

Reaproveitamento de Sucata de Pneus Inviabilidade Técnica ou Econômica ?

Por Janete Teixeira Costa
Bióloga do Instituto Ambiental do Paraná
M. S. em Microbiologia do Solo pela
Universidade Federal de Viçosa-Mg

Resumo

O Brasil avançou, nas últimas décadas, no aproveitamento de alguns tipos de resíduos sólidos, como aqueles compostos de alumínio, cobre, papel e diferentes modalidades de plástico. Outros resíduos têm sido acumulados no ambiente, em especial os pneus inservíveis e outros derivados da borracha. No presente trabalho, faz-se o relato dos avanços alcançados na reciclagem de pneus, dos esforços desenvolvidos por alguns países e vários estados americanos para ampliar o mercado de usuários de sucatas e, também, dos mecanismos adotados para o gerenciamento da coleta e destinação final desses resíduos. Os trabalhos citados foram pesquisados, principalmente, pelo sistema de busca WOS – Web Of Science e do CAS – Chemical Abstract, limitando-nos às publicações em inglês e português. Conclui-se com sugestões sobre a participação do poder público no gerenciamento e fiscalização da disposição final dos resíduos de pneus.

Abstract

Brazil has advanced, in the latest decades, in the improvement of some types of solid residue such as those composed by aluminium, copper, paper and different kinds of plastic. Although other residues has been acumaled in the enviroment, especialy useless tires and other rubber derivatives. This essay relatates the advances reached in the recycling of tires and some efforts developed by many countrys and american states to amplify the market of junk and, also, the mechanisms adopted in the management of the collect and final destination of these residues. Other works here mentionated were researched, mainly, by the

research system denominated WOS – Web of Science but also CAS – Chemical Abstract. The research has limitedated for the language portuguese as well as in english. In the conclusion there are some sugestions of how public sector can participate in the management and fiscalization of the final disposition of tires residues.

PALAVRAS-CHAVES:
*Tyres recycling, pyrolysis,
rubber degradation*

1. Introdução

Nas últimas duas décadas, as Instituições Governamentais brasileiras mostraram-se sensíveis aos problemas causados pela falta de saneamento básico, especialmente a falta de tratamento de esgoto sanitário e a disposição inadequada dos resíduos sólidos urbanos. Mesmo assim, apenas 47% dos municípios possuem redes coletoras de esgoto, sendo tratado 10% do total coletado (LARA, 1999). Quanto aos resíduos sólidos, das 120 mil toneladas de lixo produzidas diariamente no Brasil, 80% continua sendo depositada a céu aberto, nos chamados lixões municipais (CERQUEIRA & FREITAS, 2000).

A coleta seletiva de resíduos, ou seja, a separação dos resíduos na fonte geradora, que possibilita o aproveitamento econômico de vários materiais como o alumínio, o plástico, o vidro, o papel, entre outros, é hoje praticada em 135 municípios brasileiros. Trata-se de progresso relevante pois, ao promover a coleta seletiva, o poder público promove a educação ambiental da população, economiza espaço físico na disposição final dos resíduos e contribui para melhorar a qualidade dos materiais recicláveis.

Vários materiais que estão sendo reciclados atualmente, tiveram maior aproveitamento comercial

a partir da consciência e participação da população e do poder público. A partir de 1991, quando foi criado o Programa Brasileiro de Reciclagem de Alumínio, o Brasil passou ao segundo lugar na escala mundial dos recicladores de latas de alumínio, com um percentual de 70%, atrás apenas do Japão (74%) e à frente dos Estados Unidos. A taxa de recuperação de papéis recicláveis vem crescendo nos últimos anos, provavelmente graças à participação dos catadores e da ação das prefeituras municipais ao promoverem a coleta seletiva dos resíduos.

Outros materiais, principalmente aqueles derivados da indústria química, como a borracha e, particularmente os pneus usados, têm sido acumulados no ambiente. No Brasil, os pneus usados e descartados desordenadamente somente há pouco tempo foram percebidos como resíduos indesejáveis, devido ao acúmulo no ambiente e aos problemas decorrentes, como a proliferação do mosquito da dengue.

Segundo CERQUEIRA & FREITAS (2000), "Gerenciar de forma integrada os resíduos sólidos urbanos é um desafio que envolve mais do que questões de infra-estrutura, mão-de-obra e vontade política. Depende diretamente de aspectos mercadológicos legais e econômicos que assegurem a sua viabilidade e a continuidade das iniciativas". Entre as condicionantes necessárias para garantir o sucesso na reciclagem dos materiais, são fatores importantes a presença de empresas que detenham a tecnologia de reciclagem, a distância entre estas empresas e a fonte geradora do material reciclável e o balanço econômico entre o custo da matéria virgem e a matéria reciclada.

No presente trabalho faz-se o relato dos avanços alcançados na reciclagem de pneus, dos esforços desenvolvidos em alguns países e em alguns estados americanos para ampliar o mercado de usuários de sucatas de pneus e, também, dos mecanismos adotados por eles no gerenciamento e viabilização desta proposta. Os trabalhos citados foram pesquisados, principalmente, pelo sistema de busca WOS – Web Of Science e do CAS – Chemical Abstract, limitando-nos às publicações em inglês e português.

2. Composição e Estrutura dos Pneus

A borracha natural é um elastômero de cadeia longa e flexível, com frágeis forças intermoleculares e ocasionais ligações cruzadas de enxofre. A seiva branca da árvore sul-americana *Hevea brasiliensis*, base da grande e global indústria da borracha, era usada pelos índios sul-americanos para vários propósitos. Em 1839, o processo de vulcanização foi descoberto casualmente por Charles Goodyear ao adicionar pequena quantidade de enxofre à seiva

aquecida. O material viscoso e pegajoso tornou-se elástico e não pegajoso. Posteriormente, desenvolveu-se o processo de vulcanização, que se processa a 140-180°C e sob pressão de 40 atm.. A partir de então, a indústria da borracha cresceu. Várias borrachas sintéticas foram desenvolvidas pela polimerização do isopreno, do butadieno e do estireno-butadieno, com o uso de enxofre, vários agentes coadjuvantes e aditivos (HOLST et al, 1995). De modo geral, os pneus de automóvel e de caminhão possuem composição complexa de hidrocarbonetos, minerais e metais. Atualmente, a maior parte de pneus produzidos são do tipo radial, trabalhados com malha de aço e que podem conter camadas de poliéster, náilon, raíom ou fibras de "aramid" impregnadas com borracha; cintas de aço ou rede de fibra de vidro e aro de arame cintado com aço. Os pneus de automóvel possuem menor porcentagem de borracha natural e maior quantidade de borracha sintética, basicamente polímeros de estireno-butadieno e butadieno. Os principais constituintes dos pneus de caminhão e ônibus são a borracha natural e o butadieno.

FERRER (1997), em seu artigo sobre a economicidade das várias formas de reaproveitamento de pneus, relata a existência atual de seis grandes companhias que dominam mais de 75% do mercado de pneus e possuem várias fábricas nos Estados Unidos, Europa e Japão: Michelin (F), Bridgestone (J), Goodyear (USA), Continental (D), Sumitomo (J) e Pirelli (I). Estas Companhias têm investido em pesquisas tecnológicas para atender a diferentes demandas, produzindo pneus com composição e características variadas e que, portanto, diferem em seus processos de produção. A mistura composta de borracha varia com a destinação geográfica do pneu. Cada região tem perfil de demanda que reflete as condições das estradas, o limite de velocidade de cada área, o estilo de dirigir da população. Os europeus, por exemplo, preferem pneus que desenvolvam maior velocidade sem, entretanto, comprometer a sua integridade. Esta característica de suportar altas velocidades é obtida pela seleção de compostos que possam resistir à temperatura e à tração e pela forma física mais estreita do pneu. Os americanos e os japoneses, entretanto, apreciam pneus com maior superfície de contato com o pavimento e, conseqüentemente, proporcionem maior estabilidade. A tecnologia adotada e o custo de produção dos pneus dependem do mercado para o qual ele está destinado. As diferenças na composição dos pneus irão influenciar tanto na sua durabilidade como nas formas de reaproveitamento dos mesmos.

3. Dificuldades e Avanços Alcançados no Reaproveitamento do Pneu

A medida em que os pneus vão sendo descartados, cada sociedade busca formas de utilizá-los no contexto de suas condições sócio-econômicas, culturais e geográficas. A exemplo do que ocorre com vários tipos de resíduos sólidos, inicialmente, busca-se reaproveitá-lo de forma substitutiva para outros materiais ou objetos. Os pneus inteiros têm sido reutilizados como cercas, cocho ou bebedouro para o gado, objeto de decoração para jardinagem, barreira protetora em autódromos, barreira para contenção de erosão, quebra-mar, recifes artificiais, brinquedo para parques infantis, etc. (YANG, 1995).

O uso mais direto, freqüente e ao mesmo tempo uma forma de aproveitamento economicamente viável, é como fonte de energia em substituição ao carvão e à madeira. RAGHAVAN e HUYNH (1998) consideram que o uso de pneus como combustível é tecnicamente possível mas não economicamente atrativo, por causa do alto investimento inicial. Há necessidade de adaptação do sistema de alimentação dos fornos ou caldeiras e instalação de sistemas de controle de poluição ambiental.

Outra forma de agregar valor aos resíduos é transformar os pneus inservíveis em novos objetos. Há um bom reaproveitamento de partes do pneu de caminhão na confecção de solado de sapato, cintas para estofados, borracha para rodos, entre outros pequenos objetos, após a laminação de suas partes externas e internas (COSTA et al, 2000).

Com a aquisição de novas tecnologias, busca-se a completa recuperação dos componentes do pneu. O processo de recuperação passa pelo picotamento, moagem e separação desses componentes (EWADINGER & STEUNTEVILLE, 1996). A borracha picotada ou moída em fragmentos e partículas de tamanhos variados é bastante usada para produção de energia da mesma forma que os pneus inteiros, com vantagem, devido ao barateamento no transporte com a redução do volume ocupado. Na construção civil, as partículas de borracha são usadas de modo experimental tanto em mistura com argamassa de cimento como em preenchimento estrutural em pavimentação asfáltica. Na agricultura é usada, por exemplo, na construção de drenos. Por fim, tem-se tentado a recuperação de componentes através da pirólise (BioCycle, 1991; RAGHAVAN & HUYNH, 1998; BERTOLLO et al, 2000; SMITH, 1995).

Uma nova tecnologia de tratamento superficial das partículas de borracha com gás clorídrico, desenvolvido às custas da parceria entre o Departamento de Energia dos Estados Unidos com

a indústria americana, melhorou as características dos resíduos de borracha, possibilitando o uso em produtos de alta tecnologia. Este tratamento aumenta a compatibilidade das partículas de borracha com outros polímeros (SMITH et al, 1995). Estes autores avaliaram a aplicação comercial desta nova tecnologia, concluindo que as partículas tratadas podem ser usadas em produtos de elevado valor comercial. Nessa pesquisa identificaram os dois mercados mais significativos de usuários para as partículas de borracha tratada: calçados (solados de sapato e componentes) e carpete de espuma-uretano.

HOLST et al (1998), cita Wagner (1994), o qual resume vários métodos químicos e físicos de modificação da borracha a ser reciclada, desde as modificações de superfície das partículas de borracha até a completa reversão das ligações de enxofre, ou seja, a desvulcanização. O mais conhecido método de desvulcanização é a pirólise, embora outros processos com emprego de ultra-som, microondas e bioprocessamento tenham sido desenvolvidos.

A desvulcanização através de pirólise, um processo calórico, não é o simples derretimento como normalmente é feito com outros termoplásticos, por exemplo, o polietileno e o polipropileno. Há necessidade de romper as ligações cruzadas de enxofre sem degradar a borracha, cuja estrutura polimérica pode ser perdida. A pirólise de uma tonelada de pneu produz 350-420 kg de óleo, 130-160 kg de carvão, 190-220 kg de aço, 150-180 kg de fibra de vidro. O carvão negro ou "negro de fumo", obtido pela pirólise do pneu, é de baixa qualidade e não pode ser usado na produção de novos pneus. Esta dificuldade técnica é o maior inconveniente contra implementação de um bem sucedido processo de pirólise. Todos os produtos da pirólise têm uma demanda estável, porém seu custo de operação ainda não é competitivo (FERRER, 1997). Por outro lado, na pirólise, como em outros processos calóricos, pode ocorrer liberação de gases tóxicos, caso não sejam adotadas medidas de controle de emissão (WAGNER & CARABALLO, 1997).

A indústria holandesa, Vredestein Rubber Resources, especializada em reciclagem de borracha, retrata com sua existência a partir do início do século XX, os avanços alcançados nos processos de reciclagem de pneus (MELO, 2000). Esta indústria é um exemplo internacional de que a atividade pode se tornar economicamente viável e ambientalmente favorável. Desde 1980 esta empresa produz borracha butílica recuperada, borracha natural recuperada e borracha natural triturada. A borracha butílica pode ser utilizada para confecção de câmaras de ar ou "inner liner", sistema de sustentação interna de

pneu de caminhão, mais resistente do que câmara de ar, ou, para composição interna de cabos de telecomunicações. O pó auto-vulcanizado que se incorpora à estrutura molecular e pode ser misturado ao asfalto e às partículas, que são usadas na confecção de mobílias de jardim, materiais esportivos e equipamentos da área médica.

4. Experiências de Reciclagem em Outros Países

As diferentes formas de aproveitamento, em grande escala, dos pneus descartados têm ocorrido em proporções variadas nos países com economias mais avançadas. Em geral o aproveitamento é descrito em categorias como: recauchutagem ou reuso, combustão e reciclagem. O excedente tem sido enterrado ou armazenado em grandes depósitos como pneu inteiro ou como partículas de borracha. Estas partículas ocupam menor espaço e não sofrem a movimentação no solo que ocorre com o pneu inteiro, devido à descompressão em reação à compactação durante o soterramento. Nos Estados Unidos e Canadá, os grandes depósitos têm sido questionados pelo fato de ocuparem grandes espaços e pela dificuldade de manter o controle adequado contra o fogo e a proliferação de insetos, roedores e outros animais nocivos à saúde da população vizinha.

JANG et al (1998), revisaram a literatura e compararam as práticas de aproveitamento de pneus descartados nos Estados Unidos, Japão e Coréia, considerando que estes países possuem histórias diferentes de uso do automóvel, recursos naturais e espaços geográficos. Ao contrário dos Estados Unidos e Canadá, no Japão e Coréia não se cogita enterrar os pneus. Nestes países, a alta densidade populacional e o fato da coleta e do transporte serem custeadas pelo Estado contribuem para evitar que os pneus sejam depositados de forma inadequada.

Se consideradas as diferentes formas de reaproveitamento da carcaça de pneu, o Japão é o país que tem o maior percentual de aproveitamento (93%), incluindo neste percentual a recauchutagem e a parte destinada à exportação de pneus com meia vida de uso. Apenas 7% do total dos pneus inservíveis têm destinação desconhecida. Este país importa grande parte do petróleo que consome e, portanto, o uso de pneu descartado como combustível é desejável. Em 1992, o Japão queimou 37% do pneu descartado, em fornos de cimento de cimento e em caldeiras de indústrias de papel, a maior parte como pneu inteiro e o restante como partículas de pneus. Na Coréia, durante a última década, a construção civil usou a maior parte dos

pneus descartados no controle de erosão.

Os Estados Unidos, como o Japão, tem aproveitado a sucata de pneus em maior escala como fonte de energia, porém várias alternativas vêm sendo desenvolvida, com o apoio de programas estaduais (FARREL, 1999). Um estudo chave sobre tecnologia e mercado de sucata de pneus, publicado pela Agência de Proteção Ambiental (EPA) americana, , informa que os Estados Unidos descartou, em 1990, 242 milhões de sucata de pneu. Cerca de 11% foi convertido em energia, 7% foi reciclado em novos pneus, 5% foi exportado e 77% foi enterrado ou estocado em depósitos (SMITH et al, 1995). Estes autores citam, também, os estudos realizados pelo "Scrap Tire Management Council" (STMC), no qual o mercado de sucata de pneus nos EUA expandiu entre 1990 e 1994, alcançando um reaproveitamento de 54% do montante gerado. A razão para esta rápida expansão inclui menor custo para a produção de combustível derivado de pneu e níveis menores de emissão de poluentes.

No final dos anos 80 e início de da década de 90 vários estados americanos criaram programas e destinaram fundos para diminuir os estoques de sucata de pneus e estimular o mercado, oferecendo reembolso para vários usuários finais, incluindo as fábricas de papel, fornos de cimento e recauchutadores. Atualmente, 30 estados tem programa de taxação, cobrando algo entre 0,25 a 2,0 dólares para cada pneu de automóvel. Os recursos levantados são direcionados para sanear os depósitos de pneus, as concessionárias e locadoras e, ou, subsidiar programas de reciclagem de pneus. Muitos Estados preferiram reciclar os pneus ao invés de queimá-los para gerar energia, ou seja, gerar combustível derivado do pneu (TDF). Entretanto, comprovou-se que o desenvolvimento de mercado para a borracha reciclada é mais caro que a rota do TDF. Após alguns anos de experiência, cinco dos estados, Wisconsin, Oregon, Washington, Texas e Idaho, pararam de cobrar taxas pela coleta e disposição final dos pneus usados e encerraram seus programas de subsídio à sucata de pneus. Quando o subsídio foi suspenso, o mercado de sucata de pneus definhou em vários segmentos de usuários, incluindo o segmento de utilizadores de combustível derivado do pneu - TDF (FARREL, 1999).

O Programa de Recuperação e Remoção de Resíduos de Pneus de Wisconsin - EUA, operou entre 1988 e 1997, tendo destinado subsídios para usuários finais e processadores de pneus usados. Operado pelo Departamento de Recursos Naturais de Wisconsin, o programa foi financiado com recursos formados pela taxação especial de 10 dólares, cobrados no

licenciamento de veículos novos. O fundo serviu para financiar três tipos de iniciativa: retirada de 15 milhões de pneus dos grandes depósitos; subvenção para pesquisa de mercado e para a realização de arrastões de limpeza pública; subsídio para reutilização ambientalmente correta da sucata de pneu. O estado pagava 20 centavos de dólar por pneu de automóvel para os processadores de sucata. Os usuários eram principalmente as usinas elétricas e fábricas de papel e celulose, que queimam carvão e madeira como combustível principal e resíduos de pneu como combustível secundário.

Idaho, outro estado americano que ofereceu subsídios entre 1991 e 1996, com fundos formados pelo pagamento de um dólar ao comerciante na compra de pneu. O comerciante ficava com 10% e repassava 90% do valor para o Estado. Os recicladores eram credenciados e recebiam subsídios para o reaproveitamento dos pneus usados. A maioria era de usuários de TDF em indústrias de papel e celulose, fornos de cimento e usinas de geração de eletricidade.

Estes dois Estados americanos citados acima lograram reduzir ou acabar com os grandes estoques de pneus e até mesmo obter desenvolvimento de mercado para consumir a produção anual de sucata. Por outro lado, vivenciaram a experiência de retração do mercado de usuários quando os subsídios foram suspensos. Isto levou a conclusão de que a oferta de subsídio sem a promoção de planejamento prévio e desenvolvimento de mercado de usuários de resíduos de borracha, além do mercado para TDF, cria uma falsa economia que tende a definhar com o desaparecimento dos subsídios.

Outros estados, entretanto, que obtiveram sucesso no estabelecimento de programas sustentáveis de reciclagem de pneus, colocaram ênfase na sustentabilidade e no desenvolvimento do mercado.

O Departamento de Comércio e Negócios Comunitários de Illinois (DECCA) opera, desde 1989, o "Fundo para Manejo de Pneus Usados", com a cobrança de 1 (um) dólar para cada pneu novo adquirido. O comerciante e o Departamento de Fazenda retiram 10 centavos de dólar e o restante vai para o Fundo de Manejo. Esse Fundo se divide em duas agências: a Agência de Proteção Ambiental - EPA de Illinois, que recebe 55% para promover o saneamento a fiscalização e o Departamento de Comércio e Negócios (DECCA), que recebe 45% (2-3 milhões de dólares anuais) para operar o Programa de Recuperação de Pneus. O DECCA oferece quatro tipos de subvenção: fabricação/processamento; aquisição/demonstração; pesquisa/desenvolvimento e comercialização. As solicitações de subsídios para aquisição de equipamentos e para

a fabricação e o processamento de produtos derivados de resíduos de pneu não são cobrados e as empresas podem solicitá-lo algumas vezes durante o ano. Usualmente, é concedido somente uma ou duas vezes. O sucesso do Programa de Manejo e Recuperação de Pneus de Illinois baseou-se em alguns princípios: não oferece subsídios continuados; antes de estabelecer a estrutura para produzir TDF o Programa criou a demanda para TDF em Illinois e o fortalecimento de múltiplos mercados, além do mercado de usuários de combustível.

A Flórida e a Califórnia são outros dois exemplos de estados americanos que estão em bom caminho na reciclagem de pneus, desenvolvendo quatro dos componentes na indústria de sucata: TDF, asfalto modificado com borracha, aplicação na engenharia civil e uso de partículas mais refinadas em parques infantis e picadeiros. A Flórida tem a vantagem adicional de realizar todos esses avanços sem incentivos, mas usando apenas o poder policial do Estado e mecanismos de coerção.

Trabalhos mais recentes mostram que nos países onde a reciclagem está mais bem estabelecida, há um esforço em promover maior aproveitamento do farelo ou da borracha picotada na engenharia civil, na fabricação de pequenos produtos de borracha (RAGHAVAN et al, 1998).

A Carolina do Norte, a exemplo do que ocorreu com outros estados americanos, foi infestada por pneus descartados em locais impróprios. O estado estabeleceu a cobrança de uma taxa inicial de 1% e, a partir de 1993, de 2% sobre pneus novos, para limpar os depósitos e gerenciar a coleta, o reaproveitamento e a destinação final dos resíduos. Cada Comarca, foi solicitada a ter um local para fazer uso dos pneus descartados (local para enterrar ou como estação de transferência). A partir de 1994-95, os pneus passaram a ser reaproveitados de várias maneiras: reuso ou reciclagem, uso na agricultura, na engenharia civil, como combustível e em mistura com asfalto. Em Lillington, uma empresa está impulsionando os limites da reciclagem de resíduos de borracha. A Companhia "EnviroTire" desenvolveu sua própria tecnologia de separação da borracha, uma tecnologia adaptada da agricultura, com equipamentos normalmente usados para limpar amendoim, milho e feijão. O sistema pode ser adaptado para ser completa ou parcialmente livre de fibras, conforme requerimento do mercado. Relatos do Estado mostram que 81.000 pneus foram recuperados pela Empresa EnviroTire, no ano de 1996 (EWARDINGER & STEUTEVILLE, 1996).

A Comarca de Scott em Iowa optou pela conscientização, organização e participação da comunidade no esforço de solucionar o problema de disposição de pneus em locais impróprios. Os objetivos propostos pela equipe formada por funcionários públicos do Departamento de Saúde, por várias entidades civis e industriais foram: retirar os pneus da rota de resíduos, coletando-os e disponibilizando-os à opção de reciclagem; fornecer requisitos para o acondicionamento dos pneus de modo conveniente, de baixo custo, incluindo a estocagem; fornecer informações; aumentar o interesse público sobre os problemas causados pelos pneus e promover a participação nos esforços para reciclagem de pneus. Foram realizados 4 eventos de coleta e a equipe de trabalho viabilizou a remessa de pneus para vários mercados primários de usuários, principalmente para uso como combustível. Várias indústrias contribuíram com o Departamento de Saúde e a Comissão de Resíduos Sólidos no financiamento das promoções. Também participaram o Departamento de Recursos Naturais de Iowa (AL MOORE, 1995).

Em Taiwan, estimou-se o descarte de 12,9 milhões de sucata de pneus em 1991. Apenas 15% de sucata de pneus eram reciclados, antes de 1989, sendo o restante depositado, sem qualquer controle, ao redor da ilha. A reciclagem de pneus descartados teve início a mais de 30 anos, mas somente em 1989, a partir da promulgação da "Regulamentação para Recuperação e Disposição de Pneus Descartados" é que ela realmente deslanchou. Atualmente, faz-se esforços para ampliar as formas de reciclagem, investindo-se nas pesquisas de técnicas de aproveitamento do farelo da borracha para várias aplicações como alternativa ao uso do farelo como fonte de energia (YANG, 1993). O autor citado considera que dois conceitos básicos fundamentam parte da Regulamentação sobre os pneus descartados em Taiwan. Um deles é o sobre o cálculo do custo do produto que, normalmente envolve o custo da matéria prima, da mão de obra e o da produção. Adota-se o conceito de "Ciclo de Vida" para determinados tipos de resíduos, no caso os pneus, onde o custo é calculado desde a produção até a disposição final do produto. Considera-se que se os fabricantes, importadores e revendedores não custeiam a disposição final dos resíduos, os custos serão arcados pelas autoridades governamentais e, em última instância pelo contribuinte. O outro conceito adotado é o de "beneficiário pagador" e "poluidor pagador". Tanto o usuário como o poluidor deve ser responsabilizado pelo custo da disposição. Pela Regulamentação de Taiwan as

indústrias fabricantes de pneus, os importadores de pneus e de veículos a motor ou os revendedores deverão depositar uma taxa aos processadores de pneus baseada no tamanho do pneu e é cobrada para cada pneu novo que entra no mercado.

No Brasil, as estimativas feitas indicam que estejam sendo geradas 35 milhões de carcaças de pneus, anualmente (FIORI & NERI, 1998). Segundo informação divulgada via Internet pela CEMPRE - Compromisso Empresarial para Reciclagem, 10% das 300 toneladas de sucata de pneus estejam sendo realmente recicladas, porém não há dados sobre taxas relativas às outras formas de aproveitamento. Alguns levantamentos de dados regionais relativos ao descarte e estocagem de carcaça de pneus começam a ser realizados (COSTA et al, 2000; BERTOLLO, 2000) e várias iniciativas visando a ampliação de reciclagem no Brasil tem sido divulgadas pelos jornais e televisão. No Paraná a usina de xisto da Petrobrás, localizada no município de São Mateus do Sul está utilizando em caráter experimental as sucatas de pneus como fonte alternativa de combustível (Fiori & NERI, 1998). Em Santos - SP, a Empresa Prodesan, de economia mista, está construindo e recuperando trechos de pavimentos utilizando concreto asfáltico incorporado com farelo de borracha de sucata de pneu, ao mesmo tempo em que realiza testes laboratoriais para análise de fatores intervenientes no desempenho das misturas asfálticas (BERTOLLO et al, 2000). No Rio Grande do Sul testa-se a mistura de argamassa de cimento e farelo de borracha na construção de moradias (Reportagem veiculada pela Rede Globo de Televisão, no ano 2000). As iniciativas de aproveitamento, entretanto, são incipientes diante do montante de descarte de pneus, uma vez que os mesmos estão se acumulando nos lixões e outros locais inadequados.

Entre as várias alternativas de gerenciamento testadas em outros países, o Brasil optou iniciar pela elaboração de normas e o estabelecimento de legislação pertinente. A Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA - nº 258/99 e a Lei nº 12.493/99, do Estado do Paraná, obriga aos fabricantes e importadores a dar destinação ambientalmente correta e de modo crescente aos pneus descartados. Em 2005, para cada quatro pneus novos colocados no mercado, outros cinco pneus inservíveis deverão ter destinação final adequada e para cada três pneus reformados importados, as empresas importadoras deverão dar destinação final a quatro pneus inservíveis. Assim, não apenas será evitada a deposição inadequada dos pneus como também os estoques de sucata de pneus estarão

diminuindo gradativamente. Falta, entretanto, a regulamentação desta legislação para que de forma clara se possa planejar a coleta, a ampliação do mercado de recicladores e a disposição adequada dos resíduos não reaproveitados.

5 - Conclusão

Algumas experiências bem sucedidas no reaproveitamento industrial da borracha reciclada de pneus apontam para a viabilidade técnica e econômica desse aproveitamento para fabricação de novos produtos. Avanços significativos também ocorreram no uso da borracha picotada no setor de construção civil, embora os resultados sejam ainda experimentais.

Os trabalhos apresentados mostram que nos países onde os governantes mobilizaram instituições e a sociedade civil para promover a coleta, dar destinação final adequada aos pneus inservíveis, e desenvolver novas tecnologias de reciclagem de pneus, houve redução do volume de depósitos em locais impróprios e, também, houve ampliação do mercado de usuário combustível derivado de pneu e de usuários de borracha reciclada.

Em todos esses países a adequação da legislação específica foi um passo fundamental. Em alguns locais, as leis e a fiscalização foram suficientes para ampliar o aproveitamento e evitar o acúmulo. Porém, na maior parte houve necessidade de investimentos em estruturas e em pesquisas para que ocorresse ampliação do mercado de reciclagem.

No Brasil, houve a decisão de responsabilizar aos fabricantes, importadores e distribuidores pela coleta e destinação final dos pneus inservíveis. Há, porém, necessidade de envolver a sociedade civil em debates objetivando a normatização da coleta e da destinação final dos pneus inservíveis e dos resíduos inaproveitados de borracha. Resta, ainda, a decisão de o poder público oferecer incentivos, ou não, a projetos de educação da população, a empresas usuárias de sucatas de pneus e a pesquisas que visem ampliar o mercado de usuários de sucata de pneu.

Bibliografia

- AL MOORE, G.; TAMMY-WUESTENBERG, R. E. H. S. e JACKIE HALL, R. E. H. S. Taking the tire final mile. *Journal of Environmental Health*, 58 (1): 13-15, 1995.
- BERTOLLO, S. Ap.; Fernandes JR, J. L.; VILLAVERDE, R. B.; MIGOTO FILHO, D. Pavimentação Asfáltica: uma alternativa para a reutilização de pneus usados. *Revista Limpeza Pública*, 54: 23-30, 2000.
- CERQUEIRA, L. & FREITAS, E. Reciclagem - Um Mercado Promissor. *Saneamento Ambiental*, 62: 12-10, 2000.
- COSTA, J. T. O descarte de pneus usados em Londrina. *Revista de Limpeza Pública*, 54: 5-11, 2000.
- EVANS, J. J. Rubber Tire Leachates in the Aquatic Environment. *Rev Environ Contam Toxicol*, 151: 67-115, 1997.
- EWADINGER, M. e STEUTEVILLE, R. Recycling technology. New generation of tire processing. *BioCycle - Journal of Composting & Recycling*, 37 (1): 40-42, 1996.
- FARREL, M. Avoiding false economies. Building sustainable recycled tire markets. *Journal of Composting & Recycling*, 50-52, 1999.
- FERRER, G. The Economics of Tire Remanufacturing. *Resources Conservation and Recycling*, 19:221-255, 1997.
- FIORI, J. & NERI, R. Petrobrás tira óleo de pneus usados cooperando com o combate da dengue. *Revista Limpeza Pública*, 47: 3-5, 1998.
- HOLST, O.; STENBERG, B. & CRISTINSSON, M. Biotechnological Possibilities for Waste Tire Rubber Treatment. *Biodegradation* 9: 301-310, 1998.
- JANG-W; YOO, T-S; OH, J-H & IWASAKI, I. Discarded Tire Recycling Practices in the United State, Japan and Korea. *Resources, Conservation and Recycling*, 22 1-14, 1998.
- LARA, A. I. de L. Antecedentes. In: Andreoli, C. V. ; Lara, A. I.; Fernandes, F. ed. *Reciclagem de Biossólidos - Transformando problemas em soluções*. Curitiba: Sanepar, Finep, 1999.
- LONGDON, G. Agony and ecstasy of tire recycling. *BioCycle - Journal of Composting & Recycling*, 31(7): 44-45 e 84-85. 1990.
- MELLO, S. Pneus - Contagem Regressiva contra a disposição inadequada. *Saneamento Ambiental*, 62; 20-24. 2000.
- RAGHAVAN, D.; HUYNH, H. & FERRAIS, C. F. Workability, mechanical properties and chemical stability of a recycled tyre Rubber-filled cementitious composite. *Journal of Materials Science*, 33: 1745-1752, 1998.
- SMITH, F. G. Testing and Evaluating Commercial Applications of New Surface-Treated Rubber Technology Utilizing Waste Tires. *Resources, Conservation and Recycling*, 15: 133-144, 1995.
- WAGNER, J. P. & CARABALLO, S. A. Toxic Species Emissions from Controlled Combustion of Selected Rubber and Plastic Consumer Products. *polym. Plast. Technol. Eng.*, 36(2): 189-224. 1997.
- YANG, G. C. C. Recycling of discarded tires in Taiwan. *Resources, Conservation and Recycling*, 9: 191-199. 1993.
- What's the future for rubberized asphalt? *BioCycle - Journal of Composting & Recycling*, —: 63-65. 1991.