez mais resíduos para serem dispostos no meio ambiente, resultando no surgimento de problemas ambientais como a poluição das águas e o acúmulo e lixo (Carvalho e Tella, 1997). Um dos maiores problemas da atualidade em relação ao meio ambiente diz respeito ao destino e disposição dos resíduos, que podem ser de origem domiciliar, industrial (Brunner e Brown, 1988; Cetesb, 1990; D´Almeida e Vilhena 2000), comercial público, radioativo, hospitalar, agrícola, de portos, aeroportos e terminais rodoviários ou ferroviários e entulho (construção civil). O desenvolvimento tecnológico contribui também de forma positiva, através de técnicas de manejo de resíduos sólidos, como aterros sanitários controlados e legalizados, reciclagem do lixo, incineração, autoclave, etc. Além disso, ferramentas como o sensoriamento remoto pode auxiliar na identificação desses problemas, de forma a identificar e quantificar as áreas destinadas aos lixões, e assim fornecer subsídios para a tomada de decisões para a prática do desenvolvimento sustentável.

2. Objetivo

O objetivo deste trabalho é avaliar a evolução de um depósito de lixo clandestino localizado no município de Barueri, na Grande São Paulo, nos anos de 1992, 1993, 1996, 2001 e 2004 a partir de imagens do sensor Landsat 5 TM.

3. Sensoriamento remoto para mapeamento de área urbana

O sensoriamento remoto tem se demonstrado como uma ferramenta essencial no mapeamento de áreas urbanas e fundamental no auxílio ao planejamento urbano, fornecendo uma percepção global do uso do solo como na região de São Bernardo do Campo (Iwai, 2003). A aquisição de dados pelos de sensores a bordo dos satélites como os da séries LANDSAT e SPOT, IKONOS e QUICKBIRD possibilita captar as tendências de expansão urbana a um custo relativamente baixo, quando comparado com outros tipos de levantamento, como o aerofotogramétrico.

A integração das imagens de satélite com Sistemas de Informações Geográficas (SIG) facilita o monitoramento do processo de crescimento urbano e assim o controle dos problemas ambientais das cidades (Costa, 996) e na elaboração de metodologias para identificar áreas para disposição de resíduos sólidos (Brollo, 2001.) de maneira a não comprometer áreas de importante relevância ambiental.

4. Lixos clandestinos

O método mais primitivo de destinação de resíduos sólidos é a disposição em forma de lixões, não controlados, que são resultados da simples disposição do lixo a céu aberto, sem considerar a área em que está sendo feita a descarga, a percolação do chorume, a emissão dos gases para a atmosfera e a proliferação de vetores de doenças (Serra et al., 1998). Cerca de 70% dos municípios brasileiros ainda recorrem a esta forma de disposição de resíduos sólidos (IBGE, 2004) e esta irresponsabilidade traz inúmeros problemas sociais e ambientais.

Exposto ao ar, o lixo atrai animais, bactérias e fungos. A decomposição libera um odor que é transportado pelo vento, atraindo baratas e vários insetos, ratos, urubus que, ao se nutrirem da matéria orgânica presente no lixo, encontram nele também condições propícias para viver, se abrigar e se proliferar. Estes animais são vetores de doenças como a cólera, a febre tifóide, peste bubônica, disenteria, tracoma, além de diversas diarréias. Epidemias decorrentes da proliferação de roedores presentes nos lixões já são registradas desde a Idade Média (Carvalho e Tella, 1997).

No caso dos resíduos hospitalares o risco não é apenas para a saúde comunitária, por serem fonte de organismos patogênicos, deve-se considerar ainda o impacto que a disposição inadequada desses resíduos provoca no solo, na atmosfera e nos recursos hídricos, podendo acarretar a disseminação de doenças infecto-contagiosas. (Moritz, 1995; Blenkharn, 1995).

Além disso, metais pesados como o chumbo, mercúrio, cádmio, arsênico, cromo, zinco, e manganês, se encontram em resíduos comumente descartados pela população, como plásticos descartados, solventes, lâmpadas, embalagens de aerossóis, baterias, resto de tintas e de produtos de limpeza, pesticidas e fungicidas, óleos lubrificantes usados, materiais fotográficos e radiográficos, latarias de alimentos, medicamentos com prazo de validade vencida e aditivos alimentares (WHO, 1981; 1989; 1992; 1995; 2001). Estes metais podem ser percolados pelo chorume, misturando-se com a água da chuva infiltrando e poluindo o solo, podendo alcançar o lençol freático e contaminando assim a água subterrânea, podendo atingir as plantas, os animais e o homem (Magossi e Bonacella, 1991; Serra et al., 1998). Os metais pesados em concentrações superiores as recomendadas pela legislação podem causar agravos a saúde, além de uma série de doenças carcinogênicas (Denilton e Silbergeldm 1988, Magossi e Bonacella, 1991, Serra et al., 1998).

O chorume é um líquido resultante da decomposição do lixo através de bactérias anaeróbicas, e que chega a ser 10 vezes mais poluente que o esgoto (Reis e Serafim, 2004), além de dissolver substâncias químicas de alta toxicidade como explicitado anteriormente.
Além do chorume, a decomposição do material orgânico presente nos resíduos sólidos gera gás metano (CH4), gás sulfídrico e outros gases, que são responsáveis por odores desagradáveis, causam escurecimento de pintura de edificações e se tornam explosivos

quando armazenados em um local fechado, além da possibilidade de causar doenças respiratórias em algumas pessoas.

O acúmulo de lixo em uma região impossibilita o uso do espaço físico para outras finalidades, sem contar o impacto no aspecto visual, comprometendo a harmonia paisagística do local.

5. Localização da área de estudo

O trabalho envolve todo o município de Barueri no estado de São Paulo, entre os paralelos 23^{o} 28`07`e 23^{o} 33`04`` latitude sul e os meridianos 46$^{o}$ 47`51`` e 46^{o} 57`51`` longitude oeste (Figura 1).

6. Procedimentos Metodológicos

6.1 Imagens Orbitais

Foram utilizadas 5 imagens do sensor Landsat 5 TM (bandas 3, 4 e 5), órbita ponto 219/76 dos dias 29/02/2004; 15/08/2001; 13/05/1996; 29/11/1993; 21/07/1992. As imagens foram georreferenciadas a partir de uma imagem de mesma órbita/ponto previamente registrada, em projeção UTM e datum SAD69, com um erro de 0,435 pixel.

6.2 Interpretação de imagens

As imagens foram interpretadas visualmente na tela do monitor a partir de composições falsa cor das mesmas, com a banda 3 no verde, banda 4 no vermelho e banda 5 no azul. Foram feitos 5 mapas de uso e cobertura do solo do município de Barueri, com a seguinte legenda:
Lixão: área de depósito ilegal do lixo identificada pela Secretaria do Meio ambiente do Estado de São Paulo; **Vegetação**: formações florestais nativas incluindo os reflorestamentos; **Mancha Urbana**: áreas urbanizadas; **Solo exposto**: áreas de solo exposto, sem vegetação, que ainda não possa ser observada a malha urbana, por exemplo, pedreiras e áreas de prováveis loteamentos; **Campo sujo**: áreas sem formações florestais, abandonadas, mas com vegetação rasteira como pasto, mas sem atividades pecuarista; **Água**: rios, lagos e represas.

As áreas relativas a cada classe de cada ano foram calculadas através da ferramenta Medida de classes no Spring (Câmara, 1996).

7. Resultados

Os 5 mapas de uso do solo são apresentados na **Figura 1**. É possível observar o aumento da mancha urbana, das áreas de solo exposto e consequentemente a área do lixão. Podemos observar em todo o município uma diminuição da área de vegetação em decorrência do aumento da área urbana e de solo exposto. Esse fato era esperado visto que nesses doze anos a população de município cresceu 77,48 % em relação ao ano de 1992 (com aproximadamente 130 mil pessoas) chegando a 232.150 indivíduos em 2003 (IBGE, 2004). Sendo considerado um dos dez municípios com maior crescimento populacional do Estado de São Paulo (IBGE, 2004). Este aumento populacional invariavelmente acarreta um aumento da área urbana e consequentemente os problemas a ela agregados como o caso do lixão.

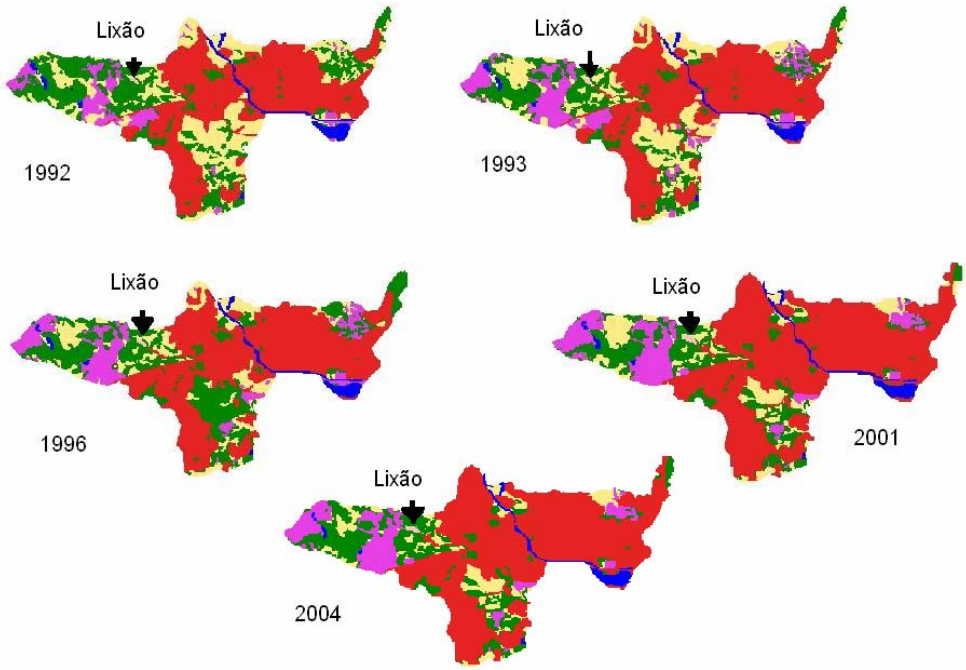

Figura 1: Mapas de uso do solo do município de Barueri nos anos de 1992, 1993, 1996, 2001 e 2004.

O **Gráfico 1** apresenta o percentual do aumento da área do lixão e da área urbana de Barueri em relação ao ano de 1992. No caso do lixão sua área aumentou 118,25% (2004) em relação ao ano de 1992, quando sua área era de 63.000m², sendo que hoje atinge já 137.500m². No caso da área urbana o aumento foi de 41,84% .

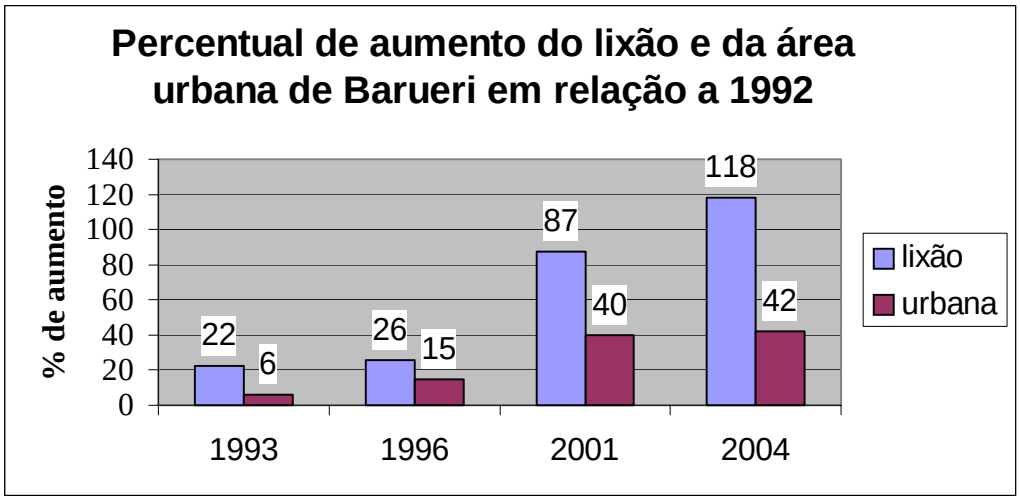

Gráfico 1: Percentual de aumento do lixão e da área urbana de Barueri em relação ao mapeamento do ano 1992

Como dito anteriormente, o depósito de lixo clandestino aumentou mais que o dobro (em 2004) de sua área em relação à 1992, 118,25%. A vegetação sofreu um impacto negativo, foi reduzida, de 1992 até 2004, passou de 15,6 Km² para apenas 12,1 Km², atingindo um pico de 16,04Km² em 1996 (**Tabela 1**). Esta variação de área em relação a vegetação pode ser explicada pela inclusão de áreas de reflorestamento e de vegetação secundária no mapeamento. Desta forma, nos anos em que a vegetação aumentou em área (1996 e 2004 em

relação ao ano anterior) podemos supor que novas áreas de reflorestamento tenham surgido ou que as áreas abandonadas de campo sujo a vegetação tenha crescido e classificadas como formações secundárias.

A área urbana aumentou consideravelmente, 41,84% se comparado a 1992, quando sua área total era de 28,35 Km², passando para 30,11 Km² em 1993, para 32,92 Km² em 1996 e, 39,73 Km² em 2001 e, finalmente, para 40,22 Km² no ano de 2004.

A classe de campo sujo teve sua área reduzida, sabendo que em 1992 ocupava cerca de 14,48 Km² do município de Barueri, diminuindo para 13,04 Km², 7,81 Km², 7,03 Km², e 6,07 Km², nos anos de 1993, 1996, 2001 e 2004, respectivamente.

Tabela 1: Área do uso do solo no município de Barueri nos anos de 1992 a 2004 e tamanho da população.

Classe	**Área 1992 (km^2)**	**Área 1993 (km^2)**	**Área 1996 (km^2)**	**Área 2001 (km^2)**	**Área 2004 (km^2)**
Lixão	0,06	0,07	0,08	0,11	0,13
Vegetação	15,6	12,3	16,0	10,8	12,1
Mancha Urbana	28,35	30,11	32,62	39,73	40,22
Campo sujo	14,4	13,0	7,8	7,0	7,4
Solo Exposto	4,0	7,1	6,7	7,4	7,4
Água	1,9	1,9	1,8	1,9	1,9
População (indivíduos) *	130.799		177.256	208.281	232.150

* Fonte: IBGE, 2000

Com as áreas de solo exposto, podemos ver que ocorreu um aumento em 81,95% da área no mesmo intervalo de tempo, já que em 1992 apresentava 4,08 Km², crescendo notavelmente para 7,42 Km² em 2004. Essas áreas são geralmente loteamentos que no futuro serão incorporados a mancha urbana da cidade e em um caso especifico próximo ao lixão encontramos uma pedreira que vem aumentando de tamanho a cada ano, e desmatando a vegetação nativa em volta (**Figura 2**).

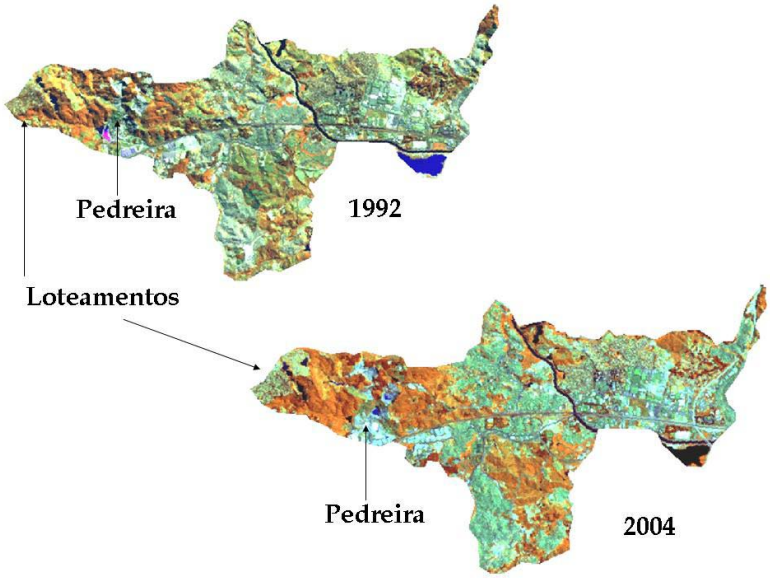

Figura 2: Imagens do satélite Landsat 5 (1992 e 2004) do município de Barueri destacando as áreas de loteamentos e pedreira.

Em relação aos corpos d'água presentes no município, no dado intervalo de tempo, não ocorreu mudanças significativas em sua área total, mantendo certa estabilidade no período estudado.

De acordo com o censo 2000 (IBGE, 2004), a grande maioria dos domicílios de Barueri possui seu lixo coletado (**Tabela 2**), seja por serviço de limpeza ou não (quase 109.000 domicílios), 250domicílios ainda jogam o lixo doméstico em terreno baldio, em rios e lagos.

No entanto, a pesquisa nacional de saneamento básico 2000 (IBGE, 2000) revelou que 228.413 toneladas de lixo geradas diariamente no Brasil, 21 % tem como destino lixões a céu aberto ou áreas alagadas, 37% são levadas a aterros controlados, 36% vão para aterros sanitários e 2, 8% são utilizadas na compostagem, 0,9 % vão para usinas de triagem e 0,5% são incineradas.

Tabela 2: Destino do lixo de cada domicílio no município de Barueri no ano de 2000.

Lixo	**2000 (número de domicílios)**
Coletado por serviço de limpeza	53913
Coletado em caçamba de serviço de limpeza	1086
Queimado na propriedade	143
Enterrado na propriedade	3
Jogado em terreno baldio ou logradouro	175
Jogado em rio, lago ou mar	56
Outro destino	19
Total	55451

Fonte: IBGE, 2000

Esforços da secretaria de meio ambiente vem tentando minimizar os problemas causados pelo despejo irregular do lixo e do próprio lixo, neste caso, em 2001 teve início o recolhimento lixo seletivo de porta em porta, com o plano piloto no bairro do Jardim Maria Helena. Só neste bairro, o programa teve 80% de participação popular, coletando cerca de 9 mil quilos ao mês (IBGE, 2004), sendo implantado até o presente em 85% do município.

8. Conclusões e recomendações

O sensoriamento remoto e o Sistema de Informações Geográficas permitiram uma análise satisfatória da dinâmica do lixão do município de Barueri, sendo possível quantificar o aumento deste depósito irregular nestes 12 anos. No entanto, estudos utilizando imagens de alta resolução (ikonos, quickbird até vídeo aerotransportado), modelos numéricos de terreno e ainda a rede de drenagem da região serviriam para uma melhor análise destes lixões, podendo identificar as entradas de acesso, os rios que estariam sendo afetados, e o escoamento dos líquidos resultante da decomposição (chorume).

9. Referências Bibliográficas

Blenkharn, J.I. **The disposal os clinical wastes**. J. Hosp. Infect. v. 30, p.514-520, 1995, supplement.

Brollo, M. J. **Metodologia automatizada para a seleção de áreas para a disposição de residuos solidos. Aplicação na região metropolitana de Campinas (SP).** São paulo; 2001 (Tese de douorado- Departamento de Saúde Ambiental- faculdade de Saúde Pública da USP) 233 p.. Disponível http://www.teses.usp.br/ acessado em 10/11/2004.

Brunner, C.; Brown, C. Hospital waste disposal by incineration. **JAPCA**, v. 38, n. 10, p. 1297-1309, 1988.

Câmara Neto, G. Souza, R. C. M.; Freitas, U. M.; Garrido, J. SPRING: integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. **Computer Graphics**, v. 20, n. 3, p. 395-403, 1996

Carvalho, V. S.; Tella, M. A. Sociedade de consumo e sustentabilidade planetária. **Debates Sócio ambientais**. Centro de Estudos da Cultura Contemporânea, SP-Brasil. Ano 11, n. 5, p: 2-4, 1997.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Resíduos Sólidos**. São Paulo. CETESB, 1990.

Costa, S. M. F. **Avaliação de técnicas de processamento digital de imagens TM LAndsat aplicadas a delimitação de áreas urbanas** . 1989. 110p. Dissertação (Mestrado)- Instituto nacional de Pesquisas Espaciais, INPE, São José dos Campos, 1989.

D´Almeida, M. L.; Vilhena, A. **Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado**. 2 ed. São Paulo. IPT/CEMPRE, 2000. (Publicação IPT 2622).

Denilton, R.; Silbergeld, E. Risk of municipal solid waste incineration an environmental perspective. **Risk Analysis**. v. 8, n. 3, p. 343-355, 1988.

Fonseca, S. M.; Pimentel, J. **Proposta de estudo de áreas metropolitanas: um modelo utilizando as tecnologias de SIG e sensoriamento remoto.** Universidade do Vale do Paraíba; 1998.

IBGE. Insituto Brasileiro de geografia e estatística. **Pesquisa nacional de saneamento básico de 2000**. São Paulo. Disponível em www.ibge.gov.br. Acesso em 10/10/2004.

Iwai, O. K. **Mapeamento do uso do solo urbano do município de São Bernardo do Campo, através de imagens de satélite**. 127 p. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia de Transportes. 2003. Disponível em www.teses.usp.br acessado em 10/10/2004

Magossi, L.; Bonacella, P. **Poluição das águas**. 2 ed. São Paulo, Editora Moderna, 1991. falta o numero de paginas.

Moritz, J. M. Current legislation governing clinical waste disposal. **J. Hosp. Infect**, v. 30, p: 521-530, 1995.

Reis, T.; Serafim Junior, M. Revisão do gerenciamento dos resíduos sólidos da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (campus Curitiba): dados preliminares para a implementação da coleta seletiva; PUCPR. 2004.

Serra, V.; Grossi, M.; Pimentel, V. **Lixão, aterro controlado e aterro sanitário**. Dept. de Quimica e Bioquimica. UNESP. Botucatu. SP., Brasil. Disponivel em: www.laser.com.br/IBB/lixo/aterro/html. Acesso em:10/10/2004.

WHO. World Health Organization. **Manganese**. Environmental Health Criteria 17. International Programme on Chemical Safety. Geneva, 1981. Disponivel em: http://inchem.org/documents/ehc. Acesso em 10/10/2004.

_____**Lead**: Environmental Aspects. Environmental Health Criteria 85. International Programme on Chemical Safety. Geneva, 1989. Disponivel em: http://inchem.org/documents/ehc. Acesso em 10/10/2004.

_____**Copper**. Environmental Health Criteria 220. International Programme on Chemical Safety. Geneva, 2001. Disponivel em: http://inchem.org/documents/ehc. Acesso em 10/10/2004.

_____**chromium**. Environmental Health Criteria 61. International Programme on Chemical Safety. Geneva, 1998. Disponivel em: http://inchem.org/documents/ehc. Acesso em 10/10/2004.

_____**inorganic lead**. Environmental Health Criteria 165. International Programme on Chemical Safety. Geneva, 1995. Disponivel em: http://inchem.org/documents/ehc. Acesso em 10/10/2004.

_____**Zinc**. Environmental Health Criteria 221. International Programme on Chemical Safety. Geneva, 2001. Disponivel em: http://inchem.org/documents/ehc. Acesso em 10/10/2004.

_____**cadmium**: Environmental Aspects. Environmental Health Criteria 135. International Programme on Chemical Safety. Geneva, 1992. Disponivel em: http://inchem.org/documents/ehc. Acesso em 10/10/2004.