



Estudo de Moagem, Separação Granulométrica e Magnética de Resíduos de Celulares Obsoletos

Juliana de Gregori da Rocha¹, Jéssica Stefanello Cadore², Fernando Augusto Casarin³

¹Universidade Federal de Santa Maria (degregorijuliana@gmail.com)

²Universidade Federal de Santa Maria (jessica.cadore@outlook.com.br)

³Universidade Federal de Santa Maria (fernando_casarin@hotmail.com)

Resumo

O moinho de martelos é um equipamento utilizado para segregar materiais através do impacto. Com isso, utilizou-se esse equipamento com uma malha de 5 mm, para realizar a cominuição de resíduos de celulares obsoletos, efetuando a separação granulométrica em peneiras de diversos diâmetros de abertura, a fim de medir a massa retida nas mesmas. Além da separação granulométrica, fez-se o uso do rolo magnético, separando, assim, os constituintes magnéticos dos não magnéticos, comparando a porcentagem na constituição dos celulares, bem como a eficiência desse processo de separação, verificando o seu grau de liberação.

Palavras-chave: Resíduos Eletrônicos. Moinho de martelos. Reciclagem. Lixo Eletrônico.

Área Temática: Resíduos Sólidos.

Study of Grinding, Sorting and Magnetic Separation of Cellular Waste Obsolete

Abstract

The hammer mill is an equipment used to segregate materials through impact. Thus, the equipment was used with a 5 mm mesh to carry out the comminution of obsolete cellular debris, making the granulometric separation in sieves of different aperture diameters, in order to measure the mass retained therein. In addition to the granulometric separation, the magnetic roll was used, thus separating the magnetic constituents of the non-magnetic, comparing the percentage in the constitution of the cell phones, as well as the efficiency of this separation process, verifying their degree of release.

Key words: Electronic Waste. Mill of hammers. Recycling. electronic Junk.

Theme Area: Solid Waste.



Introdução

O crescente aumento da geração de resíduos eletrônicos é considerado um problema social, sendo que este proporciona um risco iminente de contaminação do sistema ecológico por substâncias nocivas. Os processos de reciclagem e/ou reutilização desses materiais podem ocasionar diminuição dos impactos ambientais e, ainda, gerar ganhos econômicos (DE OLIVEIRA, CARDOSO E SCHROEDER, 2017).

Lixo eletrônico é o termo dado aos resíduos resultantes da obsolescência de equipamentos eletrônicos, tais como televisores, celulares, computadores, impressoras, entre outros (BENETTI e QUINTANA, 2016). O descarte destes resíduos misturados a lixo comuns resulta em um sério risco ambiental, uma vez que esses resíduos possuem metais altamente tóxicos em sua composição, tais como: chumbo, mercúrio e cádmio. Uma vez que estes resíduos entrem em contato com o solo, estes podem gerar contaminação dos lençóis freáticos; da mesma forma estes, quando queimados, liberam substâncias nocivas aos seres vivos, causando poluição atmosférica. Além disso, é importante salientar os riscos à saúde das pessoas que manuseiam estes resíduos e sobrevivem da venda de materiais coletados em lixões (GUERIN, 2008, apud NATUME e SANT'ANNA, 2011).

A melhor alternativa para esses resíduos é que se realize a coleta em locais específicos, permitindo a realização da reciclagem adequada desses materiais (RICHTER, 2014). Uma parte importante da reciclagem desses materiais é a moagem e a classificação granulométrica. A moagem se faz necessária, pois acelera as etapas posteriores do processo e a separação granulométrica fornece informações sobre o tamanho médio das partículas entre outros (SCHENKEL, 2015).

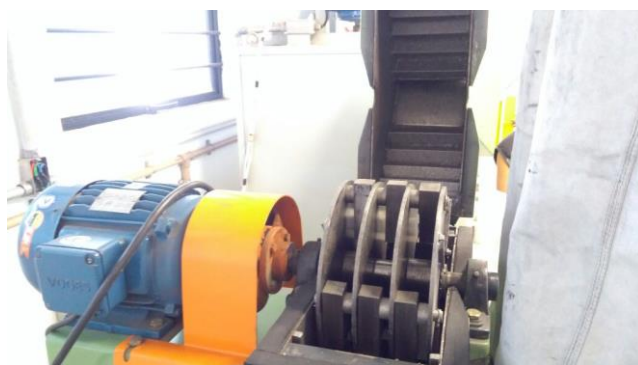
Nesse viés, o presente trabalho tem como objetivo analisar resíduos de celulares obsoletos, provenientes do descarte de lojas eletrônicas, efetuando-se a cominuição das amostras através do moinho de martelos, e posteriormente a separação granulométrica das frações fragmentadas, utilizando-se peneiras vibratórias de diversos diâmetros. Ainda, objetiva-se realizar a separação magnética dos materiais presentes no resíduo, o que tem papel importantíssimo na caracterização de lixo eletrônico, visto que possibilita a separação de partículas que sofrem atração magnética e de partículas que não são influenciadas por um campo magnético.

2 Experimental

2.1 Cominuição dos resíduos no moinho de martelos

O moinho de martelos é um equipamento utilizado para moagem de matérias, característico do processamento mecânico. Possui três elementos principais que são: bandeja de alimentação, rotor de martelos e câmara de moagem. Sua ilustração está discriminada na figura 1.

Figura 1 - Moinho de martelos



Na bandeja de alimentação, depositou-se 200g de resíduos eletrônicos (celulares) a fim de sofrerem cominuição de seus constituintes. O rotor de martelos é responsável pela fragmentação dos resíduos, onde ocorre a degradação por impacto. E por fim, a câmara de moagem, é aonde o processo se concretiza. Utilizou-se uma malha de 5 mm, e aguardou-se o equipamento operar, por 25 minutos de forma que toda a massa depositada seja fragmentada e passe pela malha de fundo do equipamento.

O material foi recolhido no fundo do moinho. Nas figuras 2 e 3 é possível visualizar a pesagem dos resíduos de celulares e os resíduos retirados do moinho após a fragmentação, respectivamente.

Figura 2 - Pesagem do material



Figura 3 - Resíduos fragmentados retirados do moinho de martelos





Na sequência, levou-se o resíduo para a separação granulométrica, utilizando-se peneiras vibratórias, cujas séries de Tyler utilizadas, foram: 28, 14, 9, 7, 5 e 3, operando por um tempo total de 10 minutos. Pesou-se a massa a massa retida em cada peneira, a fim de determinar a massa contida em cada fração.

2.2 Separação magnética

A separação magnética foi à etapa subsequente ao peneiramento. Realizou-se em um rolo magnético, cuja função foi separar os materiais magnéticos dos materiais não magnéticos, utilizando-se um eletroímã na qual a amostra com constituintes magnéticos foi atraída, bem como os constituintes não magnéticos foram repelidos, separando-os. A Figura 4 ilustra o aparato experimental.

Os parâmetros utilizados foram 50% de alimentação, velocidade 50/150rpm e ângulo de 15° do coletor. Com isso, alimentaram-se as partículas no alimentador vibratório e se observou a separação das mesmas de acordo com sua natureza magnética, para se efetuar, posteriormente a pesagem das frações separadas.

Figura 4 - Rolo magnético utilizado na operação.



3 Resultados e discussões

3.1 Análise granulométrica

O tempo de cominuição no moinho de martelos foi cerca de 25 minutos, devido a malha utilizada ser pequena (5 mm), necessitando de um tempo maior de abrasão para as partículas atingirem o tamanho especificado.

A massa inicial pesada foi de 202,7g, porém pode haver perda de massa devido à vedação do equipamento, ou perdas durante o manuseio da operação. Após a moagem, se fez a separação granulométrica utilizando-se diâmetros de aberturas das peneiras, conforme evidenciado na Tabela 1, onde são apresentados o diâmetro de abertura da peneira (D), diâmetro médio de abertura (Dm), massa da peneira vazia (Mp), massa total, peneira com amostra (Mt), massa retida (Mr), fração retida (Xr), fração retida acumulada (Xra) e fração passante (Xp).

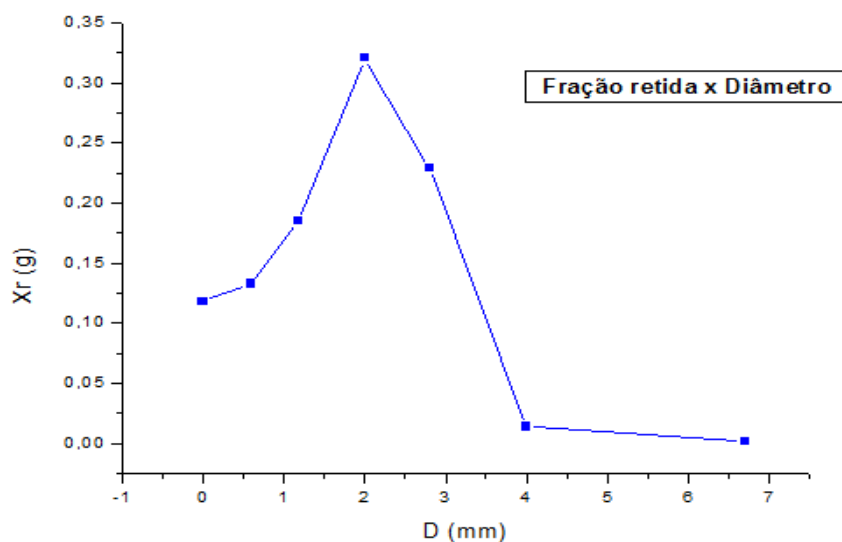


Tabela 1 - Dados experimentais

Tyler	D (mm)	Dm (mm)	Mp (g)	Mt (g)	Mr (g)	Xr (g)	Xra (g)	Xp (g)
3	6,7	5,35	701,5	701,7	0,2	0,00135	0,00135	0,99865
5	4	3,4	452,6	454,6	2	0,013495	0,014845	0,985155
7	2,8	2,4	412,1	446	33,9	0,228745	0,24359	0,75641
9	2	1,59	359,2	406,7	47,5	0,320513	0,564103	0,435897
14	1,18	0,89	354,9	382,3	27,4	0,184885	0,748988	0,251012
28	0,6	0,3	334,1	353,8	19,7	0,132928	0,881916	0,118084
Fundo	0	0	342,3	359,8	17,5	0,118084	1	0

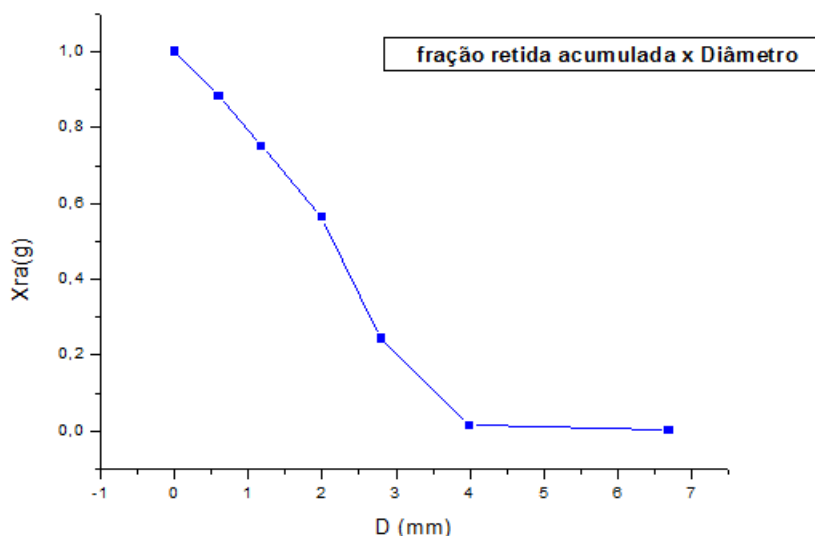
O resultado final de amostra classificada foi de 148,2 g (somatório das massas retidas), o que demonstra que houve perda de material nos processos, sendo a maior perda durante a moagem. Com as frações retidas calculadas, plota-se o gráfico da análise diferencial, e da distribuição granulométrica cumulativa, conforme as Figura 5 e 6.

Figura 5 – Análise diferencial



Através do gráfico gerado e observado na Figura 5 pode-se inferir que a maior parte da amostra ficou retida na peneira cujo diâmetro de abertura é de 2 mm, tendo um diâmetro médio de amostra de 2,4 mm.

Figura 6 - Distribuição Granulométrica Cumulativa



A partir da Figura 6 pode-se observar o gráfico da fração cumulativa, o qual mostra que praticamente toda a amostra possui diâmetro menor que 5 mm, isso demonstra que apesar das perdas, o moinho conseguiu reduzir significativamente o tamanho da amostra.

Pela análise visual das partículas peneiradas, pôde-se perceber a presença de tipos de polímeros, metais e algo similar a vidro. Não houve uma boa liberação das partículas pois muitos pedaços de polímeros continham pontos escuros devido à presença de metais. Caso a amostra fosse moída em granulometria menor, a liberação destas partículas poderia obter maior eficiência.

3.2. Separação magnética dos resíduos de celulares

Os resíduos previamente processados em um moinho de martelos, foram direcionados a um separador magnético. As partículas foram então separadas pelo equipamento conforme sua natureza em relação à atração magnética.

O equipamento foi operado em diferentes parâmetros de funcionamento, com alterações na velocidade da esteira, para posterior comparação e estudo dos resultados.

Os coletores de partículas foram retirados do equipamento após cada realização da técnica e as partículas colocadas em recipiente para determinação de sua massa em uma balança de precisão. Os valores obtidos de massa das partículas separadas, nos diferentes parâmetros de funcionamento do equipamento, estão dispostos na Tabela 2.

Tabela 2 - Dados obtidos de massa de partículas separadas

Velocidade de rotação (rpm)	Massa de Partículas atraídas (g)	Massa de Partículas não atraídas (g)	Total (g)	Perdas (%)
50	100,4	41,9	146,8	0,95
100	91,5	55,2	146,7	0,07
150	73,4	72,2	145,6	0,34
200	60,6	85,5	146,1	0,41

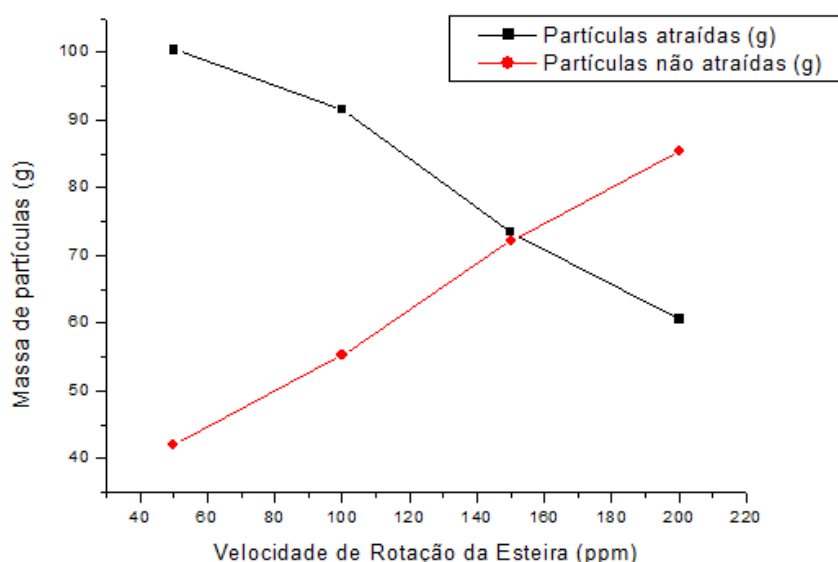


Através da Tabela 2, e tendo conhecimento de que a massa inicial de partículas após a moagem era de 148,2g, é possível notar um decréscimo na massa total de partículas em cada etapa, visto que existem perdas no equipamento, pois algumas partículas podem ficar presas em locais não acessíveis.

Ainda observando a Tabela 1, nota-se que, conforme a velocidade da esteira aumentou, a massa de partículas retidas no recipiente de partículas atraídas magneticamente diminuiu. Isto se deve ao fato de que a alta velocidade da esteira fez com que partículas que deveriam cair no recipiente de magnéticas fossem arremessadas para o recipiente de não magnéticas, sem tempo hábil para que o rolo magnético conseguisse mantê-las na esteira e fizessem-nas cair no local correto.

Outro aspecto importante a ser discutido é o grau de liberação das partículas. Conforme citado anteriormente, a primeira técnica realizada no resíduo foi à moagem em moinho de martelos. Com esse procedimento, o grau de liberação das partículas aumentou, possibilitando uma separação muito mais precisa. Isto se deve ao fato de que boa parte do resíduo estava disposto em pedaços relativamente grandes, contendo tanto partículas atraídas quanto não atraídas magneticamente, fazendo com que o equipamento não faça a separação desejada. Logo, conclui-se que para um melhor resultado da separação, deseja-se um maior grau de liberação. A partir da Figura 7, é possível uma melhor visualização dos resultados obtidos.

Figura 7 – Dados obtidos no experimento



Através do Gráfico dos dados obtidos no experimento (Figura 7) é possível notar o decréscimo da massa de partículas atraídas magneticamente com o aumento da velocidade de rotação da esteira, discutido anteriormente.



4 Conclusão

O moinho de martelos utilizado para cominuição das partículas cumpriu bem seu papel em fragmentar os resíduos, aumentando o grau de liberação, permitindo a análise granulométrica e possibilitando a separação magnética das mesmas.

Conforme a análise da distribuição granulométrica, pode-se concluir que a maior fração da amostra foi retida na peneira 9 da série Tyler, apresentando uma fração de cerca de 32% de amostra retida. Além disso, em relação à separação magnética, foi possível observar o comportamento do processo de separação com a mudança de parâmetros de funcionamento do equipamento, na medida em que a velocidade de rotação aumentou, a massa de partículas magnéticas atraídas, foi reduzida.

O total de perdas foi de 1,43%, devido às partículas que não foram devidamente coletadas, porém essas perdas foram irrelevantes, obtendo-se êxito na separação.

5 Referências

BENETTI, Luciana Borba; DE FREITAS QUINTANA, Jaqueline. **Gestão de resíduos eletrônicos: estudo de caso em uma organização militar de São Gabriel/RS.**

DE OLIVEIRA NETO, Geraldo Cardoso; CARDOSO CORREIA, Auro de Jesus; SCHROEDER, Adriano Michelotti. Economic and environmental assessment of recycling and reuse of electronic waste: Multiple case studies in Brazil and Switzerland. **RESOURCES CONSERVATION AND RECYCLING**, v. 127, p. 42-55, 2017.

NATUME, R. Y.; SANT'ANNA, F. S. P. Resíduos eletroeletrônicos: um desafio para o desenvolvimento sustentável e a nova lei da política nacional de resíduos sólidos. In: **3rd International Workshop on Advances in Cleaner Production. São Paulo. 2011.**

RICHTER, Leonice Terezinha. A importância da conscientização e da coleta seletiva no município de Palmitos-SC. 2014.

SCHENKEL, Egont Alexandre et al. Produção e caracterização de nanopartículas de quartzo obtidas por moagem e separação granulométrica de solução aquosa. 2015.