



INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION

"KEY ELEMENTS FOR A SUSTAINABLE WORLD: ENERGY, WATER AND CLIMATE CHANGE"

Aplicação da Ferramenta Produção Mais Limpa na Reciclagem de Plástico

F. P. Faria, E. B. A. V. Pacheco

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Macromoléculas Professora Eloisa Mano (IMA/UFRJ),

*Caixa Postal 68525, 21945-970 - Rio de Janeiro, RJ – Brasil - flaviapf@ima.ufrj.br
e elen@ima.ufrj.br*

Resumo

Este trabalho mostra sugestões para a realização da reciclagem de plástico de uma forma mais ambientalmente correta, embasadas na ferramenta Produção Mais Limpa. Além de soluções óbvias como a redução do consumo de plásticos ou a reutilização de embalagens, é preciso investir no setor de reciclagem e na coleta seletiva para garantir a minimização de envio de materiais pós-consumo para aterros. A empresa recicladora tem como matéria-prima o resíduo plástico e encaminha-o a uma série de etapas de processamento que garantam sua adequação a padrões mínimos de qualidade de novos artefatos. Apesar de ser um processo industrial cuja matéria-prima geralmente está suja e contaminada, a reciclagem de resíduos plásticos deve estruturar-se de forma a ser ecologicamente correta. Como ferramenta de gestão ambiental, as empresas recicladoras podem adotar os conceitos de Produção Mais Limpa (P+L), a qual permite a redução do consumo de energia e água, bem como a minimização na geração de resíduos. A etapa de lavagem dos resíduos, por exemplo, é a que envolve maior consumo de água, que precisa ser economizada, tratada e reaproveitada. A extrusão do material plástico para transformação em novos produtos gera resíduos sólidos, como borras, que necessitam ser novamente reciclados. Apesar da reciclagem tratar o lixo, conclui-se que pode ser um processo limpo e ambientalmente correto de produção.

Palavras-Chave: Reciclagem, Plástico, Produção Mais Limpa

1 Introdução

Do total de plástico presente no lixo, apenas 15% retornam como matéria-prima para recicladoras (COMLURB, 2008). Os plásticos são os polímeros que se tornam fluidos por ação da temperatura e pressão e podem ser solidificados após resfriamento (MANO *et al*, 2005). Os principais plásticos encontrados no lixo são: 36% de polietileno (PE), 21% de poli(tereftalato de etileno) (PET), 13% de poli(cloreto de vinila) (PVC), 10% de polipropileno (PP) e 20% de outros (CEMPRE, 2008).

Nos resíduos sólidos urbanos, encontram-se principalmente embalagens plásticas como sacos, potes, copos, garrafas e frascos, que são descartados pelo consumidor, normalmente, logo após o uso. A reciclagem planejada desses materiais passa pela seleção por tipo de polímero, por cor e por nível de limpeza, e pode gerar artefatos de boa qualidade e baixo custo com relação ao mesmo

KEY ELEMENTS FOR A SUSTAINABLE WORLD: ENERGY, WATER AND CLIMATE CHANGE

São Paulo – Brazil – May 20th-22nd - 2009

produto obtido de material virgem. No entanto, os artefatos fabricados a partir de polímeros reciclados, de um modo geral, têm limitações de aplicação, ou seja, não devem ser utilizados em contato com bebidas, remédios, alimentos, brinquedos e material de uso hospitalar, pois, dependendo do uso anterior ou do local de disposição, podem estar contaminados. São usados normalmente na fabricação de utensílios plásticos domésticos como baldes, mangueiras, material de construção e sacos de lixo, acessíveis à população de menor renda.

Apesar das grandes vantagens que as embalagens plásticas proporcionam sobre correspondentes em vidro ou metal, o plástico tem sido erroneamente considerado um "vilão" presente nos resíduos sólidos urbanos (CANDIAN, 2007; COMLURB, 2008; BIO, 2002; ESPÍNDOLA, 2004).

Nesse sentido, a reciclagem é considerada uma solução viável a ser adotada, pois promove benefícios ambientais, financeiros e sociais, dentre os quais (KIPPER, 2005):

- redução da quantidade de resíduos destinados aos aterros e, conseqüentemente, aumento da vida útil dos mesmos;
- geração de emprego e renda;
- diminuição da poluição do ar e das águas;
- economia de matéria-prima (petróleo) equivalente à quantidade reciclada.

Somado ao tempo de vida útil pequeno, ainda há poucos programas de coleta seletiva implantados no Brasil, que são considerados primordiais para a reciclagem do plástico, pois o gerador seleciona e separa o seu lixo por categoria de material. Dessa forma, a reciclagem irá ter uma matéria-prima geralmente mais limpa. Menos que 10% das 5.500 cidades brasileiras apresentam esse tipo de programa (CEMPRE, 2008), o que faz com que o grau de sujeira encontrado nos plásticos pós-consumo, quando adquiridos pelos recicladores, seja muito alto, pois geralmente ele vem contaminado principalmente por restos de alimentos. Diante dessa realidade, os custos de processamento aumentam e muitas vezes o reciclador se vê diante da inviabilidade do negócio (MANO *et al.*, 2005).

Apesar de trabalhar diretamente com resíduos, é preciso que a empresa recicladora seja ecologicamente correta, como em qualquer ramo industrial, estruturando-se para atender às exigências ambientais cada vez maiores impostas pelo governo e pela sociedade. Nesse sentido, a adoção de estratégias empresariais que incluem um sistema voluntário de gestão ambiental caracteriza-se como uma tendência atual. Empresas de grande porte, considerando sua estrutura organizacional, demonstram interesse na prevenção à poluição e têm condições de implantar um sistema de gestão ambiental espontâneo, além daquele necessário para o atendimento à legislação da gestão pública. Nesse sentido, buscam normalmente a adequação aos requisitos da norma ISO 14001, visando à certificação do sistema.

No caso das micro, pequenas e médias empresas, que representam 99% dos 5,6 milhões de empresas do Brasil (CEBDS, 2005), e incluem as recicladoras, apesar de individualmente gerarem pequena parcela de poluição, totalizam um percentual significativo da poluição industrial. Portanto, urge que se aumente a participação das pequenas empresas no controle ambiental para que a coletividade seja beneficiada. No entanto, como é inviável economicamente um investimento de grande porte para a adoção de um sistema ambiental, a ferramenta Produção Mais Limpa (P+L) aparece como uma boa opção para otimizar o consumo de água e energia, bem como minimizar os resíduos e emissões na fonte geradora. Para tanto, é possível adotar medidas preventivas referentes a (UNEP, 2007):

- Mudança de matérias-primas: redução, substituição ou eliminação de materiais perigosos ou de difícil reciclagem;

- Mudança tecnológica: modificações do processo ou do equipamento, troca de *lay-out* de produção ou uso de automação. Envolve planejamento e análise financeira;
- Práticas de gerenciamento: técnicas voltadas para o *housekeeping* (arrumação da casa), sendo de fácil implementação e que levam a resultados imediatos;
- Mudanças no produto: mudanças nos padrões de qualidade, na composição ou na durabilidade, sempre buscando sua melhor produção, utilização e disposição;
- Reuso e reciclagem: retorno de um material residual para o processo que o originou ou como material de entrada para outro processo.

Dentro desses conceitos, o objetivo desse trabalho é apontar ações, a partir de conceitos de P+L, que possam ser realizadas em uma recicladora de plástico, tornando essa categoria de empresa mais ambientalmente correta.

2 Metodologia

Foram visitadas quatro empresas recicladoras de poliolefinas para análise e indicação de pontos de melhoria ambiental com base na ferramenta P+L no segundo semestre de 2008. Dentre elas, três localizam-se no Estado do Rio de Janeiro (empresas A, B e C) e uma no Estado de São Paulo (empresa D).

A empresa A executa reciclagem de polipropileno (PP) e polietileno de alta densidade (HDPE), adquirindo matéria-prima oriunda de coleta seletiva. Realiza o processo de separação manual para eliminar possíveis materiais estranhos como papel ou tecido, e objetos plásticos maiores que devam ser picotados antes de serem moídos. A moagem é realizada a úmido, de modo a eliminar a sujeira do material durante a formação dos flocos (*flakes*). Uma centrifugação no final do moinho garante que o plástico moído seja seco e armazenado em sacos de 100 kg. A empresa A é fornecedora de *flakes* de HDPE para a empresa B, que realiza o processo de extrusão. Para garantir a ausência de qualquer umidade residual do material, esse é submetido a uma secagem imediatamente antes de alimentar a extrusora. O plástico é aquecido e posteriormente é resfriado em água para, então, ser picotado e formar os granulos (*pellets*). O produto final da empresa B é *pellet*, que são armazenados em sacos de 100 kg, podendo ser coloridos. Nesse caso, o pigmento é misturado aos *flakes* no momento da secagem, antes da extrusão.

A empresa C é cliente da B e utiliza os *pellets* para transformação de HDPE reciclado em artefatos como baldes e bacias. Para tanto, utiliza o processo de injeção em que a matéria-prima é alimentada e amolecida, sendo injetada sob pressão de modo a preencher os moldes. Após o resfriamento, os artefatos são retirados e encontram-se prontos para uso.

A empresa D compreende o processo completo de reciclagem de HDPE, desde a separação até a moldagem de artefatos usados na construção civil, como dormentes de ferrovia e cruzetas de poste. A empresa adquire como matéria-prima HDPE de embalagens, incluindo frascos de óleo lubrificante.

Foram feitas pesquisas na literatura técnico-científica sobre as tecnologias envolvidas nas etapas do processo de reciclagem de HDPE e posteriormente o resultado dessa pesquisa foi comparado com os processos utilizados nas recicladoras visitadas.

3 Resultados e Discussão

A partir de informações da literatura foi possível avaliar de forma sistemática os processos de reciclagem realizados nas recicladoras visitadas e sugerir

modificações, embasadas na ferramenta P+L, para as tornarem mais ambientalmente corretas.

3.1 Informações sobre as etapas envolvidas no processo de reciclagem

A estrutura básica do processo de reciclagem de plástico passa pelas seguintes etapas (MANO *et al.*, 2005):

- ⇒ Separação
- ⇒ Moagem
- ⇒ Lavagem
- ⇒ Secagem
- ⇒ Extrusão ou injeção
- ⇒

Uma revisão bibliográfica sobre o assunto descreve de forma objetiva os principais aspectos de cada etapa do processo.

A etapa de **separação** está na base do processo de reciclagem de plástico. É considerada uma etapa crítica a partir da qual se deve garantir que somente o plástico escolhido irá alimentar a etapa seguinte da moagem. Em uma esteira, diferentes tipos de plásticos são separados de acordo com a identificação ou com o aspecto visual (retirando-se objetos indesejáveis como embalagens metalizadas, papel etc). Por ser uma etapa geralmente manual, a eficiência depende diretamente da prática das pessoas que executam essa tarefa. Outro fator determinante da qualidade é a fonte do material a ser reciclado. Aquele oriundo da coleta seletiva é mais limpo em relação ao material proveniente dos lixões ou aterros. Normalmente separa-se plástico branco de colorido, uma vez que o primeiro pode dar origem a produtos claros, enquanto o segundo destina-se a artefatos escuros (MANO *et al.*, 2005).

Após a separação, os plásticos seguem para a etapa de **moagem**, onde passam por um moinho de facas que irá fragmentá-los em partes menores - os *flakes*. A etapa de moagem deve ocorrer logo após a separação das embalagens, pois a armazenagem prolongada de resíduos não moídos e lavados favorece o aparecimento de vetores. Portanto, a estocagem ideal de material deve ser feita já em forma de *flakes* limpos (PIRES, 2008).

Um sistema de moagem bem estruturado e com boa manutenção otimiza a qualidade do material final, garante a eficiência da produção e proporciona boas condições de segurança para a operação, além de conformar adequadamente o material para alimentação dos equipamentos de moldagem.

Após trituração, o plástico passa por uma etapa de **lavagem** para a retirada dos contaminantes. Pode ser acrescido sabão ou outro aditivo, ou simplesmente utiliza-se água pura (PIRES, 2008).

O material lavado é então submetido à **secagem**, que pode ser mecânica ou térmica (ESPÍNDOLA, 2004). A secagem mecânica é realizada em centrifugas ou telas fluidizadas ou secadoras de alta rotação, separando a umidade aderida ao material através de forças da gravidade ou inércia. A térmica pode ser feita por condução térmica, convecção ou radiação, usando uma corrente de ar quente direcionada aos grãos, sem superaquecê-los devido ao baixo tempo de residência do plástico no processo (ESPÍNDOLA, 2004).

Os *flakes* secos seguem para a máquina de **extrusão** ou **injeção**, onde amolecem e (ou) podem ser homogeneizados com alguma carga, como fibra de vidro, pigmento, talco, serragem de madeira e outros. Na saída da máquina, encontra-se o cabeçote, caso da extrusora, ou um molde, caso de injetoras, de onde sai

artefato moldado, que é resfriado. Para a confecção de produtos podem ser utilizados os mesmos processos empregados para plástico virgem (MANO *et al.*, 2005).

3.2 O material reciclado

As quatro empresas visitadas são recicladoras de polietileno de alta densidade (HDPE), obtido principalmente em embalagens de produtos de limpeza, higiene e óleo lubrificante. O HDPE reciclado é indicado para confecção de diversos artefatos em função das propriedades que apresenta, dentre as quais (CANDIAN, 2007; INCOMPLAST, 2008):

- versatilidade (pode ser translúcido ou quase transparente, rígido ou flexível, natural ou pigmentado);
- facilidade no seu processamento;
- impermeabilidade a líquidos (exceto solvente) e gases, com absorção de umidade praticamente nula;
- custo reduzido;
- significativa disponibilidade nos resíduos sólidos urbanos;
- baixo coeficiente de atrito;
- excelente resistência química, dielétrica e ao impacto;
- condição de ser aditivado, soldado, moldado e estampado;
- baixo peso específico (0,95 g/cm³);
- anti-aderente e auto-lubrificante.

3.3 Aplicando a ferramenta P+L

Avaliando as condições das empresas quanto ao aspecto ambiental em cada etapa do processo, o foco nos conceitos de P+L levou a algumas observações que geraram sugestões de medidas a serem adotadas.

Separação

As empresas recicladoras recebem fardos de matéria-prima em que se encontram diferentes tipos de plásticos misturados ao HDPE. Isso é considerado um problema, considerando que existem diferentes famílias de plásticos, que muitas vezes não são compatíveis quimicamente entre si (ESPÍNDOLA, 2004). Ou seja, a mistura de alguns tipos pode resultar em materiais defeituosos, de baixa qualidade, sem as especificações técnicas necessárias para retornar à produção como matéria-prima. Portanto, a etapa de separação por tipo de plástico é de fundamental importância para garantir o processamento da matéria-prima específica que se deseja reciclar. Assim, o operador deve ser treinado para reconhecer se há mistura de polímeros no fardo. Para identificar o tipo, Castilhos (2004) indica os seguintes critérios:

- 1) por meio da simbologia de identificação do polímero normalmente impressa no fundo da embalagem através da Norma ABNT NBR 13230 da Associação Brasileira de Normas Técnicas;
- 2) por correlação produto-polímero (associado à aplicação);
- 3) pelo aspecto (transparente, translúcido, colorido);
- 4) por meio do comportamento mecânico (rigidez e flexibilidade associadas ao som e esbranquiçamento na dobra, dureza, rasgo etc);
- 5) por testes de chama, odor, temperatura de amolecimento e densidade.

Além disso, devem ser separados fardos de HDPE por origem: pós-consumo, pós-industrial e de frascos de óleo lubrificante, de modo a direcioná-los para as etapas posteriores já visando à economia no consumo de recursos e produtos auxiliares.

Moagem

Na empresa que realiza a moagem a seco, o moinho é um equipamento que merece atenção quanto ao aspecto ambiental. A trituração de plásticos feitos à base de polímeros de alta densidade gera ruído no local de trabalho, bem como emissão de particulados sólidos de tamanhos variados, que precisam ser controlados. Esses particulados constituem um problema quando possuem granulometria reduzida, pois poluem o ar, acumulam-se em partes indevidas do maquinário e prejudicam a saúde humana caso inalados, gerando distúrbios respiratórios. Os efeitos dos poluentes atmosféricos variam em função do tempo e de suas concentrações. Quando a alimentação é feita em moinho aberto, é grande o risco de partículas serem ejetadas para fora do equipamento, arriscando inclusive a segurança do operador (SILVA, 2007).

Para controle do ruído e captação de pó podem ser usadas carcaças de madeira forradas com material tipo “caixa de ovo” em torno do moinho para abafar parcial ou totalmente o som (enclausuramento de moinho), deixando apenas um espaço para o operador alimentar a máquina. Com isso também se protege o ambiente da poeira. Quanto menor rotação tiver o moinho, menor pode ser sua estrutura e menor será o ruído gerado.

O uso de moagem a úmido pode prevenir o entupimento de peneiras e reduzir a degradação do HDPE granulado devida ao calor gerado com o atrito que ocorre na moagem a seco. Outra vantagem é que a água em movimento remove e transporta a sujeira que ficaria retida nos *flakes* de HDPE. No entanto, o processo de reciclagem de HDPE a úmido é mais custoso que o processo a seco.

A necessidade de manutenção do moinho visando à segurança, à qualidade do *flake* e à boa condição de trabalho depende do próprio operador, que deve ter as seguintes atribuições (CLEAN, 2008):

- verificar a necessidade de amolação das facas em função da falta de uniformidade do *flake* ou da presença de metal ou pedra no meio do resíduo;
- ajustar a distância (*gap*) entre o rotor e as facas, que pode variar durante o processo, de modo a garantir a eficiência do corte, a qualidade do *flake* e prolongar a vida útil das lâminas;
- observar se a tensão das correias está apropriada, pois uma correia frouxa pode travar e danificar a máquina;
- verificar e limpar a peneira que estiver entupida, pois retém o plástico no canal de corte e o calor oriundo da fricção pode fundir os grãos de HDPE e esse escorrer para a peneira, entupindo-a ainda mais. Além disso, o calor pode degradar o HDPE, reduzindo sua qualidade;
- garantir que a máquina não ficará sem alimentação, pois uma vez que o moinho não tem silo para estocagem de material na entrada, no caso de ausência temporária do operador, poderá gastar energia sem produzir.

Com isso consegue-se a otimização da qualidade do material processado; uma melhor eficiência na produção e na taxa de fluxo de material; a redução da geração de calor, barulho e emissão de resíduos atmosféricos; boas condições gerais de segurança e operação.

Lavagem

A lavagem é um processo importante para eliminar os resíduos de produtos químicos ainda contidos nos frascos, pois além da possibilidade de contaminarem o polímero, podem transferir odores ao mesmo. No entanto, representa a etapa do processo que exige grande atenção com relação ao consumo de água. Nas empresas visitadas, observou-se que somente a empresa D conta com uma estação de tratamento de efluentes completa e bem estruturada para separação da lama, que é destinada ao aterro, e reutilização da água no próprio processo de lavagem ou no resfriamento dos moldes da injetora. As demais captam água de poço

artesiano e a devolvem para a rede de esgoto, sem qualquer tratamento, ou seja, gastam o recurso apenas uma vez e descarta-o contaminado.

Considerando que a água é um dos recursos naturais que exige maior atenção quando se busca uma produção mais limpa, esforços precisam ser despendidos visando à minimização de seu uso, tratamento e possível reaproveitamento. No caso da reciclagem de plásticos, o efluente gerado no processo de lavagem contém uma série de impurezas que o impedem de ser reutilizado sem tratamento ou descarregado diretamente em corpos d'água, como coliformes fecais, surfactantes, fósforo, sólidos suspensos, pH alterado, óleos e graxas (ESPÍNDOLA, 2004). O consumo de água pode ser minimizado com algumas medidas, como com a eliminação da etapa de lavagem de resíduos plásticos do tipo pós-industrial, ou seja, sobras e refugos de empresas transformadoras, que não apresentam contaminação. Portanto, é essencial que a matéria-prima chegue na recicladora em fardos separados conforme classificação em pós-consumo ou pós-industrial, de modo a não ser lavada ou contaminada desnecessariamente. Além disso, a quantidade de água usada na lavagem e no resfriamento dos moldes deve ser a mínima necessária e com sistema de tratamento e recirculação que garantam a não geração de efluente líquido, mas apenas do lodo oriundo dos restos de produtos contidos nas embalagens que foram processadas.

O caso das embalagens de óleo lubrificante de HDPE também merecem atenção diferenciada. Postos de gasolina, centros de troca e concessionárias de veículos, por exemplo, descartam diariamente frascos plásticos de HDPE pós-consumo contaminados com óleo lubrificante e aditivos para veículos automotores. O óleo residual aumenta o índice de fluidez do plástico, dificultando o processo de reciclagem e afetando negativamente a qualidade dos artefatos produzidos com HDPE reciclado (PIRES, 2008). Assim, esses materiais envolvem um processo de lavagem específico com uso de detergentes que possam retirar o óleo das embalagens. O efluente gerado nesse processo é bastante contaminado e não deve ser descartado sem tratamento.

Extrusão

O processo de extrusão também utiliza água para resfriamento do polímero amolecido (macarrão), como observado na empresa B. Essa água deve manter-se em temperatura ambiente, mas acaba ficando muito aquecida devido à alta temperatura com que o material plástico deixa o cabeçote da extrusora. Estando muito quente, por sua vez, deixa de cumprir eficientemente a função de proporcionar um resfriamento brusco do plástico reciclado, o que pode prejudicar a qualidade dos *pellets*. Portanto, a água do tanque deve ter a temperatura controlada de modo a manter-se a mais próxima da ambiente, além de formar um circuito fechado e retornar constantemente ao processo.

O tempo de permanência do material dentro da extrusora também é um fator importante a ser controlado para evitar que o aquecimento excessivo devido ao tempo de operação provoque o amolecimento antecipado dos plásticos, o que retarda a velocidade das lâminas ou do parafuso devido à aglomeração do material, podendo danificar inclusive a máquina.

Além da extrusão, também é comum o uso do processo de injeção para moldagem de artefatos à base de HDPE reciclado. Nesse caso, a água usada no resfriamento dos moldes também deve ser reaproveitada. Tanto na extrusão como na injeção, como observadas nas empresas C e D, ocorre freqüentemente a geração de borra devido às seguintes situações: após cada reinício de processo, com a purga do material que já está dentro do cilindro; quando é realizada limpeza do cilindro para posterior troca de matéria-prima; quando há entupimento de peneiras; enquanto

não é feito o ajuste correto dos moldes. De uma forma ou de outra, essa borra deve ser resfriada, picotada e devolvida ao processo de moagem para ser reprocessada.

4 Conclusões

As visitas técnicas comprovaram que as empresas A, B e C são de pequeno porte e antigas, incluindo apenas algumas etapas do processo de reciclagem e apresentando focos claros de desperdícios no uso de recursos e geração de resíduos. A empresa D é a única que conta com todos os equipamentos envolvidos na reciclagem de HDPE e seu proprietário demonstra ter bastante consciência ambiental, tendo projetado a estrutura da fábrica considerando os conceitos de P+L, de modo a incluir medidas de preservação de água e energia, reutilização de recursos, eliminação do uso de produtos auxiliares tóxicos, tratamento de efluentes, minimização da geração de resíduos na fonte.

Assim, conclui-se que é possível em qualquer ramo industrial, principalmente naqueles que lidam diretamente com matéria-prima suja e contaminada, adotar medidas de gestão que garantam um processo de produção ambientalmente correto.

5 Referências

- AEC, 2008. disponível em <http://www.aecportuguese.com/index.cfm/datakey/3/category/27/subcategory/37/productID/1598.html>, acessado em 02/12/08.
- BIO, 2002, Programa Bio Consciência – Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado, 2^a edição,
- CANDIAN, L. M., 2007. Estudo Do Polietileno De Alta Densidade Reciclado Para Uso Em Elementos Estruturais, Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo
- CASTILHOS, A.F., 2004. Estudo da Influência da Adição de Copolímero Etileno Propileno nas Propriedades de Misturas de Poliolefinas Oriundas do Rejeito de Centros de Triagem de Resíduos Sólidos Urbanos, Dissertação de Mestrado em Engenharia Dos Materiais, Universidade Federal de Santa Catarina
- CEBDS, 2005 - Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável, Gazeta Mercantil de 10/08/2005; “Eco-eficiência”; disponível em <http://www.cebds.org.br/cebds/eco-pmais1.asp>, acessado em 16/04/07.
- CEMPRE, 2008 – Ciclossoft 2008, disponível em http://www.cempre.org.br/ciclossoft_2008.php, acessado em 15/09/08
- CLEAN, 2008 - Clean Washington Center VI. GRANULATING AND REGRIND STORAGE Granulation System Selection, Operation And Maintenance For Meeting Market Specifications, disponível em <http://www.cwc.org/hdpe/hdpe5.htm>, acessado em 18/10/08
- COMLURB, 2008 - Companhia Municipal de Limpeza Urbana, disponível em <http://www.rio.rj.gov.br/comlurb>, acesso em 27/09/08
- ESPÍNDOLA, L.C., 2004. Reciclagem de plásticos pós-consumo misturados não reaproveitados pelos centros de triagem de Porto Alegre, Dissertação de Mestrado, UFRGS, 2004
- INCOMPLAST, 2008, disponível em <http://www.incomplast.com.br/materiais/polietil.htm#HDPE>, acesso em 26/set/08

KIPPER, L. M., 2005. "Ações estratégicas sistêmicas para a rede sustentável de reciclagem de plásticos"; Tese de Doutorado do programa de pós-graduação em engenharia de produção da Universidade Federal de Santa Catarina - SC

MANO, E.B., PACHECO, E.B.A.V, BONELLI, C.M.C., 2005. Meio Ambiente, Poluição e Reciclagem, Editora Edgard Blücher

PIRES, A.S., 2008. Reciclagem de frascos plásticos de postos de gasolina, disponível em http://www.sfiec.org.br/iel/bolsaderesiduos/Artigos/Artigo_Reciclagem_de_Plasticos.pdf, acessado em 14/11/08.

SILVA, D.I.D., 2007 - Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas - SBRT - <http://www.sbrt.ibict.br> Demanda: "Quais medidas de contenção podem ser tomadas para particulados emitidos de um moedor de plástico para reciclagem? Como escolher a melhor medida?", Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais - CETEC

SPINACÉ, M.A.S., DE PAOLI, M.A., 2005. A tecnologia da reciclagem de polímeros, Instituto de Química da Universidade Estadual de Campinas, SP, Química Nova vol.28 no.1 São Paulo Jan./Feb. 2005