APLICAÇÃO DOS MÉTODOS DE PROCESSAMENTO MINERAL NA RECICLAGEM DE VIDRO[1]

Cleusa Cristina Bueno Martha de Souza[2]
Arthur Pinto Chaves[3]

RESUMO

O crescimento cada vez maior dos resíduos sólidos gerados pela sociedade trouxe maior atenção à questão da reciclagem e ao desenvolvimento de técnicas específicas de coleta e separação de alguns elementos. Um dos resíduos sólidos mais encontrados é o vidro. Por possuir propriedades químicas que o tornam um material quimicamente inerte pode ser totalmente reaproveitado, desde que esteja isento de contaminantes. Normalmente o destino final para este produto é o aterro sanitário, ocupando volumes muito grandes, havendo portanto um interesse ambiental em reciclá-lo.

Neste trabalho propõe-se o emprego das operações unitárias do Tratamento de Minérios para o beneficiamento de duas sucatas de vidro: pára-brisa de automóvel e lâmpada fluorescente, com a finalidade de recuperação de vidro e separação dos contaminantes. São sugeridos processos de beneficiamento distintos para as duas sucatas empregando operações unitárias como peneiramento, separação pneumática, magnética e de meio denso.

Os resultados obtidos do tratamento mostraram-se satisfatórios, com eficiência de recuperação de vidro tratado e limpo de aproximadamente 82,7% para o lâmpada fluorescente, enquanto que para o pára-brisa a recuperação obteve eficiência de 57,6%.

Palavras chave: Reciclagem, Beneficiamento, Vidro

---

(1) Trabalho a ser apresentado ao XVII Encontro Nacional de Tratamento de Minério e Metalurgia Extrativa e I Seminário de Química de Colóides Aplicada à Tecnologia Mineral, Águas de São Pedro, S.P., 23 a 26 de agosto de 1998.

(2) Engenheira Industriall Química, pós- graduanda do Departamento de Engenharia de Minas da Escola Politécnica da USP.

(3) Professor titular do Departamento de Engenharia de Minas da Escola Politécnica da USP.

1. INTRODUÇÃO

O grande crescimento populacional e o desenvolvimento econômico ocorrido nos últimos trinta anos acarretou um aumento cada vez maior da quantidade de resíduos de todos os tipos.

A disposição de resíduos tornou-se problemática a partir do momento em que grandes quantidades de material constituído por alumínio, vidro, metais, plásticos, papel, entre outros começaram a ser gerados de forma descontrolada. Em decorrência disto, as áreas para disposição tornaram-se cada vez mais escassas. Esta situação despertou o interesse no combate ao desperdício em contribuição para a minimização da quantidade de material no lixo. Atualmente a grande maioria das empresas, em todos os setores, tem consciência de que devem ser responsáveis pelos resíduos gerados durante seu processo produtivo e procura o melhoramento do seu processo evitando assim a liberação de grande quantidade de resíduos.

A reciclagem dos resíduos que possuem algum valor comercial surge como alternativa para resolver o problema de tratamento e disposição final, beneficiando a fonte geradora e o meio ambiente. Além da redução de detritos e da preservação dos recursos naturais, através da substituição da matéria-prima virgem, há adicionalmente a redução da poluição do ar e água, (tal como indicado na Tabela 1.1) com o emprego dos materiais reciclados.

TABELA 1.1. Benefícios ao meio ambiente gerados pela utilização de materiais reciclados em comparação aos recursos virgens[1].

Redução de	*Alumínio* %	*Aço* %	*Papel* %	*Vidro* %
Uso de energia	90-97	47-74	23-74	4-32
Poluição do ar	95	85	74	20
Poluição da água	97	76	35	-
Rejeitos de Mineração	-	97	-	80
Uso de água	-	40	58	50

Os programas de reciclagem são bastante desenvolvidos em vários países, onde existem incentivos governamentais e programas educacionais, sendo que a população também participa ativamente, através da separação seletiva de lixo.

O vidro é um dos resíduos sólidos mais comumente encontrados no lixo. Por ser quimicamente inerte, e não degradável, leva centenas ou até milhares de anos para se decompor, provocando grandes volumes dispostos a céu aberto, em razão de sua baixa densidade aparente. Atualmente existe grande campanha visando aumento do consumo de embalagens retornáveis de vidro, que podem ajudar, de forma substancial na minimização do lançamento deste material ao meio ambiente. A maioria do vidro

produzido no Brasil é destinada para embalagem, em torno de 55%. De 26 a 30% refere-se ao vidro plano, dos quais mais da metade têm como destino a indústria automobilística[2].

Milhões de toneladas de vidro são coletadas e recicladas e a porcentagem de caco reciclado empregado na produção de vidro varia de 30 a 90 %. Na Inglaterra, 20 anos atrás, utilizava-se 70% de sucata reciclada, mas problemas na qualidade final do produto fizeram com que a indústria parasse de recebê-las. Na Suíça, em torno de 78% de cacos são utilizados normalmente na produção e empregou-se até 100%[3]. Na Alemanha, os níveis de utilização são grandes, alcançando até 90% na produção, seja ele de cor verde ou âmbar. No Brasil, algumas empresas vidreiras, fabricantes de embalagens, já utilizaram na fusão cacos na proporção de 90-95%, para vidro âmbar e verde. Mas na fabricação de outros vidros, que não de garrafas, limita-se o uso do caco externo, devido, principalmente, à sua má qualidade provocada pela grande quantidade de contaminantes presentes[4].

Para a obtenção de cacos de vidro para serem utilizados como parte de matéria-prima, surgiram empresas especializadas no desenvolvimento de usinas de tratamento das sucatas, empregando técnicas sofisticadas e equipamentos de grande porte, garantindo eficiência de separação e gerando vidro sem impurezas. Na Europa, estas usinas são viáveis financeiramente, pois o custo de disposição do lixo em geral é extremamente alto. No Brasil, não existem grandes centros de processamento. Isoladamente podem ser encontrados dentro de algumas empresas, para uso próprio, ou em prefeituras de algumas cidades.

2.TÉCNICAS DE PROCESSAMENTO MINERAL PARA TRATAMENTO DE RESÍDUOS

Técnicas de processamento mineral já haviam sido sugeridas por HOBERG[5], que mostrou ser possível o tratamento de resíduos do lixo. Vários tipos de rejeitos domésticos caracterizam-se por sua heterogeneidade de composição e forma. A aplicação das técnicas de tratamento mineral deve-se a este fato, pois diferenças de propriedades dos diversos materiais encontrados podem ser empregadas na escolha do melhor método de separação.

Processos de separação são sugeridos para a separação de diferentes tipos de plásticos (PVC, PET, PP entre outros) empregando métodos como separação eletrostática (STAHL[6] e KAMPTNER et al.[7]), meio denso (BEVILACQUA et al.[8]). Além disso, para equipamentos elétricos e sucatas eletrônicas (OWADA et al.[9]) e até rejeitos de madeira (RAKEMANN e ZIBULSKI [10]) também são empregadas operações físicas de separação e na literatura supra-citada observa-se que a aplicação de tais técnicas oferece soluções satisfatórias para a recuperação dos diversos materiais. A tendência é a de que ocorra evolução e maior aprimoramento na pesquisa de novos processos para aumentar a qualidade e quantidade dos materiais recuperados e consequentemente dar-lhes destinação apropriada.

O emprego de tais técnicas prevê a recuperação dos produtos recicláveis de composições heterogêneas, em materiais isolados ou grupos de materiais com separação simultânea dos outros produtos não utilizáveis (contaminantes), que podem, por sua vez, serem descartados.

3. BENEFICIAMENTO DE SUCATAS DE VIDRO

O objetivo deste trabalho é mostrar a aplicação das operações unitárias de beneficiamento para a separação dos contaminantes de duas sucatas de vidro: lâmpadas fluorescentes e pára-brisas de automóvel. Para isto, foram propostos processos de beneficiamento, realizados a nível laboratorial, escolhendo-se para tanto as técnicas e processos de operações unitárias da indústria mineral, tendo em vista as propriedades físicas dos materiais que necessitam ser separados. Empregaram-se as operações como peneiramento, separação em meio denso, cominuição e separação magnética, para obtenção de vidro em condições de ser reciclado.

3.1. Lâmpada fluorescente

A lâmpada fluorescente vem tendo seu consumo aumentado ao longo dos últimos anos devido à eficiência e versatilidade que oferece, devido principalmente à durabilidade (que é cerca de 10 vezes maior que a da lâmpada incandescente) além dos diversos tamanhos, tonalidades e potências para iluminação de interiores, excelente qualidade de luz proporcionada e baixo consumo de energia. Estima-se atualmente que o consumo médio anual esteja em torno de 30 milhões de lâmpadas fluorescentes no Brasil. Além do vidro, outros materiais são encontrados na sucata, como ferro, plástico e alumínio. O aproveitamento do vidro é limitado pela presença destes, que constituem contaminação indesejável.

3.1.1. Processo de beneficiamento proposto

Uma sequência de tratamento e separação é proposta, conforme o fluxograma simplificado ilustrado na Figura 1.1.

Os resultados obtidos são mostrados na Tabela 1.2.

3.2. Pára-brisa de automóvel

O vidro de segurança laminado é um tipo especial utilizado em grande escala na indústria automobilística. No mercado nacional, a quase totalidade é destinada para uso em pára- brisa de automóveis, para oferecer maior segurança ao condutor do veículo. Desde 1991, é obrigatório o seu uso, segundo a Resolução CONTRAN 710, de 1988. A partir do aumento de produção automobilística nos últimos anos, houve maior demanda pelo vidro de segurança, gerando ao fim da vida útil dos veículos uma grande quantidade de sucata. Outrossim, na montagem do pára-brisa, a quantidade de material que se transforma em sucata pode chegar a níveis razoáveis, originado pelas peças que são rejeitadas após inspeção final. As empresas que sobrevivem da coleta de vidro, os chamados "caqueiros", não fazem o aproveitamento do vidro do pára-brisa, pois a lâmina plástica de alta resistência fortemente aderida ao vidro, é difícil de ser

eliminada. Para estes coletores, portanto é desinteressante, do ponto de vista comercial, o vidro de pára-brisa, restando, como único destino final para este produto o aterro sanitário ou lixão.

3.2.1. Processo de beneficiamento proposto

A amostra utilizada foi oriunda de vidraceiros de autos. O processo de tratamento tem como finalidade remover o plástico polivinílico de alta resistência inserido entre as lâminas de vidro, para a obtenção de máxima quantidade de vidro plano em forma de cacos e livre do plástico.

O fluxograma básico do processo proposto é mostrado na Figura 1.2 e os resultados obtidos na Tabela 1.3.

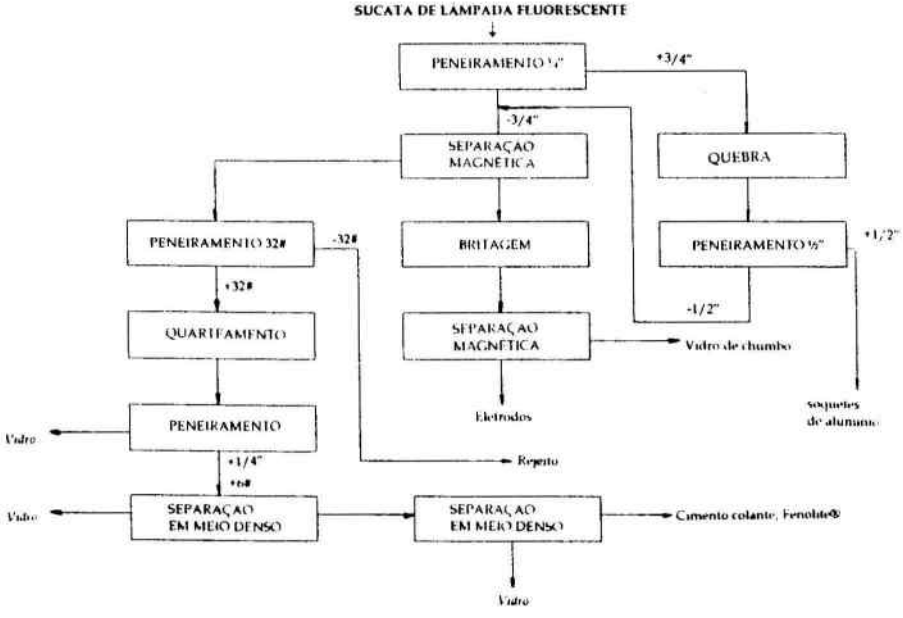

FIGURA 1.1. Fluxograma simplificado proposto para o tratamento da sucata de lâmpada fluorescente em laboratório.

Tabela 1.2. Resultados obtidos do processo de beneficiamento da lâmpada.

PRODUTO	*% Peso*	*Quantidade (t)*	*CONTAMINANTES* *Tipo*	*Quantidade (t)*
SUCATA DE LÂMPADA	100	10	todos	0,44
VIDRO ALCALINO (+1/2" e +3/8")	37,8	3,78	-	-
VIDRO ALCALINO (+6# e + ¼") 1ª sep. meio denso	36,3	3,63	latão cimento e Fenolite®	0,03 0,007
VIDRO ALCALINO (+6# e + ¼") 2ª sep. meio denso	8,6	0,86	cimento e Fenolite®	0,002
VIDRO CHUMBO	0,4	0,04	latão cimento e Fenolite® filamento de tungstênio	0,00024 0,00006 0,000032
CIMENTO COLANTE E FENOLITE®	2,5	0,25		
ELETRODOS FERROSOS	0,7	0,07		
SOQUETES DE ALUMÍNIO	0,8	0,08		
REJEITO	11,3	1,13		
PERDAS	1,6	0,16		

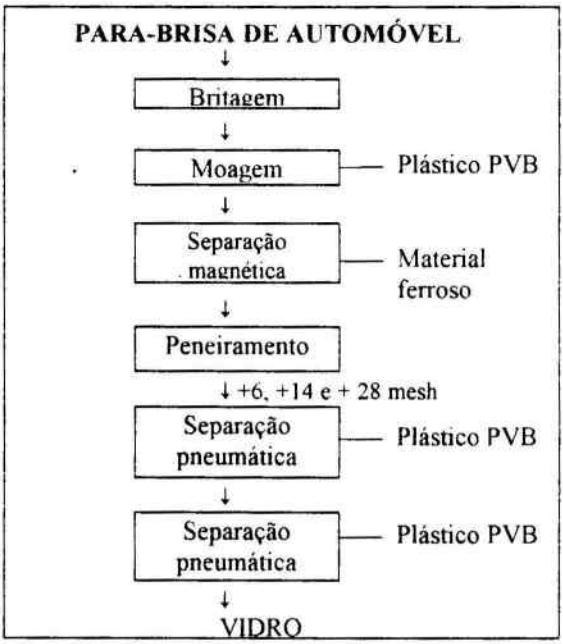

FIGURA 1.2. Fluxograma simplificado proposto para o beneficiamento do pára-brisa de automóvel em laboratório.

TABELA 1.3. Resultados obtidos do tratamento da sucata de pára-brisa de automóvel.

PRODUTO	*% Peso*	*ETAPA DE RECUPERAÇÃO*	*Recuperação de vidro na etapa(%)*
vidro- tamanho > 3,36 mm	2,29	Separação	76,5
vidro- tamanho 3,36- 1,19 mm	30,37	pneumática	95
vidro- tamanho 1,19-0,59 mm	24,82		87,2
plástico PVB	6,22	Moagem	-
perdas	2,27	Durante o processo	-
material ferroso	-	Separação magnética	-
rejeito	34,0	-	-

4. CONCLUSÃO

A utilização de técnicas de Tratamento de Minérios para o uso em beneficiamento de vidros levou a resultados satisfatórios. Os processos de beneficiamento mostraram-se adequados para obtenção de vidro, com boa recuperação, de 82,7% em peso para a lâmpada fluorescente e 57,5% no caso do pára-brisa de automóvel e qualidade aceitável. É possível melhorar estas recuperações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1]-LETCHER,R.C; SCHEIL,M.T. Source separation and cityzen recycling, In:ROBINSON W. D. ed. The Solid Waste Handbook. New York, Wiley,1986.

[2]-ROUSE, Colin Graham. Reciclagem de vidro- Situação atual e tendências. In: WORKSHOP RECICLAGEM DE VEÍCULOS, São Paulo. ASSOCIAÇÃO DE ENGENHARIA AUTOMOTIVA, 1996.

[3]-Reciclagem de Vidros e utilização do caco na formulação. In: 13° ENCONTRO TÉCNICO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS AUTOMÁTICAS DE VIDRO. São Paulo. ABIVIDRO, 1996.

[4]-SILVA, Paulo Roberto Ferreira. Beneficiamento de caco: uma experiência bem sucedida. In: 2° ENCONTRO TÉCNICO SOBRE VIDROS, Rio de Janeiro. SENAI, 1994.

[5]-HOBERG, Hans. Applications of mineral processing in waste treatment and scrap recycling. In: 18° INTERNATIONAL MINERAL PROCESSING CONGRESS, Sydney . **Proceedings.** Parkville. AIMM, v.1, p. 27-37 1993.

[6]-STAHL, I.; BEIER, P.M. Sorting of plastics using the electrostatic separation process. In: 20° INTERNATIONAL MINERAL PROCESSING CONGRESS, Aachen. **Proceedings.** Aachen, GMDB v.5, p. 395-401 1997.

[7]-KAMPTNER,A.; MIENTKEWITZ, O.; SCHUBERT, G. The electrostatic separation of PVC containing waste. In: 20° INTERNATIONAL MINERAL PROCESSING CONGRESS, Aachen. **Proceedings.** Aachen, GMDB v.5, p. 403-413.

[8]-BEVILACQUA, P.; BOZZATO,P.; FERRARA, G. Analysis of dense medium circuits for separating plastics. In: 20° INTERNATIONAL MINERAL PROCESSING CONGRESS, Aachen. **Proceedings.** Aachen, GMDB v.5, p. 383-393.

[9]-OWADA, S. et al. Physical separation of the devices in televisions and personal computers for elemental concentration. In: 20° INTERNATIONAL MINERAL PROCESSING CONGRESS, Aachen. **Proceedings.** Aachen, GMDB v.5, p. 261-273.

[10]-RAKEMANN,W.; ZIBULSKI, H.D. Processing of world waste for re-utilisation and for providing a source of energy. In: 20° INTERNATIONAL MINERAL PROCESSING CONGRESS, Aachen. **Proceedings.** Aachen, GMDB v.5, p. 283-97.

[11]-SYLVANIA. **Lâmpadas fluorescentes**. São Paulo, [1996?].

APPLICATION OF MINERAL PROCESSING METHODS FOR GLASS RECYCLING

Cleusa Cristina Bueno Martha de Souza
Arthur Pinto Chaves

ABSTRACT

The increasing of the solid wastes quantities generated by society brings up recycling question. One of the most abundant solid waste found is glass. Its chemical properties make it chemically inert, it can be totally recycled, once it has no contaminants. The final disposal for this waste is in landfills, taking up great volumes, so, there is an environmental advantage of recycling it.

This study presents the proposition of the unit operations of mineral processing for two waste glass treatment: safety glass windshields and fluorescent lamp. The purpose is of glass recovering and contaminants separation. Two different processing routes are suggested applying unit operations as selective comminution, milling, screening, pneumatic, magnetic and heavy media separation.

The results of the proposed flowsheets were satisfying. The recovery of treated glass of approximately 82.7% for fluorescent lamp, and 57.6% for safety laminated glass.

Key words: Recycling, Processing, Glass