

# POTENCIAL DE RECICLAGEM DE RESÍDUOS EM UM SISTEMA COM COLETA DE LIXO COMUM

*MARCUS VINICIUS P. REMEDIO*

Engenheiro de Materiais, Mestre em Engenharia de Materiais e Doutorando em Ciência e Engenharia de Materiais na Universidade Federal de São Carlos

*SANDRO D. MANCINI*

Engenheiro de Materiais, Mestre em Engenharia de Materiais, Doutor em Ciência e Engenharia de Materiais e Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal do Ceará

*MARIA ZANIN*

Engenheira Elétrica, Mestre em Engenharia Elétrica, Doutora em Física Aplicada e Professora Adjunta do Departamento de Engenharia de Materiais da Universidade Federal de São Carlos

## RESUMO

Nos Resíduos Sólidos Urbanos de uma determinada região existe um potencial para reciclagem que pode ser quantificado. Neste estudo, foram realizadas as caracterizações em termos de massa e volume dos resíduos de uma comunidade com cerca de 210 mil habitantes (Araraquara-SP, Américo Brasiliense-SP e Santa Lúcia-SP), onde existe uma central de triagem na qual se separam os resíduos em matéria orgânica, materiais comercializáveis (plásticos, papéis, metais, vidros, etc.) e rejeito. Esses rejeitos também foram quantificados quanto à sua fração de filmes plásticos (sacarias em geral) potencialmente recicláveis que, por serem pequenos ou estarem muito sujos e não serem comerciáveis, não são separados na triagem. Tais filmes foram submetidos a um processo de reciclagem, que foi monitorado por ensaios no efluente de lavagem e por medição de propriedades mecânicas, visando avaliar o produto final reciclado. Os resultados da caracterização em massa dos resíduos sólidos, considerando também estes filmes, mostraram que 52,6% são constituídos de matéria orgânica, 5,4% de materiais potencialmente recicláveis, sendo que destes, cerca de 4,3% são plásticos potencialmente recicláveis. Das 150 toneladas diárias de resíduos separadas diariamente pela unidade, cerca de 68,5 toneladas (45,7%) são rejeitadas sendo que, neste rejeito estão presentes cerca de 5,5 toneladas de filmes plásticos potencialmente recicláveis (aproximadamente 30% em volume dos rejeitos). A lavagem destes filmes rejeitados resultou num efluente com elevado teor de matéria orgânica: por exemplo, a Demanda Bioquímica de Oxigênio medida foi de 750mg/L. Os resultados dos ensaios mecânicos deste material reciclado apresentaram valores na faixa esperada para resinas plásticas virgens, indicando a viabilidade do processo da reciclagem.

**PALAVRAS-CHAVE:** reciclagem, caracterização, resíduo sólido urbano.

## ABSTRACT

*In the Municipal Solid Wastes (MSW) there is a potential for recycling and composting that can be measured. In this study, characterizations were carried out in terms of mass and volume of the MSW of a community with 210 thousand inhabitants (Araraquara, Américo Brasiliense e Santa Lúcia, in the state of São Paulo). This waste pass through a sorting center and is separated in organic matter, saleable materials (plastics, paper, metals, glass, etc.) and Rejects. Beyond the general characterization of the waste, it was carried out a study in the Rejects of the sorting center, measuring the quantity of plastic films (bags) potentially recyclable that, for being small and too dirty, were not separated. These films were submitted to a recycling process, which was monitored by tests in the wastewater and by measuring mechanical properties, in order to evaluate the recycled product. From all the 150 tons of waste sorted daily by the center, 69 tons are rejected. In these Rejects were present 5,5 tons of plastic films potentially recyclable (about 30% of the volume of the Rejects). Washing of these films produced a wastewater with high content of organic matter: for example, the biochemical oxygen demand was found to be 750 mg/L. The results of the mechanical tests were similar to those expected for virgin resins.*

**KEYWORDS:** Recycling, characterization, Urban Solid Waste.

## INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, grande parte dos estudos sobre o potencial de reciclagem dos materiais presentes no lixo brasileiro é sempre realizada em sistemas com coleta seletiva (CEMPRE, 1994 e FERREIRA, 1994). Porém, cerca de

98% dos municípios que possuem coleta de lixo no país a faz de modo regular e simples, onde todos os resíduos são misturados (IBGE, 1991). Assim, a determinação deste potencial para a reciclagem dos resíduos sólidos urbanos (RSU) é mais representativa se for realizada em um sistema com coleta de lixo regular comum.

A composição dos RSU pode ser dividida principalmente em: matéria orgânica, que possui restos de alimentos, plantas, materiais em decomposição, etc; metais; papéis; papelões, vidros e plásticos. Estes últimos são normalmente subdivididos em filmes –películas com espessura geralmente menor do que 200 µm, o que

abrange uma ampla variedade de sacos e sacolas- e plásticos rígidos. A maioria destes materiais pode ser reaproveitada, tanto para a reciclagem como para a reutilização. Mesmo a parte orgânica pode ser tratada e utilizada como composto orgânico.

Dos materiais encontrados nos RSU, os plásticos constituem um dos tipos de materiais com maior potencial para a reciclagem, sendo que boa parte deles possui inscrições alusivas à reciclabilidade e números que os distinguem. Os principais plásticos presentes nos RSU são o poli (tereftalato de etileno), o PET das garrafas de refrigerante, associado ao número 1; polietileno de alta densidade, o PEAD (geralmente opaco ou translúcido, aplicado em embalagens em geral, sacos e sacolas e normalmente associado ao número 2); o policloreto de vinila, o PVC dos tubos e conexões, sendo também aplicado em embalagens (número 3); o polietileno de baixa densidade, o PEBD que pode ser transparente e é normalmente aplicado no segmento de filmes (número 4); o polipropileno, o PP (filmes e embalagens, número 5); o poliestireno, o PS dos copos descartáveis, carcaças de produtos eletroeletrônicos (número 6). Quaisquer outros tipos ou misturas de plásticos são associados ao número 7. Dado o fato que mais de um tipo de plástico pode ter a mesma finalidade e que são normalmente incompatíveis entre si, é imperativo uma separação criteriosa, baseada não somente nas inscrições, que não atingem todos os produtos descartados e podem mesmo estar incorretas, mas também em suas características intrínsecas (MANRICH *et al.*, 1997).

Os filmes plásticos, por serem altamente volumosos, tornam-se um proble-

ma para a disposição final dos RSU, contribuído para a redução da vida útil de aterros. Porém, este material apresenta um grande potencial para a reciclagem.

A reciclagem convencional desses filmes plásticos, após a sua separação, abrange etapas de moagem (diminuição do tamanho médio dos resíduos), lavagem (limpeza, normalmente com água e produtos químicos específicos), aglutinação (densificação do material) e processamento (transformação do material aglutinado em produto final).

Em se tratando de reciclagem dos filmes advindos dos RSU, a lavagem é a etapa de maior problema. O fato dos filmes serem geralmente produtos utilizados como embalagem alimentícia e outros tipos de embalagens, juntamente com a mistura com outros materiais na coleta simples resulta num elevado nível de contaminação com gordura, óleos, etc. Outro fator que contribui para o elevado teor de “sujeira” nos filmes encontrados no lixo é a grande área superficial em relação ao peso que estes possuem, o que facilita a impregnação. Deste modo, uma mesma massa de filme estará muito mais suja que a mesma massa de plástico rígido. Isso certamente fará com que a quantidade de água de lavagem também seja maior para estes materiais.

A grande maioria das indústrias recicladoras de filmes plásticos já obtém estes materiais praticamente ausentes de matéria orgânica impregnada, pois recebem a matéria prima de resíduos industriais. Nestas condições, a lavagem dos filmes é feita apenas com água a temperatura ambiente ou aquecida. O fato é que, quando se deseja um produto reciclado de qualidade a partir de resíduos sólidos urbanos, há de se utilizar uma tecnologia

mais eficiente nesta etapa do processo.

Neste contexto, foram objetivos deste trabalho: (1) apresentar uma caracterização dos resíduos sólidos urbanos de uma comunidade que dispõe de coleta regular simples e possui sistema de separação e comercialização dos resíduos recicláveis; (2) quantificar os filmes plásticos presentes no material que é rejeitado por esta comunidade e (3) finalmente determinar o potencial para a reciclagem dos resíduos descartados por esta comunidade.

## METODOLOGIA

Escolheu-se a região de Araraquara-SP (cerca de 250 mil habitantes) que dispõe de coleta de lixo regular e simples e que possui um parque de reciclagem e compostagem de RSU. A primeira etapa do estudo compreendeu a caracterização em termos de massa e volume geral do lixo e a caracterização dos filmes plásticos presentes no rejeito deste parque. A segunda etapa consistiu da reciclagem propriamente dita dos filmes plásticos encontrados no rejeito da unidade. O efluente de lavagem dos filmes foi caracterizado através de ensaios físicos, químicos e bioquímicos para determinar sua carga poluidora.

## Caracterização dos RSU

O Parque de Reciclagem e Compostagem de RSU recebe 100% dos resíduos domésticos (150 ton/dia) dos municípios de Araraquara-SP, Américo Brasiliense-SP e Santa Lúcia-SP. Ele consiste de um sistema elevado de funil e esteira, sendo que o resíduo colhido por caminhões compactadores nas portas das

Resíduos Sólidos Domésticos

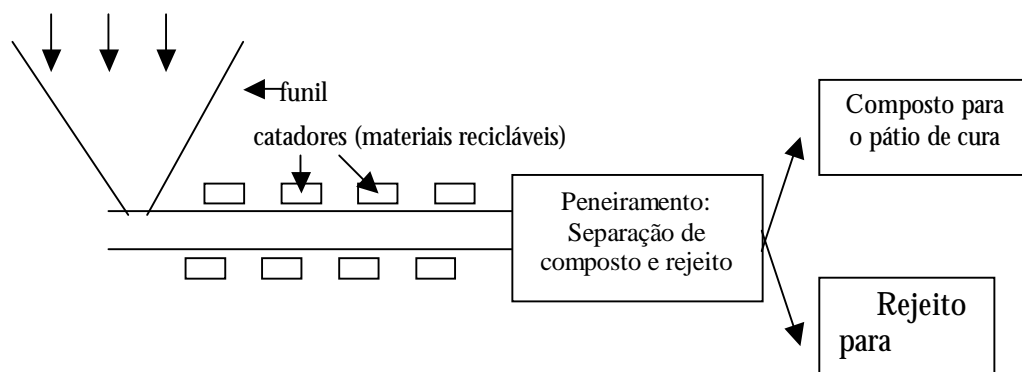


Figura 1 - Esquema do Parque de Reciclagem e Compostagem de Resíduos Urbanos de Araraquara – SP.

residências é submetido a um afunilamento de modo a cair continuamente numa esteira, onde funcionários trabalham no rasgamento de sacos e na separação dos diversos tipos de materiais potencialmente recicláveis e comercializáveis encontrados, colocando-os em carrinhos. Quando estes carrinhos enchem, os materiais separados são armazenados soltos ou enfardados. A Figura 1 apresenta um esquema do funcionamento da unidade.

A matéria orgânica não é separada manualmente permanecendo na esteira juntamente com os rejeitos da unidade. Rejeitos, normalmente volumosos, e matéria orgânica, passam por uma peneira rotativa que os separam. Direcionada ao pátio de cura, a matéria orgânica ali permanece por aproximadamente 90 dias até um novo peneiramento (em malha mais fina) quando está pronta para a comercialização como composto.

O rejeito, ou seja, todo material que não é comercializado pela unidade, é depositado num pátio, de onde é retirado constantemente por um trator com pá carregadeira e levado para o aterro, numa área próxima. Neste rejeito encontram-se vários tipos de materiais, sendo que uma grande parte deles é o plástico em forma de filme.

Neste trabalho, para a caracterização geral dos RSU, todo material encontrado no lixo da usina foi dividido em: Matéria Orgânica, Rejeito, Plástico Rígido, PET verde, PET incolor, Alumínio, Lata Fina (molho de tomate, p.ex.), Lata

Grossa (tintas, p.ex.), Sucata Metálica, Papel, Papelão e Vidro. Há ainda a categoria "Filmes", que se trata dos filmes plásticos que são separados em esteira (os pouco sujos e relativamente grandes). A maioria dos filmes plásticos, por estar normalmente muito suja, é considerada rejeito e segue junto com outros rejeitos para o aterro.

As unidades transportadoras foram consideradas como referência para a caracterização dos resíduos, ou seja, caminhões para o composto e rejeito e carrinhos para os outros materiais separados.

A massa de composto foi obtida pela pesagem dos caminhões cheios na balança que fica na entrada do Parque. Como a massa do caminhão é conhecida, a "massa líquida" de composto também pôde ser calculada. Do mesmo modo, conhecendo-se o volume da caçamba do caminhão, estimou-se o volume do composto transportado. Todo composto que saía foi pesado e seu peso e volume anotados. O mesmo aconteceu com o rejeito.

A caracterização dos outros materiais foi feita pesando-se aproximadamente 20% dos carrinhos (cheios) de cada material, calculando-se a média e multiplicando pelo número de carrinhos do material que saiu no período em medição. O volume de cada carrinho multiplicado pelo número de carrinhos de cada material forneceu a quantidade separada em termos volumétricos.

No caso dos materiais enfardados continuamente à sua separação em esteira (latas de aço), pesou-se pelo menos um

fardo por medida, mediu-se seu volume e multiplicou-se pelo número de fardos obtidos.

Cada uma das doze medidas transcorreu durante o período da manhã (4 horas de funcionamento) de um dia de cada mês, de agosto de 1997 a julho de 1998.

Caracterização dos filmes no rejeito

O rejeito foi dividido em "plástico filme potencialmente reciclável" e "outros". Observa-se pela figura 2 que o rejeito contém grande quantidade de filmes plásticos potencialmente recicláveis (não muito contaminados e com tamanhos não muito pequenos). Os filmes muito sujos e/ou pequenos foram caracterizados como "outros" devido à dificuldade para a reciclagem. Os filmes potencialmente recicláveis foram lavados, secados e reciclados.

Além dos filmes plásticos de difícil reciclagem, a categoria "Outros" englobou o restante de material encontrado no rejeito, como madeira, pano, folhas, plantas e materiais que deveriam ter sido recolhidos em esteira (metais, plásticos rígidos, papéis, etc.).

A amostragem para a caracterização destes filmes e do rejeito foi obtida utilizando-se um dispositivo quadrado em madeira de altura 60 cm e perímetro de 12 m, subdividido em 9 quadrados de área aproximada de 1 m<sup>2</sup> (figura 3) Dos nove quadrados internos que constituem a amostragem, sorteou-se dois. Os materiais destes dois quadrados sorteados foram misturados e caracterizados. Para cada



Figura 2 – Fotografia do rejeito



Figura 3 - Dispositivo quadrado para a separação dos filmes existentes no rejeito

amostragem, aproximadamente uma pá carregadeira de rejeito foi colocada sobre o quadrado, o que foi suficiente para preencher todo o volume do quadrado.

Tanto os filmes plásticos potencialmente recicláveis quanto os “Outros” foram colocados em sacos de volume conhecido e pesados.

Lavagem dos Filmes e Caracterização do Efluente de Lavagem

Os filmes plásticos potencialmente recicláveis separados do rejeito foram lavados na proporção: 0,5 kg de filme, a 50°C, 48 L de água, por três minutos, com agitação e 3% em hidróxido de sódio (NaOH, utilizada como agente de limpeza). Após a lavagem, o filme sobrenadante foi retirado e a amostra do efluente foi colhida ainda com agitação.

O efluente de lavagem foi caracterizado de acordo com os ensaios de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Sólidos Totais, Sólidos Suspensos, Sólidos Dissolvidos, pH, Turbidez e Sólidos Sedimentáveis. Todos os ensaios foram realizados segundo a referência TCHOBANOGLOUS, 1989, conforme descrito a seguir.

*O ensaio de DBO* mediu o oxigênio requerido para a degradação da matéria orgânica (demanda carbonácea). O oxigênio dissolvido (OD) foi medido antes e após a incubação. A DBO foi computada a partir da diferença entre o OD final e o OD inicial. As amostras dos ensaios de

DBO foram condicionadas em uma incubadora FANEM 347 CD, a 20 °C, durante cinco dias.

*O ensaio de DQO* foi usado para medir a quantidade de matéria orgânica. O oxigênio equivalente à matéria orgânica que pode ser oxidada foi medido usando-se um agente oxidante forte em meio ácido (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). O ensaio de DQO foi realizado em um equipamento de refluxo QUIMIS Q 308.26, a 100°C.

*O ensaio dos sólidos totais* determinou a quantidade de material sólido que permaneceu na amostra após aquecimento a 103°C por 3 horas. Material sólido que tiver elevada pressão de vapor e consequentemente evaporar nesta temperatura não foi definido como sólido neste ensaio. Para a medida dos Sólidos Suspensos e Dissolvidos, utilizou-se um filtro com poros de 1µm, por onde filtrou-se a amostra. Os equipamentos utilizados na determinação dos sólidos fixos (estáveis acima de 600°C) e voláteis (evaporam abaixo de 600°C) foram uma estufa FANEM 315 SE e uma mufla FORNITEC 1848.

*A medida do pH* foi lida como sendo o inverso do logaritmo da concentração hidrogeniônica, em moles por litro, para uma dada temperatura. Este ensaio foi realizado em um medidor de pH FEMTO 420p, em 50 ml do efluente de lavagem à temperatura ambiente.

*O ensaio de turbidez* baseou-se na medida da quantidade de luz que passa

através do efluente, sendo que esta quantidade é inversamente proporcional à turbidez. Foi utilizado o mesmo procedimento para determinação de turbidez em amostras de água de abastecimento público, águas naturais em geral e águas de abastecimento industrial.

O resultado deste ensaio é especificado em “ut” (unidade de turbidez) e quanto maior for, mais turva está a amostra e consequentemente mais eficiente foi a lavagem dos filmes. O aparelho utilizado foi um Turbidímetro Micronal B250.

*O ensaio de sólidos sedimentáveis* determinou o resíduo sedimentável que é constituído daquele material em suspensão de maior tamanho e de densidade maior que a água que deposita quando o sistema está em repouso. O resíduo sedimentável é um dado importante na verificação da necessidade e no dimensionamento de unidades de sedimentação no tratamento de águas residuais. Serve para a determinação da eficiência da sedimentação e permite a previsão do comportamento de despejos ao atingirem um curso d’água. Empregou-se o método volumétrico do Cone de Imhoff, o qual é usualmente empregado para a medição do resíduo sedimentável, com tempo de sedimentação de 60 minutos.

## Reciclagem dos filmes

Os filmes, após as etapas de lava-

gem e secagem, foram separados em PEAD (polietileno de alta densidade) e PEBD (polietileno de baixa densidade). Na seqüência, foram aglutinados, extrudados e injetados separadamente. A extrusão permite, após a fusão do material plástico, a passagem deste por uma matriz. No caso, a matriz utilizada forneceu fios de diâmetro aproximado de 3mm, que foram picotados. O material obtido, chamado grânulo, é de processamento muito mais fácil que os filmes aglutinados, e foi injetado. Na injeção, o material plástico é fundido e empurrado contra um molde que permitiu a obtenção de corpos de prova para realização de ensaios de tração, uma das propriedades mecânicas mais importantes dos materiais. Enquanto a extrusão e a injeção simulam o processo de reciclagem, o corpo de prova foi considerado como um produto final reciclado, a ser verificada quanto à qualidade técnica.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Caracterização dos RSU do Parque de Reciclagem

As Tabelas 1 e 2 apresentam os resultados da caracterização geral dos resíduos do Parque, quanto à massa e ao volume, respectivamente, realizadas no período de agosto de 1997 a julho de 1998.

As caracterizações presentes nas Tabelas 1 e 2 mostram algumas peculiaridades perante às caracterizações normalmente apresentadas em trabalhos (GOMES, 1989; BRUGGER, 1992; CANTO, 1995 e AZEVEDO *et al.*, 1997). A primeira delas é a grande subdivisão de vários tipos de materiais, confrontando-se com a tradicional subdivisão "matéria orgânica - plásticos - vidros - metais - papel - papelão - outros". Isso foi possível graças ao procedimento de separação da central de triagem envolver pelo menos 10 pessoas (nenhuma da equipe pesquisadora). O número de subdivisões é comparável com OLIVEIRA *et al.* (2000), realizada em Botucatu-SP, porém tratam-se de caracterizações completamente diferentes. A caracterização realizada em Botucatu foi feita no período de abril a junho de 1997 e quantificou, em termos de massa, o resíduo propriamente dito. A caracterização do parque de Araraquara mostra os resultados do procedimento da central de triagem, que basicamente são três: o quanto de matéria

orgânica a cidade consegue reciclar, o quanto é enterrado (rejeitos) e o quanto de outros materiais a unidade encaminha para sucateiros e recicladores. São quatorze tipos de materiais separados pela unidade e, de acordo com demandas de compra, esse número pode aumentar ou diminuir. Os plásticos rígidos foram subdivididos, assim como OLIVEIRA *et al.* (2000), sendo motivo de outro estudo (MANCINI e ZANIN, 2000).

Em termos de massa (Tabela 1), é interessante ressaltar o alto percentual relativo aos rejeitos e o baixo percentual relativo aos outros materiais como metais, plásticos e papelão. Uma separação mais criteriosa, o que demandaria mais funcionários no processo de separação, provavelmente reduziria a quantidade de rejeitos a serem enterrados e aumentaria a quantidade de materiais separados. A administração da unidade colocou, no ano de 2000, mais três funcionários após a peneira rotativa, separando materiais comercializáveis que iriam ser direcionados ao pátio de cura e ao aterro. A adoção de coleta seletiva nos municípios envolvidos poderia contribuir para o aumento no valor agregado dos materiais separados, pela diminuição das impurezas impregnadas e por facilitar o trabalho de separação.

Pode-se observar, pelos resultados apresentados nas tabelas 1 e 2 que as caracterizações em massa e volume são diferentes. Isto se deve ao fato de plásticos (rígidos, PET e filmes) apresentarem um percentual volumétrico maior quando comparado ao percentual em peso, já que suas densidades aparentes são consideravelmente menores em relação a outros materiais como metais, vidros, etc. Outro fator importante para ser ressaltado é a não influência sazonal ou climática na composição dos RSU da comunidade. Além dos problemas já comentados sobre caracterização em si, contribui para isto o ano atípico de 1998, em que não houve um inverno característico. Era de se esperar, por exemplo, uma retração no consumo, e conseqüentemente, no descarte, de garrafas de refrigerante. Não é encontrada nenhuma tendência neste sentido nas Tabelas 1 e 2, corroborando para isto informações da indústria de garrafas, que afirmam que no inverno daquele ano, quando normalmente ocorreria a manutenção preventiva das máquinas, estas trabalharam a pleno para atender os pedidos.

Outra informação importante é a pequena quantidade de vidros e papel.

Este último enfrentou no decorrer de 1998 sérios problemas na separação, devido à falta de comprador e, ao não ser separado, supõe-se que seja peneirado (por ser volumoso, deve ficar na peneira rotativa) junto com o rejeito. Os resíduos de vidro também enfrentaram dificuldades de venda, porém são separados criteriosamente, pois os cacos provavelmente passarão pelos orifícios da peneira rotativa, juntamente com a matéria orgânica. Desta maneira, a pequena quantidade de vidro pode ser atribuída ao pequeno consumo devido à invasão principalmente do plástico e do alumínio em setores cativos do material, e não devido a falhas de catação. À época das medidas, o funcionário que separava vidros selecionava embalagens inteiras de aguardente, molho de pimenta, leite de côco, etc, que são vendidas por unidade às indústrias para serem reutilizadas. Para se ter uma idéia da importância desta coleta, a usina vendia cada garrafa de aguardente por cerca de R\$ 0,15, praticamente o mesmo preço do quilo de PET verde prensado, naquele momento. O quilo de vidro em cacos era vendido por cerca de R\$ 0,01.

O preço de venda dos vidros intactos também sugere que a pequena quantidade encontrada pode estar associada à economia informal desenvolvida pelos catadores. Isto também pode ser estendido para os metais, papéis e plásticos. Num estudo realizado na cidade São Carlos, MANCINI (1999) concluiu que a coleta informal de catadores e sucateiros de metais, plásticos, papel e papelão desviavam do aterro cerca de 30% em peso dos resíduos sólidos domésticos municipais.

Em termos de massa, pela tabela 1, cerca de 52,6% dos RSU (matéria orgânica) são reciclados na própria unidade. A região onde a unidade está instalada tem boa parte da atividade econômica concentrada na agricultura, fazendo com que o produto, conforme informações da administração da unidade, não encontre dificuldades de venda. Em termos de volume, após toda a separação, a unidade enterra cerca de 42% do RSU coletado, representando uma economia de espaço no aterramento.

Tanto em massa quanto em volume, os desvios-padrão são relativamente grandes, representando a real variação dos resultados ao longo dos anos. Porém, quando somados ou subtraídos à média, pouco alteram a caracterização.

Como todas as medidas foram realizadas em um período de funcionamento da unidade, a multiplicação por dois dá

Tabela 1 - Caracterização em Massa dos RSU do Parque de Reciclagem e Compostagem de Resíduos Urbanos de Araraquara-SP de Agosto de 1997 a Julho de 1998

Material	AGO (%)	SET (%)	OUT (%)	NOV (%)	DEZ (%)	JAN (%)	FEV (%)	MAR (%)	ABR (%)	MAI (%)	JUN (%)	JUL (%)	Média (%)	DP (%)
Matéria Orgânica	53,97	54,22	43,09	51,22	49,57	50,22	53,99	65,94	49,05	46,81	53,39	59,27	52,58	5,90
Rejeito	44,54	44,53	55,33	47,57	49,09	48,55	44,55	31,18	48,58	51,52	44,07	39,14	45,72	6,17
Plásticos Rígidos	0,23	0,20	0,22	0,17	0,17	0,18	0,17	0,21	0,19	0,15	0,31	0,19	0,20	0,04
PET verde	0,12	0,14	0,14	0,11	0,12	0,10	0,18	0,32	0,23	0,21	0,36	0,19	0,18	0,08
PET incolor	0,10	0,10	0,12	0,09	0,09	0,06	0,14	0,29	0,18	0,17	0,26	0,15	0,15	0,07
Filme*	0,06	0,05	0,05	0,03	0,02	0,02	0,03	0,13	0,13	0,07	0,10	0,07	0,06	0,04
Alumínio	0,07	0,08	0,16	0,09	0,14	0,12	0,16	0,13	0,13	0,11	0,22	0,16	0,13	0,04
Lata Fina	0,20	0,18	0,25	0,15	0,15	0,13	0,23	0,50	0,45	0,42	0,32	0,18	0,26	0,13
Lata Grossa	0,04	0,03	0,08	0,05	0,08	0,07	0,06	0,08	0,08	0,06	0,09	0,05	0,06	0,02
Sucata	0,05	0,04	0,05	0,06	0,09	0,08	0,07	0,09	0,09	0,07	0,10	0,06	0,07	0,02
Papel	0,11	0,08	0,05	0,07	0,10	0,09	0,08	0,10	-	-	-	0,12	0,09	0,02
Papelão	0,48	0,34	0,43	0,36	0,32	0,35	0,29	0,97	0,83	0,37	0,70	0,39	0,46	0,22
Vidros	0,03	0,01	0,03	0,03	0,06	0,03	0,05	0,06	0,06	0,04	0,08	0,03	0,04	0,02
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	-

\* Apenas os filmes separados na esteira (filmes grandes e com pouca contaminação)  
DP = desvio-padrão

Tabela 2 - Caracterização Volumétrica dos RSU do Parque de Reciclagem e Compostagem de Resíduos Urbanos de Araraquara-SP de Agosto de 1997 a Julho de 1998

Material	AGO (%)	SET (%)	OUT (%)	NOV (%)	DEZ (%)	JAN (%)	FEV (%)	MAR (%)	ABR (%)	MAI (%)	JUN (%)	JUL (%)	Média (%)	DP (%)
Matéria Orgânica	42,07	42,72	32,85	40,99	39,40	40,43	42,08	45,89	35,15	35,53	36,59	45,66	39,89	4,16
Rejeito	42,07	42,74	51,06	46,10	47,27	47,15	42,08	26,22	42,19	47,35	36,59	36,52	42,28	6,67
Plásticos Rígidos	3,88	3,29	3,55	2,89	2,83	3,11	2,77	3,05	2,88	2,43	4,50	3,04	3,18	0,56
PET verde	2,80	3,44	3,37	2,63	2,83	2,42	4,32	6,72	5,05	4,86	7,51	4,45	4,20	1,63
PET incolor	2,60	2,66	2,99	2,36	2,42	1,73	3,70	6,72	4,33	4,23	6,00	3,98	3,64	1,51
Filme*	1,08	0,94	0,93	0,52	0,40	0,34	0,62	2,02	2,16	1,21	1,50	1,17	1,07	0,59
Alumínio	0,43	0,50	0,93	0,52	0,81	0,69	0,92	0,67	0,72	0,61	1,13	0,94	0,74	0,21
Lata Fina	0,20	0,18	0,24	0,15	0,15	0,13	0,23	0,44	0,41	0,23	0,28	0,18	0,23	0,10
Lata Grossa	0,04	0,04	0,07	0,05	0,07	0,06	0,06	0,06	0,07	0,06	0,07	0,04	0,06	0,01
Sucata	0,19	0,14	0,17	0,24	0,37	0,31	0,28	0,30	0,33	0,27	0,34	0,21	0,26	0,07
Papel	0,39	0,28	0,17	0,24	0,37	0,31	0,28	0,30	-	-	-	0,38	0,30	0,07
Papelão	4,12	2,97	3,55	3,15	2,83	3,11	2,47	7,40	6,49	3,03	5,26	3,28	3,97	1,57
Vidros	0,13	0,10	0,12	0,16	0,25	0,21	0,19	0,21	0,22	0,19	0,23	0,15	0,18	0,05
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	-

\* Apenas os filmes separados na esteira (filmes grandes e com pouca contaminação)  
DP = desvio-padrão

Tabela 3 - Caracterização mássica do Rejeito do Parque de Reciclagem durante o período de Agosto de 1997 a Julho de 1998

Material	AGO (%)	SET (%)	OUT (%)	NOV (%)	DEZ (%)	JAN (%)	FEV (%)	MAR (%)	ABR (%)	MAI (%)	JUN (%)	JUL (%)	Média (%)	D.P. (%)
Filme	6,5	11,4	8	7,8	9,6	8,8	9,3	6,3	6,7	6,3	8,5	6,7	8,0	2,1
Outros	93,5	88,6	92	92,2	90,3	91,2	90,7	93,6	93,3	93,7	91,5	93,3	92,0	2,1

DP = desvio-padrão

Tabela 4 - Caracterização volumétrica do Rejeito do Parque de Reciclagem durante o período de Agosto de 1997 a Julho de 1998

Material	AGO (%)	SET (%)	OUT (%)	NOV (%)	DEZ (%)	JAN (%)	FEV (%)	MAR (%)	ABR (%)	MAI (%)	JUN (%)	JUL (%)	Média (%)	D.P. (%)
Filme	24,0	33,0	28,6	29,4	31,4	33,0	27,3	28,4	29,0	32,3	31,8	22,2	29,2	3,4
Outros	76,0	67,0	71,4	70,6	68,6	67,0	72,7	71,6	71,0	67,7	68,2	77,8	70,8	5,4

DP = desvio-padrão

uma estimativa da quantidade média separada por dia. Assim, são cerca de 150 toneladas e 240 m<sup>3</sup> de RSU separados ou cerca de 300 m<sup>3</sup> vindos das residências. Por dia, são aproximadamente 600 gramas ou 1 litro de resíduos sólidos descartados por habitante, inferior à média de grandes metrópoles brasileiras: 920g/dia/hab em São Paulo, 609g/dia/hab em Curitiba e 786g/dia/hab em Salvador (NEGREIROS, 1988). São separadas cerca de 79 toneladas de matéria orgânica (quantidade real de composto é menor, dado o peneiramento posterior à cura), 68,5 toneladas de rejeito, 60Kg de vidros, 690 Kg de papelão, 140 Kg de papel, 100 Kg de sucata metálica, 480 Kg de latas de aço, 200 Kg de alumínio + outros metais, 90 Kg de filmes plásticos, 300 Kg de plásticos rígidos (que não PET), 270 Kg de PET verde e 230 Kg de PET incolor. Em um outro estudo, foram realizadas posteriormente outras 5 medidas mensais quando se verificou uma regularidade na composição destes resíduos da comunidade estudada (MANCINI *et al.*, 2000).

### Caracterização do rejeito

As Tabelas 3 e 4 apresentam os resultados em massa e em volume da caracterização realizada no rejeito da central de triagem, quando se separou os filmes plásticos potencialmente recicláveis dos outros materiais.

Pelas tabelas 3 e 4 observa-se o valor de quase 30% em volume e 8% em massa para os filmes potencialmente recicláveis presentes no rejeito. Ou seja, dos aproximadamente 100 m<sup>3</sup> ou 68,5 toneladas diárias de rejeitos que a unidade aterra, cerca de 30 m<sup>3</sup> ou 5.520 quilos são filmes plásticos potencialmente recicláveis. Se a unidade separasse e comercializasse esta quantidade de filme teria a economia de cerca de 1/3 do volume do aterro além de multiplicar por três o peso de material comercializável.

### Caracterização do efluente de lavagem dos filmes

A Tabela 5 apresenta os resultados dos ensaios de DBO, DQO, Turbidez, pH e Sólidos sedimentáveis para o efluente de lavagem dos filmes.

Inicialmente observa-se, na Tabela 5, que o valor de DQO é muito maior do que o de DBO. Este resultado, em geral, é encontrado na grande maioria dos esgotos e indica que os compostos do efluente podem ser mais oxidados quimicamente do que biologicamente. O valor encontrado para DQO e DBO é elevado quando comparado com os valores de esgotos domésticos (em torno de 500 e 200mg/l, respectivamente) e indica uma elevada quantidade de matéria orgânica neste efluente. Isto não é surpreendente, pois os filmes provenientes de RSU são muito utilizados em embalagens ali-

mentícias, além de entrarem em contato com tais substâncias e outras também no rejeito destes tipos de usinas. O valor para turbidez mostra um efluente com elevada quantidade de material em suspensão, muito embora este parâmetro não seja muito apropriado para monitorar a qualidade desta água. O pH, por sua vez, é básico (em torno de 12) devido principalmente à soda cáustica utilizada na lavagem. Finalmente os sólidos sedimentáveis apresentaram valor não muito elevado e dentro da faixa para esgotos comuns.

A Tabela 6 apresenta os resultados obtidos para os sólidos totais, suspensos e dissolvidos para as amostras dos efluentes de lavagem.

Os valores de sólidos totais encontrados mostram uma maior concentração de material inorgânico em relação aos orgânicos, uma vez que os sólidos totais fixos representam na sua grande maioria substâncias inorgânicas e os voláteis os orgânicos. O hidróxido de sódio certamente contribui também com a quantidade de sólidos.

Como os valores encontrados de sólidos dissolvidos foram maiores que os suspensos, pôde-se concluir que a maioria dos sólidos presentes nos efluentes está dissolvida na água de lavagem e, conforme o ensaio, estes sólidos se apresentam em tamanho inferior a 1µm. A maioria dos sólidos suspensos, cerca de 75%, é constituída de material orgânico e apenas 25% de material inorgânico. Estes sólidos

Tabela 5 - Resultados dos ensaios de DQO, DBO, Turbidez, pH e Sólidos Sedimentáveis do efluente de lavagem dos filmes plásticos potencialmente recicláveis coletados no Parque de Reciclagem e Compostagem de Resíduos Urbanos de Araraquara-SP

Ensaio				
DQO (mg/l)	DBO (mg/l)	Turbidez (u.t.)	pH	Sólidos Sedimentáveis (ml/l/h)
2500	740	990	12,6	14

Tabela 6 - Resultados da caracterização dos Sólidos nos efluentes de lavagem dos filmes plásticos potencialmente recicláveis coletados no Parque de Reciclagem e Compostagem de Resíduos Urbanos de Araraquara-SP

Sólidos Totais (mg/l)			Sólidos Suspensos (mg/l)			Sólidos Dissolvidos (mg/l)		
Totais	Fixos	Voláteis	Totais	Fixos	Voláteis	Totais	Fixos	Voláteis
15.420	12.640	2.780	335	96	239	15.085	12.224	2.860

dos suspensos são os principais responsáveis pela demanda de oxigênio observada (sujeira dos plásticos). Já entre os sólidos dissolvidos, verifica-se o inverso, ou seja, os fixos (inorgânicos) superam os voláteis, correspondendo principalmente ao hidróxido utilizado.

Os resultados obtidos podem servir de base para a definição de como este efluente seria tratado numa empresa de reciclagem de filmes plásticos pós-consumo, assim como para a estimativa dos gastos com o tratamento. O impacto ambiental do lançamento deste efluente não tratado nas fontes naturais pode também ser estimado com os resultados obtidos, podendo ser estudado melhor em trabalhos posteriores.

Determinação das propriedades mecânicas do plástico reciclado

A Tabela 7 apresenta os resultados do ensaio de tração para os filmes reciclados dos dois tipos de resinas mais encontrados nos filmes plásticos (PEAD e PEBD).

Os valores de Carga e Tensão Máximas, bem como os de Módulo Elástico e Deformação na Ruptura estão perfeitamente dentro dos valores encontrados na literatura para polietilenos. Uma nítida alteração nas propriedades mecânicas dos reciclados, tanto do PEAD quanto do PEBD, não foi observada. Isto se deve à

pequena degradação sofrida durante o processo de reciclagem. Um estudo mais abrangente quantificou outras propriedades químicas e físicas, corroborando a afirmação que a degradação do material decorrente dos processos de uso, lavagem e reciclagem foi baixa (REMEDIO, 1998).

Com os resultados obtidos, pode-se afirmar que a reciclagem de filmes plásticos provenientes de RSU é viável tecnicamente, pois as propriedades do reciclado se apresentam perfeitamente dentro da faixa esperada para estes materiais. Isto mostra que, quando a etapa de limpeza destes materiais é realizada de modo cuidadoso, as impurezas advindas da mistura dos filmes com outros materiais nos locais de deposição não influem de modo marcante nas propriedades do

reciclado. Outro fator que contribui para a reciclagem destes materiais é os resultados obtidos na caracterização do efluente de lavagem, onde se nota, apesar da elevada quantidade de matéria orgânica, valores dentro da faixa esperada para efluentes industriais normais, podendo deste modo ser tratado de forma semelhante.

Considerando que a degradação sofrida pelos filmes durante a reciclagem foi muito pequena e suas propriedades se mostraram dentro da faixa esperada para os polietilenos de maneira geral, pode-se propor a utilização do reciclado para as mesmas aplicações iniciais (sacarias em geral), desde que estes não sejam utilizados, por exemplo, na fabricação de embalagens alimentícias e de brinquedos. Isto porque, infelizmente, o processo de reciclagem adotado provavelmente não garante a destruição de organismos patogênicos eventualmente presentes.

Desta maneira, podemos reconstruir as Tabelas 1 e 2, incluindo os filmes potencialmente recicláveis encontrados no rejeito na seção "Filmes". O resultado está apresentado nas Tabelas 8 e 9.

Analisando os resultados das Tabelas 8 e 9 observa-se um significativo aumento na quantidade de filmes em relação às Tabelas 1 e 2, juntamente com uma diminuição na quantidade de rejeito. Adicionando os filmes plásticos presentes nos rejeitos, a unidade separaria cerca de 5610 kg e 32 m<sup>3</sup> do material, cerca de uma massa 60 vezes maior e um volume 12 vezes superior o normalmente separado como filmes plásticos. Isto representa 3,69% da massa e 12% do volume total de lixo separado pela unidade diariamente. Com os 5520 quilos de filmes plásticos potencialmente recicláveis presentes nos rejeitos, a unidade separaria ao todo aproximadamente 6410 quilos de plásticos, ou cerca de 30g por habitante por dia. O total de plásticos separáveis representa somente 4,3% do total de resíduos, porém este percentual é 7 vezes superior

Tabela 7 - Propriedades mecânicas do material reciclado

Amostra	Propriedade			
	Carga max. (N)	Tensão max. (MPa)	Módulo Elást. (MPa)	Def. na rupt. (%)
PEAD	321,0 ± 17,3	21,4 ± 1,2	587,9 ± 18,9	34,8 ± 2,8
PEBD	220,1 ± 6,9	15,3 ± 0,5	236,8 ± 7,9	60,9 ± 2,7

Tabela 8 - Caracterização em Massa dos RSU do Parque de Reciclagem e Compostagem de Resíduos Urbanos de Araraquara-SP de Agosto de 1997 a Julho de 1998

Material	AGO (%)	SET (%)	OUT (%)	NOV (%)	DEZ (%)	JAN (%)	FEV (%)	MAR (%)	ABR (%)	MAI (%)	JUN (%)	JUL (%)	Média (%)	DP (%)
Matéria Orgânica	53,97	54,22	43,09	51,22	49,57	50,22	53,99	65,94	49,05	46,81	53,39	59,27	52,58	5,90
Rejeito	41,64	39,4	50,90	43,86	44,33	44,28	40,40	29,18	45,32	48,22	40,32	36,52	42,03	6,17
Plásticos Rígidos	0,23	0,20	0,22	0,17	0,17	0,18	0,17	0,21	0,19	0,15	0,31	0,19	0,20	0,04
PET verde	0,12	0,14	0,14	0,11	0,12	0,10	0,18	0,32	0,23	0,21	0,36	0,19	0,18	0,08
PET incolor	0,10	0,10	0,12	0,09	0,09	0,06	0,14	0,29	0,18	0,17	0,26	0,15	0,15	0,07
Filme*	2,96	5,18	4,48	3,74	4,78	4,29	4,18	2,13	3,39	3,37	3,85	2,69	3,75	1,50
Alumínio	0,07	0,08	0,16	0,09	0,14	0,12	0,16	0,13	0,13	0,11	0,22	0,16	0,13	0,04
Lata Fina	0,20	0,18	0,25	0,15	0,15	0,13	0,23	0,50	0,45	0,42	0,32	0,18	0,26	0,13
Lata Grossa	0,04	0,03	0,08	0,05	0,08	0,07	0,06	0,08	0,08	0,06	0,09	0,05	0,06	0,02
Sucata	0,05	0,04	0,05	0,06	0,09	0,08	0,07	0,09	0,09	0,07	0,10	0,06	0,07	0,02
Papel	0,11	0,08	0,05	0,07	0,10	0,09	0,08	0,10	-	-	-	0,12	0,09	0,02
Papelão	0,48	0,34	0,43	0,36	0,32	0,35	0,29	0,97	0,83	0,37	0,70	0,39	0,46	0,22
Vidros	0,03	0,01	0,03	0,03	0,06	0,03	0,05	0,06	0,06	0,04	0,08	0,03	0,04	0,02
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	-

\* Filme separado na esteira mais o filme potencialmente reciclável encontrado no rejeito  
DP = Desvio-Padrão

Tabela 9 - Caracterização em Volume dos RSU do Parque de Reciclagem e Compostagem de Resíduos Urbanos de Araçuaia-SP de Agosto de 1997 a Julho de 1998

Material	AGO (%)	SET (%)	OUT (%)	NOV (%)	DEZ (%)	JAN (%)	FEV (%)	MAR (%)	ABR (%)	MAI (%)	JUN (%)	JUL (%)	Média (%)	DP (%)
Matéria Orgânica	42,07	42,72	32,85	40,99	39,40	40,43	42,08	45,89	35,15	35,53	36,59	45,66	39,89	4,16
Rejeito	31,97	28,63	36,46	32,55	32,43	31,59	30,59	18,77	29,95	32,06	24,95	28,41	29,86	6,67
Plásticos Rígidos	3,88	3,29	3,55	2,89	2,83	3,11	2,77	3,05	2,88	2,43	4,50	3,04	3,18	0,56
PET verde	2,80	3,44	3,37	2,63	2,83	2,42	4,32	6,72	5,05	4,86	7,51	4,45	4,20	1,63
PET incolor	2,60	2,66	2,99	2,36	2,42	1,73	3,70	6,72	4,33	4,23	6,00	3,98	3,64	1,51
Filme*	11,18	15,05	15,53	14,07	15,24	15,90	12,11	9,47	14,40	16,50	13,14	9,28	13,49	3,44
Alumínio	0,43	0,50	0,93	0,52	0,81	0,69	0,92	0,67	0,72	0,61	1,13	0,94	0,74	0,21
Lata Fina	0,20	0,18	0,24	0,15	0,15	0,13	0,23	0,44	0,41	0,23	0,28	0,18	0,23	0,10
Lata Grossa	0,04	0,04	0,07	0,05	0,07	0,06	0,06	0,06	0,07	0,06	0,07	0,04	0,06	0,01
Sucata	0,19	0,14	0,17	0,24	0,37	0,31	0,28	0,30	0,33	0,27	0,34	0,21	0,26	0,07
Papel	0,39	0,28	0,17	0,24	0,37	0,31	0,28	0,30	-	-	-	0,38	0,30	0,07
Papelão	4,12	2,97	3,55	3,15	2,83	3,11	2,47	7,40	6,49	3,03	5,26	3,28	3,97	1,57
Vidros	0,13	0,10	0,12	0,16	0,25	0,21	0,19	0,21	0,22	0,19	0,23	0,15	0,18	0,05
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	-

\* Filme separado na esteira mais o filme potencialmente reciclável encontrado no rejeito  
DP = Desvio-Padrão

à quantidade separada normalmente. Em termos de volume, o potencial de reciclagem de plásticos salta de 12% sem a separação dos filmes plásticos potencialmente recicláveis no rejeito, para 24,5% com a separação.

## CONCLUSÕES

1) Quanto às caracterizações dos RSU e do rejeito realizadas no Parque de Reciclagem e Compostagem de RSU de Araraquara:

Considerando-se a média de 12 meses, praticamente metade (52,6% em massa) dos RSU que chegam ao Parque de Reciclagem e de Compostagem de RSU de Araraquara-SP é constituída de matéria orgânica, a qual é tratada no próprio Parque e comercializada como fertilizante. O rejeito, propriamente dito, representa 42,0% em massa e 29,8% em volume. A quantidade de filmes plásticos potencialmente recicláveis presente no rejeito é de 8,0% em massa e 29,2% em volume. Os materiais plásticos recicláveis são da ordem de 4,3% em massa e 25% em volume dos RSU da usina. O plástico filme reciclável contribui em aproximadamente 3,7% em massa e 12% em volume dos RSU que chegam à usina.

A sazonalidade não influenciou sensivelmente nos resultados da caracterização.

2) Quanto à lavagem e à caracterização dos efluentes de lavagem:

Quanto aos efluentes de lavagem dos filmes, concluiu-se que: possuem alta carga poluidora; os ensaios de DBO e DQO realizados apresentaram valores relativamente elevados, significando uma grande quantidade de matéria orgânica presente neste efluente e, conseqüentemente, nos filmes plásticos. É elevado o teor de sólidos nos efluentes de lavagem, sendo que a maioria destes sólidos (78%) é de inorgânicos e estes estão dissolvidos. O pH do efluente é muito básico, reflexo do emprego de NaOH na lavagem dos filmes. Os filmes, apesar dos efluentes se mostrarem com elevado teor de carga orgânica, estavam bem limpos após a lavagem e foram reciclados.

3) Quanto às propriedades do material reciclado

As propriedades mecânicas se mostraram dentro da faixa esperada para materiais virgens, não indicando elevados níveis de degradação no reciclado. Isto torna estes materiais aptos a competir com plásticos virgens por mercados semelhantes.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES e à FINEP/PROSAB pelo apoio financeiro. Ainda, à Prefeitura Municipal de Araraquara-SP e à Construfert, pela autorização do uso das instalações do Parque de Reciclagem e Compostagem de Resíduos Urbanos de Araraquara-SP. Agradecem ainda a colaboração do Prof. Dr. Bernardo Arantes do Nascimento, José Cláudio Padiar, Roberto Oda, Lauro Teruya e André Gustavo Sato.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AZEVEDO, M. A., CORRÊA SOBRINHO, N. L., PEREIRA, C. B. - *Avaliação do emprego de uma nova metodologia para caracterização física dos resíduos sólidos urbanos*, CD-ROM do 19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Foz do Iguaçu-PR, 1997.
- BRUGGER, C. M., SLOMPO, M. & TOIGO, C. A. - *Produção per capita de resíduos sólidos domésticos de Caxias do Sul*. Série: Cadernos de Pesquisa. Universidade de Caxias do Sul, Brasil, 1992.
- CANTO, L. A. - *"Lixo: resíduos sólidos urbanos"*. Secretaria Municipal do Meio Ambiente de Curitiba, Prefeitura Municipal, Curitiba (1995).
- CEMPRE - Compromisso Empresarial para a Reciclagem. *Pesquisa Ciclossoft*. Rio de Janeiro, 1994.
- FERREIRA, M. G. - *Avaliação Quantitativa e Qualitativa dos Resíduos Plásticos Presentes no Lixo Urbano e Análise Comparativa de diferentes Tipos de Coleta/Triagem de Materiais Recicláveis*. Relatório de Iniciação Científica, Universidade Federal de São Carlos. São Carlos-SP, 1994.
- GOMES, L.P. - *Estudo da caracterização física e da biodegradabilidade dos RSU em aterros sanitários*. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos-SP, 1989.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Pesquisa Nacional de Saneamento Básico de 1989*. Fundação IBGE, Rio de Janeiro, 1991.
- MANRICH, S.; FRATTINI, G. e ROSALINI, A.C.- *"Identificação de Plásticos: uma ferramenta para reciclagem"*. Editora da UFSCar, São Carlos-SP, 1997.

MANCINI, P. J. P. - *Uma avaliação do Sistema de Coleta Informal de Resíduos Sólidos Recicláveis do Município de São Carlos-SP*. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos-SP, 1999.

MANCINI, S.D. e ZANIN, M. - *Estudo Aponta a Relação entre Consumo e Descarte dos Principais Plásticos*. *Plástico Industrial*, Ano II, No. 25, p. 118-125, Setembro de 2000.

MANCINI, S.D., ZANIN, M. e REMEDIO, M.V.P. - *Composição dos Plásticos Presentes em Resíduos Urbanos*. *Saneamento Ambiental*, No. 67, p. 34-38, Julho de 2000.

NEGREIROS, S. - *O Lixo Nosso de Cada Dia*. *Saneamento Ambiental*, nº 50, p. 16-22, Março/Abril de 1998.

OLIVEIRA, S., PASQUAL, A., BARREIRA, L.P., SALAZAR, V.L.P., TOLEDO, A.A.G.F. e LEÃO, A. - *Caracterização Física dos Resíduos Sólidos Domésticos (RSD) da Cidade de Botucatu/SP*. Engenharia Sanitária e Ambiental. Vol. 4 - No. 3 - Jul/Set 1999 e No. 4 - Out/Dez. 1999.

REMEDIO, M.V.P. *Estudo da viabilidade de reciclagem de plásticos em forma de filme provenientes do rejeito de uma usina de reciclagem de resíduos sólidos urbanos* - Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos-SP, 1999.

TCHOBANOGLIOUS, G. - *"Wastewater Engineering: Treatment Disposal"*. Metcalf & Eddy, Inc., Mcgraw Hill, Nova Déli, 1979

### Endereço para correspondência:

Maria Zanin

UFSC - Departamento de Engenharia de Materiais 3R- Núcleo de Reciclagem de Resíduos  
Rod. Washington Luis Km 235.  
CEP: 13560-040

Fone (16) 260 8244  
Fax (16) 261 5404

dmza@power.ufscar.br