

ROTA HIDROMETALURGICA PARA OBTENÇÃO DE ÍNDIO DE RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS

RESUMO

Os aparelhos eletroeletrônicos como computadores e televisões em sua maioria são constituídos por telas de cristal líquido (LCD), que ao se tornarem obsoletos são nomeados como resíduos de equipamentos eletroeletrônicos que podem ser inadequadamente dispostos em aterros sanitários. Visando diminuir impactos ambientais adversos tem-se a proposta de recuperação de metais valiosos como Índio (In), que é encontrado nas telas de LCD na forma de ITO (óxido de índio e estanho). Avaliou-se que a eficiência do ácido sulfúrico foi superior aos demais agentes lixiviantes empregados. Concluiu-se, portanto, que para a extração de índio na forma de ITO de telas de LCD residuais o ácido sulfúrico 2M a temperatura de 90°C no período de 1 hora foram as melhores condições para 100% de extração de índio em massa.

Palavras-chave: Resíduos Eletroeletrônicos. Extração. Índio (In)

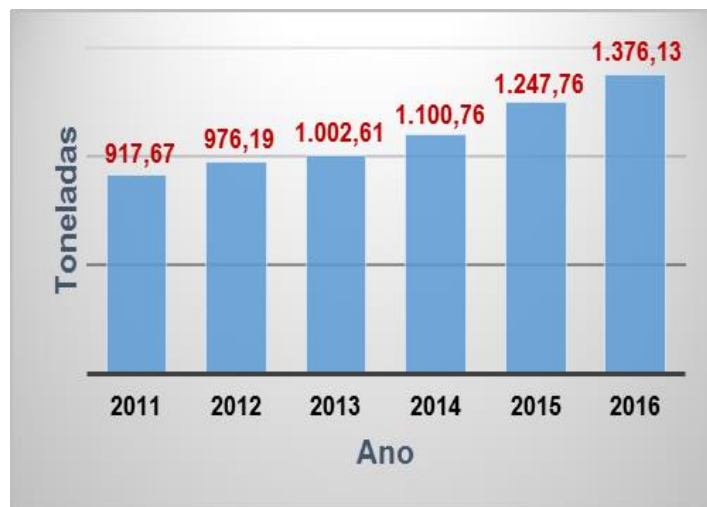
INTRODUÇÃO

Os equipamentos eletroeletrônicos tornaram-se indispensáveis para o cotidiano do ser humano, ganhou espaço na comunicação bem como na saúde. Esta necessidade de desenvolvimento constante fez com que o setor tecnológico se tornasse o mais crescente no mundo e viabilizado economicamente. Devido ao alto desenvolvimento e inovação. Porém com tal necessidade de desenvolvimento tecnológico, muitos destes equipamentos têm a obsolescência programada, tal como televisores aparelhos celulares e computadores. Assim o desenvolvimento e giro econômico pode comprometer a ideia de desenvolvimento sustentável devido à expedição de resíduos eletroeletrônicos.

Os resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) são componentes de

equipamentos eletroeletrônicos de pós-consumo. No entanto, os REEEs possuem materiais valiosos e perigosos como ouro e cobre, em sua composição. Segundo o relatório do PNUMA de 2015, anualmente são gerados 41 milhões de toneladas de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos, como computadores, televisores e telefones celulares. Estima-se que até 2017 sejam geradas 50 milhões de toneladas de REEE anualmente. No entanto a Europa, Estados Unidos e Austrália são os maiores produtores de REEE, porém estima-se que a China, Europa Oriental e América Latina se tornarão os maiores produtores de REEE até 2019. O Brasil contribui negativamente com o aumento anual da geração de REEE, já que apresenta aumento anual na geração de REEE (Gráfico 1). Sendo o Brasil um país em desenvolvimento, supõe-se que a mudança no padrão de consumo é um indicador para tal contribuição negativa.

Gráfico 1- Geração de REEE no Brasil



(2)

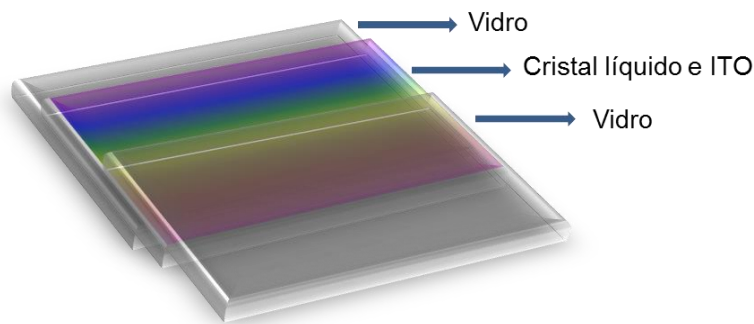
O aumento da disposição de REEE no Brasil no período de cinco anos foi de 33,3%. Sendo o Brasil um país em desenvolvimento, supõe-se que a mudança no padrão de consumo é um indicador para tal contribuição negativa.

1.1 Telas de LCD

Devido ao menor consumo de matéria prima em sua fabricação, peso e menor consumo de energia elétrica as telas de LCD substituíram a tecnologia de tubo de raio catódico (CTR). O desenvolvimento de tal tecnologia motiva a troca de aparelhos eletroeletrônicos antes do final de sua vida útil e com isto o aumento da demanda desses tipos de resíduos eletroeletrônicos; o que não é vantajoso do ponto de vista ambiental, já que para telas de cristal líquido ainda não foram definidos métodos de recuperação e reciclagem.

As telas de LCD podem ser descritas como um sanduiche de vidro, no entanto, as lâminas de vidro são colocadas paralelamente, onde nas faces interiores de cada lamina de vidro são encontrados o óxido de índio e estanho (ITO) e o cristal líquido (Figura 1).

Figura 1- Tela de LCD- vidro



1.1.1 Óxido de índio e estanho (ITO)

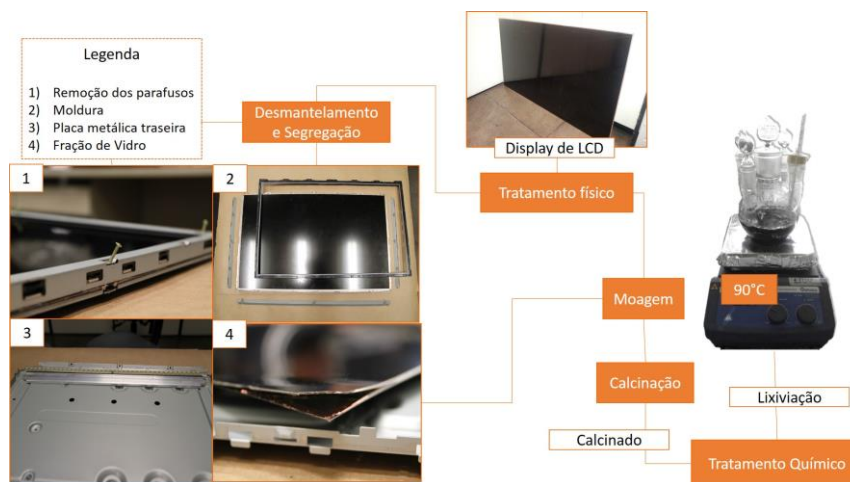
O ITO é o condutor elétrico que permite a passagem de corrente elétrica para que o cristal líquido contido entre as camadas de vidro reflita a imagem na tela. A composição do ITO é respectivamente de 10% de óxido de estanho e de 90% a de óxido de índio, esta porcentagem é distribuída desta maneira devido

a exigência da transparência para aplicação do ITO já que a dopagem do estanho pode diminuir a mobilidade dos elétrons livres, o que diminui a presença do oxigênio comprometendo a transmitância óptica do filme, o que é indesejado para a finalidade de sua aplicação. Devido a suas propriedades físicas e químicas o índio (In) é indispensável para aplicação em eletroeletrônicos, porém sua disponibilidade natural é 0,1 ppm, o que o caracteriza como um metal raro. Para isto, é proposta rotas de reciclagem (extração) deste metal aderido nas telas de LCD.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a recuperação de índio presente nas telas de LCD foram empregados os seguintes materiais e métodos descritos na Figura 2:

Figura 2- Processo de reciclagem das telas de LCD



2.1 Tratamento físico

O tratamento físico do resíduo de LCD consistiu em: desmantelamento, segregação, calcinação e moagem.

O processo de desmantelamento iniciou-se com a remoção dos parafusos externos, sendo estes fixadores do molde de metal externo ao módulo, para que este fosse desencaixado e segregado.

A tela apenas contendo o vidro e os polímeros nela aderidos foram pesados em balança semi-analítica para que fosse quantificada a massa total da tela de LCD (fração de vidro). Após a quantificação da massa da fração de vidro foi realizada a moagem do resíduo e respectivamente a calcinação. A calcinação foi realizada em mufla a 600°C no período de três horas.

2.1.2 Tratamento químico

O tratamento químico do resíduo moído de LCD foi realizado posteriormente ao tratamento físico. As etapas do tratamento químico basearam-se em: digestão em água régia e hidrometalurgia (lixiviação).

a) Digestão em água régia por micro-ondas

A fim de quantificar a concentração de ITO no resíduo de LCD, foi realizada a digestão em água régia por micro-ondas.

b) Hidrometalurgia

A rota hidrometalúrgica escolhida para a extração de índio foi a lixiviação ácida, nas seguintes condições:

- a) Ácido sulfúrico 2M;
- b) Temperatura 90°C;
- c) Tempo de avaliação 4 horas;
- d) Relação sólido-líquido 1:5

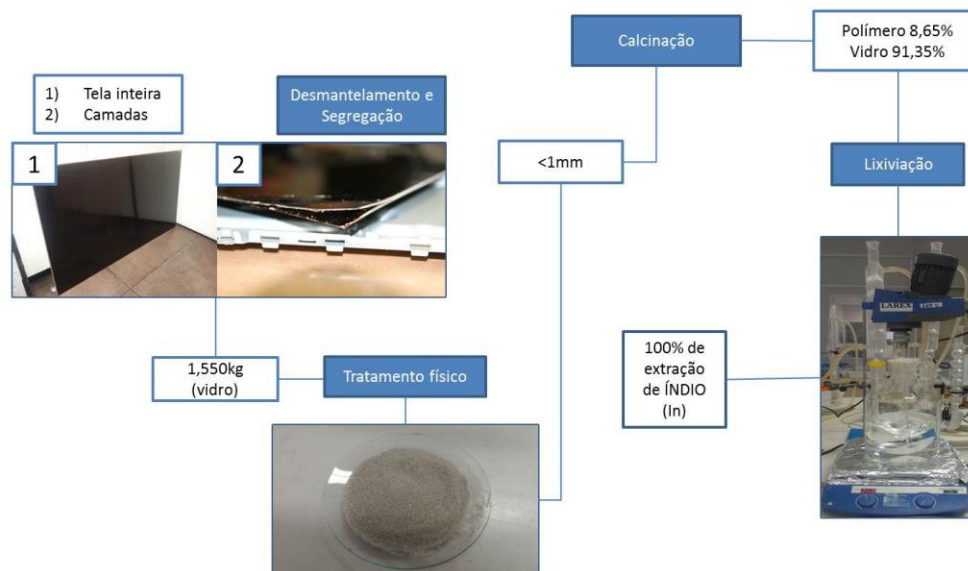
Para tanto, utilizou-se chapa de aquecimento, balão de cinco bocas de cinco litros, termômetro sob agitação.

Durante o processo de lixiviação foram coletadas alíquotas para análise química em *ICP-EOS* da quantificação de índio (In) solubilizado.

3. RESULTADOS

Os resultados obtidos com o tratamento físico e químico foram:

Figura 3- Resultado do Processo de reciclagem das telas de LCD



3.1 Tratamento físico

- a) A quantificação da massa inicial da tela de LCD (fração de vidro) foi de 1,550kg e após a calcinação a massa foi de 1,416kg;
- b) O ensaio granulométrico mostrou que a granulometria do resíduo deu menor que 1mm o que possibilitou o aumento da superfície de contato do resíduo com o agente lixiviante.

3.1.1 Tratamento químico

A rota hidrometalúrgica empregada permitiu 100% da extração de índio em massa na primeira hora de ensaio, portanto para esta tela tem-se 158mg/kg.

4. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos permitem concluir que a tela de cristal líquido residual estudada é composta por aproximadamente 8,65% em massa de polímeros e 91,35% de vidro com o óxido de índio e estanho (ITO e cristal líquido). As melhores condições para a extração de índio de resíduos de telas de LCD foram: ácido sulfúrico 2M, temperatura 90°C, tempo mínimo 1h, relação sólido/líquido 1/5, granulometria do resíduo <1,00mm. Essas condições permitiram 100% de extração de índio do resíduo de LCD. Sendo quantificado 0,0316% de índio em massa em para 1 kg do resíduo estudado.

5. REFERÊNCIAS

1. TAVARES, V. **Caracterização e processamento de telas de cristal líquido visando a reciclagem**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais) - Universidade de São Paulo, São Paulo.
2. INVENTTA. Logística Reversa de Equipamentos Eletroeletrônicos-Analise de viabilidade técnica e econômica, 2015.
3. XAVIER. Lúcia Helena, CARVALHO. Tereza Cristina **Gestão de resíduos eletroeletrônicos**. 1º ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.
4. MORAES. V.T. **Recuperação de Metais a Partir do Processamento Mecânico e Hidrometalúrgico de Placas de Circuito Impresso de Celulares Obsoletos**. Tese – Engenharia metalúrgica e Materiais, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2010.
5. JACKSON. E. **Hydrometallurgical extraction and reclamation**. Ellis Horwood Limited, New York, 1986, pág.19-39.

6. FUCHS.M. **Processos de Separação e Caracterização de materiais Valiosos de Telas de LCD de telefones Celulares.** Dissertação.(Mestrado em Engenharia de Processos). Universidade Federal de Santa Maria. Rio Grande do Sul,2013.
7. VOSKY.A . SERGIEVSKAYA, E. ***Theory of metallurgical processes.*** *Mir Publishers: Moscow.* 1978. pág. 12-19.
8. DAMIANI. R. L. **Filmes de Óxido de Índio com Estanho Depositados por Magnetron Sputtering.** Dissertação. Mestrado em Engenharia Eletrica. Escola Politecnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2010
9. JACKSON. E. ***Hydromettalurgical extraction and reclamation.*** *Ellis Horwood Limited, New York,* 1986, pág.19-39.
- 10.VOSKY.A . SERGIEVSKAYA, E. ***Theory of metallurgical processes.*** *Mir Publishers: Moscow.* 1978. pág. 12-19.
- 11.GALLARDO. H. Cristais Líquidos. Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: <<http://www.qmc.ufsc/qmcweb>>. Acesso em 10 jun. 2016.
- 12.MERLO. A. A, GALLARDO. H; TAYLAOR. T.R. **Cristais líquidos ferro elétricos- CLF- uma abordagem sintetica.** *Quim. Nova.* Vol. 24, 3., pág. 354-362, 2001.
- 13.BECHTOLD. I. H. **Efeitos de superfícies de contorno na orientação dos cristais líquidos.** Dissertação. Mestrado em Física. Univerdade de São Paulo, São Paulo, 2000.

ABSTRACT

The appliances and electronic equipment such as computers and televisions are mostly composed by screens liquid crystal display (LCD), which to become obsolete are appointed as waste from electrical and electronic equipment that may be inadequately disposed in landfills. In order to reduce adverse environmental impacts is the proposal for a recovery of valuable metals such as Indium (In), which is found in LCD screens in the form of myth (oxide and tin). The objective of this study was to evaluate the efficiency of sulfuric acid was superior to the other agents employed leachate. Therefore, it was concluded that for the extraction of indium in the form of myth of LCD displays on the residual sulfuric acid 2M the temperature of 90°C in the period of 1 hour were the best conditions for 100% of extraction of indium in mass.

Keywords: *Electronic Waste. Extraction. Indium (In)*