

**XI SILUBESA*****Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental***

28/03 a 02/04/2004 - Natal - Rio Grande do Norte - Brasil

III-071 - OBTENÇÃO DE METAIS NOBRES A PARTIR DE SUCATAS DE PLACAS DE COMPUTADORES

Andréa Santos Pinheiro

Tecnóloga em Materiais pelo CEFET-RN, Mestranda em Eng. Mecânica pela UFRN, Pesquisadora do Centro de Tecnologias do Gás.

Maxymme Mendes de Melo

Tecnólogo em Materiais pelo CEFET-RN, Mestrando em Eng. Mecânica pela UFRN e Pesquisador do Centro de Tecnologias do Gás.

Bruno de Carvalho Hunka

Tecnólogo em Materiais pelo CEFET-RN e Coordenador de Infra-Estrutura da INFRAERO.

José Yvan Pereira Leite ⁽¹⁾

Engenheiro de Minas – UFCG, Mestre em Engenharia Química – UFRN, Doutorando em Engenharia Mineral e Petróleo – Escola Politécnica da USP, Professor e Pesquisador do CEFET-RN, Coordenador do Laboratório de Processamento Mineral e Resíduos - CEFET-RN.

Endereço ⁽¹⁾: Av. Salgado Filho, 1559 – Morro Branco - Natal - RN - CEP: 59.015-000 - Brasil - Tel: +55 (84) 215-2636 - Fax: +55 (84) 215-2640

leite@cefetrn.br

RESUMO

Os resíduos de sucata eletrônica ainda não têm despertado interesse de forma organizada da comunidade de recicladores, no entanto este resíduo tem alto valor agregado, tendo em vista que, na sua confecção são utilizados metais nobres, tais como ouro e prata, bem como cobre, chumbo, antimônio, estanho, paládio, entre outros. O domínio do processamento destes metais em rotas econômicas deve ser objeto de estudo nos quatro cantos do país, pois o consumo de materiais, em forma de placas micro-processadas, está disseminado em equipamentos eletrônicos dos mais variados tipos. Se estes forem coletados seletivamente, podem se tornar mais um recurso econômico para a sociedade de recicladores visto que, processados e recuperados os metais associados a estas placas, serão reutilizados nas várias atividades clássicas que envolvem estes metais.

A concentração média de ouro nas placas micro-processadas está na ordem de 400 ppm, enquanto na mineração a viabilização da extração de ouro nas minas está na ordem de 2 ppm, sem considerar que nesta atividade é realizada uma grande movimentação de recursos naturais.

Este trabalho apresenta resultados estimados do consumo de placas de computadores em Natal-RN e a extração de metais, usando separações gravítica e a magnética, para a separação de plásticos, cerâmica e metais ferrosos, e processo hidrometalúrgico para a extração de ouro, prata e cobre.

A inserção de práticas desta natureza em cursos tecnológicos, na forma de projetos é fundamental para ampliar a cultura de sustentabilidade e fomentar a pesquisa de rotas alternativas, tendo em vista a solução de problemas reais no seio dos cursos tecnológicos do CEFET-RN.

PALAVRAS-CHAVE: Reciclagem, Placas de Computador, Processamento Mineral, Recuperação de Metais, Educação Tecnológica.

INTRODUÇÃO

A sociedade moderna tem ampliado o consumo de produtos eletro-eletrônicos, os quais são confeccionados basicamente, de plásticos e placas de circuitos impressos. As sucatas de computadores, objeto deste trabalho têm em média (kg/t): 271,5 de plásticos; 129,4 de cobre; 40,7 de ferro; 25,4 de bromo; 24,4 de chumbo; 19,9 de estanho; 18,1 de níquel; 10 de antimônio; 4,1 de zinco; 0,45 de prata; 0,45 de ouro; 0,36 de cádmio; 0,17 de tântalo; 0,14 de molibdênio; 0,11 de paládio 0,08 de berílio; 0,077 de cobalto; 0,045 de cério; 0,032 de platina; 0,027 de lantânio e 0,009 de mercúrio. As peças pequenas como placas, processadores, memórias etc, ou até mesmo o microcomputador inteiro são os equipamentos que estão associados a este resíduo.

A vida útil das placas de computadores é em média de aproximadamente 3 (três) anos, sendo este um problema ambiental já presente nos países desenvolvidos. Já nos países periféricos, o problema aparece nos grandes centros.

Em Natal-RN são estimadas as aquisições de 800 novas placas por mês, quantidade esta que será objeto de descarte nos aterros sanitários.

Rotas alternativas de processo para a recuperação destes resíduos devem ser pesquisadas, tendo em vista, a recuperação dos metais de alto valor agregado disponíveis nestas placas.

Está previsto que até 2005 mais de 63 milhões de computadores serão aposentados. Os produtos eletrônicos de maneira geral utilizam recursos valiosos, incluindo uma grande quantidade de metais como ouro, prata, platina e cobre, além de plásticos, vidro, e outros materiais. Muitos produtos eletrônicos contêm também várias peças que poderiam ser reconcondicionadas sem muito esforço, porém não ocorre praticamente por dois motivos: a) a mão-de-obra necessária para tal recondicionamento, apresenta um custo similar ou até mesmo superior ao de um produto novo e muitas vezes com tecnologia mais avançada, e b) os produtos perdem a utilidade devido ao rápido avanço tecnológico que os deixa sem utilidade prática.

Este trabalho tem o objetivo de apresentar um processo de separação dos materiais presentes nas placas de circuitos impressos usando métodos consagrados no processamento mineral, tendo em vista a concentração dos metais valiosos envolvidos nestas placas, bem como possibilitar rotas tecnológicas possíveis de aplicação.

A disseminação de problemas ambientais de caráter real em cursos tecnológicos do CEFET-RN tem como objetivo aproximar os estudantes dos problemas com que se defrontarão no seu dia-a-dia quando estiverem no mercado de trabalho. A caracterização de problema e da busca de alternativa para a sua solução faz com que a disciplina apresente uma metodologia moderna para um mundo complexo, onde o ensino precisa responder aos anseios reais da sociedade, bem como apresentar metodologias que façam dos estudantes, participantes ativos na solução dos problemas da sociedade.

Esta é a concepção da área de processo aplicada no CEFET-RN. A obtenção de metais nobres a partir de sucata eletrônica é um resultado das suas indagações.

METODOLOGIA EXPERIMENTAL

Amostras de sucatas de placas de computadores foram coletadas em lojas de informática, foram pesadas, fragmentadas em moinho de martelos, seguida de peneiramento em malha de 2 mm.

A fração menor do que 2 mm foi submetida a separação em meio denso (bromofórmio, $d = 2,89$), que gerou uma fração flutuada (plásticos, cerâmica) e uma afundada (metais), sendo esta submetida a separação magnética (3 kG) para a extração do ferro. A parcela não magnética foi submetida a um processo de lixiviação em carvão ativado (maior do que 2mm) em polpa com NaCN (2g/L) em meio alcalino, corrigido com NaOH (pH em torno de 10,5), e com agitação de 600 rpm.

Posteriormente, o carvão foi peneirado e submetido à fusão ($T = 950^{\circ}\text{C}$) em forno do tipo mufla, usando como fundente bórax e carbonato de sódio, em cadinho de cerâmica. Como produto da fusão obteve-se uma pérola na qual foi efetuada análise química usando fluorescência de raios X.

RESULTADOS E DISCUSSÕES:

Os experimentos utilizaram placas-mãe de microcomputadores coletados em lojas de venda de produtos eletrônicos, bem como de assistência técnica, na cidade de Natal-RN-Brasil, os quais estavam inutilizados e que seriam descartadas posteriormente.

O fluxograma do processo usado para a separação dos componentes contidos na sucata eletrônica está apresentado na figura 1.

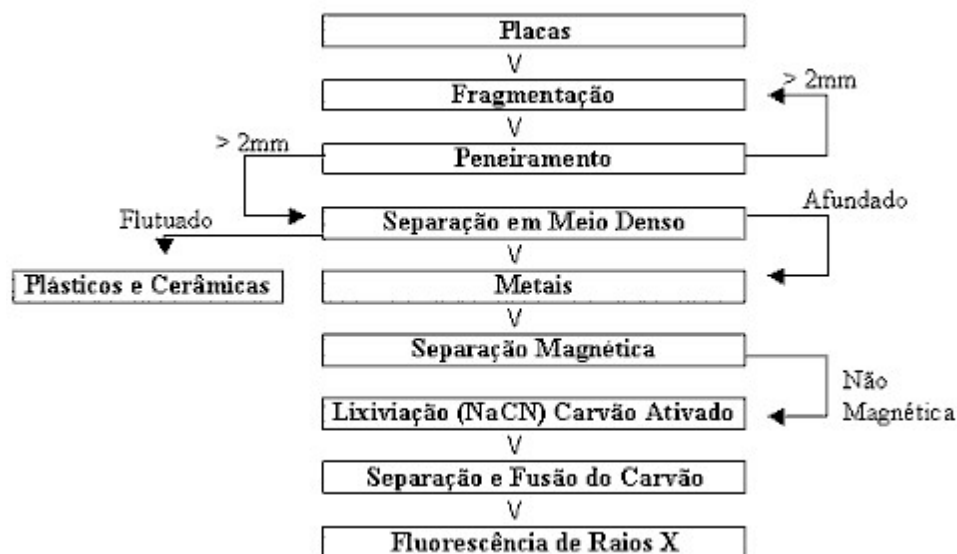


Figura 1 – Fluxograma das etapas de processos usados para a separação dos materiais contidos na sucata eletrônica.

As lojas de manutenção de computadores recebem uma quantidade de equipamentos para a verificação de problemas onde se identifica grande parte como sem conserto. Esta parte é acumulada para o descarte. A figura 2 apresenta um dos modelos de placa-mãe utilizado nos ensaios deste trabalho, os quais são descartados pelas lojas de manutenção de computadores.



Figura 2 – Modelo de placa-mãe comumente descartada pelas lojas de manutenção de computadores.

As placas selecionadas foram fragmentadas um moinho de martelos, seguida de classificação em peneiras de 2 mm. O moinho operou com eficiência de cerca de 7,47% na produção de materiais menores do que 2 mm, sendo assim, no caso de uma operação industrial seria necessário um segundo estágio de fragmentação, reduzindo a malha de descarga do moinho, ou aumentando a velocidade de rotação dos martelos, que neste caso, operou com aproximadamente 1700 rpm.

O produto do moinho gerou uma fração menor do que 2 mm que foi usada para os ensaios de separação em meio denso e magnética, pois se apresentavam com nível de liberação importante dos componentes visíveis.

A fração menor do que 2 mm foi classificada em peneira e posteriormente submetida a uma separação em meio denso utilizando o bromofórmio ($d=2,89$). A tabela 1 apresenta os resultados da classificação granulométrica do produto do moinho de martelos e sua separação em meio denso e magnética. Foi utilizado um separador magnético produzido pela EQUIMAG usando um fluxo de 3kG.

Tabela 1 – Resultados de classificação em peneira de 2 mm e sua separação em meio denso e magnética.

Fração (#)	Abertura (μ m)	Peso (g)	% Simples	Separação							
				Meio Denso				Magnética			
				Flutuado		Afundado		Magnético		Não Magnético	
				Peso (g)	%	Peso (g)	%	Peso (g)	%	Peso (g)	%
+ 9	+2000	2878,60	92,53	-	-	-	-	-	-	-	-
- 9	-2000	232,41	7,47	87,35	37,58	145,06	62,42	43,35	29,88	101,71	70,12
	TOTAL	3111,01	100	-	-	-	-	-	-	-	-

Observando os resultados da tabela 1, nota-se que os 7,47% do total inicial foi cominuído abaixo de 2mm gerando um total de 37,58% de material flutuado (constituído basicamente de cerâmica e plástico) e 62,42% de material afundado (constituído basicamente de metais e uma pequena parte de plásticos e cerâmicas que não foram dissociados pelo moinho).

A separação magnética produziu, dos 62,42% do material afundado, 29,88% de materiais magnéticos e 70,12% de materiais não magnéticos.

Os ensaios de lixiviação foram realizados com massa de 80g do material não magnético disperso em 1 litro de solução a base de cianeto de sódio (NaCN) com concentração de 2g/L em pH variando entre 10 e 11,5, controlado com NaOH . O tempo da lixiviação foi de 48 horas com agitação mecânica (1600 rpm).

O processo de lixiviação solubilizou 6,65% dos 80g não magnéticos utilizados. A esta solução foi adicionado carvão ativado com o objetivo de extrair os metais dispersos. Utilizou-se o método de adsorção com 10g do material adsorvente, durante 48 horas, sendo aproximadamente 5 horas com agitação mecânica (velocidade de agitação de 600 rpm). O carvão ativado apresentava uma granulometria entre 0,5 e 2mm.

A separação do carvão carregado (adsorvido com os metais) foi efetuada através de peneiramento em malha de 0,5mm de forma a separar o carvão. As partículas mais finas de carvão foram separadas por flotação.

A extração dos metais foi realizada através de pirometalurgia em mufla com temperatura de 950°C, sendo o carvão misturado com os fundentes bórax ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) e carbonato de sódio (Na_2CO_3). Após a fusão, a parte vítrea formada pelos fundentes foi pulverizada a fim de se encontrar o produto obtido.

Dos 80g utilizados para a lixiviação, 6,65% foi solubilizado e 1,1% foi adsorvido pelo carvão. Com esse resultado, verifica-se que tanto a solução utilizada para solubilizar os metais, como, o carvão para separar o metal da solução, podem ser empregados no processo de lixiviação sem nenhum problema.

O produto da fundição se apresentou em forma de pelotas com diâmetros variando entre 0,1 e 5mm, com uma densidade média igual a 10,86g/cm³. As pelotas foram analisadas por fluorescência de raios X, sendo o resultado apresentado na tabela 3.

Tabela 3 – Composição química da liga metálica obtida, analisada por fluorescência de raios X (%).

Elementos	Cu	Sn	S	Al	Ag	Ni	Pd	Pb	Au	Cr	Pt
%	73,78	16,32	4,28	2,35	0,90	0,69	0,66	0,62	0,25	0,09	0,06

Observando os teores dos metais da liga obtida, nota-se que há um valor significativo de teor dos metais com recuperação de processo bastante significativo.

Ainda observando a tabela 3, pode-se verificar que a liga obtida pela fusão, não apresentou contaminação com o metal ferro. Com isso, fica demonstrado que abaixo da granulometria utilizada, esse metal já estava liberado dos demais metais e/ou materiais e, com isso, ao passar pelo separador magnético, os ferrosos ficaram retidos no magneto.

A figura 3 apresenta uma imagem do produto obtido na pirometalurgia.



Figura 3 – Produto final obtido na pirometalurgia.

A liga metálica produzida demonstra a eficiência do processo para agregar valor ao resíduo de sucata eletrônica e a sua seletividade poderá ser obtida através da aplicação de eletrólise.

A metodologia de ensino aplicada nos Cursos de Graduação Tecnológica do CEFET-RN, em particular nas disciplinas de Materiais e Meio Ambiente (Tecnologia em Materiais) e Tecnologia II (Controle Ambiental), tem elaborado projetos de investigação que produzem resultados para a solução de problemas da sociedade, bem como associa o desenvolvimento acadêmico com a demanda de tecnologias limpas, as quais são necessárias a uma sociedade sustentável.

CONCLUSÃO

A associação de problemas ambientais em cursos de graduação tecnológica é uma ótima ferramenta para a disseminação de tecnologias limpas, bem como para motivar os estudantes à solução de problemas do dia-a-dia da sociedade de maneira empreendedora, como é o caso da sucata eletrônica.

A sucata eletrônica ainda não é um grande problema no Brasil do ponto de vista ambiental, no entanto, é, na visão econômica devido ao descarte de matéria prima de alto valor agregado.

A aplicação da tecnologia mineral para o processamento de resíduo de sucata eletrônica foi efetuada com sucesso, a qual obteve uma liga com alto teor de cobre e estanho, bem como teores significativos de ouro e prata. A aplicação de eletrólise poderá obter os metais separados uns dos outros.

O processo em nível laboratorial mostrou-se uma rota perfeitamente aplicável para ser replicada em maior escala, principalmente se for proposta para um pequeno empreendimento de base tecnológica que procure alternativas de valorização de resíduos sólidos de forma associada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. MENNETI, R.P., CHAVES, A.P. e TENÓRIO, J.A.S. Obtenção de Concentrados Metálicos não-ferrosos a partir de Sucata Eletrônica. In: 51º Congresso Anual da ABM. Porto Alegre. Vol 4, pp 205-216.
2. TRINDADE, R. B. E. e Barbosa FILHO, O., Extração de Ouro: Princípios - Tecnologia e Meio Ambiente. In: Extração de Ouro. Editores – Roberto Trindade & Olavo Barbosa Filho. pp 59-133.
3. MENNETI, R.P., CHAVES, A.P. e TENÓRIO, J.A.S. Recuperação de Au e Ag de concentrados obtidos a partir de sucata eletrônica. In: 51º Congresso Anual da ABM. Porto Alegre. Vol 4, pp 217-224.
4. J.A. van Houwelingen and C. Le Guern. Mechanical processing of low grade printed circuit boards. In: Proceedings of the XXI International Mineral Processing Congress, Vol B. Rome. pp B12a9-B12a17.