XI SILUBESA
Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental
28/03 a 02/04/2004 - Natal - Rio Grande do Norte - Brasil

III-070 - DISPOSIÇÃO DE PILHAS ï CONSUMO SUSTENTÁVEL E ADEQUAÇÃO DO CICLO DE VIDA

Paulo Henrique Rocha Trigueiro
Graduando em Tecnologia de Materiais no CEFET-RN
Aluno de Iniciação Científica no Laboratório de Processamento Mineral e Resíduos

Luiz Fernando Dias Filho
Graduando em Tecnologia de Materiais no CEFET-RN
Aluno de Iniciação Científica no Laboratório de Processamento Mineral e Resíduos

Thiago Rodrigues De Souza
Graduando em Tecnologia de Materiais no CEFET-RN
Aluno de Iniciação Científica no Laboratório de Processamento Mineral e Resíduos

José Yvan Pereira Leite[(1)]
Engenheiro de Minas ï UFCG, Mestre em Engenharia Química ï UFRN, Professor e Pesquisador do CEFET-RN, Coordenador do Laboratório de Processamento Mineral e Resíduos - CEFET-RN.

Endereço[(1)]: Av. Salgado Filho, 1559 ï Morro Branco - Natal - RN - CEP: 59.015-000 - Brasil - Tel: +55 (84) 215-2636 - Fax: +55 (84) 215-2640
e-mail leite@cefetrn.br

RESUMO

No Brasil a disposição das pilhas é uma questão bastante discutida em decorrência da resolução 257/99 do Conselho Nacional do Meio Ambiente ï CONAMA (2000) que regulamenta o descarte de pilhas e baterias e fornece diretrizes para que as empresas e fabricantes devem adotar para minorar a degradação ambiental.

O tratamento inadequado destes resíduos tem contribuído para agravar o processo de degradação, principalmente nos grandes centros urbanos. Em Natal-RN são produzidos 1250 t/dia de resíduos sólidos (Leite et alli, 2002), sendo que aproximadamente 50% é proveniente dos resíduos domésticos. Está distribuído, entre matéria orgânica (49%), plástico (6%), papel e papelão (5%), coco (10%). As pilhas por representarem quantidades pequenas nos resíduos sólidos, não tem sido incluídas nos trabalhos de caracterizações, e devido a sua contribuição em metais pesados precisam ser quantificados para verificar alternativas para sua coleta e tratamento adequado visando extrair estes metais como carga poluidora dos resíduos sólidos. Os principais metais presentes nas pilhas são o cádmio, zinco, manganês, cobre, entre outros.

Este trabalho revela a necessidade da implantação da coleta seletiva para as pilhas, tendo em vista que as áreas de disposição são inadequadas para receber estes resíduos devido à concentração de metais pesados e posterior lixiviação pelos agentes naturais, levando a contaminação dos mananciais de Natal-RN.

O processo de reciclagem estudado possibilita a extração dos metais usando separação magnética seguido de extração hidrometalúrgica para a lixiviação dos metais pesados nocivos a natureza que se encontram nas pilhas secas de zinco-carbono.

PALAVRAS-CHAVE: Reciclagem, Pilhas Zinco-Carbono, Metais Pesados, Resíduos Sólidos

INTRODUÇÃO

A reciclagem de pilhas no Brasil é uma questão bastante discutida nos últimos anos, em decorrência da resolução 257/99 do Conselho Nacional do Meio Ambiente ï CONAMA (2000) que entrou em vigor em 1º de julho de 2000. Este novo regulamento disciplina o descarte de pilhas e baterias descarregadas, fornecendo diretrizes que as empresas fabricantes e importadores devem adotar procedimentos ambientalmente adequados (coleta, reutilização, reciclagem, tratamento ou disposição final) para estes produtos.

Apesar do CONAMA ter inovado no gerenciamento de resíduos perigosos, e os produtos possuírem uma vida longa, resistência, e causarem efeitos danosos ao ambiente, para alguns tipos de pilhas e baterias, os fabricantes estão isentos de qualquer responsabilidade por sua coleta e destinação, bastando apenas enquadrar-se nos limites de metal pesado tolerados e permitidos por cada unidade de pilha ou bateria. A partir da entrada em vigor da lei, todos os fabricantes e importadores disponibilizarão postos de coleta para que o usuário possa devolver pilhas e baterias usadas, conforme disposto na resolução. De acordo com esse dispositivo legal (Art. 13), as que estiverem atendendo aos limites estabelecidos no artigo 6^0, poderão ser descartadas em lixo doméstico e encaminhadas a aterros sanitários licenciados e que sejam projetados e construídos para operar de maneira adequada. A resolução estabelece também que é responsabilidade dos fabricantes e importadores a execução de campanhas publicitárias e essas empresas devem fornecer a listagem de rede de assistência técnica e postos autorizados para recebimento desses resíduos.

As pilhas, por representarem quantidades pequenas nos resíduos sólidos, não tem sido incluídas nos trabalhos de caracterizações, e devido a sua contribuição em metais pesados precisam ser quantificados para verificar alternativas para sua coleta e tratamento adequado visando extrair estes metais como carga poluidora dos resíduos sólidos.

As pilhas mais usadas que são as alcalinas e as de zinco-carbono podem ser lançadas diretamente no lixo doméstico, conforme mostra a tabela 1, sendo apenas obrigatório a coleta das baterias do tipo níquel-cádmio usadas nos telefones portáteis e telefones celulares. A palavra carbono da denominação refere-se ao coletor de corrente catódica dessa bateria.

Tipo de pilha/bateria	Forma de descarte	Aplicação
Alcalinas-Manganês	Lixo doméstico	Brinquedos , walkmans, máquinas fotográficas , etc...
Zinco-Carbono	Lixo doméstico	Controle remoto, rádio portátil, despertadores e lanternas
Baterias Alcalinas tipo Botão, 6V e 12V	Lixo doméstico	Máquinas fotográficas e calculadoras
Baterias de Lithium tipo Botão	Lixo doméstico	Máquinas fotográficas e agendas eletrônicas
Baterias de Lithium	Lixo doméstico	Controle remoto de portões e máquinas fotográficas
Baterias de Níquel-Cádmio	DEVEM SER DEVOLVIDAS	Telefone sem fio
Baterias de Níquel-Cádmio para celular	DEVEM SER DEVOLVIDAS	Aparelhos celulares
Níquel-Metal-Hidreto e Lítio-Ion	Lixo Doméstico	Aparelhos celulares

Tabela 1 - Demonstrativo de descarte de pilhas e baterias. Fonte: Panasonic (2003)

No Brasil são produzidas 800 milhões de pilhas e 17 milhões de baterias por ano, segundo dados da ABINEE(2002). As pilhas são compostas por metais pesados, tais como, mercúrio, chumbo, cobre, níquel, zinco, cádmio e lítio. Esses metais são perigosos para o ambiente e a saúde humana. Quando depositadas em lixões ou aterros sanitários, as pilhas vão-se decompondo, podendo os seus componentes infiltrar-se no solo e atingir os lençóis freáticos, afetando a flora e a fauna das regiões próximas e o homem, pela cadeia alimentar.

Em Natal-RN são produzidos 1250 t/dia de resíduos sólidos (Leite et alli, 2002), sendo que aproximadamente 50% é proveniente dos resíduos domésticos. Está distribuído, entre matéria orgânica (49%), plástico (6%), papel e papelão (5%), coco (10%).

O descarte de pilhas sem qualquer tratamento nos aterros, dificulta o tratamento das águas residuais ali produzidas, enquanto que os processos pirometalúrgicos de reciclagem das pilhas também não é uma solução, pois os metais pesados serão transferidos para a atmosfera. É importante ressaltar que hoje em dia as pessoas possuem uma

conscientização dos riscos ambientais, bem maior do que as gerações anteriores, no que diz respeito ao destino final destes produtos, acentuando a importância da causa e o desejo de se encontrar novas soluções no âmbito da reciclagem.

O presente estudo será direcionado, principalmente, para a pesquisa de pilhas secas de zinco-carbono, não recarregáveis, que representam cerca de 70% do mercado e que contém metais pesados, sendo consideradas, após o uso, materiais danosos ao meio ambiente.

MATERIAIS E MÉTODOS

Caracterização do resíduo e coleta das pilhas

Dado o elevado peso de lixo produzido na cidade, foi examinado uma amostra representativa, utilizando-se um volume de 16m³ de lixo doméstico, dividido igualmente pelas 04 zonas urbanas da cidade, obtendo valores que fornecessem dados de toda a região estudada. O lixo analisado era novamente lançado no aterro após a caracterização. As pilhas foram recolhidas e enviadas para o Laboratório de Processamento Mineral e de Resíduos do CEFET-RN para pesagem e análise química por fluorescência de raio-x.

Matéria prima

Para efeito desse estudo utilizou-se para a reciclagem as pilhas secas de zinco-carbono devido sua maior quantidade descartada pela população em geral. Foi utilizado um peso de 500g de pilhas para o estudo.

Separação granulométrica e fragmentação das pilhas

As pilhas coletadas foram submetidas à fragmentação e separação magnética usando um separador de Equimag com 3,33 kG. O resíduo sólido do material não magnético foi submetido a análise química por fluorescência de raio-x. Foi retirado manualmente das pilhas os seus invólucros metálicos, que compõe a capa de proteção externa, com uso de alicate de corte. A fragmentação do material restante foi feita em um triturador utilizado para resíduos orgânicos, o que demonstrou não ser adequado para esta operação por motivo de não possuir um coletor apropriado para absorção do pó, o que provocou uma perda de 69g da massa total, que foi lançado na atmosfera. Foi separado uma amostra de 5g do pó para verificação da composição química.

Para a etapa de separação granulométrica foi utilizada uma peneira de 10 mesh com abertura de 1,7mm, sendo o material passante de 40,38% composto de um pó preto constituídos de elementos químicos presentes nos eletrodos. O material retido (59,62%) é formado basicamente por metal, plástico e papel.

Lixiviação do material passante (pó preto)

Foram preparadas 16 (dezesseis) amostras do pó fino juntamente com o agente lixiviante composto por HCl a uma concentração de 1, 2, 3 e 4 molar, usando uma proporção sólido-líquido de 1:10. A fração do pó foi pesada em balança eletrônica de precisão. As amostras foram lixiviadas em recipiente tipo becker, com um misturador Quimis modelo Q235.2 com potência de 50wats a 1705 rpm. As amostras foram identificadas de acordo com a duração de tempo de 5, 10, 20 e 30 minutos, para cada lixívia, com controle de pH para cada intervalo de tempo.

Filtração

Foi executada com bomba de vácuo, gerando separação do resíduo sólido pelo processo á vácuo retido em um filtro de papel e um líquido que formou um volume filtrado. As amostras lixiviadas e filtradas foram identificadas e passaram por uma secagem de 24horas a uma temperatura de 150°C, sendo analisadas as lixívias por ensaio de fluorescência de raios-x.

A eficiência de extração dos metais pesados foi determinada a partir da equação 1.

$$\%E = \frac{(C_i - C_f)*100}{C_i}$$ equação (1)

Onde:

%E é a eficiência de extração;

C_i é a concentração inicial do metal no material não magnético;

C_f é a concentração final do metal no material não magnético.

Os metais extraídos foram testados sua adsorção em argilas que são usados na industria cerâmica estrutural. Estes ensaios foram realizados com o extrator Soxhlet e determinado a capacidade de adsorção destes metais, os quais não representam problemas na área ambiental. Os produtos adsorvidos foram preparados corpos de prova e sinterizados.

RESULTADOS E DISCUSSÕES:

O resíduo na cidade de Natal é coletado pela companhia de limpeza pública ï URBANA(2003) e empresas prestadoras de serviços credenciadas na prefeitura e depositados a céu aberto no aterro sanitário de Cidade Nova. Segundo dados da URBANA (2002) são produzidos diariamente na cidade, 1304 toneladas de resíduos sólidos urbanos, sendo que 613 toneladas desses resíduos são lixo doméstico, compreendido basicamente de metais, papel, vidro, plásticos e material orgânico, e 691 toneladas são de remoção especiais como resíduos da construção civil, entulhos de demolição, capinação, varrição e podas de árvores. Não existe nenhum tipo de coleta seletiva em funcionamento na região metropolitana de Natal, portanto o lixo é lançado no aterro totalmente misturado.

Trabalho de caracterização realizado em 2000 (Leite et alli, 2002) apresentou uma produção de resíduos de 1243 t/dia, tendo assim um aumento de 9,53% em dois anos. Este é um dado que deve preocupar a gestão de resíduos, tendo em vista o aumento de custos de transporte e de manuseio dos resíduos, levando a colocar que o sistema de coleta seletiva é fundamental sua aplicação visando a redução dos resíduos e seu custo operacional.

No volume de 16m³ analisados, chegou-se a um valor bruto de lixo de 5,951 toneladas e um peso bruto de pilhas de 4,618 kg, perfazendo uma concentração de 776,1 g/ton de pilhas como mostra a tabela 2.

	Região	Bairro	Peso Resíduo (ton)	Peso Pilhas (g)	Concentração (g/ton)
1	Zona Norte	Conjunto Potengi/Santa Catarina	1,549	704,4	454,7
2	Zona Oeste	Cidade Nova/Cidade da Esperança	1,245	1660,0	1333,3
3	Zona Leste	Barro Vermelho/Lagoa Seca	1,639	444,0	270,9
4	Zona Sul	Ponta Negra/Capim Macio	1,518	1810,0	1192,4
			5,951	***4618,400***	***776,1***

Tabela 2 ï Caracterização do resíduo por zona urbana na região metropolitana de Natal

Os resíduos de pilhas encontradas são em grande parte (67,1%) do tipo seca zinco-cabono e o restante alcalinas (32,9%), de várias marcas e tamanho do tipo cilíndrica AA que apresenta a dimensão em de 50mmx14mm e pesa em torno de 15g. Pode-se dizer que são descartadas por dia 475,6 kg de pilhas, o que corresponde 0,036% da produção de lixo total da cidade e 0,08% do lixo doméstico, excetuando-se a produção de lixo hospitalar.

É importante observar que não foram encontradas baterias de celular nesta amostragem, mostrando que políticas adequadas levam a otimização de práticas sustentáveis.

A legislação brasileira permite o descarte de pilhas em aterros sanitários, desde que ocorram em áreas preparadas com camadas de argilas e mantas de polímeros que inibem a infiltração de elementos deletérios ao meio ambiente. Sabe-se, que no Brasil existem um número pequeno que atendem estas características, justificando estudos de processamento destes materiais visando a sua exclusão dos aterros.

O fluxograma apresentado na figura 1 apresenta as rotas estudadas, descrevendo as etapas do processo hidrometalúrgico para a extração do zinco presente nos eletrodos das pilhas secas de zinco-carbono.

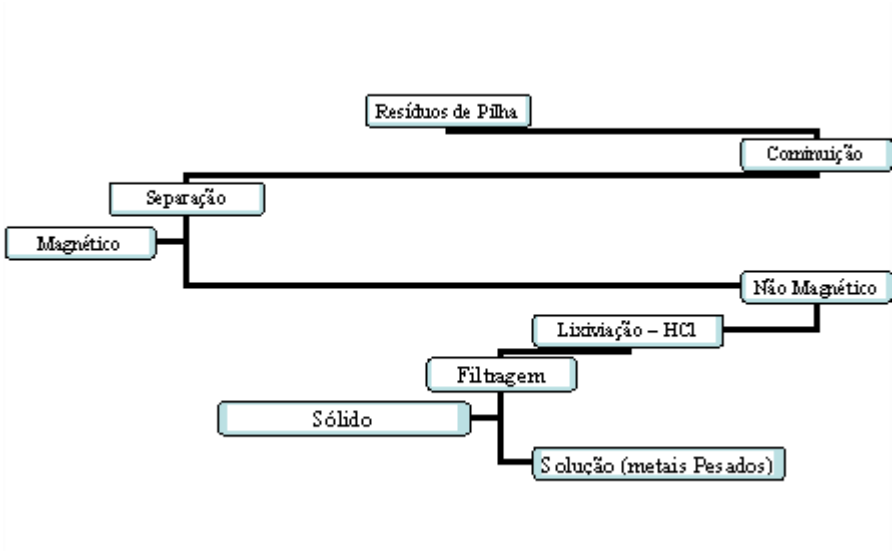

Figura 1 ï Fluxograma do processamento de pilhas

Os resultados da lixiviação, após a análise, mostraram que as concentrações dos metais pesados indicaram patamares aceitáveis para a utilização de um processo de reciclagem que assegure um descarte sem que se cause danos a natureza.

De acordo com a figura 2 observamos que o valores do pH das lixívias da solução sólido-líquido sofreu uma diminuição em relação ao aumento do tempo, iniciando uma descendente a partir do tempo de lixiviação de 20min em todas as concentrações. O pH nas lixívias para as concentrações de 2, 3 e 4 molar apresentaram valores aproximados na faixa 0,48 e 2,50, enquanto que para a concentração de 1molar ouve uma grande diferença, apresentando valores de até 4,50.

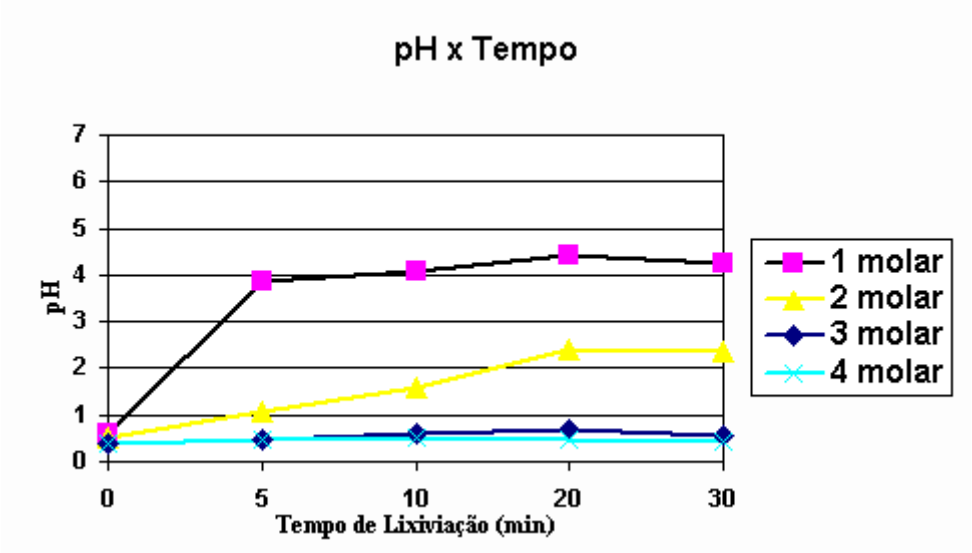

Figura 2- Efeito do tempo de lixiviação em relação ao pH da solução com proporção sólido-líquido 1:10

A composição química da fração fina de pó foi analisada através de ensaio de materiais por fluorescência de raios-x, por energia dispersiva, em atmosfera de hélio em termos qualitativo e semi-quantitativo. Os resultados demonstraram presenças maiores de zinco e manganês, sendo contemplado para esse estudo o zinco. Outros elementos foram encontrados em percentuais menores, não podendo ser detectados elementos com número atômico abaixo que o Na (11). Não foram detectados nesta análise a presença de metais pesados como mercúrio e cádmio, mas percentuais de chumbo da ordem de 0,23% foram encontrados, situando-se acima dos limites determinados pela resolução 257/99 que estabelece valores de até 0,2% em peso.

Para maior avaliação comparativa, observa-se na figura 3, que o aumento da extração do zinco aumenta emdecorrência do aumento da concentração de HCl para a pilha Zn-C seca. Para uma concentração de 4 mol/l a eficiência é elevada, chegando a aproximadamente 95% numa relação sólido-líquido de 1:10.

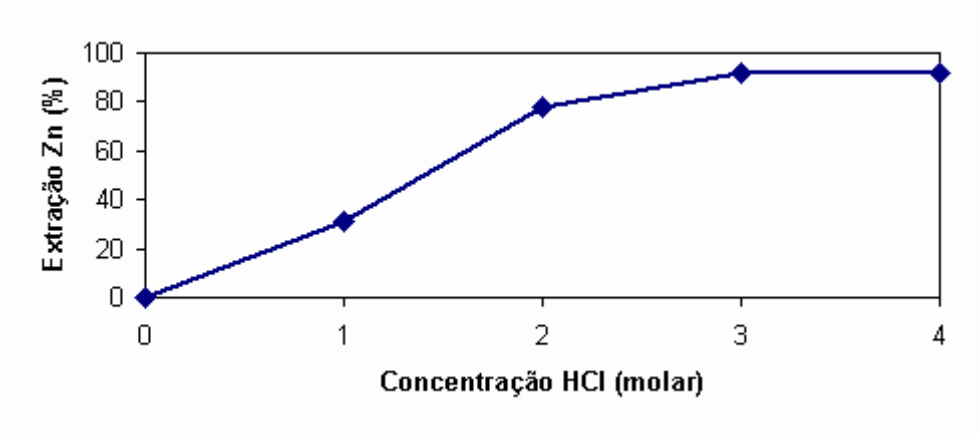

Figura 3 ï Eficiência da extração do zinco em relação a concentra de HCl

A influência da concentração do agente lixiviante HCl é determinante neste estudo, pois a partir de um aumento deste parâmetro, obtém-se uma melhor extração do zinco. Como vemos na figura 4, a partir de um percentual de 34% de zinco na amostra seca inicial obteve-se, após a lixiviação, para uma concentração de 3 e 4 molar, um percentual médio de 2,73% de zinco.

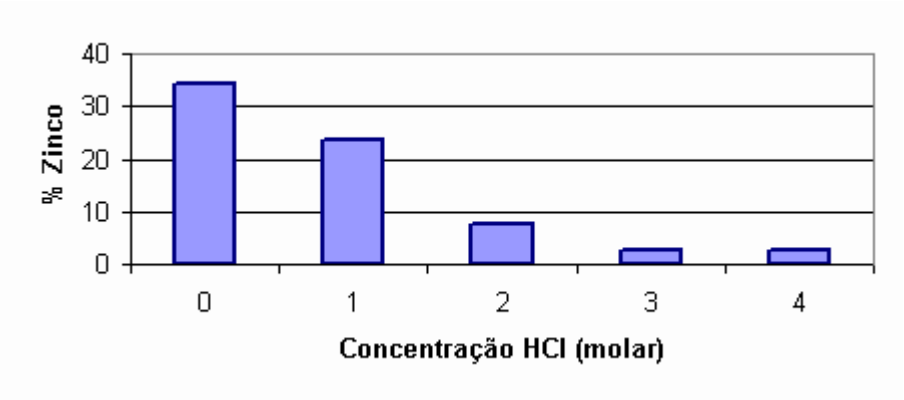

Figura 4 ï Relação entre % zinco lixiviado e a concentração de HCl

Com apresenta a figura 5, a extração do zinco cresce com o tempo de lixiviação e o aumento da concentração de HCl, sendo esses os parâmetros determinantes deste trabalho. Para concentrações a partir de 2 molar, a extração se situa em patamares na faixa de 70-80%. Foram lixiviados, em média, 92% de zinco para as concentrações de 3 e 4 molar, a partir do tempo de lixiviação de 5 min até 30 min. A partir destes resultados observa-se que a melhor condição para a lixiviação para o zinco está para a concentração de 4 molar e um tempo de lixiviação de 20 min. Nessa condição foi obtida uma extração de zinco de 94,66%.

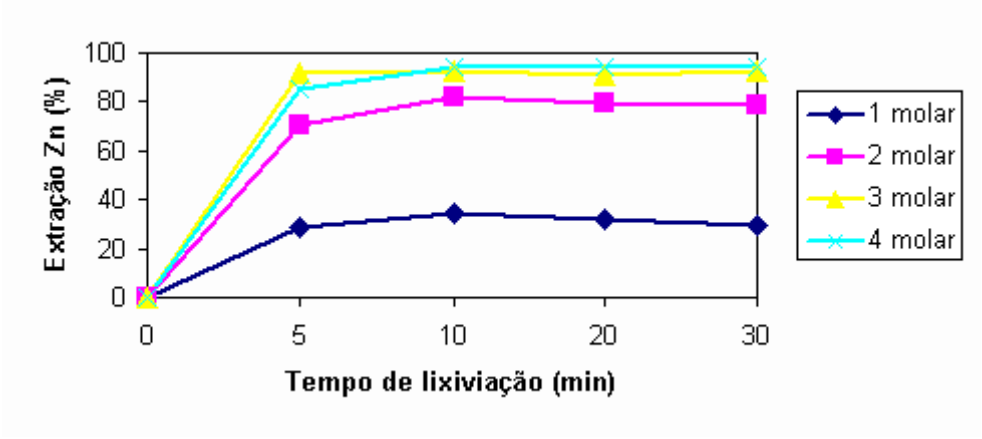

Figura 5 ï Eficiência da extração do zinco e o tempo de lixiviação

CONCLUSÕES

Este trabalho revela a necessidade da implantação da coleta seletiva para as pilhas, tendo em vista que as áreas de disposição são inadequadas para receber estes resíduos devido à concentração de metais pesados e posterior lixiviação pelos agentes naturais, levando a contaminação dos mananciais de Natal-RN.

A resolução do CONAMA tem caráter preventivo, mas é necessário considerar que os efeitos não são observados a curto prazo, podendo-se correr o risco de tratamentos do solo e dos mananciais do aterro de Cidade Nova serem irreversíveis, por se tratar de resíduos que contém substâncias que reagem com outras substâncias presentes no resíduo sólido urbano ou no ecossistema. É necessário que exista um gerenciamento adequado para a coleta, reciclagem e disposição final destas pilhas, devido a fatores como crescente consumo e conseqüente aumento do volume do descarte destes produtos.

O processo de reciclagem estudado demonstra, em escala de laboratório, que a extração do zinco usando separação magnética seguido de extração hidrometalúrgica para a lixiviação deste metal pesado que se encontram nas pilhas secas de zinco-carbono é viável, mostrando que os resultados obtidos encontraram-se dentro da faixa esperada, o que nos indica elevados níveis de eficiência.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. LEITE, J. Y. P, Lopes, R. L., Costa Neto, L. X., Araújo, A. C., Oliveira, F. G. e Vilar, J. M., Relatório de Projeto **Caracterização, Processamento e Desenvolvimento de Produtos a partir dos Resíduos Sólidos gerados nos Municípios que compõem o Pólo de Turismo Costa das Dunas**. Relatório Técnico de Projeto Financiado pelo CNPq. Natal-RN, 2002. Pp. 146.
2. CONAMA, Ministério do Meio Ambiente, **Resolução 257** de 30 de junho 1999 ï Diário Oficial da União, Brasília ï DF 22 de Julho de 1999
3. **Panasonic** do Brasil, disponível em <www.panasonic.com.br>, acessado em julho/2003
4. **URBANA** ï Companhia de Serviços Urbanos de Natal, Comunicação Interna, Natal-RN, 2003
5. **ABINEE** ï Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica, disponível em <www.abinee.org.br>, acessado em Julho/2003.