

Introdução

As placas de circuito impresso (PCI) são parte integrante dos equipamentos eletroeletrônicos(EEE), sendo compostas por cerâmicos, polímeros e metais. Uma vez descartadas, têm grande valor agregado pois contêm metais como ouro, prata e cobre. Por outro lado, devido às suas características, sua reciclagem é complexa. Caso sejam destinadas incorretamente, podem também ser fonte de problemas ambientais, devido a presença de metais nocivos como chumbo.

Objetivos

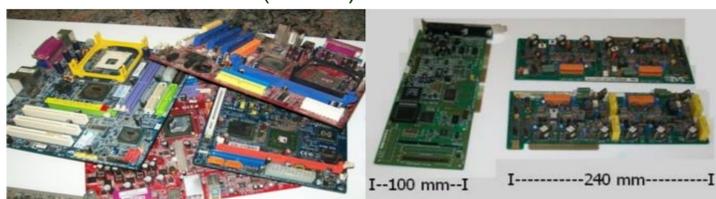
Visando o aprimoramento da reciclagem foi estudado um método para recuperação do cobre presente nas sucatas de PCI visando sua utilização como matéria-prima em processos da metalurgia do pó.

Materiais e Métodos

Placas de circuito impresso

Foram utilizadas PCI, provenientes de computadores descartados, das mais variadas origens e divididas em duas classes: placas mãe e placas de memória RAM e de vídeo.

Figura1. Comparação entre PCI classe placa mãe (esquerda) e classe placa de vídeo e memória RAM (direita).



Processamento mecânico

Fragmentação - Através de uma guilhotina móvel com facas superior e inferior de 160mm de comprimento.

Cominuição – Primária: Fragmentos iniciais da amostra a 6,5mm.

Secundária: Partículas são reduzidas a tamanhos planejados que permitem melhor liberação de metais (-2mm).

Distribuição granulométrica - Utilizou-se uma série de 6 peneiras em um agitador eletromecânico com aberturas de: 8,0; 1,0; 0,6; 0,5; 0,15; 0,074 e 0,045mm respectivamente. Separou-se o material em granulado(-1,18; +0,6mm) e finos(-0,6mm).

Separação magnética – Feito em um separador magnético a seco com correia transportadora. Ocorreu em duas etapas: granulados e finos.

Processamento hidrometalúrgico

Após análises químicas posteriores ao processamento mecânico, prosseguiu-se a pesquisa para os materiais não magnéticos.

1. Lixiviação ácida preliminar – O material foi atacado numa solução de H₂SO₄ 30%, aquecida a 75°C, por 4 horas, retirando amostra do lixiviado para análise. O resíduo foi para etapa posterior.

2. Lixiviação ácida em meio oxidante – Soluções de H₂SO₄ 30% e 50% foram utilizadas sob os mesmos procedimentos da etapa anterior mas com a adição de H₂O₂.

Deposição eletrolítica do pó de cobre

Para deposição eletrolítica foi utilizada a solução resultante da lixiviação em meio oxidante, cuja concentração do cobre era 9,69 g/L e uma célula eletrolítica com capacidade de 1L.

Resultados e Discussão

Processamento Mecânico

Figura 2. Fragmentos no corte guilhotina.

Figura 3. Material resultante da cominuição primária.

Figura 4. Material resultante da cominuição secundária.



Tabela 1. Distribuição granulométrica do material peneirado oriundo da cominuição secundária.

Distribuição granulométrica	Valores relativos (%)	Valores Nominais (kg)
+ 1,18 mm	23,8	0,58
- 1,18 + 0,6 mm	31,04	3,00
- 0,6 mm	45,14	3,79
Total	99,98	7,37

- Material com granulometria de (-1,18;+0,6 mm) - granulados.
- Material com granulometria de (-0,6 mm) - finos.

Tabela 2. Resultados da análise química da fração finos.

Metals (%)	Material Fino Só Cominuído	Material Fino Após Separação Magnética (MFNM)
Cobre	14	34
Zinco	1,3	1,6
Ferro	4,9	0,13
Níquel	0,64	0,1
Chumbo	2,2	5
Alumínio	3,8	2,4

Tabela 3. Resultados da análise química da fração dos granulados.

Metals (%)	Material Granulado Só Cominuído	Material Granulado Após Separação Magnética (MGNM)
Cobre	14	35
Zinco	4,9	6,0
Ferro	3,4	0,13
Níquel	1,9	0,16
Chumbo	3,8	4,6
Alumínio	4,0	3,0

- A escolha foi pela fração MGNM por se aproximar mais das características da granulometria e quantidade de cobre.

Processamento Hidrometalúrgico

- A solução originária da lixiviação ácida preliminar apresentou aspecto incolor, indicando pouca presença de cobre.
- A análise química da lixiviação ácida apontou uma concentração de 0,0027 g/L.
- As soluções oriundas das lixiviações em meio oxidante apresentaram coloração azulada, sendo destacada a de H₂SO₄ 30%.
- A análise química das soluções lixiviadas no H₂O₂ constatou que a lixiviação em 30% apresentou mais cobre.

Tabela 4. A solução resultante da lixiviação em meio oxidante em H₂SO₄ 50%(esquerda) e 30% (direita).

Metals (g/L)	H2SO4 (50%)	H2SO4 (30%)
Cobre	7,74	9,69
Zinco	0,334	0,443
Ferro	0,0053	0,004
Níquel	0,02	0,04
Chumbo	<0,01ppm	<0,01ppm
Alumínio	0,578	6,12
Estanho	<1ppm	<1ppm

Deposição eletrolítica do pó de cobre

Tabela 5. Análise química do pó de cobre eletrodepositado.

Metals	Cu	Zn	Fe	Pb	Al	Ni
Valores (%)	97,09	0,05	ND	2,17	ND	ND

- Quanto a distribuição granulométrica do pó, mais de 80% foi menor que 75 micras.

Figura 5. O pó de cobre obtido no processo.



Conclusão

Os resultados indicaram que é possível a recuperação do cobre presente nas PCI mediante lixiviação e deposição eletrolítica de cobre na forma de pó. A separação magnética do material das placas cominuído gera um resíduo com maior percentual de cobre. O teor de cobre do pó obtido (97%), e sua granulometria, atende aos requisitos técnicos para aplicação em alguns processos de metalurgia do pó, atingindo o objetivo geral desta pesquisa.