

**UNIVERSIDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS
INSTITUTO DE ESTUDOS TECNOLOGICOS**

Jorge Luís Santoro de Oliveira

**GESTÃO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS
LIXO - PNEU**

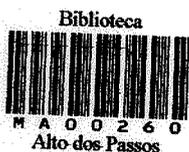
Juiz de Fora
Janeiro de 2006

Jorge Luís Santoro de Oliveira

GESTÃO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS

Monografia de conclusão de curso apresentada
ao Curso de tecnologia em Meio Ambiente do
Instituto de Estudos Tecnológicos da
universidade Presidente Antônio Carlos como
requisição parcial à obtenção do título de
Tecnólogo em Meio Ambiente.
Orientadora: MSc Flávia Medina Cury

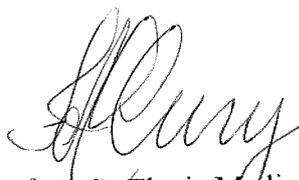
Juiz de Fora
Janeiro de 2006



Jorge Luís Santoro de Oliveira

GESTÃO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS

Monografia de conclusão de curso apresentada
ao Curso de tecnologia em Meio Ambiente do
Instituto de Estudos Tecnológicos da
universidade Presidente Antônio Carlos como
requisição parcial à obtenção do título de
Tecnólogo em Meio Ambiente.
Orientadora: MSc Flávia Medina Cury



Prof.^a: MSc Flávia Medina Cury (Orientadora)
Universidade Presidente Antônio Carlos

Juiz de Fora
Janeiro de 2006

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a todos aqueles que se preocupam com o Meio Ambiente, buscando o desenvolvimento sustentável em benefício próprio em prol das futuras gerações.

AGRADECIMENTO

À Universidade Presidente Antônio Carlos pela oportunidade de desenvolver este trabalho.

A Flávia Medina Cury, pela seriedade, dedicação e paciência com que se entregou à tarefa de orientação.

A minha família, que abriu mão de muitas horas de convívio acreditando no meu trabalho.

Aos colegas do curso de Tecnologia em Meio Ambiente pelo convívio e pelas trocas de idéias e experiências ao longo do curso.

A Deus, todo poderoso, pela condição de viver, a mim concedida.

E, finalmente, a todos aqueles que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho.

Terra, és o mais bonito dos planetas
Tão te maltratando por dinheiro, tu
Que és a nave nossa irmã
Canta, leve tua vida em harmonia
E nos alimenta com teus frutos, tu
Que é do homem a maçã.
Vamos precisar de todo mundo,
Um mais um é sempre mais que dois
Pra melhor juntar as nossas forças é
Só repartir melhor o pão
Recriar o paraíso agora para merecer
Quem vem depois.

Beto Guedes

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Corte de um pneu radial de automóvel com suas partes e respectivos materiais componentes.(Sistema SVEDALA de Pirólise de Pneus, 2000).....	16
Figura 2: Aplicação de novo piso na carcaça de pneu. (Site Netresíduos, 2005).....	21
Figura 3: Fluxograma do processo de reconstrução de pneus indicando as matérias primas e os resíduos gerados (INETI 2000).....	22
Figura 4: diagrama de planta de pirólise de pneus (Sistema SVEDALA de Pirólise de Pneus, 2000).....	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Composição química média de um pneu.....	16
Tabela 2: Comparação dos materiais contidos em pneus.....	17
Tabela 3: Identificação e quantificação dos resíduos produzidos anualmente no sub-setor da reconstrução de pneus, consoante a operação de processamento.....	23

SUMÁRIO

RESUMO.....	10
1. INTRODUÇÃO.....	11
2. LEGISLAÇÃO BRASILEIRA.....	13
3. TIPOS E CONSTRUÇÃO DOS PNEUS.....	15
4. DESTINAÇÃO DOS PNEUS USADOS.....	18
4.1. Reforma (recauchutagem).....	18
4.2. Recuperação.....	24
4.3. Regeneração ou Desvulcanização.....	25
4.4. Processos de Pirólise.....	26
4.4.1. Pirólise Genérica.....	26
4.4.2. Pirólise de Pneus com Xisto - Petrobrás.....	27
4.4.3. Pirólise de Pneus Svedala/Metso.....	28
4.5. Viabilidade do Processo de Pirólise na Reciclagem de Pneus.....	29
5. DESTINAÇÕES DE PNEUS AGRESSIVAS AO MEIO AMBIENTE.....	32
6. COMPARAÇÃO ENTRE ALTERNATIVAS DE RECICLAGEM DOS PNEUS.....	34
7. SOLUÇÕES PARA OS RESÍDUOS.....	37
8- CONCLUSÃO.....	39
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41

RESUMO

Devido ao grande volume de descarte, os pneus estão sendo considerados resíduos de grande agressividade ao meio ambiente. Atualmente é possível encontrar pneus jogados nos campos, matas, rios, córregos, lagos e em áreas desertas.

Este trabalho tem o intuito de apresentar as diversas formas de reaproveitamento deste resíduo, principalmente a recuperação, recauchutagem e remoldagem de pneus, promovendo o desenvolvimento progressivo e a mais ampla defesa dos interesses e da atividade econômica de caráter comum, além de zelar pela proteção ao Meio Ambiente e ecossistemas, pela proteção dos direitos assegurados ao consumidor e pela proteção à saúde e ao patrimônio público.

Atualmente chegou-se à conclusão que há condições de produzir em consonância com a natureza, porém há de se fazer um esforço conjunto entre as indústrias, a sociedade e os órgãos governamentais, sendo que este último deveria ter adotado uma postura diferente da adotada inicialmente, onde as grandes empresas multinacionais contavam com apoio do então Ministério da Indústria e Comércio, do Ministério do Meio Ambiente e de parte do IBAMA, no sentido de acreditar que reciclar era inviável economicamente.

Nossa Constituição não aprovava a atitude desses três órgãos do governo em defesa das multinacionais dos pneus. Ao contrário, determina que as pequenas e médias empresas brasileiras sejam protegidas e a elas assegurado o livre direito de exercerem suas atividades.

1. INTRODUÇÃO

Há mais de um século a humanidade tem desfrutado de um útil e necessário invento que proporciona desempenho, economia e conforto à rodagem de veículos terrestres automotores e outros. O pneumático, simplifcadamente denominado de pneu, é um tubo de borracha cheio de ar e ajustado ao aro da roda do veículo, permitindo a tração do veículo e, ao mesmo tempo, absorvendo os choques com o solo sob o qual o veículo trafega. Será inconcebível, senão impossível, que outro dispositivo venha a substituir o atual pneumático.

Ao mesmo tempo em que ocorre o aumento de produção dos veículos automotores terrestres (automóveis, caminhões, utilitários, máquinas agrícolas, motocicletas), movimentando o maior conjunto industrial do planeta, também cresceram as indústrias de pneus, destinando-se tanto a equipagem dos veículos novos quanto a reposição na frota em circulação. Não há estatísticas disponíveis, mas estima-se que a produção mundial de pneus esteja ao redor de um bilhão de unidades. Atuando no Brasil, as empresas produzem anualmente cerca de 45 milhões de pneus, um terço dos quais é exportado, outro terço é adquirido pelas montadoras para equipar veículos novos e o terço restante é destinado a reposição de frota.

Nos anos mais recentes, a preocupação com qualidade do meio ambiente, aceleradamente deteriorado, voltou-se para os pneus descartados na natureza e que constituem, nos países desenvolvidos e em desenvolvimento, um enorme passivo ambiental. Nos países da Comunidade Econômica Européia são descartados 180 milhões de pneus anualmente, e outros 150 milhões somente nos Estados Unidos da América, onde estimados 3 bilhões formam montanhas em áreas desérticas, porém sob eminente ameaça de devastadores incêndios, liberando gases tóxicos para atmosfera. A disposição em aterros sanitários tem se mostrado inadequada, por diversas razões.

Pode-se considerar que o Brasil se colocou em posição mais avançada na questão de disposição final dos pneus descartados. A Resolução 258, de 26 de agosto de 1999, baixada pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA, determinou que as empresas fabricantes e importadoras de pneus fossem as responsáveis pela destinação final, iniciando com um pneu

inservível para quatro novos a partir de 01 de janeiro de 2002 e crescendo ano a ano a proporção até chegar a cinco para quatro a partir de 01 de janeiro de 2005.

A questão subjacente ao problema da destinação final dos pneus inservíveis tem sido como fazê-la de modo adequado e sem agredir o meio ambiente. Outro aspecto controverso, também crucial, é a reciclagem dos pneus inservíveis, reaproveitando todo seu conteúdo de materiais e potencial energético.

O presente trabalho tem como objetivo focar o problema tanto sobre os aspectos técnicos dos processos de destinação final dos pneus inservíveis, quanto dos aspectos ambientais e sob a ótica do interesse econômico da reciclagem.

2. LEGISLAÇÃO BRASILEIRA

A reciclagem de pneus inservíveis deverá ter um impulso, pois desde janeiro de 2002, as indústrias e importadoras de pneus novos existentes no território nacional, em cumprimento da Resolução nº 258, do Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA, aprovada em 26 de agosto de 1999. Esta Resolução estabeleceu prazos e quantidades para coleta e destinação final ambientalmente adequada, os quais são os seguintes:

- I- A partir de 1º de janeiro de 2002: para cada quatro pneus novos no país ou pneus importados, inclusive aqueles que acompanham os veículos importados, as empresas fabricantes e as importadoras deverão dar destinação final a um pneu inservível.
- II- A partir de 1º de janeiro de 2003: para cada dois pneus novos fabricados no País ou pneus importados, inclusive que acompanham veículos importados, as empresas fabricantes e as importadoras deverão dar destinação final a um inservível:
- III- A partir de 1º de janeiro de 2004:
 - a. Para cada pneu novo fabricado no País ou pneu novo importado, inclusive aqueles que acompanham os veículos importados, as empresas fabricantes e as importadoras deverão dar destinação a um pneu inservível;
 - b. Para quatro pneus reformados importados, de qualquer tipo, as empresas importadoras deverão dar destinação a cinco pneus inservíveis;
- IV- A partir de 1º de janeiro de 2005:
 - a. Para cada quatro pneus novos fabricados no País ou pneus novos importados, inclusive aqueles que acompanham os veículos importados, as empresas fabricantes e as importadoras deverão dar destinação 1º de janeiro de 2004: final a cinco pneus inservíveis;

b. Para cada três pneus reformados importados, de qualquer tipo, as empresas importadoras deverão dar destinação final a quatro pneus inservíveis.

A Instrução Normativa IBAMA nº 08, de 15 de maio de 2002, foi elaborada a fim de instruir os procedimentos necessários ao cumprimento da Resolução CONAMA nº 258, de 26 de agosto de 1999, quanto ao cadastramento de fabricantes, importadores, processadores e destinadores de pneumáticos para uso em veículos automotores e bicicletas.

A Resolução CONAMA nº 258, de 26 de agosto de 1999 e a Instrução Normativa IBAMA nº 08, de 15 de maio de 2002 encontram-se na íntegra no Anexo.

3. TIPOS E CONSTRUÇÃO DOS PNEUS

Muitos são os tipos de pneus devido a sua aplicação em diferentes veículos. Os mais comuns, e em maior quantidade, são os pneus para automóveis, caminhões, ônibus, utilitários leves (pick-ups, vans), motocicletas e bicicletas. Também são fabricados pneus especiais para aviões, veículos de competição esportiva, tratores agrícolas, equipamentos de construção e de movimentação de materiais. Na maior parte destes tipos de usos os pneus são preenchidos por ar comprimido, numa câmara de borracha inserida dentro do pneu, porém, nos últimos anos cresceu a aplicação de pneus sem câmara, principalmente nos automóveis, com o ar comprimido diretamente no interior do pneu. Há, também, pneus de borracha sólida, chamados "pneus maciços" com aplicação restrita a alguns veículos industriais, agrícolas e militares.

Um pneu é construído, basicamente, com uma mistura de borracha natural e elastômeros (polímeros com propriedades físicas semelhantes às da borracha natural), também chamados de "borrachas sintéticas". A adição de negro de fumo confere à borracha propriedades de resistência mecânica e à ação dos raios ultra-violeta, durabilidade e desempenho. A mistura é espalmada num molde e, para a vulcanização, feita a uma temperatura de 120-160°C, utiliza-se enxofre, compostos de zinco como aceleradores e outros compostos ativadores e antioxidantes.

Pode-se observar na figura 1 que o pneu radial para automóveis é constituído de um fio de aço embutido no talão, que se ajusta ao aro da roda, uma manta de tecido de nylon reforça a carcaça. A mistura de borracha/elastômero é espalmada, com uma malha de arame de aço entrelaçada nas camadas superiores. As principais partes do pneu são:

- Banda de rodagem: é a parte do pneu que toca diretamente o solo. Os seus desenhos proporcionam aderência, tração, estabilidade e segurança ao produto.
- Carcaça: também chamada de esqueleto, deve resistir ao peso e a choques, além de evitar a perda de pressão do ar.
- Cinta: lonas estabilizadoras que são dimensionadas para suportar cargas em movimento. Garantem a área de contacto necessária entre o pneu e o solo.

- Flancos: laterais da carcaça que são revestidas por um composto de borracha de alta resistência.
- Sulcos: cavidades projetadas para evitar deslizamentos. Geram tração entre o solo e o pneu e, por meio das cavidades, são escoados água e detritos.
- Talão: responsável por fixar o pneu à roda. É um feixe inelástico, mas flexível de arames de aço de grande resistência isolados com borracha.

A tabela 1 apresenta a composição química dos principais tipos de pneus e a tabela 2 apresenta uma comparação dos materiais dos pneus de automóveis e caminhões. O peso de um pneu de automóvel varia entre 5,5 e 7,0 kg e um pneu de caminhão pesa entre 55 e 80 kg.

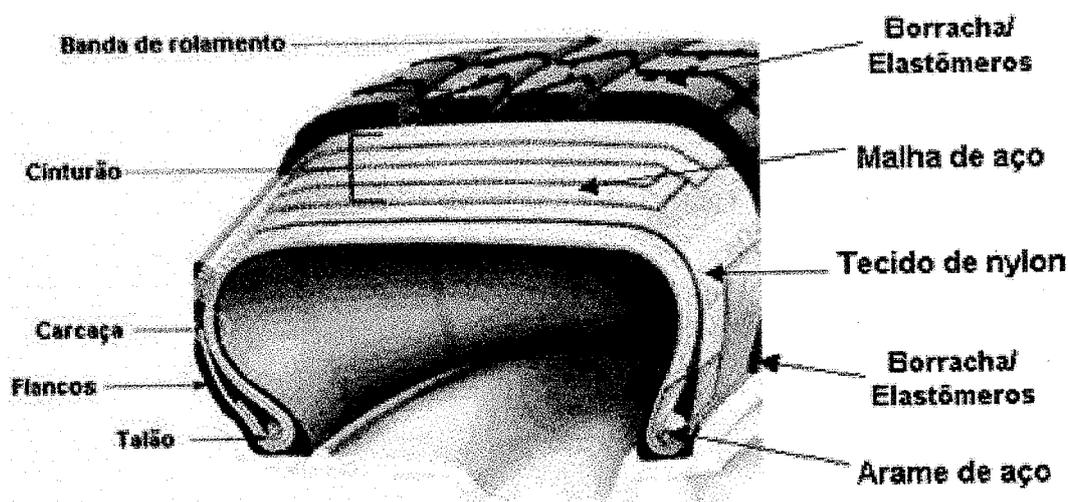


Figura 1: Corte de um pneu radial de automóvel com suas partes e respectivos materiais componentes. (Sistema SVEDALA de Pirólise de Pneus, 2000)

Tabela 1: Composição química média de um pneu.

Elemento/composto	%
Carbono	70,0
Hidrogênio	7,0
Óxido de Zinco	1,2
Enxofre	1,3
Ferro	15,0
Outros	5,5

Tabela 2: Comparação dos materiais contidos em pneus

	Automóvel	Caminhão
Material	%	%
Borracha/Elastômeros	48	45
Negro de fumo	22	22
Aço	15	25
Tecido de nylon	5	-
Oxido de Zinco	1	2
Enxofre	1	1
Aditivos	8	5

4. DESTINAÇÃO DOS PNEUS USADOS

Atualmente as principais destinações ambientalmente aceitáveis de pneus são a recauchutagem, a recuperação, mas também há diversas formas de pirólise.

4.1. Reforma (recauchutagem)

Os pneus constituem o segundo item de maior custo de uso dos veículos automotores, depois do combustível. Devido a isto, há muito tempo se desenvolveu um processo para a reforma de um pneu usado, denominado recauchutagem, em que é repostada e vulcanizada a camada superior de borracha da banda de rolamento.

Os requisitos para que se possa fazer a reforma são que a estrutura geral do pneu não apresente cortes e deformações, e a banda de rodagem ainda apresente os sulcos e saliências que permitem sua aderência ao solo, ou seja, na linguagem popular, que o pneu não esteja "careca". As precárias condições de conservação dos pavimentos de estradas e ruas limitam muito a vida útil do pneu de primeira rodagem, assim como impedem sua reforma. Outra limitação é econômica. Em boas condições de conservação, um pneu de caminhão pode suportar até cinco reformas.

No Brasil, a reforma de um pneu de caminhão ou ônibus custa em torno de um terço do preço do novo. Já um pneu reformado de automóvel custa 60% do preço do novo, e não se recomenda que seja reformado mais de uma vez. Além disto, nos grandes centros, redes de lojas especializadas e supermercados vendem os pneus novos com pagamento parcelado, enquanto o pneu reformado deve ser pago à vista. Estes fatores têm reduzido cada vez mais a reforma de pneus de automóveis. Devido à má conservação das estradas e ruas brasileiras, metade das carcaças não atende aos requisitos para a reforma, e estima-se que apenas um terço dos pneus produzidos anualmente para o mercado interno sejam reformados, cerca de 10 milhões. Em outros países, a reforma de pneus também é limitada aos pneus de veículos comerciais, caminhões e ônibus

principalmente. No Reino Unido, apenas 47% deles passam pelo processo de reforma, cerca de 100 mil unidades por ano.

O processo de recauchutagem de pneus envolve as seguintes etapas:

➤ Recepção e armazenagem: as carcaças dos pneus são identificadas pelas suas características e armazenadas até à inspeção.

➤ Inspeção: as carcaças dos pneus são sujeitas a uma análise do seu estado de conservação. Esta operação pode ser realizada utilizando máquinas específicas que ajudam a expor as diferentes partes do pneu, permitindo assim identificar a existência de falhas, defeitos ou objetos estranhos. Essas máquinas podem operar por pressão, ultra-sonografia, indução elétrica, entre outras. As carcaças em boas condições podem seguir diretamente para o processo de fabrica ou, em alguns casos, serem sujeitas a reparação (INETI, 2000);

➤ Raspagem ou Grosagem: esta operação consiste na raspagem da superfície da carcaça para remover a banda de borracha remanescente, de forma a definir a geometria da carcaça e preparar a textura da superfície para receber a nova borracha. Nesta operação poderão ser ainda efetuadas ligeiras reparações, corrigindo pequenos defeitos na carcaça (INETI, 2000);

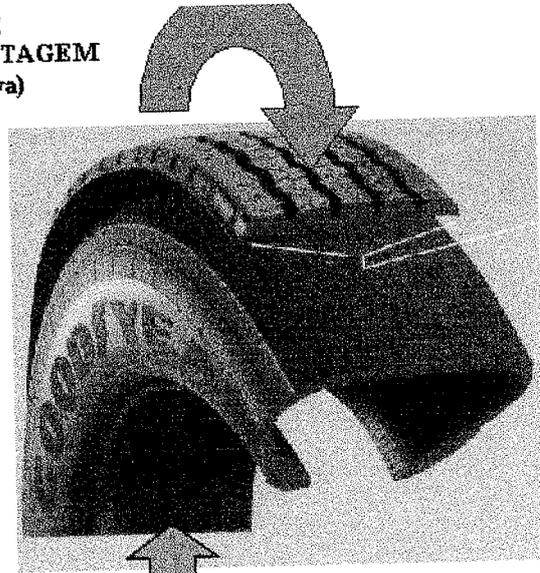
➤ Aplicação de cola ou Cimentação: a cola é aplicada na carcaça, previamente preparada, aumentando desta forma a adesão da banda de borracha que colocada, formará o novo piso do pneu. A cola é constituída por uma de borracha e solvente (INETI, 2000);

➤ Enchimento ou aplicação do Piso: a aplicação do novo piso na carcaça é feita de acordo com o tipo de vulcanização a que se destina. No processo a frio, a banda de borracha pré-moldada é colocada na carcaça e procede-se à sua calção para sua melhor adesão. No processo a quente, a banda de borracha não vulcanizada é aplicada na carcaça, seguindo depois para o processo de vulcanização por prensa onde adquire a sua forma final (INETI, 2000);

- Vulcanização: no processo a frio é necessário introduzir o pneu em envelopes de borracha, onde por ação do vácuo se promove a adesão do piso à carcaça. O conjunto é introduzido nos autoclaves e sujeito a um ciclo de pressão e temperatura. No processo a quente, o pneu é introduzido em moldes aquecidos por vapor, adquirindo o perfil de piso pretendido. Devido à temperatura atingida (cerca de 150°C), a borracha passa por uma transformação química, onde são formadas ligações por pontes de enxofre que conferem à borracha as suas propriedades finais de elastômero (INETI, 2000);
- Inspeção final: procede-se ao exame rigoroso dos pneus para detecção de eventuais defeitos de moldagem ocorridos no processo de vulcanização. Verifica-se, também, se o pneu obedece às especificações técnicas requeridas;
- Acabamentos: são eliminadas as rebarbas/picos resultantes da moldagem e procede-se à pintura da superfície do pneu;
- Rotulagem e Expedição: após identificação do pneu de acordo com as suas características, procede-se ao seu armazenamento.

Na figura 2 pode-se observar onde é a aplicação do novo piso na carcaça de pneu.

CAMADA DE RECAUCHUTAGEM (Borracha nova)



ZONA DO PNEU APROVEITADA (75% do pneu novo)

Figura 2: Aplicação de novo piso na carcaça de pneu. (Site Netresíduos, 2005)

O Fluxograma do processo de recauchutagem está apresentado na figura 3.

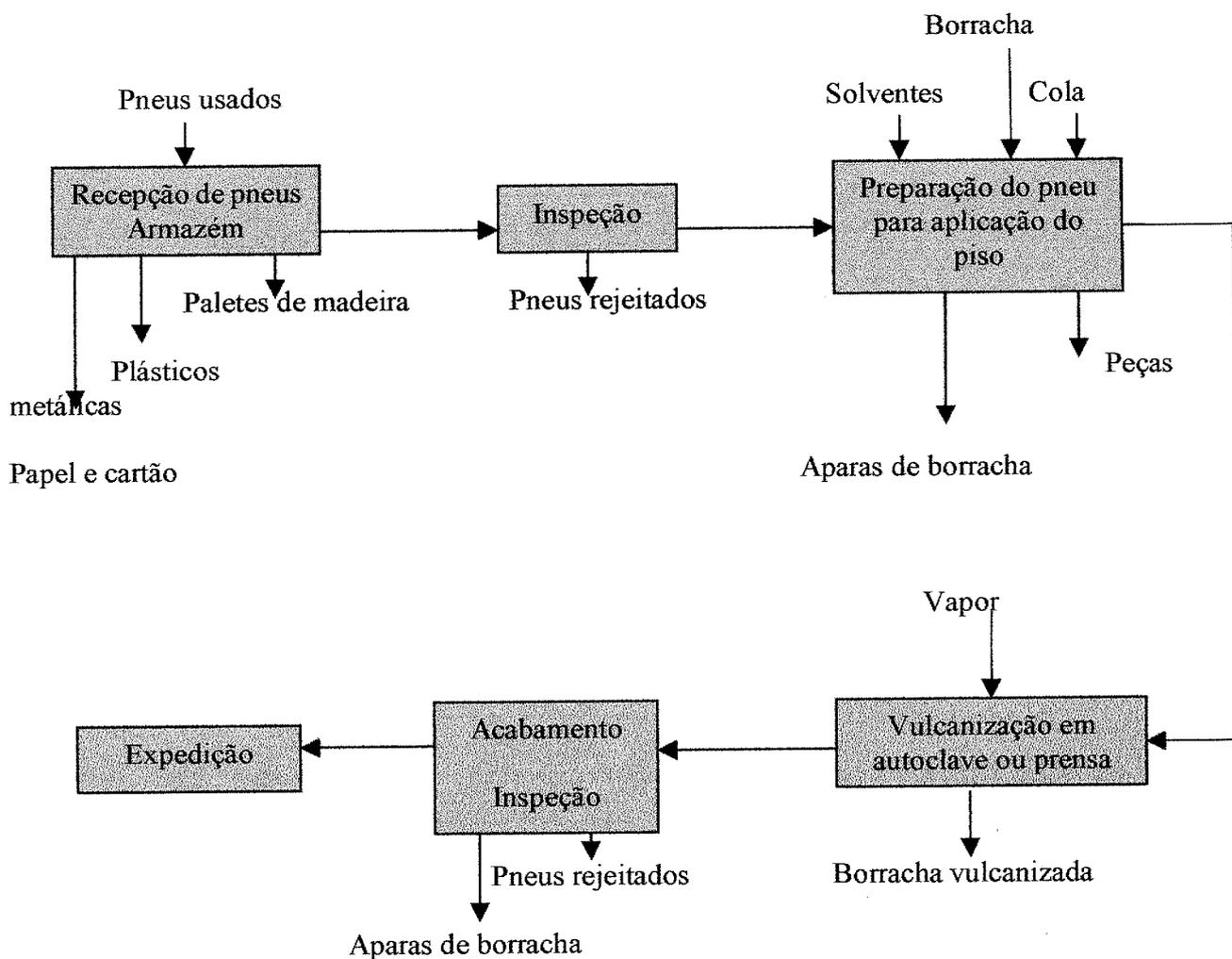


Figura 3: Fluxograma do processo de reconstrução de pneus indicando as matérias primas e os resíduos gerados (INETI 2000).

A tabela 3 apresenta os resíduos gerados no processo de recauchutagem de pneus, a sua classificação e quantificação, bem como a operação que lhes dá origem. Neste sub-setor, 96% dos resíduos são resíduos de borracha, 3% são de embalagens e 1% correspondem a outros tipos de resíduos. Dos resíduos de borracha, destaca-se o pó de borracha que é produzido em grandes quantidades.

Tabela 3: Identificação e quantificação dos resíduos produzidos anualmente no sub-setor da reconstrução de pneus, consoante a operação de processamento.

Operação	Resíduo	Quantidade (t/ano)
Preparação do pneu / aplicação do piso a quente e a frio. Acabamento/ inspeção final	Aparas de borracha vulcanizada	1497
Preparação do pneu	Pó de borracha	5660
Inspeção	Pneus rejeitados	3942
Armazenamento	Paletes de madeira	118
	Plásticos	107
	Papel e cartão	97
	Latas	27
	Bidões	26
Produção de calor	Cinzas de caldeira	20
Manutenção	Óleos lubrificantes	6
Desmoldagem	Ácido fórmico	2
TOTAL		11502

Os óleos usados e o ácido fórmico são classificados como resíduos perigosos, contudo, correspondem apenas a aproximadamente 0,05 % e 0,02 %, respectivamente, da produção total de resíduos.

O ácido fórmico é um líquido incolor, fumegante, de cheiro acre e penetrante. É um líquido moderadamente inflamável cujos vapores podem formar misturas explosivas com o ar e a sua ação sobre produtos oxidantes pode constituir uma fonte de incêndio e de explosão. Este composto tem três vias de penetração no organismo humano: por inalação, por contato direto ou por ingestão acidental. Seus vapores podem provocar a irritação das mucosas e respiratórias, ou até mesmo da pele. Em contato com a pele, dá origem a queimaduras de gravidade variável, em função da concentração e do tempo: eritemas, flictemas e necrose. As projeções oculares são particularmente perigosas podendo, na ausência de tratamento imediato, dar origem a lesões graves. A ingestão é rara, mas quando ocorre, provoca estomatite, gastrite e lesões do esôfago; os sintomas clínicos são inquietantes; vertigens, náuseas, vômitos, hematúria, anúria e estado de choque.

Os óleos usados são óleos lubrificantes de base mineral ou sintética, impróprios para o uso a que estavam inicialmente destinados. Os óleos usados contêm elevados níveis de hidrocarbonetos e de metais pesados, sendo os mais representativos o Chumbo(Pb), o Zinco (Zn), o Cobre (Cu), o Crómio (Cr), o Níquel (Ni) e o Cádmiu (Cd). A queima destes provoca a libertação para a atmosfera de uma quantidade de chumbo suficiente para poluir o ar em doses perigosas.

O óleo usado pode ser regenerado, sendo que a partir de 3 litros de óleo usado podemos obter 2 litros de óleo novo, e o uso de óleo regenerado reduz a emissão do CO

Há que considerar que a contaminação do óleo lubrificante implica a sua mudança. A contaminação pode ser externa ou interna. A contaminação externa do óleo é feita por papel, desperdícios, terra, água, e outros. Outros líquidos que podem entrar no sistema são os fluidos de refrigeração, produtos de limpeza, ácidos, solventes, mistura com outros óleos. A contaminação interna ocorre devido à perda dos seus constituintes, e conseqüentemente a perda das suas qualidades como lubrificantes. Por vezes, durante a manutenção, são introduzidos aditivos que podem causar problemas sérios se não se sabe qual o estado do lubrificante.

Uma das principais diferenças entre um óleo novo e um óleo usado, e que lhe confere o seu carácter de resíduo perigoso, é sem dúvida a presença de metais pesados e Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos (PAH). O óleo usado contém normalmente grandes quantidades de Pb, Zn, Ca, Ba e quantidades menores de Na, Cu, Al, Cr, K, Ni, Sn, B e Mo. A quantidade de PAH é 670 vezes superior, em norma, nos óleos usados do que nos óleos novos.

4.2. Recuperação

A recuperação consiste na simples trituração dos pneus e moagem dos resíduos, reduzidos a pó fino. A borracha contida nos resíduos, na forma vulcanizada, não sofre modificação e não é separada dos demais compostos.

Os pneus recuperados têm dois usos mais comuns. O primeiro na mistura com asfalto para a pavimentação de vias e pátios de estacionamento. Da trituração, as partículas não maiores que 5

mm e com umidade de no máximo 2% são misturadas ao asfalto na proporção de 1 a 3% em peso. E o segundo, nas fábricas de cimento, o produto da moagem, com partículas de 1 a 6 mm, podendo chegar a 50-500 micras, é co-processado em forno de clínquer, isto é, utilizado como combustível nos fornos de cimento. Os gases produzidos pela queima são monitorados para garantir o atendimento aos padrões estabelecidos pela legislação pertinente. O pneu recuperado, sob certos aspectos, tem propriedades semelhantes à da borracha vulcanizada, porém, como não vulcaniza novamente, não pode ser utilizado como substituto da borracha crua na produção de artefatos. Entretanto, devido a seu custo reduzido e baixo peso específico pode ser empregado com sucesso na produção de saltos e solados de calçados, mangueiras, tapetes para automóveis, etc.

4.3. Regeneração ou Desvulcanização

As carcaças de pneus se enquadram na classificação de resíduos que contêm fibras em elevadas proporções. A regeneração é feita por processo alcalino, ácido, mecânico e vapor superaquecido. Na regeneração os resíduos passam por modificações que os tornam mais plásticos e aptos a receber nova vulcanização, mas não têm as mesmas propriedades da borracha crua sendo, geralmente, misturado a ela para a fabricação de artefatos. No processo de regeneração, utilizado para pneus, a borracha é separada dos outros componentes e desvulcanizada, o arame e a malha de aço são recuperados com sucata de ferro qualificada, o tecido de nylon é recuperado e utilizado como reforço em embalagens de papelão.

Este processo pode ser resumidamente descrito da seguinte forma: o pneu é picado em pedaços e estes são colocados num tanque com solvente para que a borracha inche e se torne quebradiça. Em seguida os pedaços são pressionados para que a borracha se desprenda da malha de aço e do tecido de nylon. A borracha, o aço e nylon são separados por um sistema de imã e peneiras. A borracha após moída e separada num sistema de peneiras e bombas de alta pressão, passa para um reator ou autoclave onde ocorre a desvulcanização sendo recuperando cerca de 75 % de suas propriedades originais. Depois de desvulcanizada, a borracha segue para um tanque de secagem onde o solvente é recuperado, retornando ao processo.

Um novo processo para a desvulcanização está em desenvolvimento no Laboratório de Tecnologia Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais. Com um solvente mais acessível e de menor custo pretende-se tornar o processo atual menos complexo, e viável para menores escalas de produção.

A borracha regenerada de pneus pode ser empregada, dentre outras utilizações, na fabricação de tapetes, pisos industriais e de quadras esportivas, sinalizadores de trânsito, rodízios para móveis e carrinhos. Também é utilizada na recauchutagem de pneus, no revestimento de tanques de combustível, como aditivo em peças de plásticos aumentando-lhes a elasticidade.

4.4. Processos de Pirólise

Desde meados da década de 1990 o processo da pirólise tem sido o mais implementado na reciclagem de pneus. A pirólise, considerado um processo destrutivo, visa aproveitar componentes do pneu como matérias primas e/ou combustíveis. A seguir são descritos o processo genérico da pirólise e algumas de suas implementações conhecidas no Brasil e em outros países.

4.4.1. Pirólise Genérica

O processo consiste na trituração de resíduos previamente selecionados, que alimentam o reator pirolítico onde, através de uma reação endotérmica, ocorrerão as separações dos subprodutos em cada etapa do processo. A etapa de pirólise pode ser genericamente definida como sendo a de decomposição química por calor na ausência de oxigênio. Os resíduos que alimentam o reator pirolítico podem ser provenientes do lixo doméstico, de resíduos plásticos e outros resíduos industriais.

O reator pirolítico possui três zonas específicas:

➤ zona de secagem; os resíduos que alimentaram o reator passam por duas etapas, a pré-secagem e a secagem propriamente dita. Nesta zona as temperaturas estão na faixa de 100°C a 150°C. Deve-se observar que a etapa é de suma importância, pois a umidade pode interagir negativamente com os resultados do processo;

➤ zona de pirólise: onde ocorrem as reações químicas, sendo elas a volatilização, a oxidação e a fusão; as temperaturas variam de 150° a 160° C, e onde são coletados os produtos (álcoois, óleo combustível, alcatrão, etc.);

➤ zona de resfriamento; os resíduos gerados pelo processo são coletados no final do processo (char, cinzas e escória).

Hoje são encontrados diversos tipos de reatores em operação, com tecnologias variadas para a extração de subprodutos dos resíduos que processam.

4.4.2. Pirólise de Pneus com Xisto - Petrobrás

O processo de transformação do xisto betuminoso, por pirólise, desenvolvido pela Petrobrás, em sua unidade de São Mateus do Sul-PR, recebeu o nome de Petrosix, e sua tecnologia é reconhecida mundialmente.

Tem como principal característica a simplicidade operacional e a pirólise em baixa temperatura, onde ocorre o reprocessamento conjunto de xisto e pneus descartados com o objetivo de se produzir óleo e gás combustível.

O processo tem início com a chegada dos pneus cortados em tiras ou pedaços de 03cm a 10cm, logo após são misturados na proporção em peso, de 95% de xisto para 05 % de pneus. Misturadas ao xisto, as tiras de pneus são transportadas a um reator cilíndrico vertical conhecido por retorta, para aquecimento à temperatura de 500°C. Aquecido, o mineral libera matéria orgânica na forma

de óleo e gás. Na seqüência, o resfriamento que resulta na condensação dos vapores de óleo na forma de gotículas, transportadas para fora da retorta pelos gases, constituindo-se o óleo pesado.

Os gases provenientes do processo passam por limpeza para a retirada do óleo leve, sendo o restante encaminhado para a unidade de tratamento de gases, onde são produzidos o gás combustível e o gás liquefeito. O material sobressalente é recoberto por camada de argila e solo vegetal, de forma a permitir a utilização da área para criação de animais, plantio ou urbanização.

4.4.3. Pirólise de Pneus Svedala/Metso

O processo consiste primeiramente na trituração dos pneus em partículas não maiores que 50 mm, então um alimentador introduz o material num forno horizontal rotativo, denominado de reator pirolítico, onde é feita, termicamente, a separação dos componentes básicos dos pneus: carbono, óleo, aço e gás.

O forno descarrega os sólidos num separador que separa o carbono do aço. O carbono (carvão) é resfriado e segue para a separação magnética para retirada de pequenas partículas de aço, depois de moído é classificado para venda como negro de fumo.

A corrente gasosa composta de óleo e gás é captada do forno para um condensador, onde gás e óleo são separados. O óleo é bombeado para tanques de armazenamento para ser vendido com combustível e/ou reaproveitado na própria usina. Enquanto o gás pode receber dois tratamentos alternativos. No primeiro, o gás é queimado numa câmara de combustão secundária, resfriado, lavado, retirado as partículas sólidas em filtros de mangas e liberado na atmosfera. No segundo, o gás é comprimido, purificado e aplicado numa turbina a gás para gerar energia elétrica para a própria usina, sendo o excedente vendido. Parte do gás assim tratado pode ser usada como fonte energética para o forno de pirólise, ou ainda para gerar vapor.

O diagrama da planta de pirólise de pneus está representado na figura 4.

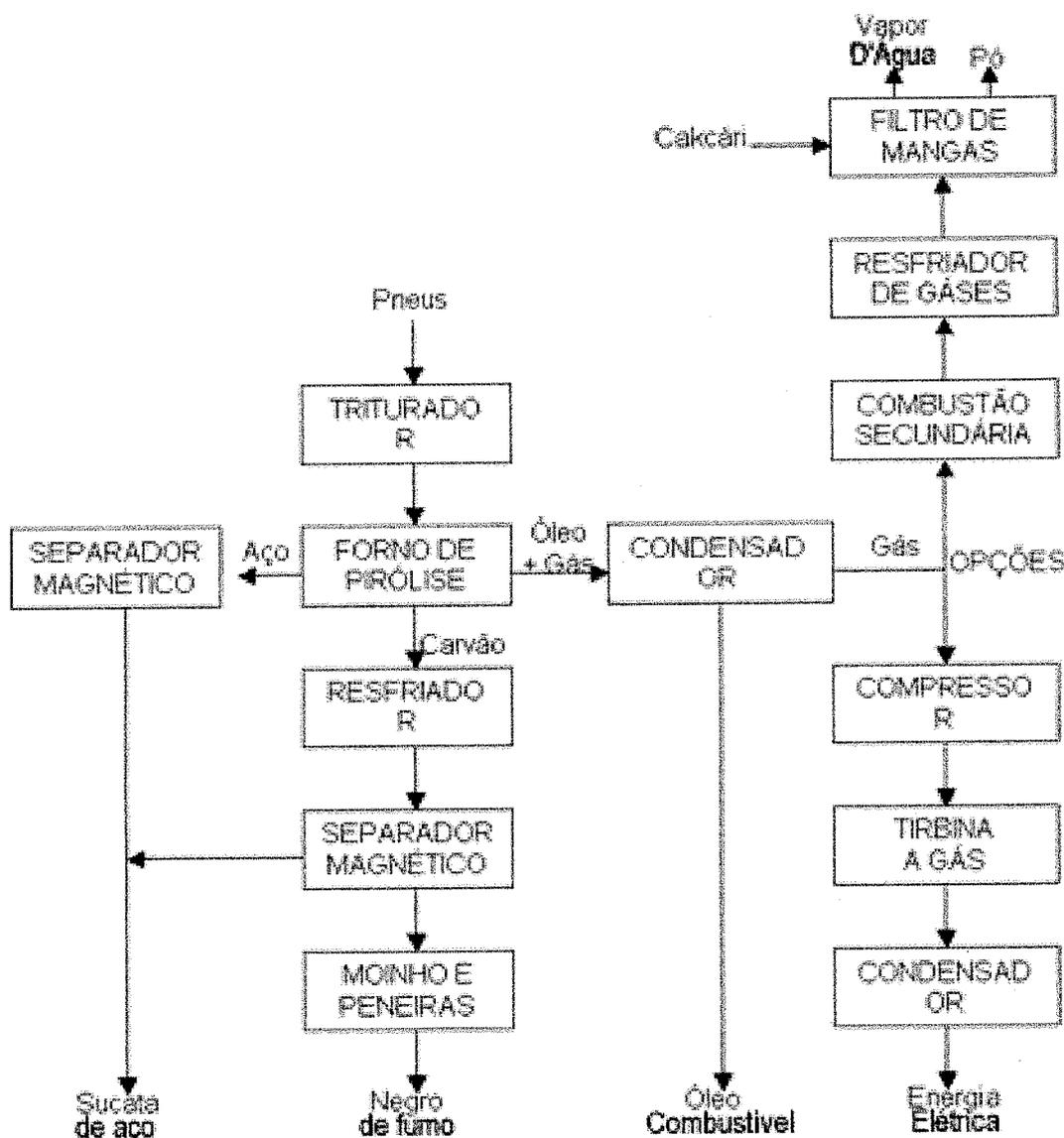


Figura 4: diagrama de planta de pirólise de pneus (Sistema SVEDALA de Pirólise de Pneus, 2000).

4.5. Viabilidade do Processo de Pirólise na Reciclagem de Pneus

O processo da pirólise para a reciclagem de pneus está tecnicamente consolidado em diversos países, inclusive com implementações como a do reator catalítico secundário e sua aplicação flexível para resíduos sólidos diversos.

Em termos ambientais o processo é "limpo", resolve integralmente o problema do descarte dos pneus inservíveis e, por reaproveitar mais de 90% dos materiais componentes do pneu, pode-se atribuir ao processo, também, um benefício social na medida em que recupera para o reuso materiais que, de outra forma, estariam sendo extraídos da natureza, em fontes não renováveis, inclusive por seu potencial de geração de energia elétrica.

Outra vantagem do processo é o fato das plantas poderem se ajustar às demandas locais/regionais com diferentes capacidades. Logisticamente, as plantas devem se localizar dentro ou no entorno de grandes centros, próximos das fontes geradoras de pneus descartados quanto dos consumidores dos produtos recuperados e da energia gerada. Bastante compactas, as plantas de pirólise não requerem grandes áreas para os equipamentos e, operando no sistema "just-in-time", também não necessitam de maiores espaços para armazenagem dos pneus a reciclar e dos materiais recuperados. São plantas que não emitem poluentes atmosféricos ou efluentes líquidos, nem resíduos sólidos nocivos, e demandam apenas água industrial recirculada para resfriadores, trocadores de calor e lavadores de gases.

Segundo dados básicos dos USA, adaptados para as condições de custos e tributos brasileiros, as receitas de vendas proporcionadas pelos materiais recuperados numa planta de pirólise de 100 t/dia (excluindo o gás não condensável e incluindo um pagamento fixo de US\$0.30/tonelada de pneus a reciclar) atingiria US\$8 milhões/ano, com retorno anual de 16%, ou um "pay-back" de cinco anos, sobre um investimento de US\$12 milhões (sem a produção de energia elétrica/vapor).

Idealmente, poderiam ser instaladas duas plantas gêmeas, operando em paralelo, alternando suas paradas para manutenção, e ambas alimentando uma central de geração de energia elétrica. O investimento total estimado seria de US\$40 milhões, com um retorno anual de 21% e "pay-back" em 4 anos, decorrentes também da venda da energia.

Duas outras instalações, talvez uma na Bahia junto ao Pólo Petroquímico de Camaçari, e outra no Rio Grande do Sul, no Pólo Petroquímico de Triunfo, poderiam atender tanto à demanda de reciclagem quanto ao critério logístico de origem dos pneus e destino dos materiais recuperados e da energia gerada.

Além dos empregos diretos nas plantas de pirólise e centrais de energia, ocorrerá mais expressiva geração de empregos indiretos, com fornecedores de serviços para as plantas, transporte de pneus e materiais recuperados. Fabricantes nacionais podem se incumbir de parte dos equipamentos de tecnologia não proprietária, e o dispêndio de divisas com importações de equipamentos poderá ser contrabalançada com o menor consumo de petróleo e gás natural. Um efeito sócio-econômico previsível é o potencial de coleta de pneus por pessoas de baixa renda, como já ocorre com outros resíduos sólidos (sucatas metálicas, de plástico, papel e vidro).

Em outros países, o governo, as empresas e a sociedade civil estão se mobilizando para enfrentar com determinação o grave problema. No Brasil, o Governo Federal, por enquanto, apenas impôs obrigatoriedade da coleta e destinação aos fabricantes de pneus e aos importadores de pneus e de veículos. Medida necessária, porém insuficiente, que deveria ser complementada com alguns incentivos fiscais. Isenção ou redução de tributos incidentes sobre a produção e venda da recuperação dos pneus descartados não implica em renúncia fiscal, e financiamentos oficiais já são destinados a investimentos prioritários para o país, cabendo apenas incluir a reciclagem dos pneus nas prioridades e destinar recursos para as fontes. Sem dúvida, estas medidas representarão forte estímulo às iniciativas no setor. Enfim, para um grande problema terá sido encontrada uma grande solução.

5. DESTINAÇÕES DE PNEUS AGRESSIVAS AO MEIO AMBIENTE

Consensualmente, o descarte de pneus ao ar livre, nos campos, matas, rios, córregos, lagos e mesmo em áreas desertas é considerada a destinação mais agressiva ao meio ambiente. Além do péssimo aspecto que deixam na paisagem, os pneus assim descartados representam pelo menos três graves ameaças à saúde humana:

- sua forma de tubo aberto retém água que favorece a proliferação de insetos vetores e transmissores de doenças (como a dengue);
- embora se biodegradem muito lentamente (estima-se um prazo não inferior a 150 anos), os pneus contêm substâncias tóxicas que podem ser liberadas na atmosfera e também contaminar o solo, o lençol freático e os cursos de água;
- um pneu comum de automóvel contém o equivalente a 10 litros de óleo combustível, e o risco de incêndios é sempre iminente, durando semanas até se extinguir, exalando gases tóxicos e fumaça negra na atmosfera.

A disposição dos pneus em aterros sanitários vem em segundo lugar. Descartados inteiros, os pneus ocupam mais espaço, dificultam a compactação e acumulam gases (metano) da decomposição do material orgânico, vindo à tona mesmo depois de aterrados. A solução paliativa (inclusive a ser adotada na Europa entre 2003 e 2005) é triturar os pneus, dispondo-os nos aterros em camadas misturadas com outros resíduos.

Outra destinação agressiva, felizmente pouco divulgada e também relatada aqui, é a pura e simples queima do pneu como combustível em fornos de cerâmicas e outros, sem qualquer tratamento dos gases da queima.

Pneus inteiros costumam ser empregados com proteção anti-choque em cais de atracação de embarcações. Colocam-se ressalvas a esta utilização, pois podem reter água, deterioram-se com os choques e a reação da água e do sol, além de um desagradável aspecto estético. Além do mais, existem produtos específicos para a mesma finalidade, também fabricados com borracha regenerada, moldada com insertos metálicos em seu interior.

Há menção ao uso de pneus inteiros como proteção de encostas e taludes, solução de baixo custo em áreas sujeitas a desmoronamentos, habitadas por população de baixa renda. Embora seja adotada metodologia construtiva que preenche o interior dos pneus com terra, trata-se de solução paliativa e precária para a indesejável condição de moradia em áreas de permanente risco. O mesmo se pode dizer da proteção de margens de córregos em zonas urbanas, para a qual também se tem indicado a aplicação de pneus descartados.

Não se conhecem números precisos do descarte de pneus no Brasil, nem do passivo ambiental representado pelos pneus abandonados na natureza. Estimativa considerada modesta calcula que 100 milhões de pneus descartados estão lançados de maneira inadequada no meio ambiente, mas é razoável supor que a realidade se mostre bem mais grave. Quanto ao descarte anual, uma comparação pode ser feita com o caso de Portugal. Em 1996, um minucioso levantamento dos pneus descartados nesse país, abrangendo todos os tipos de pneus, até os de bicicletas, apontou 3,0 milhões de pneus de automóveis e veículos comerciais leves, 120 mil de caminhões e 1,6 milhão de outros tipos, atingindo um total de 43 mil toneladas; uma projeção anual sinalizou um descarte total de 50 mil toneladas para 2000. Na mesma época, pouco menos de 10% do descarte em peso estavam sendo incinerados num complexo cimenteiro e outros tantos dispostos em aterros sanitários, indicando que cerca de 80% estavam sendo, simplesmente, dispostos no meio ambiente ou queimados sem controle. Não será fantasioso estimar que, pela maior frota, maior dependência do modal rodoviário de transporte de cargas, as distâncias continentais a serem transpostas e o auto-transporte pessoal nos grandes centros, devido à deficiência do transporte coletivo de massa, os números do descarte de pneus no Brasil sejam da ordem de, ou superior a, cinco vezes os de Portugal. Seguindo a determinação do CONAMA, e mantido o volume anual médio de pneus novos fabricados para o mercado interno, em 2002 foram reciclados 7,5 milhões, o dobro em 2004, dobrando novamente em 2005 e, a partir de 2006, mais 20%. Essa progressão indica que de início não será atingindo o total anual de descarte e depois deverá se reciclar, gradativamente, o passivo acumulado.

6. COMPARAÇÃO ENTRE ALTERNATIVAS DE RECICLAGEM DOS PNEUS

Considera-se que a reciclagem ocorre quando o produto ou a maior parte dos materiais de sua composição podem ser reutilizados ou gerar subprodutos aproveitáveis. Dos casos de destinação aqui descritos são reciclados os pneus recauchutados, recuperados, regenerados e os destruídos totalmente pela pirólise. É interessante analisar, comparativamente, estas alternativas, ponderando suas vantagens e desvantagens sob diversos pontos de vista, para deduzir a viabilidade e conveniência de sua adoção.

Primeiramente, é necessário reconhecer que o assunto desperta oposição de uns setores e conflitos de interesses em outros, embora se perceba que a maior parte dos envolvidos está consciente de que algo deve ser feito para solucionar o grave e crescente problema ambiental.

É grande a dificuldade de se adotar imediatamente medidas corretivas e preventivas para a solução do problema. Os prazos de entrada em vigor das medidas foram protelados durante anos para sua plena efetivação, como a reciclagem no Brasil. Aqui, os fabricantes acabaram por aceitar o ônus da coleta (por ora apenas na rede de lojas especializadas das respectivas marcas) e do desembolso pela trituração e pelo transporte dos resíduos. As importadoras de veículos ainda não adotaram a coleta, e questionam se, legalmente, estariam sujeitas à Resolução do CONAMA, alegando que não fabricam nem os veículos nem os pneus. Os reformadores de pneus pleiteiam poder examinar os pneus coletados antes de encaminhá-los para a reciclagem, avaliando suas condições de reforma. A reciclagem não convém às empresas que administram aterros sanitários. Aos fabricantes de asfalto não agrada o uso do pó de pneu recuperado. A PETROBRÁS obtém uma fonte de combustível dos pneus para mistura com o xisto, e dispõe dos resíduos sólidos para aterrar as cavas de onde retirou o xisto, e que há anos degradaram o meio ambiente das minas de São Mateus do Sul.

Os Estados Unidos não adotaram ainda qualquer medida a respeito, mas há anos tentam exportar pneus "meia-vida" para os países em desenvolvimento, Brasil inclusive, com importações já proibidas. Entretanto, teve que abrir exceções em relação aos pneus vindo do Uruguai e da Argentina, a fim de não ferir acordo do Mercosul. Dessa forma, os países que compõem o Mercosul acabaram por servir de transbordo no envio de pneus provenientes da América do

Norte e Europa, uma vez que estes mandam para os países do Mercosul, que os revendem para o Brasil.

É evidente que a recauchutagem é conveniente e útil, principalmente enquanto garantir segurança para o tráfego dos veículos e condições que protejam as pessoas e o meio ambiente. Entretanto, sua viabilidade econômica, do ponto de vista dos usuários e reconhecida até pelos reformadores, está mais nos pneus de caminhões e ônibus, e menos nos pneus de automóveis que representam mais de dois terços do descarte.

A queima de pneus, ou de qualquer outro resíduo em fornos de cimento, deve seguir alguns critérios estabelecidos pelo órgão de controle ambiental responsável pelo Estado, no qual as cimenteiras estão instaladas. Este procedimento aplica-se ao licenciamento de atividades de reaproveitamento de resíduo sólido em fornos rotativos de produção de clínquer. As cimenteiras devem obedecer a legislação ambiental vigente no que tange a emissão de poluentes atmosféricos

Para utilizar o co-processamento de resíduos em fornos de cimento, a indústria interessada em obter licença para utilização de pneus inservíveis como combustível alternativo deve enquadrar-se nos seguintes requisitos:

- a) A utilização de resíduos sólidos como combustível ou matéria prima nos fornos de cliquer não devem gerar taxas de emissão maiores do que as devida à destruição do mesmo resíduo em incineradores de resíduos perigosos;
- b) O resíduo deverá ser gerado e/ou estar estocado em quantidade suficiente para justificar sua utilização em um teste de queima;
- c) Somente serão analisadas solicitações de licença de cimenteiras já instaladas, se devidamente reguladas e licenciadas;

Há uma forte tendência atual de considerar a pirólise como o processo mais eficaz de reciclagem integral dos pneus. Na comparação com as alternativas aqui analisadas este processo, sob os

aspectos técnico, ambiental e social revela-se superior. É certo que, sob o aspecto econômico, é o processo de maior custo inicial de investimento, porém, pretende-se mostrar que é um mito a alegada baixa rentabilidade.

7. SOLUÇÕES PARA OS RESÍDUOS

Os pneus usados são considerados atualmente um dos maiores problemas ambientais do mundo. Existem hoje mais de três bilhões de pneus inservíveis dispostos inapropriadamente no planeta. A disposição a céu aberto é considerada muito agressiva ao meio ambiente. Além de poluir visualmente o ambiente, os pneus dispostos a céu aberto podem liberar substâncias tóxicas na atmosfera, contaminar o ar e até mesmo provocar incêndios, exalando fumaça altamente tóxica e prejudicial ao meio ambiente e a saúde humana.

Os pneus são descartados quando trocados por um novo ou quando os próprios carros já não servem mais. Em países desenvolvidos, os pneus são levados para centros de coleta, onde os consumidores são obrigados a pagar para deixá-los. Esses locais de coleta são considerados um destino final. Nestes centros os pneus são avaliados e os que apresentarem alguma condição de uso serão enviados para a recauchutagem. Aqueles que não tiverem essa característica serão aproveitados como energia, ou aproveitados como matéria-prima.

Os EUA e certos países da Europa estão exportando alguns pneus reaproveitados ou não para países do terceiro mundo, onde a legislação permite a compra do material. Como os materiais constituintes do pneu são considerados grandes fontes energéticas, eles também são usados como combustível nas indústrias cimenteiras.

Em países como Áustria, Alemanha, França e Suécia, mais de 65% dos pneus descartados são usados como fonte energética. Entretanto, no mundo, a maior parte dos pneus descartados continuam indo parar em aterros sanitários.

Existem ainda aterros que contêm somente pneus. Esses são mais aceitáveis do que os aterros comuns, pois permitem melhor recuperação energética e de matéria-prima do produto. Podem até se tornar no futuro um centro de coleta de pneus. Entretanto, devido às substâncias inflamáveis presentes no produto, esses depósitos correm riscos de incêndio, que podem causar danos à sociedade, rios, matas e atmosfera.

O grande problema no gerenciamento de pneus usados é a disposição ilegal do material. Pneus que não possuem mais condições de recuperação são largados em qualquer lugar.

Uma grande característica da indústria de pneumático é o intenso investimento em novas tecnologias. Algumas chegam a gastar cerca de 3,5% do faturamento em pesquisa e desenvolvimento de tecnologia. Elas mantêm centros de pesquisas onde são criadas e testadas as inovações. Por pressões legais ou não, hoje uma das maiores preocupações de toda a indústria do setor de pneumático é o meio ambiente. Diversos estudos são feitos para obter um pneu mais leve e com menos atrito, para reduzir o consumo de combustível e conseqüentemente reduzir as emissões na atmosfera. Do ponto de vista ambiental, a maior durabilidade do pneu é um aspecto positivo, pois diminui o volume de material a ser reaproveitado.

É possível estimar a demanda de pneus ao se considerar que esta é uma função da frota de automóveis e de sua quantidade produzida por ano.

Considerando que cada automóvel troque em média uma vez por ano os pneus, devido ao desgaste, pode-se estimar o mercado de reposição de pneus, e conseqüentemente a quantidade de pneus descartados.

Outro grande investimento atualmente realizado é o aumento de borracha natural e diminuição do negro de fumo na composição total do pneu. Enquanto a borracha natural é mais fácil de ser reciclada do que a sintética, a adição de negro de fumo, por meio da vulcanização, forma uma ligação permanente entre o enxofre e o carbono, dificultando a reciclagem total do material.

8. CONCLUSÃO

Os resíduos de pneus representam um problema global com potencial crescimento e efeito cumulativo, devido ao aumento da manufatura e durabilidade dos produtos. Os mercados para os produtos advindos da reciclagem de pneus existem, mas requerem desenvolvimento.

A recauchutagem apresenta-se como um método eficaz de reciclagem dos resíduos gerados pelos pneus, em detrimento a outros métodos de valorização, como seja a incineração com aproveitamento energético. Face também às novas medidas legais que impedem a disposição em aterro e apontam para uma redução de outros destinos finais como seja a incineração sem aproveitamento energético, reforça-se mais a recauchutagem como uma alternativa desejável.

Os pneus recauchutados ainda são vistos como uma segunda escolha, não tendo a recepção desejada junto ao público, apesar de sofrerem um processo de controle de qualidade rigoroso que garante a sua confiabilidade e total segurança ao consumidor. Assim é importante investir numa campanha de sensibilização do consumidor no sentido de modificar este panorama e prestigiar este sub-setor.

Se o processo de recauchutagem for melhorado (por exemplo, através do uso de tecnologias mais avançadas) pode-se contribuir ainda mais para a substituição de outros métodos menos desejáveis, como a incineração. Este reforço pode contribuir para o aumento dos níveis de aceitabilidade do produto por parte do consumidor.

Relativamente aos vários métodos de tratamento dos resíduos resultantes deste processo verifica-se que alguns não estão disponíveis, sendo necessário o seu envio para outros países aumentando assim os encargos na gestão dos resíduos.

A Produção Mais Limpa (PML) como estratégia preventiva ainda não parece fazer parte da nossa política nacional. Esta situação não tende a mudar num futuro próximo, pois a redução da produção de resíduos continua a ser vista unicamente como um conjunto de medidas cuja implementação requer investimentos, trabalho de preparação e alterações, em alguns casos profundas, nos múltiplos processos produtivos, constituindo assim um objeto de médio prazo.

Independente de todos os métodos de tratamento dos resíduos gerados pelo processo de recauchutagem, a PML afigura-se como a opção mais desejável uma vez que previne na fonte a produção de resíduos, bem como a quantidade de matéria-prima desperdiçada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Sistema SVEDALA de Pirólise de Pneus, material apresentado a convidados, 2000.

New process offers commercial incentive to recycle scrap tyres, Dr. Lorraine Ferris. Leeds Innovation, UK, em <http://www.globaltechnoscan.com/1Aug-7Aug01/scrap_tyres.htm>.

Toshiba Strengthens Waste Treatment and Recycling Plant Business--Signs Technology Collaboration Agreement With PKA of Germany, 16 December, 1997, em <http://www.toshiba.co.jp/about/press/1997_12/pr1602.htm>.

Reciclagem 2000, Eng^o Charles Vittorio A. Mirante, em <<http://www.geocities.com/reciclagem2000/>>.

Remould tyres - an example of cost-effective recycling, Waste Management, March 1997, p. 42, em <<http://www.northampton.ac.uk/aps/env/Wasteresource/1997/Mar97/97mar42.htm>>.

Recycling tyres -- The hidden bonanza, A. V. Swaminathan, em <<http://www.blonnet.com/businessline/2001/03/21/stories/042167tc.htm>>. Pneus usados transformam-se em óleo e gás, Ken Wheeler da Silva Araújo, PETROBRAS - Petróleo Brasileiro S/A, em <<http://www.reciclarepreciso.hpg.ig.com.br/materiais.htm>>.

O desafio da reciclagem (para fabricantes e importadores de pneus), Evilazio Boeira de Oliveira, em <<http://www.revistaocarreteiro.com.br/ano2000/Edicao316/reciclagem.htm>>.

Reciclar pneus, Reciclagem Net, em <http://www.compam.com.br/re_pneus.htm>.

Recuperação de borracha, CECAE - Disque Tecnologia da Universidade de São Paulo, APROTEC - Tecnologia Apropriada, em <<http://www.cecae.usp.br/aprotec/RESP33.htm>>.

Nova tecnologia mineira é simples e barata, em <<http://revista.fapemig.br/10/pneus.html>>.

Pesquisadores criam método para reciclagem de pneus, Evanildo da Silveira, em <<http://www.estadao.com.br/autos/noticias/2002/mai/28/110.htm>>.

Reforma de pneus movimentada R\$900 mi, texto de entrevista com Ademar Areaujo Queiroz do Valle, diretor executivo da Associação das Empresas Reformadoras de Pneus do Estado de São Paulo, agosto de 2001, recebido por e-mail.

http://www.netresiduos.com/cir/rsurb/recauchutagem_de_pneus.htm

O peso do reformado, João Geraldo, revista O CARRETEIRO, abril de 2001. em <<http://www.revistaocarreteiro.com.br/ano2001/Edicao320/recauchutagem.htm>>.

Proteção de encosta com pneus - Saneamento ambiental no Coroadinho em São Luís, Raimundo Nonato Medeiros da Silva e outros, 2000, em <http://www2.ciesp.org.br/bolsa/outros_servicos/banco_textos/detalhes_texto.asp?ID=51>.

Você usou e agora?, livro-reportagem, Fabiana Cristina Andrade e outras, curso de Jornalismo da PUC-Campinas, novembro de 2000, em <<http://voceusoueagora.cjb.net/>>.

Resíduos gerados no setor da Indústria da Borracha – Subsetor de Recauchutagem de pneus e câmaras de ar – Trabalho desenvolvido no âmbito da disciplina de processamento e Valorização de Resíduos da licenciatura em Engenharia do Ambiente – **Faculdade de Ciências do Mar e do Ambiente – Universidade do Algarve**

ANEXO
(LEGISLAÇÃO AMBIENTAL)



MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE
Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA

RESOLUÇÃO CONAMA Nº 258/99 - Texto modificado em 21.03.02

O Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, no uso das atribuições que lhe são conferidas pela lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, regulamentada pelo Decreto nº 99.274, de 06 de junho de 1990 e suas alterações, tendo em vista o disposto em seu Regimento Interno, e

CONSIDERANDO que os pneumáticos inservíveis abandonados ou dispostos inadequadamente constituem passivo ambiental, que resulta em sério risco ao meio ambiente e à saúde pública;

CONSIDERANDO que não há possibilidade de reaproveitamento desses pneumáticos inservíveis para uso veicular e nem para processos de reforma, tais como recapagem, recauchutagem e remoldagem;

CONSIDERANDO que os pneumáticos novos, depois de usados, podem ser utilizados em processos de reciclagem;

CONSIDERANDO a necessidade de dar destinação final, de forma ambientalmente adequada e segura, aos pneumáticos inservíveis;

CONSIDERANDO que a importação de pneumáticos usados é proibida pelas Resoluções CONAMA nº 23/96 e nº 235/98;

Considerando que se faz necessário o controle do passivo ambiental gerado pelos pneumáticos usados oriundos de veículos automotores e bicicletas;

Considerando que de acordo com a legislação vigente compete ao Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, o controle, a fiscalização e a edição dos atos normativos pertinentes à Resolução;

RESOLVE:

Art. 1º - As empresas fabricantes e as importadoras de pneumáticos para uso em veículos automotores e bicicletas ficam obrigadas a coletar e dar destinação final ambientalmente adequada aos pneus inservíveis existentes no território nacional, na proporção definida nesta Resolução relativamente às quantidades fabricadas e/ou importadas.

Parágrafo Único - As empresas que realizam processos de reforma ou de destinação final ambientalmente adequada de pneumáticos ficam dispensadas de atender ao disposto neste artigo, exclusivamente no que se refere à utilização dos quantitativos de pneumáticos coletados no território nacional.

Art. 2º - Para os fins do disposto nesta Resolução, considera-se:

- I. pneu ou pneumático: todo artefato inflável, constituído basicamente por borracha e materiais de reforço, utilizado para rodagem em veículos automotores e bicicletas;
- II. pneu ou pneumático novo: aquele que nunca foi utilizado para rodagem sob qualquer forma, enquadrando-se, para efeito de importação, no código 4011 da Tarifa Externa Comum – TEC;
- III. pneu ou pneumático reformado: todo pneumático que foi submetido a algum tipo de processo industrial com o fim específico de aumentar sua vida útil

de rodagem em meios de transporte, tais como recapagem, recauchutagem ou remoldagem, enquadrando-se, para efeito de importação, no código 4012.10 da Tarifa Externa Comum – TEC;

IV. pneu ou pneumático inservível: aquele que não mais se presta a processo de reforma que permita condição de rodagem adicional, conforme código 4012.20 da Tarifa Externa Comum – TEC;

Art. 3º - Os prazos e quantidades para coleta e destinação final, de forma ambientalmente adequada, dos pneumáticos inservíveis resultantes de uso em veículos automotores e bicicletas de que trata esta Resolução, são os seguintes:

I – A partir de 1º de Janeiro de 2002: para cada quatro pneus novos, fabricados no País ou pneus importados, novos ou reformados, inclusive aqueles que acompanham os veículos importados, as empresas fabricantes e as importadoras deverão dar destinação final a um pneu inservível;

II – A partir de 1º de Janeiro de 2003: para cada dois pneus novos fabricados no País ou pneus importados, novos ou reformados, inclusive aqueles que acompanham os veículos importados, as empresas fabricantes e as importadoras deverão dar destinação final a um pneu inservível;

III – A partir de 1º de Janeiro de 2004:

a. Para cada um pneu novo fabricado no País ou pneu novo importado, inclusive aqueles que acompanham os veículos importados, as empresas fabricantes e as importadoras deverão dar destinação final a um pneu inservível;

b. Para cada quatro pneus reformados importados, de qualquer tipo, as empresas importadoras deverão dar destinação final a cinco pneus inservíveis;

IV – A partir de 1º de Janeiro de 2005:

a. Para cada quatro pneus novos fabricados no País ou pneus novos importados, inclusive aqueles que acompanham os veículos importados, as empresas fabricantes e as importadoras deverão dar destinação final a cinco pneus inservíveis;

b. Para cada três pneus reformados importados, de qualquer tipo, as empresas importadoras deverão dar destinação final a quatro pneus inservíveis.

Parágrafo Único - O disposto neste artigo não se aplica aos pneumáticos exportados ou aos que equipam veículos exportados pelo País.

Art. 4º - No quinto ano de vigência desta Resolução, o CONAMA, após avaliação a ser procedida pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, reavaliará as normas e procedimentos estabelecidos nesta Resolução.

Art. 5º - O IBAMA poderá adotar, para efeito de fiscalização e controle, a equivalência em peso dos pneumáticos inservíveis.

Art. 6º - As empresas importadoras deverão, a partir de 1º de Janeiro de 2002, comprovar junto ao IBAMA, previamente aos embarques no exterior, a destinação final, de forma ambientalmente adequada, das quantidades de pneus inservíveis estabelecidas no Art. 3º desta Resolução, correspondentes às quantidades a serem importadas, para efeitos de liberação de importação junto ao Departamento de Operações de Comércio Exterior – DECEX, do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior.

Art. 7º - As empresas fabricantes de pneumáticos deverão, a partir de 1º de Janeiro de 2002, comprovar junto ao IBAMA, anualmente, a destinação final, de forma

ambientalmente adequada, das quantidades de pneus inservíveis estabelecidas no Art. 3º desta Resolução, correspondentes às quantidades fabricadas.

Art. 8º - Os fabricantes e os importadores de pneumáticos poderão efetuar a destinação final, de forma ambientalmente adequada, dos pneus inservíveis de sua responsabilidade, em instalações próprias ou mediante contratação de serviços especializados de terceiros.

Parágrafo Único - As instalações para o processamento de pneus inservíveis e a destinação final deverão atender ao disposto na legislação ambiental em vigor, inclusive no que se refere ao licenciamento ambiental.

Art. 9º - A partir da data de publicação desta Resolução fica proibida a destinação final inadequada de pneumáticos inservíveis, tais como a disposição em aterros sanitários, mar, rios, lagos ou riachos, terrenos baldios ou alagadiços e queimas a céu aberto.

Art. 10º - Os fabricantes e os importadores poderão criar centrais de recepção de pneus inservíveis, a serem localizadas e instaladas de acordo com as normas ambientais e demais normas vigentes, para armazenamento temporário e posterior destinação final ambientalmente segura e adequada.

Art. 11 - Os distribuidores, os revendedores, os reformadores, os consertadores e os consumidores finais de pneus, em articulação com os fabricantes, importadores e Poder Público, deverão colaborar na adoção de procedimentos, visando implementar a coleta dos pneus inservíveis existentes no País.

Art. 12 - O não cumprimento ao disposto nesta Resolução implicará nas sanções estabelecidas na lei 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 e seu regulamento.

Art. 13 - As regras desta Resolução aplicar-se-ão também aos pneus usados, de qualquer natureza, que ingressarem em território nacional por força de decisão judicial.

Art. 14 - Esta resolução entra em vigor na data de sua publicação.

José Carlos Carvalho
Presidente do Conselho

.....
Secretário Executivo

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE
INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS

INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 08 DE 15 DE MAIO DE 2002.

PRESIDENTE DO INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS - IBAMA, nomeado pelo Decreto de 02 de abril de 2002, e no uso das atribuições que lhe confere o art. 24 do Anexo I, do Decreto nº 3.833, de 5 de junho de 2001, publicado no Diário Oficial da União do dia subsequente, Considerando o disposto na Resolução CONAMA N.º 258, de 26 de agosto de 1999, sobre a destinação e o gerenciamento ambientalmente adequado de pneumáticos inservíveis oriundos de veículos automotores e bicicletas;

Considerando que a referida Resolução demanda ao IBAMA determinadas atividades fundamentais para a sua implementação;

Considerando o passivo gerado pelos pneumáticos inservíveis e os possíveis danos que podem causar ao meio ambiente e à saúde humana;

Considerando o disposto na Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, alterada pela Lei nº 10.165, de 27 de dezembro de 2000 que institui o Cadastro Técnico Federal e obriga o sujeito passivo da TCFA a apresentar Relatório de Atividades,

RESOLVE:

Art. 1º Instituir, no âmbito do IBAMA, os procedimentos necessários ao cumprimento da Resolução CONAMA n.º 258, de 26 de agosto de 1999, quanto ao cadastramento de fabricantes e importadores de pneumáticos para uso em veículos automotores e bicicletas, assim como o cadastramento de processadores e destinadores de pneumáticos de veículos automotores e bicicletas.

Parágrafo Único Para efeitos dessa Instrução Normativa, são adotadas as seguintes definições:

- a) processador de pneumáticos inservíveis oriundos de veículos automotores e bicicletas: são aqueles que, por meios mecânicos, seguidos ou não da segregação dos componentes originais, preparam os pneumáticos inservíveis para a destinação final;
- b) destinadores de pneumáticos inservíveis oriundos de veículos automotores e bicicletas: são aqueles que fornecem uma destinação ambientalmente adequada para pneumáticos inservíveis, inteiros ou pré-processados;
- c) destinação ambientalmente adequada de pneumáticos inservíveis: qualquer procedimento ou técnica, devidamente licenciada pelos órgãos ambientais competentes, nos quais pneumáticos inservíveis inteiros ou pré-processados são descaracterizados, por meios físicos ou químicos, podendo ou não ocorrer reciclagem dos elementos originais ou de seu conteúdo energético. A simples transformação dos pneumáticos inservíveis em retalhos, lascas ou cavacos de borracha não é considerada destinação ambientalmente adequada dos mesmos.

Art. 2º Os fabricantes e importadores de pneumáticos para uso em veículos automotores e bicicletas, bem como os processadores e destinadores de pneumáticos inservíveis, deverão se inscrever no Cadastro Técnico Federal, junto ao IBAMA, conforme disciplinado no art. 1º da Instrução Normativa nº 10, de 17 de agosto de 2001.

Parágrafo único: Ficam dispensados do cadastramento e da destinação final de pneumáticos, os casos enquadrados na Portaria do IBAMA n.º 86, de 17 de outubro de 1996, que trata da conversão da licença para uso da configuração do veículo ou motor - LCVM.

Art. 3º As empresas que já apresentaram o Relatório de Atividades, previsto no art. 2º da IN nº 10, de 2001, devem retificar as informações prestadas até 60 (sessenta) dias, contados a partir da publicação desta Instrução Normativa.

Art. 4º Ficam determinadas, para efeitos de fiscalização e controle, os pneumáticos abaixo discriminados, com as respectivas equivalências em peso:

- a) bicicleta: 0,45 kg (quatrocentos e cinquenta gramas)
- b) motocicleta: 2,5 kg (dois e meio quilogramas)
- c) automóvel: 5,0 kg (cinco quilogramas)
- d) camioneta: 12 kg (doze quilogramas)
- e) caminhão e ônibus: 40 kg (quarenta quilogramas)
- f) trator: 41,0 kg (quarenta e um quilogramas)
- g) fora de estrada e empurrador: 84 Kg (oitenta e quatro quilogramas)

Art. 5º A comprovação da destinação de pneumáticos inservíveis, de que trata a Resolução CONAMA n.º 258, de 26 de agosto de 1999, será efetuada no ato do preenchimento do mencionado Relatório de Atividades.

§ 1º Deverão ser expedidas, declarações para cada tipo de pneumático produzido ou importado.

§ 2º Os fabricantes ou importadores de pneumáticos para uso em veículos automotores e bicicletas deverão manter um registro que permita comprovar, não somente a destinação das quantidades especificadas em suas declarações, mas também os respectivos destinadores.

Art. 6º As exigências constantes desta Instrução Normativa não isentam os cadastrados de atenderem a outros requerimentos que possam vir a ser exigidos mediante mecanismos legalmente constituídos sobre a matéria.

Art. 7º o não cumprimento do previsto nesta Instrução Normativa tornará os infratores passíveis de punição, conforme a legislação vigente.

Art. 8º Esta Instrução Normativa entra em vigor na data de sua publicação.

ROMULO JOSE FERNANDES BARRETO MELLO

PRESIDENTE DO IBAMA

ANEXO I

DECLARAÇÃO DE OBSTINAÇÃO DE PNEUMÁTICOS INSERVÍVEIS



MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA
INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS
RENOVÁVEIS - IBAMA

DECLARAÇÃO DE OBSTINAÇÃO DE PNEUMÁTICOS
INSERVÍVEIS

Declaramos para os devidos fins que a empresa.....
....., CNPJ,
cumpriu com os procedimentos necessários para a destinação final
ambientalmente adequada de..... unidades de pneumáticos
inservíveis originalmente destinados a.....,
correspondente a um peso de..... quilos de borracha, em
conformidade com o disposto na Resolução CONAMA n.º 258, de 26 de agosto de 1999.

Responsável pela empresa:

Cargo:

DATA DO PREENCHIMENTO
____/____/____.
ASSINATURA E CARIMBO DA EMPRESA