

III-267 - AVALIAÇÃO DA EXTRAÇÃO DE OURO RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS

Beatriz Rodrigues de Barcelos(1)

Engenheira pela Universidade Católica de Brasília. Mestre em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos pela Universidade de Brasília. Docente da Universidade Católica de Brasília.

Marcelo Nascimento Silva Franco

Engenheiro Ambiental e Sanitária pela Universidade Católica de Brasília.

Luiz Fernando Whitaker Kitajima

Geólogo pela Universidade de Brasília. Mestre e Doutor em Geologia pela Universidade de Brasília. Docente da Universidade Católica de Brasília.

Graziela Ferreira Guarda

Cientista da Computação pela Universidade de Brasília. Mestre em Engenharia Elétrica pela Universidade de Brasília. Docente da Universidade Católica de Brasília.

Endereço⁽¹⁾: Rua Passa Tempo, 176 - Carmo-Sion - Belo Horizonte - MG - CEP: 30310-760 - Brasil - Tel: (61) 3356-9206- e-mail: beabarcelos@yahoo.com.br

RESUMO

O resíduo eletroeletrônico consiste em produtos como computadores descartados, e o volume produzido têm crescido continuamente, e é um problema ambiental por conter materiais tóxicos como o chumbo. A reciclagem dos materiais constituintes é uma das alternativas para a redução do volume deste tipo de resíduo. O presente trabalho tem como objetivo estudar a reciclagem do ouro presente no resíduo eletroeletrônico, especificamente de pinos de CPU -unidade de processamento central e com o uso de hidrometalurgia - dissolução do material em soluções lixiviantes, ácidas ou alcalinas. Foi realizado inicialmente um ataque com ácido nítrico nos pinos para dissolver os metais-base e deixar apenas o ouro. Em seguida, o resíduo foi colocado diretamente em forno mufla, ou então atacado com água-régia, posteriormente com ácido oxálico e a mistura neutralizada com hidróxido de sódio. Os resultados mostraram que é possível separar as folhas de ouro dos pinos, porém com posterior ataque com água-régia e ácido oxálico os resultados mostraram a formação de material escuro e resinoso, possivelmente associado com outros metais além do ouro, não ocorrendo formação de pepita metálica de ouro. Em um caso foi observada pequenas gotículas de ouro. Os pinos intactos foram examinados com microsonda eletrônica e microscópio eletrônico de varredura para determinar a presença de ouro e outros elementos químicos, e os resíduos dos lixiviados foi examinado com o método USEPA 3015A e SMEWW 3120B para determinar outros metais. Os resultados mostraram que o envoltório dos pinos contém ouro, porém com a presença de níquel, e o centro é feito de cobre com estanho, ferro e níquel. O resíduo ácido contém altos teores de chumbo, indicando possibilidade de causar grande impacto ambiental. Concluiu-se que o tratamento com ácido deve ser feito com cuidado para evitar contaminação, o trabalho é qualitativo porque em princípio é possível extrair ouro, ao menos na forma de folhas que revestem os pinos.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos eletrônicos, ouro, reciclagem.

INTRODUÇÃO

O descarte inadequado de produtos eletroeletrônicos cresce e gera impactos ambientais negativos devido ao a presença de metais pesados e plásticos (MATTOS et al., 2008). Como forma de reduzir estes impactos, a reciclagem é uma alternativa socialmente viável, economicamente sustentável e ambientalmente correta, já que irá contribuir como fonte alternativa de matéria prima para a indústria eletroeletrônica, gerará economia no custo de produção, redução do volume de resíduos eletroeletrônicos e menor impacto no meio ambiente.

Diversos são os metais presentes nos resíduos eletrônicos, destaca-se o ouro que representa uma grande variedade de uso, desde matéria prima para a confecção de jóias, lastro monetário, indústria eletroeletrônica, moedas e medalhas comemorativas e muitos outros (BRASIL, 2009).

Nesse sentido, o presente estudo tem como objetivo geral avaliar a extração do ouro do resíduo eletrônico provenientes de computadores. E os objetivos específicos são: a definição dos materiais e procedimentos necessários para a extração de ouro; determinação da presença de ouro nos pinos através de microsonda eletrônica e microscopia eletrônica; estudo do efluente das reações através de análise química para uma avaliação dos riscos de toxicidade apresentados pelos mesmos; determinação da possibilidade de extração de ouro.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização deste trabalho foram realizadas as ações indicadas no fluxograma da Figura 1. Este fluxograma foi baseado nos passos desenvolvidos no trabalho de Araujo et al (2013).

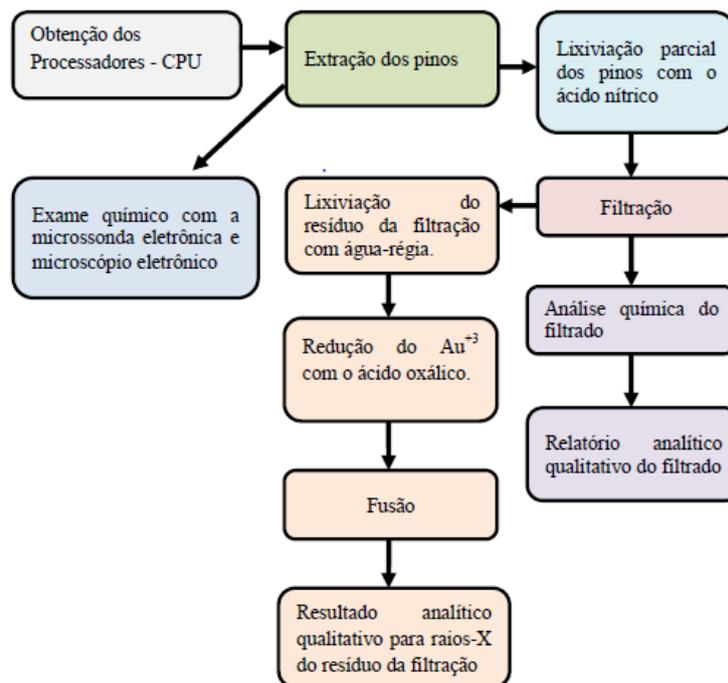


Figura 1: Fluxograma do processo de reciclagem do ouro de pinos de processador-cpu a partir de resíduo eletroeletrônico.

A experiência foi realizada no Laboratório de Físico Química da Universidade Católica de Brasília e seguiu os seguintes passos descritos a seguir.

1) Primeiro passo: separação e pesagem dos pinos

Para extração dos pinos dos processadores- CPU foi realizado aquecimento em bico de Bunsen por cerca de 40 segundos e depois procedeu-se a raspagem para soltar (Figura 2 e 3). Os pinos obtidos foram na balança digital e obteve-se um total de 52,54g de pinos que foi dividido e utilizado para a realização de duas experiências. Para a primeira experiência utilizou-se um total de 27,52g e para a segunda experiência um total de 25,02g.



Figura 2 (esquerda) – Processador CPU aquecido em bico de Bunsen.

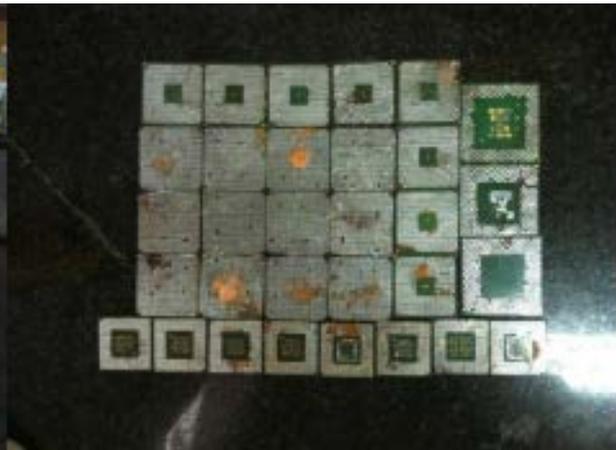


Figura 3 (direita) - Processadores CPU após a retirada dos pinos

2) Segundo Passo: dissolução dos pinos no ácido nítrico 65% para as duas experiências

Os pinos foram colocados em béquer (Figura 4) e em seguida foi adicionado ácido nítrico 65% (Figura 5). A cada 1 grama de pinos foram usados 10 mililitros de ácido nítrico 65%. Este volume foi determinado com base no trabalho de Araújo (2013).



Figura 4 (esquerda) - Béquer com os pinos.



Figura 5 (direita) - Ácido Nítrico 65%

3) Terceiro passo: Procedimento adotado para a primeira experiência após filtragem

Os filtros de papel com o resíduo dourado e com o resíduo azul-escuro foram dobrados e colocados em cadinhos de porcelana, para em seguida serem colocados em forno mufla, pré-aquecido a cerca de 1.100 °C durante aproximadamente quatro horas.

4) Quarto passo: ataque com o uso de água-régia

As amostras das folhas de pinos CPUs obtidas após o ataque ácido e outras folhas de pinos CPUs que foram colocadas no forno mufla, mas que não apresentaram derretimento, foram atacadas novamente com o uso de cerca de 40 ml de água-régia e colocados para reagir em temperatura ambiente por cerca de 30 minutos.

5) Quinto passo: análise com microsonda eletrônica e microscopia eletrônica (ou microanálises)

A análise dos pinos e das folhas de ouro formadas após a dissolução dos metais-base (depois do ataque com ácido nítrico) tornou-se necessária para a confirmação de que o material era efetivamente ouro e para verificar se não havia outros metais associados ao ouro que estivessem, em liga com o ouro, afetando o derretimento das folhas.

6) Sétimo passo: análise em microsonda eletrônica

RESULTADOS

Após o ataque de ácido aos pinos de processador-CPU, com HNO_3 , observou-se que o ácido ficava azul-escuro e os pinos se dissolveram gerando um resíduo dourado composto por finas “folhas” com um aspecto “achatado” e alongado, que flutuava no líquido ou ficava na parede do béquer. Também observou-se, resíduo na forma de um pó azul escuro sedimentado no fundo do béquer.

Após o ataque foi realizada a filtragem do líquido para realização das análises, enquanto que os filtros foram colocados nos cadinhos de porcelana e postos no forno mufla. Neste procedimento adotado para o material obtido no primeiro ataque, após as 4 horas no forno mufla, em cerca de 1100°C os cadinhos de porcelana chegaram a ficar rubros, mas o papel não carbonizou totalmente e foi observado a formação de um resíduo (pó e cinza) com alguns pontos dourados (Figura 6 e 7), todavia não houve formação de pepita de ouro.



Figura 6 (esquerda) - cadinho de porcelana com pó e cinza do papel e alguns resíduos dourado.

Figura 7 (direita) – resíduo dourado carbonizado

No material obtido no segundo ataque foi realizada a lavagem dos filtros com água deionizada e separação, com uso de pipeta. Um cadinho tinha apenas os pinos e outro possuía pinos e resíduo azul-escuro. Nesta segunda experiência observou-se que o cadinho de porcelana com o resíduo dourado ficou rubro com o calor, mas não derreteu adequadamente para formar a pepita de ouro. O cadinho de porcelana com resíduo dourado e o resíduo azul-escuro também não formou a pepita de ouro, mas formou um pó escuro.

Devido a não formação de pepita de ouro em ambas experiências, para verificar a possibilidade de o pino de processador-CPU possuir ouro, ou ter metal na mistura com ouro, foram enviados ao Laboratório de Microsonda Eletrônica do Instituto de Geociências da UNB pinos de processador e foram realizados exames microquímico com a microsonda eletrônica.

Na análise química foram analisados três pontos em um pino, mais precisamente na extremidade do pino do processador-CPU (Figura 8). Observa-se que neste ponto o pino encontra-se desgastado e expõe sua parte central. O espectro de energia destes três pontos analisados permite determinar, através das radiações detectadas na forma de picos de energia emitida, a presença e quantidade dos elementos presentes.

O espectro do primeiro ponto localizado nas partes internas (centrais) do pino indicou a presença do metal ferro, tem um pouco de carbono que pode ser um contaminante, e um pouco de oxigênio indicando que o pino pode estar levemente oxidado. No segundo ponto o espectro revelou que além de ferro tem a presença do metal níquel. Para o terceiro ponto foi indicada a presença de níquel. Então, aonde está mais escuro tem mais ferro (ponto 1) e aonde está cinza (pontos 2 e 3) tem mais ferro e níquel. Com os resultados dos espectros obtidos foi feito a combinação de dados do primeiro exame. Esse dado permite melhor observar as diferenças composicionais entre os pontos analisados.

No segundo exame químico foi analisado dois pontos na lateral do pino de processador-CPU, referente a uma parte limpa, e uma parte raspada. A análise do primeiro ponto (parte limpa) revela a presença de ouro

(predominante), com algum níquel e um pouco de ferro. O segundo ponto, parte riscada, indicou a presença de carbono e oxigênio, além de ouro. Com os resultados foi realizada a combinação de dados do segundo exame em um único espectro.

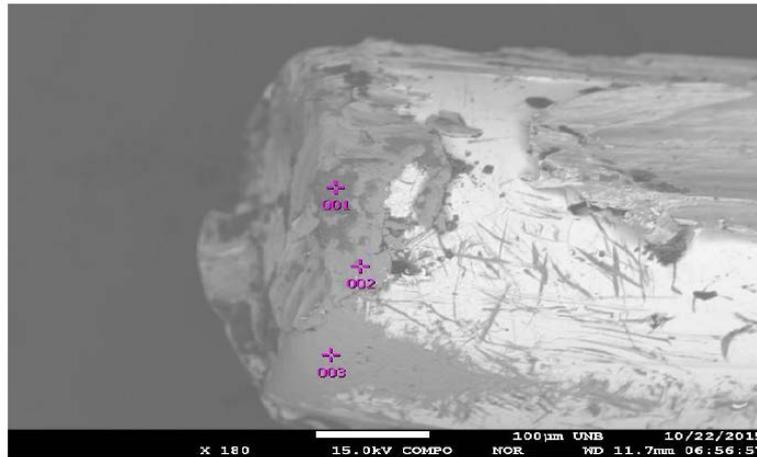


Figura 8 - ponta do pino do processador-CPU com três pontos analisados na microsonda eletrônica. Aumento de 180 vezes

CONCLUSÕES

Pelos resultados das pesquisas realizadas para o presente trabalho, pode-se concluir que:

- 1) É possível a extração de ouro a partir de pinos de conexão provenientes de processadores-CPU.
- 2) Os pinos, após o primeiro ataque (com ácido nítrico), perdem os metais que constituem sua parte central, deixando uma folha de ouro e um resíduo composto por outros metais, como o chumbo, ferro, estanho, cobre, níquel. Este primeiro passo já permite a separação de um resíduo composto por ouro na forma de finas folhas que podem ser separadas por filtragem.
- 3) O ataque com água-régia, seguido de neutralização com hidróxido de sódio, sem reação com ácido oxálico, já permitiu observar pequenas gotas de ouro formadas nos cadinhos utilizados.
- 4) Para essa tecnologia ser viável seria necessário tratar grandes quantidades de pinos de ouro de processadores- CPU, porque o ouro está somente ocorrendo como fina cobertura nos pinos.
- 5) Observou-se que a presença de resíduos interfere na fase de derretimento do material em forno mufla. As folhas de ouro obtidas na primeira fase foram analisadas e mostraram ser formado de uma liga de ouro e níquel, o que possivelmente aumenta seu ponto de fusão. Por outro lado, a presença de um resíduo escuro após o ataque com ácido nítrico e água-régia afetou o derretimento do material, formando um material de consistência resinosa e de cor verde azulada escura que afetou a separação do ouro no processo de fusão em forno.
- 6) Também deve-se tomar medidas para incrementar a eficiência do processo de ataque ácido, com o uso de calor em todas as etapas (ataques com aquecimento em chapa), bem como processos de extração de outros metais que não o ouro, para permitir maior rendimento na produção de ouro no final.
- 7) A aplicação do processo hidrometalúrgico exige-se conhecimento na área química, pois o ácido nítrico, água-régia, ácido oxálico e hidróxido de sódio concentrados são perigosos e apresentam riscos à saúde humana e ao meio ambiente. Assim, esta tecnologia tem que ser aplicada em local específico, ou seja, em indústrias altamente capacitadas com laboratórios químicos e com técnicos especializados em manusear e dar a destinação correta para o resíduo proveniente desse procedimento.
- 8) O processo hidrometalúrgico utilizado apresentou a produção de efluente ou resíduo líquido composto por ácido nítrico concentrado utilizado na primeira fase do processo. Este resíduo, além de ácido, apresentou-se rico em metais pesados, sendo que análise química no mesmo mostrou uma concentração de 65,86 miligramas/litro de chumbo, 31,8 miligramas / litro de estanho, 1,17 miligramas/litro de cobre e 1,44 miligramas/litro de zinco. Logo, o efluente tem uma alta concentração de chumbo, que é um metal pesado conhecido por seus efeitos prejudiciais à saúde humana e ao meio ambiente.
- 9) A neutralização (com o uso de hidróxido de sódio) deste resíduo líquido mostrou a formação de material de aspecto pastoso e de cor escura, sem formação de precipitados.

10) A reciclagem do ouro de resíduos eletroeletrônicos pode contribuir em um futuro próximo com a preservação do meio ambiente porque pode permitir a redução da extração do ouro a partir de mineração, uma vez que para obter o ouro exige-se uma grande área a ser explorada, com forte impacto ambiental (retirada do solo e cobertura vegetal, erosão), e o refino de ouro pode também gerar muitos resíduos além de consumir muita energia, e também pode gerar um grande impacto social negativo.

11) A extração do ouro a partir de resíduo eletroeletrônico permite também proporcionar uma fonte de renda aos que trabalham neste ramo, mas que deve ser feito com a infraestrutura adequada, para minimizar riscos a saúde e ao ambiente, além de contribuir para a redução do volume do resíduo eletroeletrônico. Portanto, a reciclagem apresenta um lado social que é positivo, desde que seja bem conduzido.

12) Ainda sobre a questão do trabalho de reciclagem, como este processo envolve ácidos, é importante o licenciamento da atividade, em especial pelo fato de que há o uso de ácido nítrico, cujo emprego é fortemente controlado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARAUJO, Guilherme. Recuperação De Ouro E Prata Utilizados Em Processadores De Computador, 2013 APUD UFPA, 2012. Disponível em <http://www.crq4.org.br/sms/files/file/candidatos_premio_crqiv_2014.pdf>. Acesso em: 16 de Agosto de 2015.
2. BRASIL. MME- MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Produto 19, Minério De Ouro - Relatório Técnico 28, Perfil Do Ouro, 2009. Disponível em <http://www.mme.gov.br/documents/1138775/1256650/P19_RT28_Perfil_do_Ouro.pdf/9628eb10-525b-4c31-83bb-124160792bac>. Acesso em: 14 de Agosto de 2015.
3. MATTOS, Karen Maria da Costa; MATTOS, Katty Maria da Costa e PERALES, Wattson José Saenz. Os impactos ambientais causados pelo lixo eletrônico e o uso da logística reversa para minimizar os efeitos causados ao meio ambiente. XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Rio de Janeiro, RJ, 13-16 de outubro de 2008. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_TN_STP_077_543_11709.pdf> Acesso em: 16 de Agosto de 2015.