

**RECICLAGEM DE PNEUS - VIABILIDADE DE
APLICAÇÃO DE ALTERNATIVAS PARA
UTILIZAÇÃO DE PNEUS USADOS EM
GRANDE ESCALA**

CARLA MAYUMI PASSEROTTI DE MORAIS

Dissertação apresentada à Faculdade de Saúde
Pública da Universidade de São Paulo para a obtenção de
Título de Mestre.

Área de Concentração - Saúde Ambiental

Orientadora - Profª. Dra. Wanda Maria Risso Günther

São Paulo

2002

Autorizo, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta tese, por processos fotocopiadores.

Assinatura:

Data:

*Dedico este trabalho aos meus pais,
Luiza e José Carlos, por me
ensinarem a valorizar a sabedoria
dos livros.*

Agradecimentos

A Profa. Dra. Wanda Maria Risso Günther, pela amizade, orientação, dedicação e paciência para que este trabalho fosse concluído.

Ao Prof. Dr. Arlindo Philippi Júnior por acreditar na minha capacidade profissional.

Ao Prof. Dr. Valdir Schalch pelas sugestões que enriqueceram este trabalho.

Aos meus pais, pelo amor e dedicação para me tornar uma pessoa melhor.

A minha irmã Fernanda pela amizade e incentivo.

Ao meu marido Clovis pelo carinho e apoio em todos os momentos.

Ao meu filho Eduardo que chegou em um momento especial da minha vida.

À memória do Prof. Dr. Otávio Tisseli Filho, que me ajudou a plantar a semente, mas não pode me ver colher os frutos.

A todos os profissionais que me ajudaram fornecendo dados para que esta pesquisa pudesse ser realizada.

Aos meus colegas e professores da Faculdade de Saúde Pública pela amizade e troca de sabedoria.

À FAPESP pela bolsa de estudos e apoio financeiro.

A todos aqueles que de alguma forma colaboraram com o desenvolvimento desta dissertação.

E agradeço a Deus por me abençoar todos os dias e me dar forças para desejar um mundo melhor.

RESUMO

Morais C.M.P.de. **Reciclagem de pneus – viabilidade de aplicação de alternativas para utilização de pneus usados em grande escala.** São Paulo; 2002.[Dissertação de mestrado – Faculdade de Saúde Pública da USP].

OBJETIVO. Estudar os processos empregados para recuperação em grande escala de pneus usados, identificando seus aspectos comuns e específicos, objetivando explorar os pontos críticos de cada processo. **Métodos.** Dados sobre a ocorrência de problemas ambientais e sanitários decorrentes da disposição inadequada de pneus usados foram levantados na bibliografia. Foram feitas entrevistas aos técnicos responsáveis pelo serviço de limpeza pública dos municípios do ABCD Paulista, Mauá e cidade de São Paulo para levantar dados a respeito da coleta e destino final dos pneus inservíveis, caracterizando o problema da disposição inadequada desses resíduos no âmbito desses municípios. Através de visita técnica e entrevista foram obtidos dados para o estudo dos processos de reforma de pneus, pirólise, co-processamento e capa asfáltica, todos utilizando pneus usados. Procura-se identificar os pontos críticos existentes, quando se utilizou pneu usado nos processos selecionado. **Resultados.** Os processos mostraram-se como boas alternativas para utilizar pneus usados, propondo-se diminuir o passivo ambiental de pneus inservíveis. Não foram necessárias grandes modificações para utilização desse resíduo, sendo isto positivo, mas o custo dos processos e a falta de fornecimento regular de pneus usados, comprometem o funcionamento dos processos estudados. **Conclusões.** Os processos apresentaram-se como alternativas que devem ser empregadas para consumir os pneus usados gerados anualmente, ajudando também a diminuir o passivo ambiental já existente. Programas de coleta, incentivo à pesquisa no setor de reciclagem de pneus, fiscalização e normas para disposição do resíduo, são necessários para a destinação correta dos pneus inservíveis. A pesquisa foi apoiada pela FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa no Estado de São Paulo).

Descritores: Resíduos Sólidos. Resíduos Especiais. Pneus Inservíveis. Pneus Usados. Reciclagem de Pneus Usados.

SUMMARY

Morais C.M.P.de. **Reciclagem de pneus– viabilidade de aplicação de alternativas para utilização de pneus usados em grande escala** [Tires Recycling – feasibility of application of alternatives for large-scale use of worn tires]. São Paulo; 2002 [Mastership thesis – Faculdade de Saúde Pública da USP – São Paulo - Brazil].

Purpose. Studying the processes used for a large-scale recovery of worn tires, identifying their ordinary and specific aspects, aiming to exploit the crucial points of each process. **Methods.** Data about the occurrence of environmental and sanitary problems resulting from the inadequate disposal of worn tires were collected on the bibliography. There were accomplished interviews to the technicians who are responsible for the public cleaning service in the cities of ABCD Paulista, Mauá and São Paulo in order to survey data concerning the garbage collection and final destination of the tires, which insertion is feasible, characterizing the problem of the inadequate disposal of these residues on the ambit of these cities. Through technical visits and interviews were obtained data for studying the processes of tires reform, pyrolysis, co-processing and asphaltic coat. I try to identify the existing crucial points, when it was used worn tire on the selected processes. **Results.** The processes have revealed themselves as a good alternative for using worn tires, offering to reduce the environmental passive of tires which insertion is feasible. There were not necessary great modifications for using this residue, what is positive, but the cost of the processes and the lack of a regular supply of worn tires jeopardize the operation of the studied processes. **Conclusions.** The processes have presented as alternatives that should be employed for the sake of consuming the worn tires that are generated annually, helping also to diminish the already existing environmental passive. Programs regarding collection, incentive to research on the tires recycling sector, inspection and norms to the residue disposal, are necessary for the correct destine of the tires which insertion is feasible. The research was supported by FAPESP.

Key words: Solid Residues; Special Residues; Tires which insertion is feasible; Worn Tires; Worn Tires Recycling.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	01
1.1. Resíduo sólido pneu: Um breve histórico	01
1.2. Composição e características dos pneus	03
1.3. Classificação do resíduo sólido pneu.	06
1.4. Produção mundial e nacional de pneus novos e inservíveis	08
1.5. Pneu inservível: reduzir, reutilizar e reciclar	15
1.6. Legislação	19
1.6.1. Legislação nos Estados Unidos	19
1.6.2. Legislação Européia	21
1.6.3. Legislação no Brasil	23
1.7. Importação de pneus	27
1.8. Alternativas para uso dos pneus inservíveis	29
1.8.1. Aplicação física	29
1.8.2. Extração de energia	33
1.8.3. Aplicação química	34
1.9. Indicadores utilizados para controle de qualidade dos processos	39
1.9.1. Reforma de pneus	39

1.9.2. Pirólise	40
1.9.3. Co-processamento	44
1.9.4. Capa asfáltica	47
1.10. O problema da disposição dos pneus inservíveis	48
1.10.1. Problemas sanitários	48
1.10.2. Problemas ambientais	51
2. OBJETIVOS	54
2.1. Objetivo Geral	54
2.2. Objetivos Específicos	54
3. METODOLOGIA	55
3.1. Referenciais metodológicos	55
3.2. Caracterização dos procedimentos de investigação	56
3.2.1. Atividades preliminares	56
3.2.2. Levantamento bibliográfico	57
3.2.3. Levantamento de dados numéricos	57
3.2.4. Seleção dos métodos de recuperação a serem analisados	58
3.2.5. Processos Analisados	59
3.2.6. Descrição dos processos	59
3.3. Procedimentos utilizados para avaliar os resultados	60
3.3.1. Aspecto operacional	60
3.3.2. Aspecto ambiental	61

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	62
4.1. Levantamento de dados sobre coleta e destino final dos pneus inservíveis	62
4.2. Reforma de pneus	66
4.3. Pirólise	72
4.4. Co-processamento em fornos de cimento	80
4.5. Capa asfáltica	89
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	94
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	98
ANEXOS	105
Anexo I- roteiro de entrevista nos serviços de limpeza pública municipais.	105
Anexo II- roteiro de entrevista nos processos visitados.	106
Anexo III- Resolução nº 258 de 26 de agosto de 1999- CONAMA	107
Anexo IV- Levantamento dos volumes de pneus descartados e estocados em algumas cidades do Estado de São Paulo.	109

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Estimativas de produção mundial de pneus novos/ ano, 1999.	09
Quadro 2 - Produção de pneus e câmaras de ar no Brasil entre 1996 a 2000.	10
Quadro 3 - Frota de veículos no Estado de São Paulo no ano de 2000.	10
Quadro 4 - Estimativa em peso da geração anual de pneus inservíveis em alguns países o mundo.	11
Quadro 5 - Destinação dos pneus inservíveis nos Estados Unidos no ano de 1992.	12
Quadro 6 - Geração anual de pneus nos países da Comunidade Européia	13
Quadro 7 - Número de habitantes por automóvel em alguns países, no ano de 1999.	14
Quadro 8 - comparação entre s composição e o poder calorífico dos combustíveis pneu e carvão.	18
Quadro 9 - destinação dos pneus inservíveis nos estados americanos de Illinois, Indiana, Michigan, Minnessota e Ohio.	20
Quadro 10- Prazos para banir pneus inservíveis na Comunidade Européia.	23
Quadro 11- Composição elementar típica do óleo de pneu.	42
Quadro 12- Rendimento em produtos a partir da destilação fracionada	42
Quadro 13- Composição aproximada do gás de pirólise	43
Quadro 14- Limites de emissão de poluentes.	46
Quadro 15- Casos de dengue registrados no Estado de São Paulo, 1992 a 2001.	49

Quadro 16 – Caracterização da coleta e destino de pneus inservíveis nos municípios do ABCD Paulista e Mauá, SP.	63
Quadro 17 - Comparação da composição média do carvão betuminoso, coque de petróleo e pneus.	87
Quadro 18 - Comparação entre as concentrações de poluentes convencionais na queima de pneus e concentração padrão de outros combustíveis (dados colhidos a 0° C, 1 atm, 11% O ₂).	88
Quadro 19- Extensão total das rodovias pavimentadas em 1995 e 1999 e estimativa de consumo de pneus.	92

Lista de figuras

Figura 1- Componentes básicos de um pneu automotivo	03
Figuras 2- Diferenças estruturais entre o pneu radial e o pneu convencional.	04
Figura 3- Composição média de um pneu radial (ANIP, 2000).	05
Figura 4- Colaboradores para o sistema de coleta de pneus usados	27
Figura 5- Amarração dos pneus	31
Figura 6 – Muro de pneus pronto	31
Figura 7 - Depósito de pneus da empresa Borcol no município de Sorocaba.	38
Figura 8- Pneus picados a serem misturados à pedra britada.	65
Figura 9 – Pneus picados misturados à pedra britada.	65
Figura 10- Chegada dos pneus para recauchutagem	67
Figura 11- Vistoria do pneu a ser reformado	67
Figura 12- Máquina de raspagem de pneu	68
Figura 13 – Pneu com emenda	68
Figura 14- Forno de vulcanização	69
Figura 15- Empresa Petrobrás – SIX	73
Figura 16- Mineração do xisto	73
Figura 17- Britadores	73
Figura 18 e 19 - Britadores	73
Figura 20 e 21- Transporte do xisto britado.	74
Figura 22- Pneu picado no pátio	74
Figura 23 - Correia transportadora de pneus picados	74

Figura 24 e 25- Retortagem	75
Figura 26- Caldeira de aquecimento do gás	75
Figura 27- Separador dos elementos	75
Figura 28- enxofre recuperado no processo.	75
Figura 29 - Material retortado retornando às minas	77
Figura 30- Mina de extração de calcáreo	80
Figura 31- Vista da pilha de calcáreo	81
Figura 32 - Corte da pilha de calcáreo	81
Figura 33-Ttransporte do calcáreo	82
Figura 34- Ciclone	82
Figura 35 – Forno de clínquer	82
Figura 36 - Depósito de clínquer	83
Figura 37 - Depósito de gesso	83
Figura 38 – Escória do forno de clínquer	83
Figura 39 – Moinho de bolas	84
Figura 40- Silo de armazenamento	84
Figura 41 - Chama do forno de clínquer	84
Figura 42 - Carvão coque	84
Figura 43 - Maquinário para diluir o carvão coque	85
Figuras 44 e 45 - Usina de asfalto do município de Santos.	89
Figura 46 - Granulometria do pneu	89
Figura 47 - Corpos de prova.	89
Figura 48- simulador de tráfego	89
Figura 49 - Compactação de placas	89
Figura 50 - Local pavimentado com mistura pneu - asfalto	91

1. INTRODUÇÃO

1.1. Resíduo sólido pneu: Um breve histórico

Desde a descoberta da borracha natural pelos portugueses, quando chegaram ao continente Sul-americano, esta causou um grande fascínio devido às suas características de elasticidade, resistência à abrasão e ruptura e quase impermeável à água e aos gases (Fundação Cargill,1982), podendo assim ser utilizada em uma gama de produtos. A mistura da borracha natural ou borracha das Índias, como era chamada, com enxofre, foi desenvolvido por Nathaniel M. Hayward, que observou que a falta de elasticidade da borracha tratada acabava reduzindo as suas aplicações; tal fato fez com que ele perdesse o interesse pelo material. Mesmo assim, Charles Goodyear comprou e testou a mistura, ficando também frustrado com o seu uso limitado, porque os produtos de borracha derretiam com o calor, congelavam e quebravam com o frio e aderiam praticamente em tudo. Mas em 1839, quando Goodyear acidentalmente derramou um pouco de borracha natural misturada com enxofre no fogão quente, enquanto realizava testes para melhorá-la, ele observou que a borracha carbonizada tornou-se elástica e mesmo após o congelamento, as suas características permaneciam inalteradas. Assim, acabava de ser descoberto o processo de tratamento de borracha natural que mais tarde foi chamado de vulcanização, em homenagem ao deus grego “Vulcan”. Apesar de ser o descobridor do processo que revolucionou o uso da borracha no mundo, a indústria pneumática que leva o seu nome é apenas uma homenagem a Charles Goodyear, sendo que só após a sua morte sua esposa e filhos começaram a receber os royalties do processo.

O uso da borracha como parte integrante do pneu deve-se à percepção que a roda revestida com algum material acaba por ter maior durabilidade. Desde os tempos antigos verifica-se a prática do uso de materiais para revestir as rodas são muito usados. Tiras de couro eram usadas revestindo as rodas das carruagens de

Tutankámon (por volta de 1350 a.C.). Os Assírios utilizavam uma camada extra de madeira e os Celtas usavam uma proteção de metal. O termo “tire” – pneu em inglês (“tyre” no inglês britânico), é uma redução sofrida através dos tempos do termo “attire”, que significa “vestimenta” (Almeida, 2002).

Existe uma diferença básica entre pneumático e pneu, mas utiliza-se o termo pneu para designar os pneumáticos de modo geral. A diferença é que o pneumático é o pneu com a câmara de ar retida no seu interior. O primeiro inventor do pneumático é Robert W. Thompson (1822-1873), que utilizou um pneu com uma camada externa de couro e uma interna de tecido emborrachado formando uma câmara de ar. Mas a estrutura não obteve sucesso porque tinha menor resistência ao rolamento que os maciços tradicionais e Thompson partiu para inovações em outras áreas (Almeida, 2002).

John Boyd Dunlop (1840-1921) é considerado o segundo inventor do pneumático (Almeida, 2002). Ele utilizou borracha vulcanizada para encapar o aro metálico da bicicleta de seu filho, a fim de proporcionar-lhe maior conforto. Com a invenção Dunlop primeiramente dedicou-se à fabricação de pneus de bicicletas e triciclos, para depois fundar a indústria Dunlop de pneus, conhecida mundialmente. A partir daí, muitas indústrias de pneumáticos foram fundadas, aparecendo assim muitos melhoramentos na estrutura dos pneus. Charles Kingston Welsh foi o inventor do primeiro pneumático com talão de arame e Willian Barlett recebeu a patente do primeiro pneumático separável da roda, pois até então os pneumáticos eram fixados às rodas por meio de soluções à base de borracha. Em 1895, Edouard Michelin desenvolveu o primeiro pneumático automotivo, que passou a ser comercializado no ano seguinte (Almeida, 2002).

1.2. Composição e características dos pneus

Vários são os componentes dos pneus sendo estes constituídos basicamente pela carcaça, talões, banda de rodagem e flancos, como mostra a figura 1:

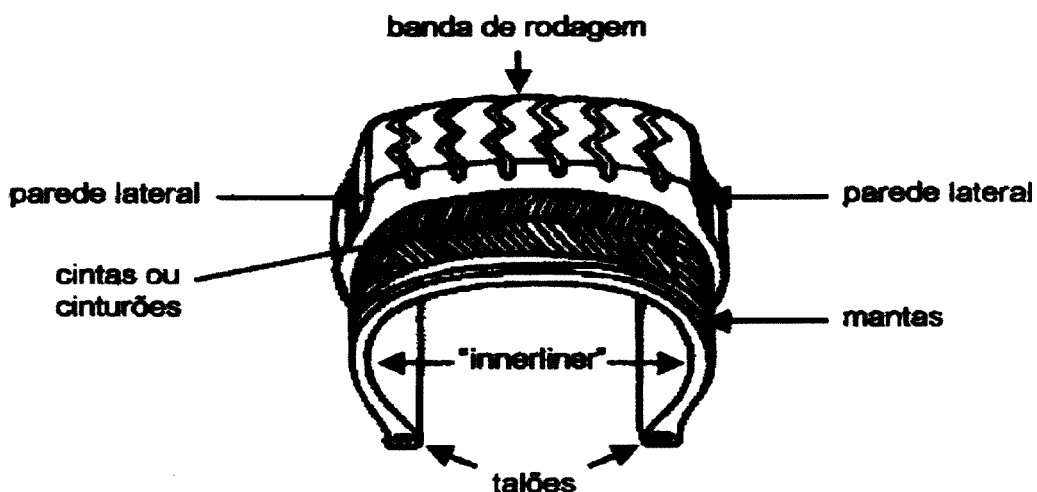
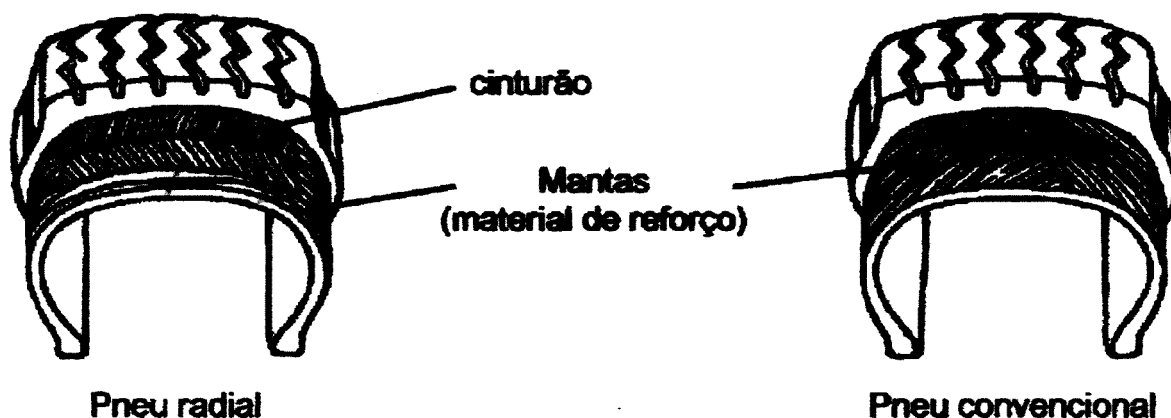


Figura 1- componentes básicos de um pneu automotivo.

Fonte: Almeida, 2002.

A carcaça é a parte resistente do pneu, sendo constituída por lonas de poliéster, nylon ou aço, que retém o ar sob pressão, suportando o peso total do veículo. Nos pneus radiais as cinturas complementam sua resistência. Os talões possuem internamente arames de aço de grande resistência, mantendo o pneu acoplado ao aro sem permitir vazamentos de ar. A banda de rodagem é a parte que entra diretamente em contato com o solo, sendo formada por um composto especial de borracha oferecendo grande resistência ao desgaste. Os desenhos em sua superfície oferecem desempenho e segurança ao veículo, sendo constituídos por partes cheias (biscoitos) e partes vazias (sulcos). Os flancos protegem a carcaça de lonas, sendo dotados de uma mistura especial de borracha com alto grau de flexibilidade (Pirelli, 2002).

Existem dois tipos de pneus, os radiais e os convencionais (figura 2). Os pneus radiais apresentam uma carcaça formada por uma ou mais lonas cujos cordões são dispostos de forma paralela e no sentido radial, sendo estabilizada pelas cinturas sob a banda de rodagem. Já os pneus convencionais, possuem uma carcaça formada por lonas têxteis cruzadas uma em relação à outra, no sentido diagonal (Pirelli, 2002).



Figuras 2- Diferenças estruturais entre o pneu radial e o pneu convencional.

Fonte: Almeida, 2002.

Os pneus radiais possuem uma maior flexibilidade e maior resistência, proporcionando ainda um menor consumo de combustível e maior quilometragem, pois há uma redução nos movimentos de retração e expansão da banda de rodagem, diminuindo o atrito com o solo e a resistência do rolamento (Goodyear, 2002).

A seguir estão listados mais detalhadamente os componentes dos pneus (TNRCC, 1999):

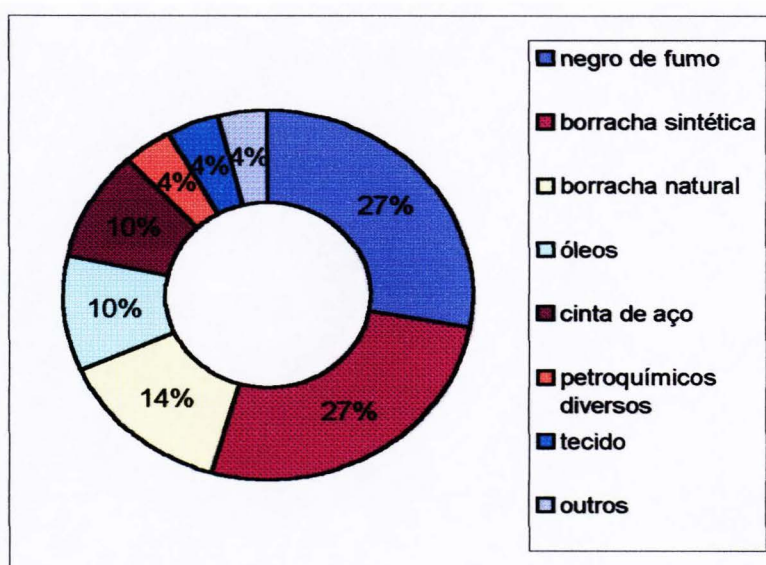
- Arames e malhas de aço;
- Lonas de náilon ou poliéster;

- Borracha natural e sintética (SBR – copolímero de estireno e butadieno);
- Substâncias químicas de reforço: negro de fumo, sílica, resinas;
- Substâncias antioxidantes;
- Aceleradores de cura, enxofre;
- Óleos e agentes promotores de adesão e flexibilidade.

A adição de negro de fumo (que é responsável pela cor dos pneus) às misturas de borrachas, conferem-lhe propriedades mecânicas que aumentam em dez vezes a sua resistência ao desgaste, ocupando assim um lugar de destaque na fabricação de pneus (Bertollo, 2002).

As porcentagens desses materiais em um pneu radial estão ilustradas na figura 3:

Figura 3- composição média de um pneu radial (ANIP, 2000).



Fonte: ANIP, 2000.

Um pneu de passeio típico (Goodyear P195/75R140) possui em média 10 kg, contendo aproximadamente (TNRCC, 1999):

- 2,5 kg de 30 diferentes tipos de borracha sintética;
- 2,0 kg de 8 diferentes tipos de borracha natural;
- 2,5 kg de 8 tipos de negro de fumo;
- 0,75 kg de aço para as cinturas;
- 0,5 kg de poliéster e náilon;
- 0,25 kg de arames de aço;
- 1,5 kg de 40 diferentes tipos de produtos químicos, óleos e pigmentos.

Estima-se que 0,03g de pó de borracha seja eliminado a cada quilômetro percorrido, devido ao desgaste provocado pelo contato da banda de rodagem com o pavimento e que ao final de sua vida útil, o pneu de passeio tenha em média 8,5 kg, contendo a mesma quantidade de aço e lona (Bertollo, 2002).

1.3. Classificação do resíduo sólido pneu

Para se classificar o pneu inservível dentro das classes existentes de resíduos sólidos, julgou-se necessário definir e classificar resíduo sólido.

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (ABNT, 1987) a definição para resíduos sólidos é a seguinte:

“Resíduos nos estados sólidos e semi-sólidos, que resultam das atividades da comunidade de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de

serviços de saúde e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento em corpos de água, ou exija para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível”.

Os resíduos sólidos produzidos pela população podem ser classificados considerando-se diferentes aspectos (IPT, 2000):

- De acordo com a natureza física: seco ou molhado;
- Composição química: matéria orgânica ou matéria inorgânica;
- Pelos riscos potenciais ao meio ambiente: perigosos: não-inertes e inertes (ABNT, 1987).

Levando-se em conta os riscos potenciais ao meio ambiente, por definição, os resíduos dividem-se em três classes (ABNT, 1987):

Classe I - resíduos perigosos: apresentam risco à saúde pública ou ao meio ambiente, caracterizando-se por possuir uma ou mais das seguintes propriedades: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade.

Classe II - resíduos não inertes: podem ter propriedades como: combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade, porém, não se enquadram como resíduo classe I ou III.

Classe III - resíduos inertes: não têm constituinte algum solubilizado em concentração superior ao padrão de potabilidade da água.

A definição completa dada pela ABNT para os resíduos da classe III - inertes, é a seguinte:

“Resíduos classe III - inertes são quaisquer resíduos que, quando amostrados de forma representativa, segundo a NBR 10007- Amostragem de resíduos, e submetidos a um contato estático ou dinâmico com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, conforme teste de solubilização, segundo (NBR 10006)- solubilização de resíduos não tiveram nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água, excetuando-se os padrões de aspecto, cor, turbidez e sabor. Como exemplo destes materiais, podem-se citar rochas, tijolos, vidros e certos plásticos e borrachas que não são decompostos prontamente”.

Com base nas definições acima, pode-se então classificar o pneu inservível como um resíduo sólido inerte, sendo ainda considerado um resíduo especial, devido a suas especificidades, necessitando de procedimentos especiais e diferenciados de tratamento.

1.4. PRODUÇÃO MUNDIAL E NACIONAL DE PNEUS NOVOS E INSERVÍVEIS

Atualmente, a indústria de borracha, em especial a pneumática, vem mostrando um crescimento, principalmente devido ao incremento da indústria automobilística. A partir da popularização da bicicleta, no século XIX e dos veículos motorizados no século XX, o uso da borracha foi impulsionado. Hoje se estima que o número de veículos no mundo é de cerca de 580 milhões e considera-se que cada veículo geralmente produz dois pneus inservíveis por ano. Isto quer dizer que a cada ano 1,16 bilhões de pneus inservíveis são descartados em todo o mundo (Maganha et al, 2000).

Em 1992 a produção mundial de pneus foi de cerca de 800 milhões de unidades, colocando os pneus como um dos produtos industriais de maior geração de resíduos (Ferrer, 1997). Pensando que cada carro de passeio leva em média de 30 a 40 Kg de borracha e aço na forma de pneu e que esse jogo será utilizada por volta de 3 a 4 anos, em toda a sua vida útil de 11 a 12 anos, cada carro utilizará 3 jogos de pneus e produzirá cerca de 10 kg de pneus usados por ano (Ferrer, 1997). Cada autor estima de forma diferente a geração de pneus inservíveis, variando de 2 a 3 anos a média de troca de todos os pneus de veículos de passeio.

Existem estimativas sobre a produção anual de pneus novos em alguns locais do mundo, como pode ser vista no quadro 1 a seguir:

Quadro 1 - Estimativas de produção mundial de pneus novos/ ano, 1999.

País	Milhões de pneus novos/ano
Estados Unidos	327
Europa Ocidental	200
Japão	140
Brasil	41

Fonte: ANIP, 2001

No Brasil, as produções de câmaras de ar e pneus para todos os seguimentos entre os anos de 1996 a 2000 encontram-se relacionados no quadro 2 a seguir.

Quadro 2- Produção de pneus e câmaras de ar no Brasil entre 1996 a 2000.

Categoria	1996	1997	1998	1999	2000
Caminhão e ônibus	3.324	3.785	3.794	4.650	5.140
Camioneta de carga	3.379	3.585	3.383	3.522	4.291
Carro de passeio	25.917	26.469	24.215	26.191	27.955
Máquina terraplanagem	99	118	111	86	97
Motocicleta	2.403	3.010	3.284	3.570	4.500
Motoneta	947	918	1.001	1.248	1.359
Trator agrícola (traseiro)	238	245	198	195	239
Trator agrícola (dianteiro)	208	259	269	241	300
Veículo industrial	1.512	1.525	1.603	1.582	1.869
TOTAL DE PNEUS	38.027	39.914	37.858	41.285	45.750
CÂMARAS DE AR	8.809	8.509	7.909	9.738	11.407

Fonte: GEIPOT, 2001.

No Estado de São Paulo a frota estimada de veículos no ano 2000 foi de 12.909.410 dividida em:

Quadro 3 - Frota de veículos no Estado de São Paulo no ano de 2000.

Tipo de veículo	Frota
Ciclomotor	140.636
Motoneta e Motocicleta	1.353.986
Triciclo e quadriciclo	752
Ônibus e microônibus	145.690
Reboque e semi-reboque	235.820
Caminhonete	52.596
Caminhão	510.964
Trator	64.848
Camioneta	1.102.453
Automóveis	9.301.665
TOTAL	12.909.410

Fonte: GEIPOT (2002)

O crescimento da indústria brasileira de pneus é claramente mostrado quando observamos os números totais da produção de cada ano de pneus novos e de câmaras de ar. Um dos fatores desse crescimento é devido ao crescimento da indústria automobilística e também à diminuição dos preços dos pneus novos. Todo o crescimento da indústria pneumática representa também o crescimento dos pneus inservíveis que irão ser descartados no final de cada ano, trazendo problemas ambientais e sanitários, que serão levantados no item 1.10.

Na Europa, até o final do século XX, estimou-se que 2,5 milhões de toneladas de pneus inservíveis foram gerados ao ano e na Austrália aproximadamente 17 milhões de pneus foram descartados por ano e que menos de um milhão foi reciclado (Maganha et al, 2000).

Devido à falta de espaço físico para disposição dos pneus inservíveis, os países desenvolvidos, os maiores produtores e consumidores, preocupam-se cada vez mais com a geração não só de pneus inservíveis, mas também de outros tipos de resíduos sólidos.

No quadro 4, apresentado a seguir são apresentadas estimativas das quantidades de pneus inservíveis gerados em alguns países:

Quadro 4 – Estimativa em peso da geração anual de pneus inservíveis em alguns países o mundo.

País	Geração de pneus inservíveis/ano
Alemanha	550.000 ton
França	350.000 ton
Reino Unido	290.000 ton
Itália	150.000 ton
Espanha	140.000 ton

Fonte: Maganha et al, 2000.

Nos Estados Unidos, maior consumidor do planeta, foram registrados os seguintes números, quanto à destinação dos pneus inservíveis, no ano de 1992:

Quadro 5 – Destinação dos pneus inservíveis nos Estados Unidos no ano de 1992.

Estados Unidos	Milhões/ ano
Descarte anual	285
Recauchutados	33
Revendidos (reutilizados)	22
Diferentes aplicações	42
Enviados para aterros ou dispostos	188

Fonte : Heitzman, 1992.

Segundo o CEMPRE, em 1999 os Estados Unidos possuíam um estoque de três bilhões de carcaças de pneus e em âmbito mundial estimou-se um estoque de seis bilhões de carcaças no mesmo ano. No Brasil, do total de 300 mil toneladas de carcaças, apenas 20% são de fato reciclados para a obtenção de borracha regenerada.

BERTOLLO et al (2002) levantou o volume de pneus descartados e estocados nas cidades de Araçatuba, Bauru, Botucatu, Campinas, Limeira, Piracicaba, Presidente Prudente, Ribeirão Preto, Santos, São José do Rio Preto, São Paulo e Sorocaba. De acordo com o autor, para realizar o levantamento não foram utilizados métodos estatísticos na definição da amostragem, sendo selecionadas cidades em quase todas as regiões do Estado de São Paulo, sendo estas consideradas importantes pólos industriais, de comércio, produção agrícola e agropecuária. As informações foram obtidas com as prefeituras dos municípios, em visitas técnicas para obter informações gerais sobre o aterro, volume de resíduos sólidos gerados e coleta/disposição dos pneus. Os resultados obtidos sobre coleta/disposição estão melhor detalhados no anexo IV.

Bertollo (Bertollo, 2002), em seu levantamento concluiu que a geração média anual “*per capita*” de pneus é de 0,14, resultando que aproximadamente 6 milhões de pneus são descartados anualmente no Estado de São Paulo. O mesmo autor suspeita que este número esteja subestimado, pois se encontra muito abaixo das médias de geração de outros países, provavelmente devido ao uso de vários artificios para a disposição clandestina e a falta de recursos para a coibição de tal prática (Bertollo, 2000). Essa suspeita pode ser baseada nos números apresentados no quadro 6 enfocam^o a geração anual de pneus e a correspondente geração “*per capita*” nos países da Comunidade Européia e o quadro 7 que informa a relação de habitantes por automóvel em vários países.

Quadro 6 - Geração anual de pneus nos países da Comunidade Européia.

País	Geração anual de pneus (t)	População (Hab)	Geração per capita anual de pneus
Áustria	50.000	8.045.800	0,58
Bélgica	70.000	10.143.000	0,65
Dinamarca	37.500	5.251.600	0,67
Finlândia	30.000	5.116.000	0,55
França	370.000	58.265.400	0,60
Alemanha	650.000	81.845.000	0,75
Grécia	58.500	10.474.600	0,53
Irlanda	32.000	3.591.200	0,84
Itália	350.000	57.330.500	0,57
Luxemburgo	2.750	412.800	0,63
Países Baixos	67.000	15.492.800	0,41
Portugal	52.000	9.920.800	0,49
Espanha	244.000	39.241.900	0,59
Suécia	60.000	8.737.500	0,65
Reino Unido	427.000	58.684.000	0,68
Total	2.500.750	372.552.900	

Fonte: UTWG,2001.

Quadro 7 – Número de habitantes por automóvel em alguns países, no ano de 1999.

País	Habitantes por automóvel
Estados Unidos	1,3
Austrália	1,5
Itália	1,6
Alemanha	1,8
França	1,8
Áustria	1,9
Reino Unido	1,9
Espanha	1,9
Bélgica	2,0
Suécia	2,1
Brasil	8,8
Estado de São Paulo	2,8

Fonte: Bertollo et al, 2002.

O índice de 0,14 pneus/habitante/ano encontrado por Bertollo poderia ser justificado baseando-se no fato de que a relação de habitantes/automóvel no Brasil é bem superior do que em outros países, como mostra o quadro 8. Mas o mesmo quadro mostra também que no Estado de São Paulo, onde estão 37,2% de toda a frota nacional de automóveis, essa média é de 2,8, um número próximo às médias de outros países. Como o levantamento de Bertollo foi realizado para se estimar a quantidade de pneus inservíveis existentes apenas no Estado de São Paulo, deve-se realmente suspeitar que o número encontrado está subestimado.

Em 2000 Costa et al (Costa, 2000) quantificaram o número de pneus descartados mensalmente na cidade de Londrina, através da aplicação de questionário em estabelecimentos que trabalham com consertos, vendas e recuperação de

pneumáticos estimando que cerca de 17.000 pneus são descartados por mês na cidade, sendo uma média de 204.000 por ano. Baseando-se na frota de veículos do município, têm-se 19.000 pneus descartados, um número muito próximo ao encontrado no trabalho de Costa et al.. A média calculada de descarte de pneus/habitante/ano é de 0,46, número muito próximo às médias dos países da Comunidade Européia.

1.5. Pneu inservível: reduzir, reutilizar e reciclar.

Em tempos de consumo exagerado muito incentivado pelos meios de comunicação, pensar em minimização de resíduos é um desafio. Locais para disposição final dos resíduos produzidos pelo homem estão cada vez mais escassos, havendo a necessidade de se repensar a cultura do consumo exagerado e colocarmos em prática o conceito de desenvolvimento sustentável.

O conceito dos 3 R's – reduzir, reutilizar e reciclar surge no meio de uma sociedade acostumada a consumir e a gerar resíduos, sem se preocupar com o destino dos mesmos, tão pouco com as condições em que viverão as gerações futuras. Hoje, felizmente os ambientalistas, estão conseguindo mudar essa postura, principalmente por meio de trabalhos de educação ambiental de modo a atingir principalmente a faixa mais jovem da população, que são mais acessíveis na absorção de informações, por estarem ainda em fase de formação de conceitos. Para se atingir a proposta dos 3 R's é necessário uma mudança na forma de consumo. Mas o que é reduzir, reutilizar e reciclar?

A redução seria a minimização do uso de matérias primas não renováveis e a minimização na geração de resíduos ainda no processo produtivo. No caso da indústria pneumática, o aumento da vida útil dos pneus e o aperfeiçoamento das técnicas de recauchutagem, são elementos essenciais para a minimização dos resíduos representados pelos pneus. Nos Estados Unidos estão sendo

comercializados pneus que duram cerca de 130.000 km, correspondendo muitas vezes à vida útil do automóvel. No transporte de cargas, existem pneus que duram cerca de 300.000 km, podendo estender o seu uso até 600.000 km, quando forem utilizadas técnicas corretas de recauchutagem (Bertollo, 2002).

Em países desenvolvidos, existem três aspectos abordados na minimização da geração de resíduos (Sisinno, 2000):

- A redução de resíduos nos processos industriais é desde a mudança nas matérias-primas, até a utilização de tecnologias mais limpas, onde as Normas Ambientais ISO 14.000 devem contribuir para a redução de resíduos sólidos industriais;

- Produtos que, após o consumo, no final da cadeia, gerem menos resíduos e/ ou resíduos menos agressivos ao meio ambiente. O novo conceito de “ciclo de vida” dos produtos, no qual os produtores, têm responsabilidade desde a utilização de matéria prima até a disposição final dos resíduos gerados;

- Estabelecimento de legislação sobre embalagens de produtos: a tendência é usar como base o conceito de responsabilidade do produtor (princípio do poluidor-pagador) sobre o impacto do seu produto¹.

A diminuição da produção de resíduos sólidos junto às fontes geradoras reduz também os custos do gerenciamento dos mesmos: da coleta, transporte, tratamento e disposição final, além da economia de água, energia e recursos naturais no processo produtivo. A redução é tão importante nas grandes empresas, como em nossas casas e comunidades, pois o custo com transporte, tratamento e disposição final dos resíduos é pago por todos.

¹ As embalagens dos produtos são resíduos da mesma grandeza do produto. No conceito poluidor-pagador, a empresa responsável pelo produto deve também dar destinação adequada às embalagens de seus produtos.

A reutilização é a utilização de todo material que ainda se presta para uso na sua forma original, sem sofrer transformações em processo produtivo. O reuso ou reutilização também proporciona economia de recursos despendidos à coleta, transporte e destinação final, assim como água e energia. A recauchutagem de pneus é uma forma de reutilização.

Muitos são os conceitos dados para reciclagem de resíduos. Segundo Calderoni (Calderoni, 1998), reciclagem designa o reprocessamento de materiais, permitindo novamente a sua utilização. Duston (1993) define reciclagem como um processo através do qual qualquer produto ou material que tenha servido para os propósitos a que se destinava e que tenha sido separado do lixo e reintroduzido no processo produtivo e transformado em um novo produto, seja igual ou semelhante ao anterior ou assumindo características diversas das iniciais.

Talvez as propriedades físicas dos pneus limitem e até desestimulem o seu uso nos processos de reciclagem, na concepção exata da palavra, mas suas propriedades químicas os levam à recuperação de energia (Maganha, 2000). Muitas são as formas para se reciclar pneus usados, como por exemplo: uso em asfalto, na forma de combustível em processos industriais, para extração de óleo, como matéria-prima na confecção de solados de sapatos e tapetes, etc...

A utilização de pneus inservíveis como combustível deve-se ao poder calorífico desse material, pois, quando comparado com o carvão, os pneus usados possuem, em média, maior poder calorífico, mais carbono, menos enxofre e menos umidade, como mostra o quadro 8, a seguir:

Quadro 8 – comparação entre a composição e o poder calorífico dos combustíveis pneu e carvão.

Combustível	Composição (percentual)							poder calorífico	
	C	H	O	N	S	Cinzas	Umidade	KJ/kg	Btu/lb
Pneus	83,87	7,09	2,17	0,24	1,23	4,78	0,62	36.023	15.500
Carvão	73,92	4,85	6,41	1,76	1,59	6,23	5,24	31.017	13.346

Fonte: Maganha, 2000

De acordo com quadro 8, os pneus possuem menos enxofre, emitindo menor quantidade de óxidos de enxofre, composto esse cuja emissão é controlada pelos órgãos ambientais. Por possuir menos umidade, sua queima é facilitada e a maior quantidade de carbono favorece a combustão.

Segundo Maganha (Maganha, 1999), o uso de pneus como combustível apresenta algumas vantagens tais como:

- Diminui a quantidade de combustíveis fósseis utilizados nos processos;
- Elimina resíduos que causam problemas à saúde, ambientais e estéticos;
- Otimiza a vida útil dos aterros;
- Reduz o consumo de combustíveis fósseis e ferro, ambos recursos não renováveis;
- Reduz alguns impactos associados à entrega e estocagem de combustíveis convencionais;
- Reduz os riscos à saúde pública.

Com as vantagens acima citadas, os pneus assumem outro papel dentro da cadeia produtiva, deixando de ser apenas um produto da indústria pneumática e passando a ser um resíduo reutilizável. Assim os pneus inservíveis deixam de ser

um problema para se tornar uma alternativa ecologicamente aceitável à redução do uso de recursos naturais não renováveis, promovendo assim o desenvolvimento sustentável.

1.6. Legislação

Em quase todos os países do mundo, resíduos de pneus constituem uma importante e problemática fonte de resíduos sólidos. O seu armazenamento e utilização tornaram-se um problema econômico e ecológico em escala mundial. Em vários países muito se tem feito para a regulamentação da coleta e uso dos pneus usados.

No Brasil, assim como em outros países, a legislação é instrumento fundamental para a adequada destinação dos pneus inservíveis, pois regulariza e padroniza a coleta, e em países como os Estados Unidos, a legislação determina locais de depósito e formas de utilização dos pneus, quando esses não são mais aptos para o seu uso automotivo. Devido a isso, deve ser elaborada cuidadosamente para a ser aplicada corretamente.

1.6.1. Legislação nos Estados Unidos

Muitos são os países que possuem leis que regulamentam a disposição e utilização dos pneus inservíveis, entre eles estão os Estados Unidos, que desde 1976, possui um programa de gerenciamento para organizar a coleta de pneus usados. Em 1992, quarenta e sete estados americanos haviam aprovado leis ou regulamentos para o gerenciamento desse material (EPA 1993).

Como exemplos de legislações estaduais, são citados no quadro 9, os programas dos estados de Illinois, Indiana, Michigan, Minnessota e Ohio.

Quadro 9 - destinação dos pneus inservíveis nos estados americanos de Illinois, Indiana, Michigan, Minnessota e Ohio.

Estado	Programa
Illinois	Possui programa de gerenciamento de pneus usados. Assistência financeira do governo local é dada para acabar com as pilhas de pneus, desenvolver mercado para produtos que usem pneus usados e controle de mosquitos. Desde 1989, a agência de proteção do meio ambiente de Illinois (IEPA) tem acabado por volta de um milhão de pneus usados em todo o estado.
Indiana	Uma lei pública estabeleceu em 1990 um Fundo de Gerenciamento para resíduos de pneus e uma Força-Tarefa, com representantes da indústria e governo com o objetivo de desenvolver mercado e guias de estocagem para pneus usados. O departamento de transporte, juntamente com a Universidade Estadual ficou responsável em estudar a viabilidade do uso de pneus inservíveis, assim como outros materiais, em projetos de construção de estradas.
Michigan	Estabeleceu regras para os lugares e transporte de pneus usados e criou um fundo regulador de pneus usados.
Minnesota	Foi o primeiro estado americano a proibir o depósito de pneus usados em pilhas. A Agência de Controle de Poluição de Minnesota conduziu um estudo do problema do acúmulo desse resíduo no estado e recomendar caminhos para a solução do problema.
Ohio	Estabeleceu um sistema de coleta, transporte, estocagem, facilidade de recuperação. Uma taxa na venda dos pneus é destinada a um fundo para a inspeção, limpeza dos locais de despejo dos pneus velhos, e pesquisa em alternativas de uso e tecnologia de reciclagem de pneus velhos e empréstimos para estabelecer a reciclagem desses pneus e facilidades de recuperação.

Fonte: EPA, 1993

O cinco estados citados possui leis que além de regularizar a coleta dos pneus inservíveis, investem de alguma forma em pesquisa, na tentativa de encontrar soluções adequadas para a destinação desse resíduo. Além deles, outros estados americanos também possuem leis de destinação dos pneus usados, sendo que 33 (trinta e três) baniram a disposição de pneus inservíveis a céu aberto e por volta de 30 (trinta) estados possuem um “fundo de disposição”, cobrado sobre os pneus

descartados. Este fundo é utilizado para o gerenciamento desse resíduo e muitas vezes, também financia pesquisa e desenvolve mercados para reciclagem de pneus inservíveis (EPA, 2002).

Com apoio na legislação, o panorama nos Estados Unidos a respeito dos pneus usados é o seguinte (RMA, 2002):

- 38 estados baniram pneus inteiros dos aterros sanitários;
- 35 estados aceitam colocar pneus picados nos aterros sanitários;
- 11 estados baniram todos os pneus dos aterros;
- 17 estados aceitam pneus processados para coloca-los em depósitos específicos;
- 08 estados não possuem nenhuma restrição em colocar pneus em aterros sanitários.

Assim como nos Estados Unidos, Japão e Coréia possuem em sua legislação regulamentos para a estocagem, processamento, transporte e disposição dos pneus inservíveis.

1.6.2. Legislação Européia

A disposição de resíduos na Europa consiste em um grave problema como em qualquer outra parte do mundo. Devido ao tamanho do continente europeu, a falta de locais para a disposição dos resíduos sólidos produzidos pela população é evidente, sendo que a reutilização e reciclagem de resíduos são importantes ferramentas para a solução desses problemas. Hoje, o continente europeu produz cerca de 2000 milhões de toneladas de resíduos por ano, sendo que mais de 40 milhões de toneladas desses resíduos são classificados como perigosos. Em 1975,

quando foi exigido aos países membros da Comunidade Europeia um plano de gestão de resíduos, mas após todos esses anos, percebe-se que pouco foi feito nesse sentido, pois a população continua produzindo cerca de 1 kg de resíduo/habitante/dia (CE, 2000).

A União Europeia entende que quem deve arcar com as despesas de destinação dos resíduos, são os seus produtores e detentores. Por isso a gestão de resíduos na Comunidade Europeia baseia-se em princípios bem definidos:

- Princípio da prevenção: é necessário minimizar e prevenir, sempre que possível, a produção de resíduos;
- Responsabilidade do produtor e princípio do poluidor-pagador: quem produz os resíduos ou polui o ambiente deve pagar a totalidade dos custos das suas ações;
- Princípio da precaução: é necessário prever potenciais problemas;
- Princípio da proximidade: os resíduos devem ser eliminados o mais próximo possível do local onde são produzidos.

A União Europeia estabelece ainda uma hierarquia preferencial das operações de gestão dos resíduos para concretizar a estratégia geral referente aos resíduos:

1. Prevenção de resíduos;
2. Reciclagem e reutilização;
3. Otimização da eliminação final e melhoria da monitorização.

A questão da destinação e uso dos pneus inservíveis ainda não está definida pela legislação da União Europeia, mas foi elaborada uma Diretiva a fim de regularizar a disposição dos pneus usados nos aterros sanitários. A Diretiva 1999/31/EC de 26 de abril de 1999, em seu artigo 5 (3)(d) determinou que os

pneus inteiros não podem ser mais aceitos nos aterros sanitários, assim como pneus picados devem ser banidos a partir de 5 anos da publicação do artigo 18(1), estando excluídos esse artigo os pneus usados que serão utilizados como material de engenharia (assim como os pneus de bicicleta e pneus com diâmetro acima de 1400 mm). O artigo 18(1), prevê um período de 2 anos para o início do cumprimento da Diretiva a partir de sua publicação, sendo que o prazo foi esgotado em julho de 2001 (CE,2000).

Em agosto de 2001, o Departamento Rural, Meio Ambiente e Alimentos (DEFRA), publicou um complemento para a Diretiva de aterros, incluindo algumas regras para terminar com algumas dúvidas sobre a disposição dos pneus usados. O quadro 10 mostra o tipo de resíduo pneu e o prazo para cumprir a Diretiva:

Quadro 10 - Prazos para banir pneus inservíveis na Comunidade Européia.

Resíduo	Prazo para não aceitação nos aterros
Pneus usados inteiros	16 de julho de 2003
Pneus usados picados	16 de julho de 2006

Fonte: CE, 2000.

1.8.3. Legislação no Brasil

Desde janeiro de 2002, as indústrias de pneus e importadoras de pneus novos e usados, estão sendo obrigadas a dar destinação final aos pneus inservíveis 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 pneu 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 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.(...).*

Desde a sua aprovação e publicação no Diário Oficial da União, a Resolução tem recebido muitas críticas por não esclarecer alguns procedimentos nela contida, como por exemplo, o artigo 10:

“Os fabricantes e 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”.

O armazenamento temporário é uma prática que já é utilizada por algumas prefeituras, como, por exemplo, do município de Sorocaba – SP, que armazena

pneus em dois galpões da Prefeitura (Bertollo, 2002). Existe a necessidade de estabelecer prazos de armazenamento, para que o temporário não se transforme muitas vezes em definitivo, deixando os pneus usados por longos períodos em estoque, tornando-se locais que possam ameaçar a saúde pública.

Ainda no artigo 10, quando se diz: “*destinação final ambientalmente segura e adequada*”, não é definida o que seria uma destinação final adequada. Podendo ter uma interpretação errônea devido aos diferentes pontos de vista de cada parte envolvida.

Para esclarecer alguns pontos que ainda levantavam dúvidas de interpretação na Resolução nº 258 do CONAMA, foi publicada a Instrução Normativa nº 08 do IBAMA, de 15 de maio de 2002, definindo em seu texto o conceito a ser utilizado para destinação ambientalmente adequada em seu artigo 1º, parágrafo único, item c:

“Destinação ambientalmente adequada de pneus 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.”

Como vemos, a legislação brasileira exige dos responsáveis a destinação correta para os pneus inservíveis. Esse já é um primeiro passo para a solução da disposição inadequada, mas o governo deve dar instrumentos para tentar minimizar esse problema em longo prazo, onde tais instrumentos são os incentivos para o mercado da reciclagem, investindo, assim como em outros países, em pesquisa para reciclagem de pneus usados.

A formulação de uma política de gestão dos resíduos sólidos produzidos pela população deve ser implantada a nível federal para tentar minimizar esse problema. Hoje, tramitam na Câmara dos Deputados nove projetos que tratam de uma Política Nacional de Gestão de Resíduos. Entre eles, o projeto de lei nº 3.029/97, que propõe a criação do sistema nacional de resíduos sólidos, possui uma abordagem mais adequada sobre o tema. Em seu texto, o projeto propõe a contribuição da sociedade no tocante aos sistemas de tratamento e disposição final dos resíduos sólidos, tanto domésticos como industriais, estabelecendo os seguintes princípios para gestão de resíduos sólidos:

- Princípio do berço ao túmulo: o setor produtivo será responsável pelo seu produto até o fim do seu ciclo de vida útil;
- Princípio da responsabilidade: o setor produtivo será responsável pelo custo de coleta e destinação final dos resíduos sólidos ditos recicláveis;
- Princípio da co - responsabilidade: o gerador do resíduo será responsável pela qualidade do resíduo sólido gerado na sua cadeia produtiva, sendo esta responsabilidade dividida com a empresa que prestar o serviço de tratamento e disposição final;
- Princípio do direito de saber do cidadão: a população terá o direito de saber o tipo de resíduo gerado no processo produtivo, assim com as formas para o seu tratamento;
- Princípio dos três erres: reduzir, reutilizar e reciclar os resíduos sólidos domésticos, hospitalares e industriais.

Além da importância das leis e resoluções aprovadas pelo governo, deixando a cargo dos fabricantes e responsáveis a responsabilidade pela coleta dos pneus usados, a população é a outra ponta importante desse triângulo, pois deve colaborar na coleta dos pneus, deixando-os nos postos de coleta, ao invés de

abandona-los em locais inadequados, como terrenos baldios, beira de corpos d'águas, ou mesmo acumulando-os em casa.

No triângulo da coleta dos pneus usados, o Estado no ápice lhe concede maior importância, pois apesar das três pontas terem a mesma importância para a efetivação da coleta, o Estado tem papel fundamental na busca de soluções, incentivando a população a participar dos programas propostos, assim como agente fiscalizador no que diz respeito ao cumprimento da legislação.



Figura 4- Colaboradores para o sistema de coleta de pneus usados.

Municípios como Campinas-SP através da lei nº 10.289 de 20 de outubro de 1999 e Vitória-ES na lei nº 2.847 de 28 de julho de 1981, assim como o Estado do Paraná, lei nº 12493 de 22 de janeiro de 1999, prevêem em sua legislação medidas para a coleta e correto armazenamento de pneus usados. Essa iniciativa dos municípios se mostra válida, faltando somente tornar pública a lei para coleta de pneus inservíveis, para torna-la uma prática regular nos municípios.

1.7. Importação de pneus

O ramo da importação de carcaças de pneus gera muita polêmica na questão ambiental, pois tem - se a imagem de que o Brasil recebe o "lixo" de outros países, que se livram do seu passivo ambiental, exportando seus pneus inservíveis

para países em que a legislação é menos rigorosa. A chamada “guerra dos pneus” é uma discussão entre os importadores de pneus usados e as indústrias produtoras de pneus no país. Isto teve início quando foram abertas as importações no ano de 1990, permitindo a entrada de pneus usados ou meia-vida no país, a um custo mais baixo que os pneus novos aqui vendidos. Com a justificativa de que os pneus usados no Brasil, após o término de sua vida útil não servem para a reforma, devido às condições em que estes são trocados, apesar da proibição da importação desse material ser proibida, a ABIP - Associação das Indústrias de Pneus Remoldados, através de mandatos de segurança, ainda consegue importar pneus usados de outros países.

A importação das carcaças de pneus tem como o destino o mercado de reforma e posterior uso por frotas de táxis no Estado do Paraná. Segundo a Associação, os pneus remoldados têm a durabilidade entre 30.000 a 80.000 km e chega a ser 30% mais barato que pneus novos. A ABIP detêm menos de 2% de todo o mercado nacional de venda de pneus, colocando no mercado cerca 50 mil pneus remoldados por mês, tendo como objetivo até 2008 chegar a marca de 100 mil pneus remoldados/ mês.

Vários são os Projetos de Lei, Portarias, Decretos e Resoluções que se referem à importação de pneumáticos usados, sendo que atualmente, através da Portaria Interministerial no 03, de 12/09/95, que proíbe a importação de bens de consumo usados e a Resolução do CONAMA 23/96 e o Decreto 3919/2001, que estabelece multas para quem importa e comercializa pneus usados, está proibida a importação de carcaças de pneus. Mas esse comércio continua sendo realizado através de liminares e mandatos de segurança.

A ABIP desenvolve um projeto, juntamente com o Governo do Estado do Paraná, chamado Paraná Rodando Limpo, onde ela se propõe a incentivar a coleta de pneus inservíveis, através do pagamento por esse resíduo. A associação paga R\$ 0,70 por cada pneu inservível de passeio e R\$ 1,20 para cada pneu de carga ⁽²⁾.

Com isso os pneus inservíveis estão se tornando um resíduo valioso, a exemplo das latas de alumínio. Os carroceiros que antes recolhiam papelão, alumínio e vidro, entre outras coisas, estão recolhendo também pneus inservíveis, que remuneram melhor que esses outros materiais. Os pneus coletados são enviados para a Petrobrás – SIX que processa o material junto com o xisto betuminoso para extração de óleo e gás.

1.8. Alternativas para uso dos pneus inservíveis

²Existem hoje várias alternativas para utilização de pneus inservíveis, desde a utilização de pneus como vasos até processos que envolvem tecnologias de ponta para a eliminação de grandes quantidades de pneus usados. De acordo com a EPA (EPA, 1987), são três as possibilidades de utilização dos pneus usados:

1. Aplicação física;
2. Extração de energia;
3. Aplicação química.

1.8.1. Aplicação física

A aplicação física dos pneus inservíveis é quando esse resíduo não sofre alterações na sua composição através de processos químicos, sendo utilizado na sua forma original ou retalhado. Os pneus inservíveis, quando utilizados inteiros podem ser empregados como:

- Recifes artificiais;
- Barreiras no mar;
- Taludes de contenção;
- Material de pesca.

² Valores praticados em novembro de 2002.

No Japão, Austrália, Nova Zelândia e Estados Unidos pneus são usados nas águas costeiras para criar recifes artificiais. Esses recifes servem como abrigo para peixes e contribuem para melhorar a circulação da água (EPA, 1987). Dependendo das condições climáticas, esses recifes são rapidamente povoados por crustáceos, atraindo muitos tipos de peixes (Blumenthal, 1987).

No Brasil a utilização de pneus como recifes artificiais foram utilizados no Estado do Rio Grande do Norte, onde cerca de 9.070 pneus foram colocados no mar com o objetivo de recuperar a flora marinha e aumentar o potencial pesqueiro. Mas OLIVEIRA et al. (2000) alerta que uma ação descuidada, sem suporte técnico e sem a conscientização dos pescadores, pode levar a transformar o mar em “depósito de carcaças de pneus”. Além disso deve ser analisado o comportamento desse resíduo quando submetido à ação de águas salinas por longo tempo, necessitando de constante monitoramento.

A utilização de pneus usados com barreiras no mar tem sido utilizadas com sucesso para proteger baías, portos e marinas (Blumenthal, 1987). Cientistas do Centro de Pesquisa Naval dos Estados Unidos, em cooperação com a Goodyear, têm estudado o emprego de pneus usados em quebra mar para reduzir a erosão das costas. Mais de 19 barreiras feitas de pneus têm sido colocadas ao longo de 1600 km da costa do Atlântico, o que mostrou ser uma fonte de proteção, absorvendo 80% da força das ondas de 1-1,3 m de altura. O custo desta construção é de 0,1 % dos métodos convencionais de proteção costeira (EPA,1987).

A utilização de pneus inservíveis nos Estados Unidos, como taludes de contenção, teve bons resultados, sendo mais barato que a forma tradicional de construção de taludes e resolvendo também problema da disposição inadequada dos pneus inservíveis (Blumenthal,1987).

No Brasil, um grupo do Rio de Janeiro, da Pontifícia Universidade Católica - PUC construiu um muro experimental de 60m de comprimento por 4m de altura, com camadas horizontais de pneus inteiros ou cortados (corta-se a banda lateral do pneu para facilitar o preenchimento com terra) amarrados com arame ou corda, e preenchidos com solo compactado (Medeiros et al, 2000).



Figura 5- amarração dos pneus

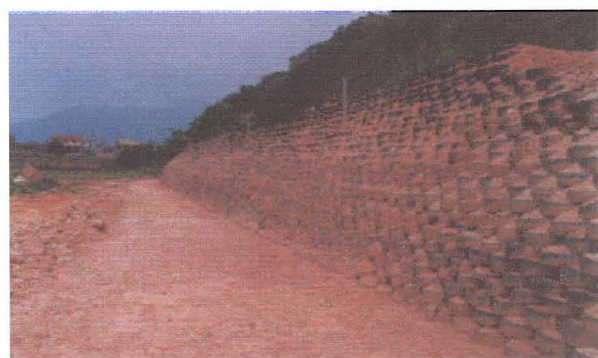


Figura 6- muro de pneus pronto

Fonte: Medeiros et al, 2000

Testes de resistência e deformidade forma realizados pelos pesquisadores, que concluíram que a utilização de pneus usados para a construção de muros de arrimo se mostrou altamente favorável do ponto de vista do comportamento mecânico da contenção. De acordo com o trabalho, essa alternativa é técnica e economicamente viável, pois utiliza quantidade substancial de pneus (Medeiros et al, 2000).

Outra forma de aplicação física é a utilização de pneus moídos na capa asfáltica. No Canadá, tem sido usada a técnica para utilização de pneus na forma prensada como um adicional na cobertura de asfalto nas cidades. A borracha prensada torna a superfície do asfalto muito mais resistente e durável. O processo é econômico porque é usado o equipamento convencional de construção de estradas (EPA, 1987).

Experiências internacionais mostram que a utilização de grânulos misturados ao betume, na proporção de 8-10% de borracha e 90-92% de betume, apresenta uma resistência a temperatura de 10-12°C a mais que o betume sozinho. Essa mistura também apresenta maior resistência a baixas temperaturas. A alta resistência aos impactos da camada de borracha-betume a baixas temperaturas e sua adesão nas camadas inferiores faz com que não apresente rachaduras nas superfícies das estradas, antes de 10 anos. Do ponto de vista econômico, o aumento da longevidade do piso compensa o aumento do custo para a confecção do mesmo (EPA, 1987).

Nos Estados Unidos a mistura borracha-betume é recomendada na construção de:

- Estradas urbanas;
- Estradas montanhosas;
- Estradas em áreas com oscilação de temperatura;
- Aeroportos e pontes;
- Estradas de tráfico de caminhões pesados (para redução dos ruídos);
- estradas próximas a hospitais (minimização do barulho e vibração).

No estado da Califórnia, 25 estradas foram pavimentadas com 1,7 milhão de pneus inservíveis. Vale notar que é nos estados do sul dos Estados Unidos, cujo clima é parecido com o clima do Brasil, onde se observam as vantagens da elasticidade no uso de asfalto modificado com borracha (EPA, 1987).

No Brasil a utilização de borracha na pavimentação asfáltica ainda não é uma prática comum, mas pesquisas estão sendo desenvolvidas para a utilização desse processo.

1.8.2. Extração de energia

A utilização de resíduos sólidos como fonte de energia é prática usual em muitos países. Os Estados Unidos co-processa cerca de 1,2 milhões de t/ano de resíduo como combustível alternativo, representando 19% do total de energia consumida para a fabricação do cimento. Na França, a indústria utiliza cerca de 400.000 t/ano e na Alemanha 464.000 t/ano, representando 42 e 12% do consumo de energia térmica respectivamente. O Japão, através de um programa de cooperação ambiental entre o governo e a indústria cimenteira, reaproveitou cerca de 27 milhões de toneladas de resíduo utilizados como combustível alternativo (Kihara, 1998).

Para a extração de energia os pneus são utilizados como combustível em outros processos, devido ao seu poder calorífico que é 33,6 MJ/kg, sendo maior que do carvão mineral (25,2- 29,4 MJ/kg) e do combustível líquido (54,6-58,8 MJ/kg). Este alto poder calorífico incentiva sua utilização como combustível em processos de incineração, economizando recursos naturais como o carvão e o petróleo. O calor produzido pode ser utilizado nas indústrias de aço e de cimento (EPA, 1987).

A indústria de cimento é uma das atividades de maior consumo de energia. Fornos clínquer requerem altas temperaturas (1800°C) e a energia consumida está entre 800 a 1.200 unidades de calor por tonelada de clínquer, dependendo da tecnologia utilizada. Por exemplo, indústrias de cimento com capacidades entre 500.000 e 1.000.000 de toneladas por ano tem um consumo anual entre 60.000 a 80.000 ton de calor (EPA, 1987).

A aplicação de pneus usados como combustível para produção de cimento na indústria de cimento em Beremend, na Hungria, mostrou em 1984 que dois fornos da fábrica que consumiram 20.000 toneladas por ano de pneus usados,

resultaram em uma economia anual de 10.000 toneladas de óleo combustível (EPA, 1987).

No Japão e Coréia a utilização de pneus usados como combustível é muito desejada. Em 1992, 37% dos pneus descartados no Japão foram utilizados como combustível em cimenteiras, fornalhas de fundição e fábricas de papel.

1.8.3. Aplicação química

Na aplicação química, a destruição térmica ou pirólise de resíduos de pneus tem recebido grande atenção devido aos seguintes motivos:

- O processo pode ser auto-suficiente, pois parte dos gases e líquidos produzidos servem como combustível;
- É necessário pouco investimento, pois o processo emprega baixas temperaturas, opera sem ar e não produz grandes quantidades de gases combustíveis que requerem complicadas purificações;
 - O líquido e o sólido produzidos podem ser facilmente transportados ou estocados, pois não precisa ser usado imediatamente;

A pirólise é um processo de quebra das ligações químicas das cadeias orgânicas pelo calor, sendo também conhecida como destilação destrutiva (Caponero, 2000). Existem muitas possibilidades em sua execução, dependendo dos produtos a serem obtidos, sendo eles tipicamente o carvão, gás, óleo e aço. Esse processo pode ser basicamente de quatro tipos (Caponero,2000):

- Inerte, na qual a atmosfera do reator é formada por gases que não participam das reações de pirólise;

- Oxidante, onde o vapor ou o oxigênio é injetado e a combustão de uma parte do material ocorre sob condições sub-estequiométricas;
- Redutor, onde o hidrogênio é introduzido a fim de se obter uma atmosfera redutora e hidrogenar o material, produzindo gás sulfídrico e conseqüentemente diminuindo o teor de enxofre dos subprodutos obtidos;
- Vácuo, que minimiza as reações secundárias como rompimento das cadeias devido à temperatura, a re-polimerização e reações de condensação, colisão gasosa, reações de rompimento catalítico e redução e oxidação. Isso resulta em maior produção de óleo com determinadas características.

Os produtos básicos da pirólise de resíduos de borracha aparecem nas seguintes proporções:

• Óleo da pirólise	45-50 %
• Carbono preto	25-30%
• Resíduos de metal	5-6%
• Gases	15-25%.

O óleo de pirólise pode ser utilizado como combustível, o carbono preto pode ser usado como lápis de carvão ou como combustível de caldeira. Pode também ser purificado e usado como filtro na indústria de borracha ou como absorvente na indústria química. O gás fracionado produzido pela pirólise de resíduos de borracha é similar em qualidade aos gases naturais. Uma parte do gás pode ser usada na manutenção do processo de pirólise e uma parte é queimada em fornos de produção de aço.

Outra forma de aplicação química é a Despolimerização (processo UTC –IFP) é um processo inventado pela Compiègne University of Technology (UTC) e

desenvolvido pelo Institut Français du Pétrole (IFP), em associação com a Michelin.

O princípio constitui-se na despolimerização da borracha em contato com o mineral xisto a uma temperatura de 400°C. No final de 8 horas do ciclo, um hidrocarboneto é obtido, similar ao óleo extraído do xisto, onde por volta de 600 litros de óleo extraído do mineral xisto são necessários para processar cerca de 200 quilos de pneus, obtendo por volta de 800 litros de óleo.

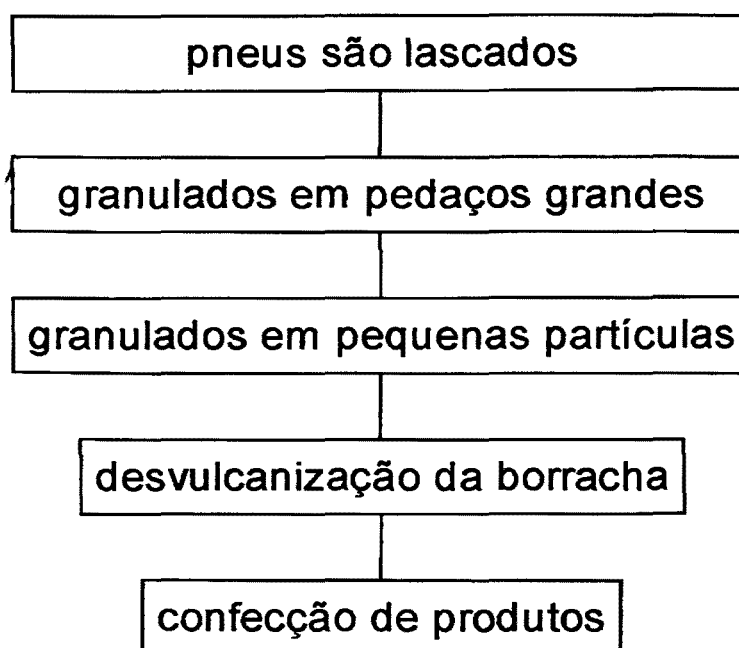
Este processo está sendo utilizado no Brasil pela Petrobrás, em São Miguel do Sul, em conjunto com a Associação Brasileira de Importadores de Pneus (ABIP), no qual previsões iniciais dão conta que a Petrobrás poderá, em tese, processar aproximadamente cerca de 140 mil ton/de pneus/ano de pneus inservíveis.

Outra forma de aproveitamento de pneus usados é o processo de desvulcanização da borracha. Esse processo requer primeiramente a separação do metal da borracha a ser utilizada. A dificuldade encontrada no processo é devido à grande quantidade de aço existente nos pneus radiais, dificultando assim, a separação do aço da borracha. Atualmente, apesar do custo elevado a tendência é a utilização de pneus radiais nos veículos. Cerca de 97% dos pneus existentes no mercado de pneus de automóveis de passeio são radiais, contando também com uma participação expressiva de 45% do mercado de caminhões e ônibus (BNDES, 1998). A colocação de aço nos pneus foi necessária para aumentar a resistência dos mesmos, mas devido a isso tornou-se difícil sua separação para a reciclagem. Por esse motivo a queima de pneus velhos em indústrias de pneus tornou-se uma boa alternativa, pois não é preciso fazer a separação.

Em São Paulo, a empresa Borcol utiliza o processo de desvulcanização da borracha para regenera-la e utilizá-la como matéria prima de seus produtos: tapetes automotivos, paletes de borracha para substituição aos paletes de madeira,

luminosos de chão de estrada, tapetes residenciais, forros de carros e caminhões, entre outros. O processo utiliza a borracha da lateral dos pneus, os quais podem ser novos ou inservíveis, pois o seu estado de conservação não interfere na quantidade de borracha existente nessa parte do pneu, o qual não entra em contato com o solo, não havendo atrito, portanto não há desgaste.

As etapas do processo de separação são as seguintes:



A desvulcanização consiste em um processo que se adiciona elementos à borracha em pó, para que esta volte a ter características similares a da borracha natural. Os elementos principais para esse processo são o oxigênio, o calor e a força mecânica. As quantidades desses elementos definem o custo e a qualidade do produto final.

Este é um método que utiliza parte do pneu inservível (as laterais), o qual poderia ser utilizado para reciclar pneus usados. Mas essa a empresa enfrenta alguns problemas com o órgão estadual de meio ambiente do município de Sorocaba, município em que se encontra instalada a fábrica da Borcol. A empresa possui

um depósito ao ar livre de aproximadamente 600 toneladas de pneus inservíveis e novos refugados pelas indústrias por estarem fora dos padrões de qualidade (figura 7). Além dessa quantia, todo mês a empresa recebe 50 toneladas de pneus inservíveis da prefeitura do município.



Figura 7 - Depósito de pneus da empresa Borcol no município de Sorocaba.

A quantidade de pneus acumulados no pátio da indústria oferece riscos sanitários e ambientais, representando um local para a proliferação de mosquitos vetores de doenças. Por isso, foi dado a empresa um prazo de 3 anos, a contar do ano de 2002, para eliminar todo o passivo de pneus acumulado, sendo que nesse período a empresa somente poderá continuar recebendo os pneus provenientes do serviço de limpeza urbana da prefeitura municipal para serem processados. Após o cumprimento dessa determinação serão então discutidas as diretrizes a serem tomadas pela indústria.

No Japão o maior emprego dos pneus usados é para a obtenção de energia, seguido pela Coreia e Estados Unidos, que também destinam pneus inservíveis para recuperação energética. A porcentagem de pneus descartados usados como combustível é mais que o dobro do que se usa na Coreia, onde 75% dos pneus reciclados são usados para controle de erosão na construção civil. Entre os pneus

reformados, os pneus de caminhões são a forma mais comum de reforma utilizada nos Estados Unidos (Jang, 1998).

A reforma de pneus é uma prática muito comum no Brasil, para se reutilizar pneus de cargas, existindo três formas de realizar a reforma:

- A recapagem, que troca apenas a banda de rodagem do pneu;
- A recauchutagem, que troca a banda de “ombro à ombro”, ou seja, toda a parte de contato com o solo se estendendo até a dobra do pneu;
- A remoldagem, que troca de talão à talão, permanecendo apenas a estrutura do pneu.

A forma mais comum utilizada no país é a recauchutagem, aplicada praticamente apenas nos pneus de carga.

1.9. Indicadores utilizados para controle de qualidade dos processos

Nos processos selecionados, alguns parâmetros para a avaliação de desempenho foram utilizados, sendo estes apresentados a seguir:

1.9.1. Reforma de pneus

Todo o procedimento de reforma de pneus é regulamentado pela portaria nº 133, de 27 de setembro de 2001, do Instituto de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – INMETRO (INMETRO, 2001), que determina a realização de vários testes a fim de comprovar a qualidade do pneu reformado. São testados:

- A resistência do pneu, onde são avaliadas as seguintes falhas: separação da banda de rodagem, separação das lonas, separação dos cordonéis, separação do flanco, separação do talão, rachaduras, emendas abertas, arrancamento ou cordonéis partidos.
- Velocidade sob carga: observa-se o comportamento do pneu quando submetido às diferentes velocidades com diferentes cargas.

Além desses testes alguns requisitos devem ser seguidos para reaproveitar pneus para reforma. São eles:

- O número máximo de consertos e reparos no pneu de passeio é de 1 reforma e para pneus de carga de até 3 reformas.
- Não devem ser submetidos à reforma pneus com data de fabricação superior à 7 anos.
- Os pneus reformados devem trazer a indicação de reformados, recapados ou remoldados, juntamente com o nome do reformador e a data da reforma.

1.9.2. Pirólise

Apesar de ser comum tratar a pirólise como queima de pneus, essa é uma maneira errônea de conceituar tal processo. Na pirólise não há a combustão, ocorrendo uma destilação destrutiva, ou seja, o material é fracionado com a ação de baixa temperatura, e este fracionamento facilita a extração dos materiais que se deseja, diferentemente da queima, onde pela ação de altas temperaturas, os elementos são total ou parcialmente destruídos, tendo como resultado cinzas e emissões líquidas e gasosas. Na pirólise, as emissões resultantes do emprego de pneus usados juntamente com o xisto, não são diferentes em qualidade da pirólise do mineral xisto somente.

Segundo Novicki et al., o rendimento qualitativo e quantitativo de produtos de pirólise é função da natureza e qualidade da carga a ser pirolisada e principalmente da temperatura de retortagem. Na Petrobrás/SIX - Laboratório foram realizados testes de retortagem, Os resultados apresentados a seguir são todos baseados nos estudos realizados pela Petrobrás – SIX, que concordam com a literatura já existente sobre o assunto.

De acordo com os técnicos, o rendimento da pirólise de pneus foi avaliado indiretamente uma vez que o óleo e o gás produzidos se apresentam intrinsecamente misturados ao óleo e gás de xisto. O óleo de pirólise, resultante nestas condições, é produzido sob baixa temperatura, o que permite garantir o seu alto padrão de qualidade.

Os produtos gerado a partir da adição de 5% de pneus picados, sob a corrente do xisto a ser retortado, foram avaliados em meados de maio de 1999 pela própria Petrobrás/SIX, sob aspectos químicos e operacionais, sendo que os resultados obtidos da análise do óleo de pirólise de xisto e pneu serão apresentados a seguir.

O óleo de pirólise, gerado a baixa temperatura, é constituído de cerca de 20% em peso de óleo puro de pneu e é aromático com ligeiro odor queimado apresentando um poder calorífico de superior de 10.262 kcal/kg. As outras propriedades seguem n quadro 11 e se referem ao óleo de pneu puro (Novicki etal, 1999):

Quadro 11- Composição elementar típica do óleo de pneu.

COMPOSIÇÃO ELEMENTAR	% EM MASSA
Carbono	82,73
Hidrogênio	10,84
Enxofre	1,70
Nitrogênio	0,40
Oxigênio	4,33

Fonte: Novicki et al, 1999

Quadro 12- Rendimento em produtos a partir da destilação fracionada

Rendimento	% em volume
Nafta pesada	38
Querosene	17
Óleo diesel	19
Carga para craqueamento catalítico	26

Fonte: Novicki et al, 1999

A aplicabilidade comercial recomendada imediata deste óleo é como óleo combustível convencional e suas misturas. Testes de queima em combustor convencional, do óleo de pirólise de pneus e xisto foram conduzidos na SIX, em unidade Protótipo de Combustão, para avaliação da qualidade das emissões. Os resultados gerados indicaram não haver diferenças significativas entre as emissões do processo de queima de óleos combustíveis convencionais de xisto e de óleo de pirólise de xisto e pneus.

Outras aplicações têm sido citadas como uso da fração pesada de óleo de pneus como extensor de borracha em aditivação ou modificação de asfalto através da

incorporação de polímeros. Aplicações como óleo aromático na indústria de pneumáticos também têm sido citadas.

O gás produzido no processo de pirólise de pneus e xisto tem a mesma destinação que o atual gás do processo produzido pelo Processo da SIX. Atualmente o gás combustível é consumido integralmente pela Indústria Cerâmica do Paraná-INCEPA e o equivalente ao gás liquefeito de petróleo, GLP é engarrafado e distribuído pelas revendedoras regionais de gás de cozinha.

O quadro 13 apresenta a composição aproximada do gás resultante da pirólise do pneu conjuntamente com o xisto betuminoso.

Quadro 13- Composição aproximada do gás de pirólise

Composição aproximada	% molar
Hidrocarbometos	69,20
Dióxio de Carbono	22,46
Monóxido de Carbono	6,90
Sulfeto de Hidrogênio	1,44
Poder Calorífico Superior, kcal/kg	8.015

O resíduo da pirólise de xisto e pneus tem indicação para uso em termoelétricas devido ao seu elevado poder calorífico. Atualmente não é feita a recuperação do aço contido no pneu retornado que retorna à mina para disposição adequada.

1.9.3. Co-processamento

A queima de pneus, ou de qualquer outro resíduo em fornos de cimento, deve-se 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.

Para utilizar o co-processamento de resíduos em fornos de cimento, a indústria interessada em obter licença para a 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 clínquer não devem gerar taxas de emissão maiores do que as devidas à destruição do mesmo resíduo em incineradores de resíduos sólidos perigosos;
- b) Os resíduos deverá ser gerado e/ou estar estocado em quantidade suficiente para justificar sua utilização em um teste de queima;
- c) Somente serão analisados solicitações de licença de cimenteiras já instaladas, se devidamente regularizadas e licenciadas;
- d) O resíduo utilizado deve ser para fins de reaproveitamento de energia ou como substituto de matéria-prima devendo possuir características similares às dos componentes normalmente empregados na produção de clínquer.

Para a aprovação do uso de resíduos em fornos de clínquer, a empresa deve realizar dois testes:

- a) Teste em Branco – refere-se às medições realizadas no forno em funcionamento normal sem a utilização de resíduo, visando a avaliação das

condições do processo industrial, bem como para a verificação quanto ao atendimento às exigências técnicas e/ou aos parâmetros estabelecidos pelo órgão estadual de controle ambiental.

b) Teste de Queima – medições realizadas no forno em funcionamento normal, com a utilização de resíduos, para avaliação das condições operacionais do processo, bem como se atende às exigências técnicas e/ou aos parâmetros estabelecidos pelo órgão estadual de controle ambiental.

São monitorados, através de amostragens, os seguintes parâmetros:

- Chaminé – material particulado; SO_x ; NO_x ; PCOP; HCL/ Cl_2 ; substâncias inorgânicas classes I, II e III; HF(ácido fluorídrico).
- Alimentação (resíduo, matéria-prima, combustível): PCOP; substâncias inorgânicas classes I, II e III; enxofre; flúor; série nitrogenada; cloro.
- Resíduos de equipamentos de controle de poluição (ECP) do forno – substâncias inorgânicas classes I, II e III; enxofre.

Os parâmetros: CO; O_2 ; HC; temperatura do forno; pressão interna do forno e alimentação do resíduo, devem ser monitorados de forma contínuo.

Para controle das emissões, deve-se ter os resultados das coletas de efluentes gasosos obtidos no Teste de Queima, subtraídos dos valores verificados para os mesmos parâmetros no Teste em Branco, sendo que o resultado obtido deve atender aos limites apresentados no quadro 14 :

Quadro 14- Limites de emissão de poluentes.

Poluente	Limite de Emissão
Material particulado (MP)	0,15 kg/t de farinha seca alimentada no forno
SO _x	8 kg/h
NO _x (a)	280 mg/h
Ácido Clorídrico	0,60 kg/h
Ácido fluorídrico	43 g/h
Inorgânicos Classe I (b)	2,5 g/h
Inorgânicos Classe II (c)	12 g/h
Inorgânicos Classe III (d)	60 g/h
CO (e)	100 ppm

Fonte: CETESB, 1998

Observações:

- a) Concentração expressa em mg/Nm³, corrigida a 11 % O₂
- b) Taxa de emissão correspondente ao somatório das emissões das substâncias inorgânicas classe I: cádmio (Cd), mercúrio (Hg) e tálio (Tl).
- c) Taxa de emissão correspondente ao somatório das emissões das substâncias inorgânicas classe II: arsênio (As), cobalto (Co), níquel (Ni), selênio (Se) e telúrio (Te).
- d) Taxa de emissão correspondente ao somatório das emissões das substâncias inorgânicas classe III: antimônio (Sb), chumbo (Pb), cromo (Cr), cianetos (CN), fluoretos (F), cobre (Cu), manganês (Mn), platina (Pt), paládio (Pd), rádio (Rh), vanádio (V) e estanho (Sn).
- e) Este padrão pode ser ultrapassado em algum intervalo inferior a 10 min., em qualquer período de 1 hora, desde que não seja ultrapassado o valor de 500 ppm, em qualquer instante.

1.9.4. Capa asfáltica

Para a utilização de pneus inservíveis em capas asfálticas, testes de solubilização e lixiviação foram realizados, com o objetivo de classificar as amostras (somente borracha, mistura asfáltica convencional e misturas asfálticas utilizando borracha como agregado) através da detecção de metais pesados. Buscou-se verificar se a disposição de borracha triturada para diminuir o volume em aterros sanitários poderia causar algum dano ao meio ambiente e se a incorporação dessa borracha nas misturas asfálticas poderia resultar em um produto menos agressivo. Estes ensaios são uma exigência da CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, para fins de construção de pistas experimentais, para comprovar que misturas asfálticas preparadas com borracha de pneus não apresentam riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública. A classificação dos resíduos se fez através dos ensaios de solubilização e lixiviação realizados em amostras de mistura asfáltica convencional e misturas compostas por pedra britada (90%), asfalto (6%) e borracha (4%).

A durabilidade de um pavimento pode ser afetada pelo envelhecimento de curto e longo prazo e pela adesividade entre agregados e ligante asfáltico na presença de umidade. O envelhecimento e os problemas de adesividade não são considerados como defeitos com a mesma conotação da deformação permanente e do trincamento por fadiga. Estes são fatores que alteram as propriedades da mistura, podendo ser a causa indireta de um defeito. Quanto ao envelhecimento de curto prazo, procurou-se analisar se a adição de borracha pode influenciar positivamente no desempenho das misturas asfálticas. O problema do desgaste também está relacionado à durabilidade das misturas asfálticas.

1.10. O problema da disposição dos pneus inservíveis

Alguns problemas de caráter sanitário e ambiental começam a surgir devido a disposição inadequada de pneus usados no ambiente.

1.10.1. Problemas sanitários

Desde tempos remotos até os dias de hoje, as doenças transmissíveis são um grande desafio para a humanidade. Apesar de vivermos em uma era de grande desenvolvimento tecnológico, o qual poderia ajudar no combate a essas doenças, o que se vê é o reaparecimento de antigas epidemias, principalmente em regiões de economia dependente, onde a pobreza e a falta de acesso à mais simples tecnologia reduzem a sobrevivência do homem (Donalisio, 1999).

Esse panorama é mundial e no Brasil, assiste-se a um quadro de doenças derivadas de uma organização social moderna e outras, fruto da miséria presente no país (Donalisio, 1999). Assistimos aqui o reaparecimento de algumas doenças antes controladas (mas não erradicadas), fruto da própria sazonalidade de tais enfermidades, ou por causa de uma política com falhas no setor de combate e controle de doenças.

Entre essas enfermidades, o “dengue”, uma doença de origem asiática, tem tido papel de destaque, devido ao grande número de pessoas infectadas e à velocidade com que o número de casos aumentou nos últimos anos. A sua transmissão é feita principalmente pelo *Aedes aegypti* e pelo *Aedes albopictus*, este último também responsável pela transmissão da febre amarela. As duas espécies mostram grande capacidade de adaptação a criadouros artificiais, sendo que a diferença entre as duas espécies é que a primeira é exclusivamente do meio urbano e a segunda é uma espécie silvestre que muito se adapta aos ambientes urbanos.

No Estado de São Paulo, o número de pessoas infectadas cresce progressivamente a cada ano, trazendo a idéia de uma nova epidemia. O quadro 15 a seguir apresenta os números desse crescimento, configurando um dos problemas sanitários que o país tem enfrentado nos últimos anos:

Quadro 15- Casos de dengue registrados no Estado de São Paulo, 1992 a 2001.

ANO	Nº de casos registrados
1992	38
1993	638
1994	684
1995	6.048
1996	7.106
1997	2.037
1998	10.629
1999	15.082
2000	3.530
2001	51472
2002	41871*

Fonte: CVE/SP - FUNASA

* Dados parciais

Como mostra o quadro 15, o dengue nos primeiros anos parecia estar controlado, mas a partir de 1995 até 2001 houve uma explosão da doença. Apenas em 1997 e 2000 é que houve uma redução nos números de casos, podendo estar relacionado com um melhor controle, por parte das autoridades e da população, dos locais tidos como criadouros do *Aedes sp.* O número do ano de 2002 são parciais, chamados de provisórios porque o ano de referência ainda não terminou.

Segundo Donalisio (1999) as estratégias de controle exigem mudanças nas relações do homem com o meio ambiente, pressupõe também a preservação ambiental, além de complexos programas de tratamento de doentes, eliminação dos vetores nos locais ocupados, uma intensa vigilância dos casos, e implementação de programas de educação sanitária e ambiental, contextualizadas na realidade geopolítica da região.

Existe uma série de fatores ligados a ecologia das doenças, sendo que estes variam de acordo com cada região devido aos costumes de cada população. As condições climáticas como temperatura e pluviosidade, podem influenciar no comportamento das populações de vetores, mas não se deve levar em conta apenas esses fatores. É importante analisar a capacidade de adaptação dos vetores a cada região e a sua capacidade de encontrar novos locais para criadouros. A vida ao ar livre, os diferentes usos e armazenagem de água e os deslocamentos de pessoas e mercadorias imprimem diversidade ao potencial de transmissão da doença (Donalisio, 1999). Em diversos países foram apontados diferentes locais preferenciais à proliferação do *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus*, indo desde plantas até minas e poços subterrâneos inacessíveis, podendo estes ser possíveis reservatórios de vetores (Russel et al, 1996).

Acredita-se que o movimento de massas humanas tenha contribuído para a disseminação do dengue em distintos continentes, antes livre da sua infestação. Além dessa movimentação, existem evidências que pneus usados importados da Ásia contendo larvas e ovos de *Aedes albopictus* são responsáveis pela introdução da doença nos Estados Unidos assim como o surgimento da doença no México também está relacionado ao movimento de pneus usados vindos de regiões infestadas dos Estados Unidos para este país, em containeres sem fiscalização (Estrada-Franco, 1995).

O surgimento do *Aedes albopictus* no Brasil parece estar ligado ao porto internacional de Vitória-Espírito Santo, pois desde que pneus usados vindos dos Estados Unidos começaram a ser descarregados regularmente nesta área, pode ter havido que uma dispersão secundária de *Aedes albopictus* sendo responsável por sua introdução no Brasil (Estrada-Franco, 1995).

Segundo SIMEÃO (1998), as estatísticas da Secretaria de Saúde do Estado de São Paulo mostram que os primeiros casos de aparecimento do mosquito transmissor do dengue, nas cidades do interior paulista, ocorreram em uma borracharia.

A boa adaptação do *Aedes sp* ao uso de pneus como criadouros, deve-se as características únicas dos pneus. Como a fêmea do *Aedes aegypti* procura por locais escuros e sombreados para colocar os seus ovos, os pneus tornaram-se o local ideal como criadouro desses mosquitos. Por causa de seu formato e impermeabilidade, os pneus são capazes de acumular água em seu interior por longos períodos de tempo, local ideal para o desenvolvimento de larvas de mosquito (Ji-Won et al, 1998). Como os ovos são a forma mais resistente do inseto, esses resistem à dissecação por vários meses, assegurando sua sobrevivência. Devido a estes fatos, há um favorecimento da disseminação do mosquito através do transporte de recipientes para outros locais distantes do foco original (Chiaravalotti Netto, 1997).

1.10.2. Problemas ambientais

Em âmbito mundial, a produção de resíduos sólidos vêm crescendo nos últimos anos. Atualmente, estima-se que a população mundial (mais de seis bilhões de pessoas) gera em torno de 30 milhões de toneladas de lixo por ano (IPT, 2000).

Sabe-se que as cidades são os grandes núcleos de concentração humana, nos quais se encontram os centros de educação, oportunidades econômicas, empregos e cultura, mas também são essas aglomerações humanas que consomem grande quantidade de recursos naturais, alimentos e matérias-primas e geram significativas quantidades de lixo que devem ser dispostas de maneira segura e sustentável (IPT, 2000).

No entanto, toda essa quantidade de lixo encontra problemas para a sua correta disposição. Nos grandes centros, os locais adequados para disposição do lixo gerado pela população, encontram-se quase que esgotados e novas áreas que poderiam ser utilizadas para novos aterros estão cada vez mais escassas. A questão social também é um obstáculo, pois áreas que seriam próprias para esse fim, acabam gerando conflitos com as populações vizinhas, que não querem esse tipo de serviço nas redondezas.

Entre os resíduos sólidos produzidos pela população, os pneus começam a ocupar papel de destaque. A cada ano a frota de carros mundial e nacional aumenta e com ela aumenta o número de pneus inservíveis descartados. O quadro que se tem são pneus descartados e dispostos inadequadamente no meio ambiente, sem nenhum controle, causando impactos ambientais e representando riscos à saúde pública.

O primeiro problema encontrado no descarte de pneus inservíveis é quanto à sua disposição em aterros sanitários, os quais não aceitam receber pneus inteiros, pois estes por serem manufaturados com o objetivo de ter vida longa e para superar os constantes impactos, tornam-se estruturas difíceis de serem eliminadas. Quando compactados inteiros, tendem a voltar à sua forma original acumulando ar e outros gases em seu interior, esse fato faz com que o pneu retorne à superfície, causando uma movimentação na massa de resíduos aterrada, quebrando a cobertura do aterro (Blumenthal, 1993). Esta exposição acaba atraindo insetos, roedores e pássaros, além de provocar a liberação de gases gerados no aterro e

abrir locais para infiltração de água que acaba percolando o chorume (líquido resultante da decomposição da matéria orgânica) devendo este ser coletado e tratado (Blumenthal, 1993).

Outro aspecto a considerar é o espaço que os pneus ocupam quando empilhados, além de tornarem-se local ideal para a procriação de insetos vetores de doenças e além de apresentarem risco de incêndio. Quando em chamas, o fogo dos pneus é muito difícil de ser extinguido devido à conformação destes, que possuem 75% de espaço livre, sendo difícil controlar as chamas com água ou cortar o suprimento de oxigênio local. A água, utilizada para apagar as chamas, também aumenta a produção de óleo de pirólise gerado na queima dos pneus, sendo também um meio de transporte para este óleo, agravando a contaminação do solo e da água superficial e subterrânea (Jang et al, 1998). Esse material oleoso resultante da queima, por ser derivado de petróleo, em contato com a água, a torna imprópria para o consumo (IPT, 2000).

Além do óleo liberado, a queima de pneus ao ar livre causa poluição do ar, pois na queima há a liberação de uma camada espessa de fumaça negra e de odores nocivos à saúde. Essas emissões são extremamente tóxicas havendo a liberação de poluentes como óxido de carbono, óxido de enxofre e compostos voláteis, bem como poluentes atmosféricos perigosos, tais como hidrocarbonetos poliaromáticos (PAHs), dioxinas, furanos, ácido clorídrico, benzeno, bifenilas policloradas (PCBs), arsênio, cádmio, níquel, zinco, mercúrio, cromo e vanádio (Marganha et al, 2001).

Os riscos à saúde causados por essas emissões às pessoas expostas a elas, podem apresentar problemas tanto agudos (curto prazo), como crônicos (longo prazo). Dependendo da duração e do grau de exposição, estes efeitos podem resultar em : irritações da pele, olhos e mucosas, problemas respiratórios, depressão do sistema nervoso central e câncer. Por isso o armazenamento de pneus em pilhas deve ter um caráter provisório, apenas para aguardar a destinação correta.

2. Objetivos

2.1. Objetivo Geral

Estudar os métodos empregados para recuperação em grande escala de pneus usados, identificando seus aspectos comuns e específicos, objetivando explorar os pontos críticos de cada processo.

2.2. Objetivos Específicos

1. Levantar a quantidade estimada de pneus inservíveis no serviço de limpeza pública dos municípios do ABCD Paulista e Mauá, visando à caracterização da problemática da disposição final desses resíduos, no âmbito desses municípios.
2. Identificar, a partir de observação de campo, métodos de recuperação de pneus usados em grande escala, que estão sendo desenvolvidos no país.
3. Abordar os métodos de reciclagem levantados na observação de campo, procurando identificar os pontos críticos de cada um, no que se refere à sua aplicação no país.

3. METODOLOGIA

3.1. Referenciais metodológicos

Segundo Minayo (Minayo, 1999), entende-se por metodologia o caminho e o instrumental próprios de abordagem da realidade, onde se incluem as concepções teóricas da abordagem, o conjunto de técnicas que possibilitam a apreensão da realidade e também o potencial criativo do pesquisador. Neste contexto, espera-se que o pesquisador seja capaz de demonstrar que o conhecimento produzido seja fidedigno e tenha relevância teórica e/ou social, pois a pesquisa é sempre o elo de ligação entre o pesquisador e a comunidade científica, razão pela qual sua publicidade é elemento indispensável do processo de produção de conhecimento (Luna, 2000). Por isso a importância do uso de métodos e técnicas que sejam confiáveis para o desenvolvimento da pesquisa (Luna, 2000). Diante deste quadro, atualmente a ciência não pretende mais atingir uma verdade única e absoluta: suas conclusões não são consideradas como verdades dogmáticas, mas como formas de conhecimento, conteúdos inteligíveis que dão um sentido a determinado aspecto da realidade (Severino, 2000).

Ainda dentro da metodologia, deve-se levar em conta a “imaginação sociológica”, que consiste na capacidade pessoal do pesquisador de fazer das preocupações sociais, questões públicas e indagações perscrutadoras da realidade (Minayo, 1999). Diante deste conceito pode-se dizer que a pesquisa é um instrumento utilizado na tentativa de se expor um problema existente na sociedade e muitas vezes tentar achar soluções para os mesmos.

Baseando-se nas fontes citadas, a metodologia foi construída a partir do crescente problema da disposição inadequada de pneus inservíveis no meio ambiente e na falta de locais para sua disposição definitiva, onde foram levantadas as seguintes

questões “o que fazer com esses pneus?” e “existem métodos que realmente ajudariam a diminuir a quantidade de pneus inservíveis no ambiente?”.

Buscando, dentro da realidade brasileira, caminhos para esclarecer essas questões, que começam a interferir no bem estar e na qualidade de vida das pessoas, optou-se por uma pesquisa qualitativa para a elaboração da investigação, de natureza exploratória, sendo integrada por um levantamento bibliográfico, levantamento documental e complementado por observação de campo.

A escolha por um estudo descritivo foi devido ao fato da pesquisa ser de fundo exploratório, com o objetivo de haver uma caracterização do problema, mas sem a intenção de solucioná-lo em um primeiro momento.

Tratando-se de uma pesquisa exploratória, houve uma pesquisa histórica, juntamente com a pesquisa de campo.

3.2. Caracterização dos procedimentos de investigação

No processo de investigação foram seguidas as etapas descritas a seguir.

3.2.1. Atividades preliminares

Inicialmente foi realizada uma revisão bibliográfica para a elaboração do projeto de pesquisa visando a solicitação de bolsa de estudos junto à FAPESP- Fundação de Amparo à Pesquisa no Estado de São Paulo. Utilizou-se para isso as bibliotecas da Faculdade de Saúde Pública da USP, da CETESB- Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Ambiental, do CEMPRE- Compromisso Empresarial Para Reciclagem e também informações obtidas na INTERNET.

Durante o período de março de 1999 à novembro de 2000 foram cursadas as disciplinas obrigatórias e eletivas necessárias para aprimoramento da pesquisa.

3.2.2. Levantamento bibliográfico

Considerando-se que uma revisão de literatura é uma peça importante no trabalho científico e pode, por ela mesma, constituir um trabalho de pesquisa (Luna) e considerando-se o fato de que o tema reciclagem de pneus inservíveis é relativamente novo no país, o levantamento bibliográfico foi feito durante todo o período da pesquisa, na busca da atualização de dados referentes à ocorrência de problemas sanitários e ambientais relacionados ao acúmulo e disposição inadequados de pneus inservíveis, além de identificar na literatura, processos que utilizam pneus inservíveis em seus processos. Nesta fase utilizou-se também a biblioteca da ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland.

3.2.3. Levantamento de dados numéricos

Na tentativa de estimar a quantidade de pneus inservíveis existentes no meio ambiente, procurou-se, junto à ANIP - Associação Nacional das Indústrias Pneumáticas, quantificar o número de pneus novos produzidos no país.

Para se estimar a quantidade de pneus inservíveis existentes na grande São Paulo, buscou-se através da aplicação de entrevista estruturada, composta por perguntas abertas (Anexo I) quantificar o número de pneus usados existentes nos municípios de Santo André, São Bernardo do Campo, São Caetano do Sul, Diadema, Mauá e São Paulo.

A entrevista procurou levantar os dados gerais da instituição e dos técnicos responsáveis pelo processo que foram entrevistados, quais os locais disponíveis

para armazenamento de pneus usados, estimativas do número de pneus enviados para esses locais, como esses pneus são dispostos e o conhecimento, por parte dos técnicos entrevistados, de outros municípios terem este controle.

3.2.4. Seleção dos métodos de recuperação a serem analisados

Após o levantamento bibliográfico preliminar, observou-se a existência de várias alternativas para uso de pneus inservíveis, mas muitas delas realizadas de forma artesanal, utilizando pequenas quantidades de pneus usados. Como o objetivo do presente trabalho é a análise de métodos que utilizem grandes quantidades de pneus, essas alternativas foram descartadas.

Para a escolha dos métodos de recuperação a serem analisados, alguns critérios foram utilizados:

- Disponibilidade de acesso ao processo;
- Quantidade de pneus utilizada no processo;
- Frequência na recepção de pneus;
- Nível de desenvolvimento do projeto.

Este último item foi inserido porque alguns dos processos aqui descritos ainda se encontram em fase de desenvolvimento ou em fase experimental e trabalham com estimativas de números de pneus utilizados.

Diante disto foram selecionados os seguintes processos:

- Processo de reforma de pneus;

- Pirólise de pneus para obtenção de óleo combustível;
- Queima de pneus em fornos de cimento - em fase experimental;
- Capa asfáltica - em fase experimental na Faculdade de Engenharia Civil- USP/São Carlos

3.2.5. Processos Analisados

Foram realizadas visitas técnicas aos quatro locais que desenvolvem os processos selecionados, para conhecimento do grau de desenvolvimento e funcionamento dos mesmos. Durante as visitas técnicas utilizou-se um roteiro dividido da seguinte forma:

- Seção A: identificou-se primeiramente os técnicos responsáveis pelo processo e os dados gerais da instituição;
- Seção B: descrição operacional: detalhamento sobre a quantidade de pneus utilizados, capacidade e forma de recebimento dos pneus, frequência e quem são os fornecedores desses pneus;
- Seção C: aspectos ambientais e sanitários: locais e período de armazenamento dos pneus, papel ambiental do processo.

3.2.6. Descrição dos processos

Após as visitas técnicas, os processos foram descritos detalhadamente, de acordo com as explicações dos técnicos responsáveis e com base nos materiais fornecidos pelos mesmos. Quando possível, houve o registro fotográfico, utilizado para ilustração do presente trabalho.

Os processos que se encontram em fase experimental, ainda não sendo aplicáveis em campo, tiveram seu registro fotográfico executado no laboratório onde o projeto piloto é desenvolvido.

3.3. Procedimentos utilizados para avaliar os resultados

Para a análise dos resultados, a pesquisa fundamentou-se em analisar dois aspectos:

- a) aspecto operacional;
- b) aspecto ambiental.

Dentro dos aspectos selecionados para a investigação, julgou-se necessário a seleção de alguns indicadores para se estabelecer um padrão para a análise dos resultados.

Realizadas as visitas aos locais dos processos selecionados, estes foram analisados segundo indicadores qualitativos e quantitativos. Cabe observar que os dados obtidos com as visitas foram fornecidos pelos técnicos responsáveis pelos processos.

3.3.1. Aspecto operacional

Os indicadores analisados foram os seguintes:

- a) Freqüência no recebimento de pneus;
- b) Quantidade de pneus recebidos;

- c) Tipo de produto final resultante do processo;
- d) Disponibilidade da tecnologia empregada.

3.3.2. Aspecto ambiental

Neste item foram utilizados os seguintes indicadores:

- a) Existência de algum tipo de resíduo que interfira no ambiente;
- b) Grau de comprometimento do processo na questão de preservação do meio ambiente;
- c) Enquadramento do mesmo na legislação ambiental vigente.

Com os resultados obtidos através da análise dos indicadores, observaram-se os pontos positivos e negativos, onde a partir desses, foi feita uma análise crítica individual de cada processo, procurando confrontá-los com a realidade brasileira e analisar a sua aplicação no país.

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos através das visitas técnicas serão apresentados, analisados e interpretados individualmente neste capítulo. O levantamento de dados a respeito da coleta e destinação final dos pneus inservíveis nos municípios do ABCD Paulista, Mauá e a cidade de São Paulo será apresentado na forma de quadro explicativo, contendo os dados dos seis municípios separadamente.

Os processos escolhidos para análise neste trabalho serão descritos de acordo com a visita de campo, sendo esta descrição acompanhada pelo registro fotográfico dos mesmos. Terminada a etapa de descrição, os dados obtidos através de entrevistas aos técnicos, serão analisados e interpretados, baseados na visita técnica, nas respostas dadas pelos técnicos responsáveis por cada processo e no levantamento bibliográfico realizado previamente. A interpretação, em um primeiro momento, será baseada apenas nos dados coletados nas características particulares dos locais visitados. Em um segundo momento, a interpretação será estendida a uma visão mais ampla, comentando a questão da utilização dos processos a nível federal.

4.1. Levantamento de dados sobre coleta e destino final dos pneus inservíveis.

A obtenção de dados sobre a coleta e destinação final dos pneus inservíveis nos municípios de Santo André, São Bernardo do Campo, São Caetano do Sul, Diadema, Mauá e São Paulo, foi baseado no levantamento realizado por Bertollo em 10 municípios do interior do Estado de São Paulo, sendo os seus resultados descritos no anexo III. Utilizando a entrevista estruturada, composta de perguntas abertas, foram entrevistados os técnicos responsáveis pelo Serviço de Limpeza

Pública de cada município e os dados obtidos apresentam-se no quadro 16 a seguir:

Quadro 16 – Caracterização da coleta e destino de pneus inservíveis nos municípios do ABCD Paulista e Mauá e São Paulo.

Município	Coleta e destino final dos pneus inservíveis
<p>Santo André População: 648.121 hab. (IBGE,2001)</p>	<p>O aterro sanitário de Santo André recebe pneus velhos através da coleta realizada pela prefeitura e de lojas de pneus que enviam pneus usados deixados por clientes, ao aterro. Estima-se que cerca de 150 pneus velhos são enviados ao aterro por dia. Aterro Sanitário do município. Fonte: SEMASA (Secretaria do Meio Ambiente de Santo André)- nov/01</p>
<p>São Bernardo do Campo População: 699.015 hab. (IBGE,2001)</p>	<p>Não possui estimativa a respeito do número de pneus velhos abandonados no município. O que existe são descargas clandestinas em áreas desocupadas. Quando não se identifica o dono da carga, esses pneus são recolhidos, picados e enviados ao Aterro Sanitário da Empresa Lara, no município de Mauá, que também recebe os resíduos sólidos do município. Fonte: Departamento de Limpeza Pública do município de São Bernardo do Campo - nov/01</p>
<p>São Caetano do Sul População: 140.227 hab. (IBGE,2001)</p>	<p>Não recolhe pneus velhos e não possui estimativas a respeito da quantidade existente no município. Todo o material resultado da coleta domiciliar é enviado ao aterro sanitário da empresa Lara, no município de Mauá, pois a cidade não possui área para construção de aterro sanitário. Fonte: Departamento de Limpeza Pública de São Caetano do Sul -nov/01</p>

Quadro 16 – Caracterização da coleta e destino de pneus inservíveis nos municípios do ABCD Paulista e Mauá, SP.

Município	Coleta e destino final dos pneus inservíveis
<p>Diadema População: 55.867 hab. (IBGE,2001)</p>	<p>A Prefeitura recolhe os pneus que estão abandonados pelo município, mas não possui estimativa a respeito da quantidade. Antes esses pneus eram enviados ao Lixão do Alvarenga em São Bernardo do Campo, mas com o seu fechamento, todos os resíduos sólidos provenientes da coleta feita pela prefeitura, inclusive os pneus, são enviados para o aterro sanitário do Lara, no município de Mauá.</p> <p>Fonte: Departamento de Limpeza Pública de Diadema - nov/01</p>
<p>Mauá População: 362.399 hab. (IBGE,2001)</p>	<p>A prefeitura recolhe pneus em caráter de urgência, sendo que estes não são mandados diretamente para o aterro sanitário. Os pneus recolhidos e os recebidos de outros municípios vizinhos são encaminhados à empresa SILCON AMBIENTAL, que efetua a trituração dos mesmos enviando posteriormente ao aterro sanitário Lara.</p> <p>Fonte: SANURBAM -nov/01</p>
<p>São Paulo População: 17 milhões hab. (IBGE,2001)</p>	<p>Não possui sistema de coleta de pneus inservíveis e é proibido enviar pneus velhos para o aterro sanitário Bandeirantes.</p> <p>Fonte: LIMPURB - nov/01</p>

De acordo com os dados obtidos, observou-se que os municípios da Grande São Paulo, com exceção do município de Santo André, não possuem um controle sobre o descarte de pneus inservíveis em seus territórios. A falta de um plano de coleta desses pneus por parte das prefeituras municipais, leva a população a procurar locais ambientalmente incorretos para o descarte de pneus usados, como lixões, terrenos baldios e áreas públicas, assim como o lançamento em corpos d'água.

Apenas a cidade de Santo André, em uma iniciativa isolada, está utilizando pneus usados picados como material de drenagem para o fundo do aterro sanitário. Os pneus são picados em tiras de tamanho semelhante ao da pedra britada utilizada para preenchimento do sistema de drenagem dos líquidos percolados do aterro sanitário (fig 8).



Figura 8- Pneus picados a serem misturados à pedra britada.

Essas lascas de pneus são misturadas à pedra britada e colocadas no leito de drenagem do aterro na proporção de 30% de pneus picados e 70% de pedra britada (fig 9). A SEMASA estima que sejam recebidos no aterro sanitário do município cerca de 2.000 a 3.000 pneus inservíveis/mês, os quais, geralmente, não ficam por mais de 24 horas estocados no pátio, sendo logo picados e utilizados.

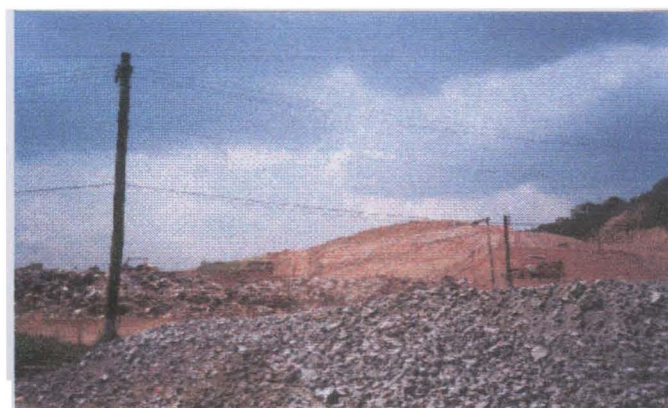


Figura 9 – Pneus picados misturados à pedra britada.

Conclui-se que, pela metodologia aplicada, de buscar informação junto aos serviços de limpeza urbana municipal, é inviável estimar a geração de pneus inservíveis nos municípios estudados e levantar os tipos/números de pontos de descarte desses resíduos. Os próprios técnicos dos serviços de limpeza urbana municipal, embora conhecedores dos impactos que os pneus inservíveis podem acarretar em termos econômicos, sociais, sanitários e ambientais, não possuem dados básicos para se produzir uma estimativa do número de pneus usados que se tornam resíduos nos municípios. Esse fato decorre, também, dos pneus usados, considerados como resíduos especiais, não serem recolhidos pelos serviços da coleta regular municipal. Como a coleta regular nesses municípios é realizada através de veículos coletores compactadores e esses não aceitam os pneus inservíveis, os pneus usados, normalmente, são descartados em locais indevidos, chamados locais clandestinos, os quais são, muitas vezes, desconhecidos pelo serviço de limpeza pública municipal. A situação do descarte desses resíduos se mostrou mais preocupantes do que se imaginou inicialmente.

Desde janeiro de 2002, o aterro sanitário de Santo André deixou de usar os pneus inservíveis como material auxiliar para drenagem do aterro. A partir desta data, os pneus coletados pelo serviço de limpeza pública do município são enviados para a empresa BS Colway, que os encaminha para a Petrobrás/SIX, para serem utilizados no processo de extração de óleo e gás do xisto betuminoso.

4.2. Reforma de pneus

Existem hoje muitos estabelecimentos chamados de reformadoras de pneus, que utilizam o pneu usado como matéria-prima em seu processo. Para conhecimento do processo de reforma de pneus usados, foi realizada uma visita técnica na Empresa ALVORADA Reformadora de Pneus, localizada no bairro do Pari, São Paulo. A escolha desse estabelecimento foi aleatória, sendo escolhida também devido à disponibilidade dos técnicos responsáveis em fornecer informações a

respeito do processo de reforma de pneus. A fim de complementar os dados fornecidos pelos técnicos da reformadora, buscaram-se também dados na ARESP - Associação dos Reformadores do Estado de São Paulo, utilizando-se a entrevista estruturada com perguntas abertas como instrumento de coleta de dados. As etapas do processo de reforma na empresa Alvorada são descritas a seguir:

1. Os pneus chegam a reformadora em diversos estados de conservação.



Figura 10- Chegada dos pneus para recauchutagem.

2. Os pneus a serem reformados passam por uma máquina para avaliação de seu estado de conservação, procurando-se extrair pregos e identificar lesões que poderão comprometer o processo.



Figura 11- Vistoria do pneu a ser reformado

3. Alguns pneus apresentam furos grandes que devem ser remendados e preenchidos com borracha antes de sua recuperação.

4. Após a vistoria os pneus passam por uma raspagem para tirar a camada de borracha gasta.



Figura 12- Máquina de raspagem de pneu.

5. Toda a borracha raspada (pó) desse processo é absorvida por uma tubulação, onde as partículas sólidas são depositadas em um compartimento fechado e são encaminhadas para o aproveitamento em indústrias de artefatos de borracha. Os gases da raspagem sobem por uma tubulação para serem tratados e liberados.

6. Após a raspagem nova verificação é feita e, caso o pneu apresente alguma lesão esta será vedada com um “manchão”(adesivo de borracha).



Figura 13 – Pneu com emenda

7. Novamente é feita uma segunda raspagem para deixar o pneu com a superfície totalmente lisa.

8. O pneu, estando pronto, é encaminhado para outro equipamento, no qual receberá uma camada superficial de cola. Após a aplicação da cola, são colocadas as bandas (cintas de borracha) de recauchutagem.

9. A partir deste ponto há duas alternativas para o método de reforma, diferenciando-se a reforma à frio, que utiliza uma banda de borracha já desenhada com os sulcos ou a reforma à quente que utiliza uma banda lisa.

10. Na reforma a frio coloca-se a cinta de borracha, e depois o pneu é envolvido por uma proteção de borracha e levado à fornos de vulcanização com temperatura constante de 120° por um período de 3 horas. Passado esse tempo o pneu está pronto.



Figura 14- Forno de vulcanização.

11. Na reforma à quente, a banda lisa é aplicada sobre os pneus e estes são colocados em formas que possuem os desenhos dos sulcos e sendo prensados a uma temperatura de 150° C durante 1,5 hora. Passado o período que o pneu permanece nos fornos, estes estão prontos para o consumo.

As técnicas para a reforma de pneus mudaram muito nos últimos anos, aumentando assim a durabilidade do pneu recauchutado em cerca de 60% da vida útil de um pneu novo, podendo até ser igualada à vida útil de um pneu novo quando esta é bem feita. O processo de reforma, dependendo do estado de conservação do material, pode ser aplicado até 3 vezes em um mesmo pneu não comprometendo a segurança e qualidade do produto final. A boa qualidade do pneu reformado depende também do uso de matéria prima de boa procedência, pois pneus reformados com material inadequado sofrem aquecimento acima do indicado quando atinge altas velocidades, soltando-se da carcaça e comprometendo a segurança do usuário. Cabe salientar que apenas os pneus denominados pneus de cargas, são passíveis de mais de uma reforma, sendo que pneus de passeio não devem ser reformados mais de uma vez.

Entre os pneus que são encaminhados para a reformadora Alvorada, muitos deles não passam na inspeção de entrada, sendo que estes são descartados. Esses pneus descartados, normalmente são recolhidos por empresas que ficam responsáveis pela destinação final dos pneus inservíveis. Esse material é picotado e posteriormente encaminhado a empresas que utilizam pneu picado em seu processo. O resíduo da raspagem dos pneus é destinado a uma empresa especializada em produzir percintas para sofás.

Segundo os técnicos a reforma à frio é de melhor qualidade em relação à reforma à quente e conseqüentemente também mais duradoura. Em todo o país, o mercado de reforma de pneus encontra-se estável nos últimos 5 anos, mas antes desse período de estabilidade houve uma diminuição significativa no que diz respeito à reforma de pneus de passeio, havendo uma tendência de redução do setor nos próximos anos. A redução no número de pneus de passeio reformados explica-se devido à redução dos preços hoje praticados no mercado de pneus novos. Com essa redução de preços, os pneus novos tornaram-se mais atraentes, tornando a reforma pouco vantajosa.

Atualmente, estima-se que são reformados cerca de 8 a 9 milhões de unidades anualmente no Estado de São Paulo, dos quais 5 % do total são pneus de passeio e 95% pneus de carga. A reforma no setor de carga continua a ser feita porque os pneus de cargas apresentam preços elevados, sendo vantagem a reforma, o que reduz o custo em torno de 30% do valor de um pneu novo e quando bem feita pode ter a vida útil similar a de um novo.

Devido às más condições de manutenção dos pneus pelos usuários (calibragem ideal e rodízio de pneus do carro), grande parte das carcaças de pneus de passeio fica imprópria para serem reformadas. Para que os pneus de carga estejam aptos a receber o processo de reforma, existe uma parceria entre as reformadoras e transportadoras, que mediante um contrato de prestação de serviços, é possível acompanhar toda a vida útil do pneu reformado. O reformador é quem decide quando e quantas vezes reformar cada pneu. Quando a possibilidade de reformar os pneus se esgota, os pneus ficam a disposição dos sucateiros que os recolhem. A parceria entre as empresas e as reformadoras é importante para manter a qualidade do produto reformado e garantir que os pneus usados como matéria prima para a reforma, estejam enquadradas nos padrões necessários para garantir a qualidade do produto final e a segurança do usuário.

Entre os processos estudados, a reforma é o processo que mais atende ao significado da palavra reciclagem, que segundo Duston (1993) é um processo através do qual qualquer produto ou material que tenha servido para propósitos a que se destinava e que tenha sido separado do lixo é reintroduzido no processo produtivo e transformado em um novo produto, seja igual ou semelhante ao anterior, seja assumindo características diversas das iniciais.

Com a aprovação da resolução nº 258 de 26 de agosto de 1999 do CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente, a partir de 2004, os reformadores de pneus estão também obrigados a darem destino ambientalmente correto aos pneus descartados que não são passíveis de reforma. A existência de normas para a

regulamentação do processo de reforma de pneus ainda não garante totalmente a qualidade do material reformado.

A reforma, apesar de adiar a geração de resíduos, pois utiliza o pneu por mais de uma vez, ajudando a diminuir a quantidade de pneus inservíveis dispostos a cada ano, é uma prática pouco utilizada pelos usuários de carros de passeio, que optam por trocar os seus pneus por novos devido aos preços reduzidos que hoje são praticados no mercado e também ao velho mito que existe da falta de segurança de pneus reformados. Mesmo sendo um processo que retarda a geração de resíduo sólido, no final da vida útil do pneu reformado, haverá a geração do resíduo, caracterizando um problema que necessita de solução.

4.3. Pirólise

O processo de pirólise, ou retortagem destrutiva, é utilizado pela Petrobrás/SIX, divisão da Petrobrás localizada no município de São Mateus do Sul, Paraná, responsável pela produção principalmente de óleo combustível e gás GLP. A empresa é única a utilizar a pirólise para extração desses produtos do mineral xisto betuminoso a nível mundial. Desde o ano de 2000, a utilização de pneus inservíveis no processo de pirólise está aprovada pelo órgão ambiental do Estado do Paraná (IAP), podendo esta, utilizar esses resíduos juntamente com o xisto betuminoso.

As etapas que compõe o processo de pirólise na Petrobrás – SIX são apresentadas a seguir:



Figura 15- Empresa Petrobrás - SIX.

1. O xisto betuminoso é minerado a céu aberto (figura 16) e transportado para uma série de britadores (figura 17/18/19), os quais reduzem a granulometria do material bruto a dimensões que variam de 6 a 70 milímetros.



Figura 16- Mineração do xisto

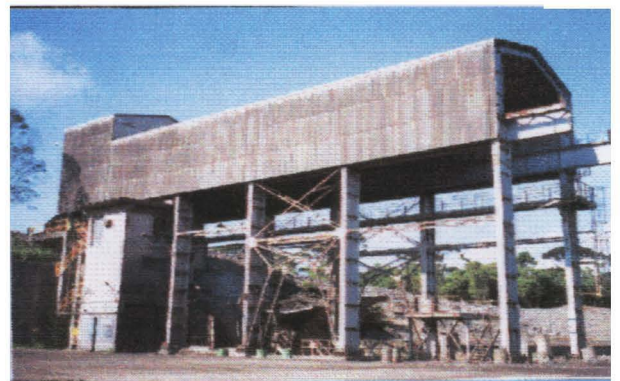


Figura 17- Britadores.



**Figuras 18 e 19-
Britadores**



2. Já reduzido a pequenas dimensões, o material é transportado até um vaso-reator cilíndrico vertical, selado, denominado retorta Petrosix (figura 20/21).



Figura 20 e 21- Transporte do xisto britado.

2. Através de uma adaptação nas correntes de transporte de xisto betuminoso, foi possível neste ponto inserir a corrente de pneus já adequada em sua granulometria, em tiras ou pedaços de 50 até 100 mm em sua maior dimensão, à corrente de xisto cru (figura 22/23).



Figura 22- Pneu picado no pátio

Figura 23 - Correia transportadora de pneus picados

4. A mistura de pneu e xisto é transportada para o topo da retorta seguindo o fluxo descendente. Ocorre então, a secagem e a retortagem propriamente dita, pela passagem de gás quente, em contra corrente (figura 24/25).



Figura 24 e 25- Retortagem

5. O aquecimento da retorta provoca a vaporização da matéria orgânica contida no xisto e pneus gerando óleo e gás. A energia necessária para a pirólise é fornecida pelo gás do processo aquecido externamente até cerca de 480°C , sendo este reinjetado na zona de retortagem (figura 26).

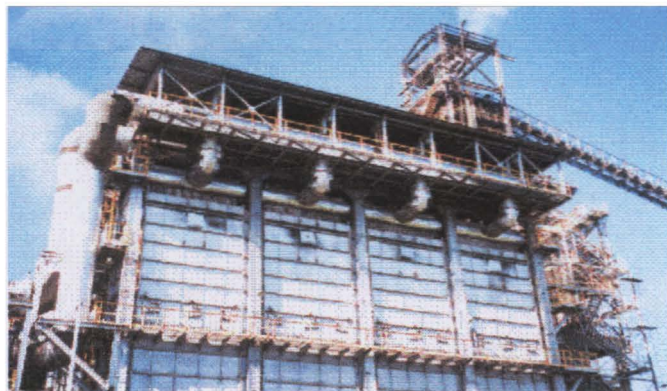


Figura 26- Caldeira de aquecimento do gás

6. O óleo obtido é obtido a partir da condensação dos vapores de óleo sob a forma de neblina, transportada para fora da retorta pela corrente circulante de gases. Parte desta corrente acaba arrastando as gotículas de óleo para equipamentos de separação tipo ciclones e filtro precipitador eletrostático.

7. Ocorre nos ciclones a centrifugação, separando as partículas sólidas e gotas de óleo do gás, seguindo para o precipitador eletrostático para polimento final. O gás limpo isento de neblina e sólidos, é comprimido e dividido em três correntes: uma é aquecida em forno a cerca de 480°C e reinjetada na retorta, para fornecer energia para a retortagem; outra fria é injetada no fundo da retorta para resfriamento do material retortado descendente e aproveitamento do calor; e a terceira é o gás produto que segue para tratamento final (Novicki et al, 2000).

8. Na Unidade de Tratamento de Gases a nafta e água de equilíbrio são condensadas e o produto é separado como gás combustível e gás liquefeito (figura 27), quando então é processada a recuperação do enxofre (figura 28).



Figura 27- Separador dos elementos



Figura 28- enxofre recuperado no processo.

As correntes ricas em óleo recuperado nos ciclones e precipitador eletrostático seguem para tratamento por filtração e centrifugação para produzir o óleo produto. A água gerada é em grande parte reaproveitada diretamente no processo, a porção residual é esgotada e o gás ácido resultante é incinerado. A água tratada retorna ao processo. A figura 29 mostra o depósito de xisto já retornado novamente nas áreas de mineração, onde ao fundo da foto vê-se área que já foram mineradas e recuperadas.



Figura 29 - Material retornado retornando às minas

Após o processamento, o xisto e pneus esgotados de seus voláteis, são ditos retortados e podem ser futuramente reaproveitados como insumo para geração de energia em termoelétricas. Atualmente o resíduo sólido é depositado nas cavas da mina, recebendo finalmente uma camada de argila e solo vegetal o que permite a utilização dos terrenos reabilitados para fins florestais, agropecuários e de urbanização.

A retortagem de pneus usados, nada mais é do que uma pirólise para obtenção de óleo e gás, a partir da destruição controlada do material. Atualmente, o processo é conduzido apenas na cidade de São Mateus do Sul- Paraná, devido as características do solo da região, onde encontra-se uma camada de mineral xisto mais rasa do que em outras localidades do país, facilitando assim a sua a mineração para a sua extração.

Nessa empresa, o recebimento dos pneus é diário, sendo que o objetivo da planta até o final de 2002 é de processar cerca de 360 toneladas de pneus inservíveis por dia, o equivalente a cerca de 37.000 pneus diariamente, operando em plena escala (Novicki & Martignoni, 2000). Há a cobrança de 50 reais por tonelada de pneu a ser retornado, que deve ser entregue já picado na porta da indústria.

No processo, os pneus são adicionados picados no reator onde ocorrerá a pirólise, na proporção de 5%, em peso, do total do fluxo de alimentação da retorta (95% do total é de xisto betuminoso). Os produtos gerados pela introdução de 1 tonelada de pneus foram os seguintes:

- 532 kg de óleo
- 44 kg de gás
- 314 kg de negro de fumo
- 110 kg de aço

O óleo obtido no processo pirólise é constituído por cerca de 20% de óleo puro de pneu (em peso). A sua aplicação é como óleo combustível convencional e indicando, através de testes laboratoriais realizados pela Petrobrás, não haver diferenças significativas entre as emissões do processo de queima de óleos combustíveis convencionais de xisto e de óleo de pirólise de xisto e pneus (Souza, 1999). O gás combustível obtido pelo processo é utilizado na área industrial e o gás equivalente ao gás liquefeito do petróleo é engarrafado e distribuído como gás de cozinha. O negro de fumo é utilizado como carga ou modificador de asfaltos especiais além de insumos para termelétricas (Novicki & Martignoni, 2000). De acordo com os técnicos da Petrobrás/SIX, o óleo resultante da mistura pneu e xisto apresenta características muito semelhantes à composição química do óleo puro de xisto, pois o pneu e o xisto são dois componentes que possuem características químicas similares.

O processo de pirólise mostrou-se eficiente na questão da eliminação do volume de pneus inservíveis do meio ambiente. Praticamente, não foram feitas modificações no processo industrial para o recebimento dos pneus picados, sendo instalada apenas um sistema de correias para levar o pneu picotado até o vaso-reator, aonde ocorre a retortagem do material, não acarretando em nenhum custo adicional para a empresa. É um processo que, depois de sua aprovação pelos órgãos ambientais responsáveis, já estava disponível para processar imediatamente os pneus inservíveis, dependendo apenas do fornecimento dos mesmos. A qualidade dos produtos da mistura xisto e pneu não sofreram alterações consideradas relevantes, permanecendo um material de boa qualidade, o que mantém as características necessárias para o uso proposto para o produto final, devido à semelhança química dos dois materiais.

O grande desafio do processo de retortagem de pneus é a manutenção da regularidade no recebimento dos pneus inservíveis. Esse problema está sendo resolvido por uma parceria da Petrobrás com a ABIP, que fornece cerca de 100 toneladas/dia de pneus inservíveis, para serem utilizados no processo. Mesmo havendo a cobrança de taxa para processar o material, esta torna-se pouco representativa frente ao problema da disposição inadequada dos pneus inservíveis e a falta de alternativa de locais adequados para sua disposição. Cabe salientar que pode-se considerar a taxa de recebimento um fator secundário apenas para cargas de pneus vindas de localidades próximas à Petrobrás/SIX, pois o custo do frete é significativo quando os pneus são trazidos de locais distantes. Esse fato deve ser considerado e insidido de modo a reduzir a quantidade de pneus inservíveis recebidos nesse processamento.

Em cumprimento a Resolução nº 258 de 26 de agosto de 1999 do CONAMA, a ABIP, recolhe os pneus, organiza cargas e as envia para a Petrobrás/SIX, destinando adequadamente os pneus inservíveis. A fim de organizar e incentivar a coleta de pneus inservíveis, a BS Colway, empresa reformadora de pneus, paga o valor de R\$ 0,70 centavos para cada pneu de passeio e R\$ 1,20 para cada pneu

de caminhonete entregue na porta da reformadora, cabendo-lhe a organização e envio dos lotes para serem processados na Petrobrás/SIX. O valor pago aos fornecedores de pneus inservíveis (prefeituras e carrinheiros) é uma forma de ressarcir os gastos com o transporte do material, além de constituir uma fonte de renda aos carrinheiros que realizam essa coleta.

4.4. Co-processamento em fornos de cimento

O co-processo é uma operação combinada, onde há a queima e destruição de resíduos poluentes simultaneamente ao processo de fabricação do clínquer, sendo que o sucesso nesse processo só é alcançado quando se destrói os resíduos em um ambiente seguro, com redução dos custos da fabricação e garantia de qualidade de cimento (Kihara, 1999).

A planta de co-processamento selecionada para estudo está localizada no município de Salto de Pirapora, no Estado de São Paulo, pertencendo ao grupo Votorantin de Cimento Portland. O processo de produção de clínquer na empresa é o processo seco com pré-aquecimento/pré-calcinador. A utilização de pneus usados nos fornos de clínquer está em processo de aprovação pelo Órgão Ambiental responsável no Estado de São Paulo (CETESB).

O processo de fabricação de cimento começa com a mineração à céu aberto de calcáreo em minas próximas à fábrica (figura 30)



Figura 30- Mina de extração de calcáreo

O material obtido é transportado para os britadores que reduzem o tamanho das pedras de calcáreo. Como existem diferentes concentrações de CaCO_3 nos materiais de uma mina, e há a necessidade de um material homogêneo para a produção de clínquer de boa qualidade, o minério é colocado em um páteo, sendo depositado em camadas, formando assim grandes pilhas de calcáreo (figura 31). Quando as pilhas atingem determinada altura, faz-se cortes transversais na pilha, como se fosse um bolo, retirando com a ajuda de maquinário próprio, fatias que possuem quantidades iguais de todas as camadas de calcáreo (figura 32).



Figura 31- Vista da pilha de calcáreo



Figura 32 - Corte da pilha de calcáreo

Através das esteiras rolantes (figura 33), o calcáreo segue para o moinho que o deixará com fina espessura, para ser misturado à argila e a sílica. Essa mistura é

então transportada para o ciclone que faz uma pré-calcinação do material, deixando-o mais fino para ser introduzido no forno de clínquer (figura 34).

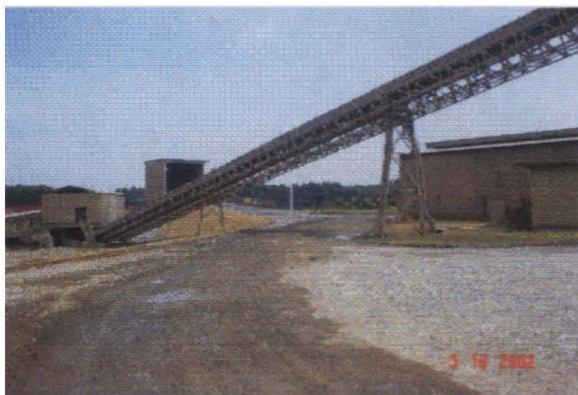


Figura 33- transporte de calcário



Figura 34 - Ciclone

No forno de clínquer o material desloca-se por gravidade de uma ponta a outra completando o tempo de permanência da mistura dentro do forno necessário para o seu “cozimento” (figura 35). O forno atinge por volta de 1500 °C, temperatura suficiente para destruição de moléculas de poluentes.



Figura 35 – Forno de clínquer

Após percorrer todo o forno, que possui cerca de 50m de comprimento o clínquer já pronto é descarregado em um depósito (figura 36).



Figura 36 - Depósito de clínquer

Para se transformar em cimento, o clínquer deve ser misturado ao gesso (figura 37) e à escória, que é um resíduo do processo de clínquerização (figura 38), mas é reutilizado no processo como componente do cimento.



Figura 37- Depósito de gesso



Figura- Escória do forno de clínquer

Após a homogeneização dos materiais, agora já considerado cimento, este é encaminhado ao moinho de bolas, que o deixará com a textura de pó fino (figura 39), característica do material, para depois ser enviado para o silo de armazenamento (figura 40), para ser ensacado e distribuído para comercialização.

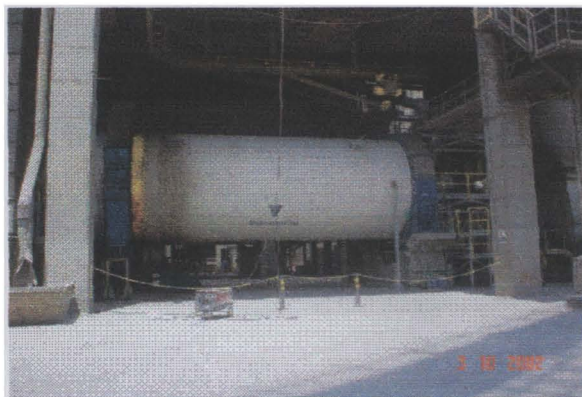


Figura 39 – Moinho de bolas



Figura 40- Silo de armazenamento

No processo de clínquerização, a chama do maçarico fica dentro do forno (figura 41) e é abastecida pelo carvão coque (figura 42), que deve ser aquecido e transformado em óleo para manter a chama do forno (figura 43).

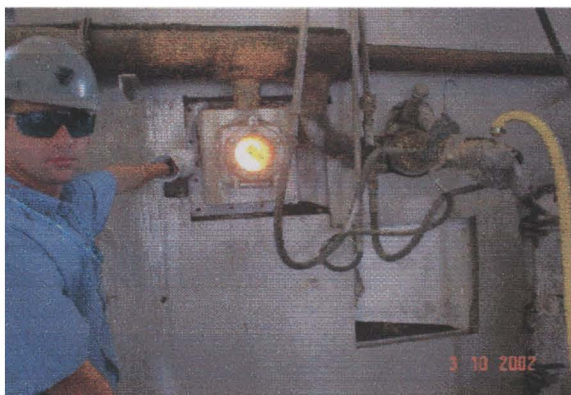


Figura 41 - Chama do forno de clínquer



Figura 42 - Carvão coque

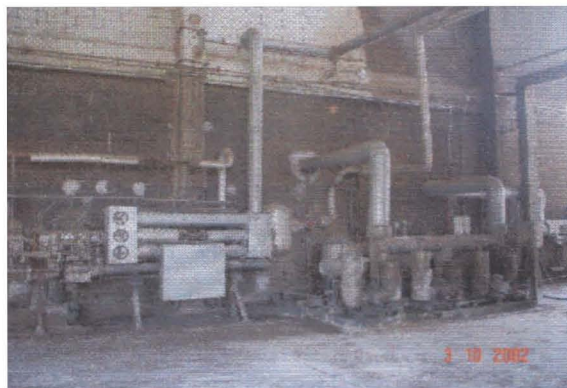


Figura 43 - Maquinário para diluir o carvão coque

Com a finalidade de buscar combustíveis alternativos a serem utilizados em fornos de clínquer, com o intuito de reduzir o consumo de combustíveis convencionais e procurar alternativas para a destinação final de alguns tipos de resíduos sólidos gerados pela população, estuda-se o uso de pneus inservíveis na produção de clínquer. A carga de pneu a ser queimada no forno como combustível alternativo, é introduzido no início do forno, juntamente com o clínquer, a fim de que seja realizada a combustão completa do pneu, havendo assim a incorporação química nas moléculas de clínquer sem haver a produção de cinzas e escórias que necessitem disposição final adequada.

O uso de pneus inservíveis no co-processamento de clínquer ainda não é uma prática usual no país. As cargas de pneus ainda não são regulares e sabe-se que cada pneu tem um desgaste diferente, sendo que este fator influencia no poder calorífico da carga, sendo necessárias regulagens constantes da temperatura dos fornos. Testes realizados verificaram que os pneus, quando usados no processo, acabam elevando a qualidade do cimento produzido, por causa do aço presente nas carcaças dos pneus, que são incorporados ao produto final. Além disso substitui uma parte do minério de ferro utilizado como matéria prima e as cinzas da combustão da borracha são ricas em ZnO (óxido de zinco), as quais incorporadas à carga não afetam o produto e ainda facilitam as reações de clinquerização, diminuindo ainda mais os gastos com energia (Caponero, 1999).

A redução no uso de combustíveis fósseis pode chegar a 15%, quando se adiciona pneus para alimentar os fornos(Aguiar, H., 1997).

Uma das adaptações necessárias nos fornos de co-processamento consiste em colocar um sistema de alimentação para levar os pneus até a área de queima. Nos fornos convencionais, a alimentação pode ser feita inserindo pneus inteiros ou picados. Os pneus quando picados devem ser inseridos pelo final do forno, mas para garantir uma queima completa, as partículas devem ser menores que 2,5 x 2,5 cm. Quando os pneus são colocados inteiros devem ser introduzidos, pelo menos, na metade do forno para garantir a queima total do pneu (Gomes et al, 1993).

Na utilização de pneus inteiros é necessária uma esteira para introduzir o material no forno. O peso do pneu dentro do forno pode vir a atrapalhar o bom funcionamento do pré-calcinador. No sistema onde são empregados os pneus picados, estes são introduzidos no precalcinador juntamente com o combustível fóssil.

Quanto à questão de geração de resíduos do processo, os fornos rotativos possuem temperaturas extremamente altas de combustão e o alto tempo de residência ao longo do forno associado ao alto grau de turbulência dentro dele, garantem um maior grau de destruição de materiais orgânicos do que o normalmente alcançado em outros processos de combustão. Os metais pesados acabam incorporando-se aos cristais de clínquer, assim como os outros materiais resultantes da queima, por isso não há a produção de cinzas. A não produção de resíduos é um fator positivo do processo, diferente da simples incineração de pneus e outros materiais, pois nesse processo resultam resíduos, sendo que estes devem depositados em aterros apropriados e controlados.

As emissões de voláteis não se mostram com grandes diferenças de quando são utilizados combustíveis fósseis tradicionais. O quadro 17 mostra as diferentes composições dos materiais usados como combustível para o processo (coque de petróleo e pneu).

Quadro 17 - Comparação da composição média do carvão betuminoso e pneus.

Elemento	Pneu (%)	Coque (%)
Carbono	85-90	85-90
Hidrogênio	5-9	5-10
Enxofre	1-3	1,5-2
Nitrogênio	0,7-1	1,5-2

Fonte: Giugliano et al (1999) e Caponero (2000)

Como mostra o quadro 17, os pneus possuem menor quantidade de enxofre e nitrogênio do que os outros combustíveis. Em consequência, as emissões de óxidos de enxofre e nitrogênio se mostraram menores quando há a substituição de parte do combustível tradicional por pneus usados, como mostra o quadro 18.

Quadro 18 - Comparação entre as concentrações de poluentes convencionais na queima de pneus e concentração padrão de outros combustíveis (dados colhidos a 0° C, 1 atm, 11% O₂).

Poluente	Concentração padrão	Pneu retalhado
Total particulados (mg/m ³)	2.1	2.2
SO ₂ (ppm)	15	Não detectado
NO _x (ppm)	360	210
CO (ppm)	138	168
VOCs (ppm com C)	2.2	<0.1
O ₂ (%)	15.4	15.5

Fonte: Giugliano et al (1999)

A redução das emissões de SO₂ e NO_x é um ponto positivo na queima de pneus, porque esses elementos são poluentes da atmosfera.

O co-processamento de resíduos em fornos de cimento ainda é pouco comum no Brasil devido principalmente a:

- Necessidade de adaptação dos fornos para queima dos resíduos, com instalação de filtros necessários para o controle de emissões de voláteis e material particulado.
- A licença para queima em fornos de cimento é um processo moroso, que requer muitos testes para a comprovação da eficiência do projeto.
- O fornecimento de pneus para uso do processo não ser regular, pois muitas vezes as indústrias co-processadoras estão afastadas dos locais que possam suprir a demanda de pneus necessários para o co-processamento.

Economicamente, a utilização de pneus inservíveis como combustível alternativo nos fornos de cimento trás para a indústria uma economia que pode chegar a 20%

de combustível convencional necessário para suprir o forno de clínquer, substituindo assim, parte do carvão coque utilizado no processo, que hoje é responsável por cerca de 45% do custo total de produção de cimento.

4.5. Capa asfáltica

Existem dois processos de capa asfáltica que utilizam pneus inservíveis na sua composição. Um é o processo úmido, onde finas partículas de borracha são adicionadas ao cimento asfáltico, produzindo o ligante denominado asfalto-borracha. e o outro é o processo seco, chamado de concreto asfáltico modificado com a adição de borracha, pois partículas de borracha substituem parte dos agregados pétreos da mistura. O processo que foi objeto de estudo deste trabalho é o processo seco.

Em um primeiro contato com o presidente da PRODESAN - Programa de Desenvolvimento de Santos, fomos encaminhados ao laboratório da usina de asfalto da cidade de Santos (figuras 44 e 45), objetivando observar o grau de desenvolvimento da pesquisa de utilização de pneus na capa asfáltica no município. Através de um acordo entre a PRODESAN e o laboratório de materiais da Faculdade Politécnica da USP-SP, foi desenvolvido um projeto piloto para a utilização experimental do pavimento borracha-asfalto em trechos problemáticos na cidade, que necessitavam de constantes reparos quando pavimentados com a mistura tradicional de asfalto.



Figuras 44 e 45 - Usina de asfalto do município de Santos.

Foram utilizados corpos de prova (figura 46) com três granulometrias diferentes (figura 47), que foram enviados ao laboratório da Escola Politécnica da USP, para realização de testes de resistência e desgaste.



Figura 46 - Granulometria do pneu



Figura 47 - Corpos de prova.

O estudo técnico do processo de uso de pneus inservíveis em capas asfálticas foi realizado por Bertollo nos laboratórios da Universidade São Carlos de Engenharia da USP e na Escola Politécnica da USP. Além das granulometrias utilizadas na cidade de Santos, Bertollo utilizou ainda outros dois tamanhos, substituindo parte do agregado pétreo, para conferir o comportamento da mistura quanto à quantidade e tamanho das partículas, analisando o desempenho das misturas em situações simuladas de trânsito de desgaste (figura 48) e compactação do piso (figura 49).



Figura 48- simulador de tráfego



Figura 49 - Compactação de placas

Foram ainda realizados testes de solubilização e lixiviação exigidos pela CETESB, para comprovar que misturas de borracha e asfalto não apresentam riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública (Bertollo, 2002).

Essa tecnologia ainda se encontra em desenvolvimento no país, necessitando de testes para comprovar a sua durabilidade e determinar a quantidade adequada de pneu granulado a ser introduzido na mistura de asfalto.

A experiência de aplicação desse produto como capa asfáltica, foi no município de Santos, Estado de São Paulo. Algumas áreas no município foram pavimentadas com essa técnica em locais onde, constantemente o asfalto sofria grandes impactos e, periodicamente, necessitava receber nova cobertura. A partir da pavimentação com a mistura borracha- asfalto, o local até o presente ano (2002) não necessitou sofrer reparos, o que mostrou que esse tipo de cobertura é mais resistente do que a pavimentação convencional (figura 50).

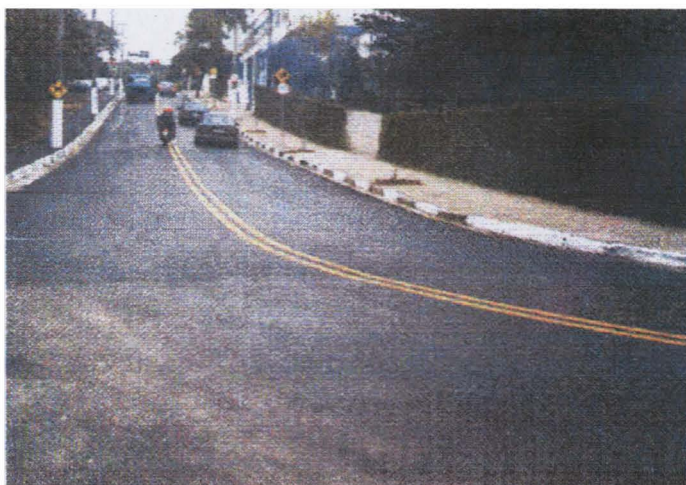


Figura 50 - Local pavimentado com mistura pneu - asfalto (Santos, 1999)*

*Foto gentilmente cedida por Sandra Bertollo.

De acordo com Bertollo (Bertollo, 2002), no período entre 1995 e 1999 foram pavimentados no Brasil cerca de 16.125 km de rodovias. Considerando que cada quilômetro pavimentado poderia consumir a borracha de 1.600 a 4.800 pneus, dependendo do teor de borracha e do tipo de pneu, se o processo utiliza-se pneus inservíveis na sua mistura, seriam consumidos no mínimo 25 milhões de unidades. O quadro 19 apresenta uma estimativa levantada por Bertollo, de pneus consumidos em pavimentação asfáltica, para cada região do Brasil, no período entre 1995 e 1999.

Quadro 19 - Extensão total das rodovias pavimentadas em 1995 e 1999 e estimativa de consumo de pneus.

Região	Extensão. pavimentada até 1995 (km)	Extensão pavimentada até 1999 (km)	Total (km) Pavimentado entre 95- 99	Estimativa de consumo de pneus (mínimo)
Norte	8.442	12.083	3.641	5.825.600
Nordeste	41.412	44.693	3.281	5.249.600
Sudeste	51.879	54.216	2.337	3.739.200
Sul	29.359	32.441	3.082	4.931.200
Centro-Oeste	17.030	20.814	3.784	6.054.400
Total	148.122	164.247	16.125	25.800.000

FONTE: Bertollo, 2002.

Em 1999 o Brasil possuía uma malha rodoviária com cerca de 1.724.924 km de rodovias pavimentadas e não-pavimentadas. As rodovias pavimentadas representam menos de 10% (164.247 km) da extensão total das rodovias brasileiras. Assim, há uma grande demanda por pavimento nas rodovias nacionais.

Apesar das vantagens acima relacionadas ainda há a necessidade de determinação da proporção ideal entre pneu e massa asfáltica, para que o pavimento não fique

susceptível à ação do calor, quando forem pavimentados locais de temperaturas elevadas. Os estudos desenvolvidos para quantificar a proporção de pneus a serem usados na mistura asfáltica, chegou a um valor ideal de 2% para o Estado de São Paulo. Para outras regiões, como a Nordeste, onde a média da temperatura anual é muito superior à média do Estado de São Paulo, devem ser conduzidos estudos similares para determinar a proporção ideal para a inserção de pneus na massa asfáltica. Por causa da ação do calor o asfalto modificado pode sofrer deformações trazendo problemas para a malha asfáltica de cujas temperaturas são elevadas.

Uma desvantagem é o alto custo inicial para aplicação do asfalto modificado, pois deve ser incorporado o custo de picotagem do pneu a ser utilizado, além da necessidade de investimento em pesquisa na área para padronizar e avaliar as misturas, sendo que o processo convencional possui um custo reduzido por ser já largamente utilizado. A falta de dados a respeito do desempenho desses pisos com relação ao tempo de uso é outro item a ser pesquisado.

O trabalho de Bertollo (Bertollo, 2002) constatou que, nos testes de solubilização e lixiviação, algumas amostras de borracha apresentavam teores de metais (zinco e manganês) superiores aos permitidos pela NBR 10004, classificando esse resíduo como Classe II (Não inerte). Mas quando a mistura de borracha com asfalto, quando analisada, não registrou teores acima dos permitidos, demonstrando que a mistura de borracha- pneu pode não oferecer risco de possuir resíduo classe II, podendo assim ser utilizada para o devido fim.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O dengue é uma doença que nos últimos anos tornou-se um problema de saúde pública a nível federal, devido à explosão de casos registrados pelo Ministério da Saúde. Devido ao fato de que o seu vetor, o *Aedes aegypti*, adaptou-se a novos locais para criadouros e os pneus inservíveis são locais ideais para sua proliferação, devido ao acúmulo de água em seu interior, condições de luz e temperatura, a necessidade de dar destinação final adequada a esse resíduo sólido deve ser uma das prioridades da gestão pública.

A falta de um programa de controle para coleta de pneus inservíveis e falta de informações, por parte dos técnicos responsáveis pelos serviços municipais de limpeza pública, do destino dado aos pneus inservíveis, dificultou a tentativa de se estimar a quantidade desse resíduo existente nos municípios estudados.

Os quatro processos estudados no presente trabalho foram ambientalmente corretos na utilização de pneus inservíveis. Devido ao acompanhamento dos órgãos ambientais, todos estão sendo enquadrados na legislação ambiental vigente.

O uso do pneu inteiro é menos dispendioso economicamente, evitando o custo inicial do retalhamento dos pneus e do processo de separação do material metálico da borracha. Mas em todos os processos, com exceção da reforma, os pneus devem ser utilizados picados, para facilitar o seu processamento.

O governo deveria exigir das empresas pavimentadoras a utilização de pneus usados para a confecção de asfalto, através da fixação de parâmetros para o uso de porcentagens de pneus inservíveis na capa asfáltica, assim como é feito em países como os Estados Unidos e Canadá.

Entre os processos estudados, o co-processamento é o mais atrativo, pois além de haver um interesse em reduzir custos de produção, existem hoje 66 cimenteiras em todo o país, que poderiam absorver grande parte dos pneus inservíveis existentes na forma de passivo ambiental. Além disso, deve-se considerar que no co-processo o pneu é totalmente utilizado, sem a geração de resíduos, pois as cinzas são incorporadas às moléculas de clínquer.

A pirólise utilizada pela Petrobrás/SIX mostra-se também uma boa alternativa para utilizar pneus inservíveis. Porém, devido a sua localização e sendo única no país, acaba se tornando uma solução regional. Tornando-se inviável, por parte dos detentores do resíduo, enviar para a indústria os pneus, pois as despesas de transportes tornam-se onerosas.

Na tentativa de solucionar o problema dos pneus inservíveis, o governo tem papel fundamental na busca de soluções desse problema, juntamente com os produtores, revendedores e consumidores. O governo deve ser agente fiscalizador do cumprimento da resolução CONAMA, mas também parceiro na busca de alternativas que levem à soluções adequadas do ponto de vista sanitário, ambiental e econômico-social.

A falta de regularidade no recebimento de pneus usados para incorporação nos processos estudados, acaba comprometendo o compromisso das indústrias com a recuperação dos pneus inservíveis, o que deixaria de eliminar esse passivo ambiental e, conseqüentemente, de contribuir para a melhoria da qualidade ambiental e de saúde pública da sociedade.

A criação de programas de coleta regular de pneus inservíveis em todos os Estados, incentivando a população a deixar seus pneus usados nos postos de trocas (lojas de pneumáticos, supermercados) é fundamental para organizar a coleta desse material. A criação de bônus na entrega dos pneus usados seria uma

forma de incentivo, já que muitas vezes, o dono do pneu não se livra deste resíduo, pensando em um posterior uso.

A iniciativa da ABIP em pagar pelos pneus recebidos pode agregar ao pneu inservível um valor de comércio, capaz de sustentar a indústria da reciclagem, como hoje se faz com as latinhas de alumínio. As indústrias cimenteiras mostram grande interesse em absorver os pneus picotados, devido à economia que pode ser gerada pela substituição do combustível convencional pelo combustível alternativo, no caso o pneu, correspondendo a uma redução por volta de 45% do custo total da produção do cimento.

Portanto, a procura de alternativas de soluções possíveis é compromisso de todos, onde cada um deve cumprir o seu papel: o governo funcionando como agente incentivador, fiscalizador e parceiro nas pesquisas; os produtores de pneus como coletores do resíduo e parceiro do governo nas pesquisas; e a população como colaboradora na coleta, entregando os pneus usados nos postos de recebimento. Por outro lado, a população deve exercer o controle social, sendo parceira na fiscalização, de modo a evitar o descarte de pneus em locais impróprios.

O caminho para minimizar o problema da disposição inadequada dos pneus inservíveis e buscar soluções é um “pacote”, feito de regras para coleta, transporte, processamento e estocagem dos pneus, restrições para disposição desse resíduo em depósitos ou aterros, a criação de um fundo para garantir o desenvolvimento de pesquisas junto as indústrias produtoras de pneumáticos, maiores interessadas no assunto, assim como incentivar os estados à investir em educação, na reciclagem de pneus e a criação de incentivos fiscais para empresas que promovem a reciclagem.

Recomenda-se um estudo econômico aprofundado dos processos estudados, através de estudo de logística reversa, que analisará o custo benefício dos

mesmos, juntamente com o ganho ambiental decorrente da minimização do resíduo sólido pneu.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIP. **Guerra dos Pneus: cartel das multinacionais versus importadores de pneus "meia-vida"**. [Publicação da Associação Brasileira de Importadores de Pneus]. Pinhais, 2000.

ABNT – **Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10.004 resíduos sólidos- classificação. S.1; 1987.**

Aguiar, H. **A alternativa ecológica. Minérios: Extração e Processamento, 1997.** n° 217 p. 34-36.

Almeida, MC. **Estudo do ciclo de vida do pneu automotivo e oportunidades para a disposição final de pneus inservíveis. São Carlos; 2002.** [Dissertação de mestrado- Universidade Federal de São Carlos].

ANIP - Associação Nacional das Indústrias Pneumáticas. 2001.

Army Corps of Engineers Cold Regions Research & Engineering Laboratory (CRREL) Eaton, Robert A.; Roberts, J & Blackburn, Robert. **Use of Scrap Rubber in Asphalt Pavement Surfaces.** Tempe (EUA). Strategic Highway Research Program, SHRP. December, 1991.

Army Corps of Engineers; Anderton, Gary. **Evaluation of Asphalt Rubber Binders in Porous Friction Courses.** Tempe (EUA). Construction Productivity Advancement Research, CPAR, Program. February 1992. Available in: http://www.sucen.sp.gov.br/base_dados/texto_tab_dengue_sp.htm. [17/06/02].

Bertollo, S A M; Fernandes Júnior, J L; Villaverde, R B; Migotto Filho, D **Pavimentação asfáltica: uma alternativa para a reutilização de pneus usados.** Revista de Limpeza Pública , 2000. ed. 54. págs. 23-30.

Bertollo, S.A.M. **Avaliação laboratorial de misturas asfálticas densas modificadas com borracha reciclada de pneus.** São Carlos; 2002. [Tese de Doutorado- Escola de Engenharia de São Carlos- Universidade de São Paulo].

Bertollo, SAM; Fernandes Júnior, JL; Bernucci, LLB; Moura, E de; Amaral, SC. **Viabilidade técnica da Utilização de Borracha de Pneus em Pavimentação Asfáltica**. In: 57º Congresso Anual da Associação Brasileira de Metalurgia, 2002 jul 22-25; São Paulo, SP.

Blumenthal, MH. Tires. In: Lund, H F. **The McGraw-Hill Recycling Handbook**. Nova York (EUA), Mc Graw-Hill,1993. p. 18.1-18.62.

Calderoni S. **Os bilhões perdidos no lixo**. 2º ed. São Paulo: Humanitas; 1998.

Caponero, J; Levendis, YA; Carlson, J; Tenório, JAS. **Análise crítica das tecnologias aplicadas a destinação final de pneus**. In: 55º Congresso Anual da Associação Brasileira de Metalurgia, 2000 jun 24-28; Rio de Janeiro, RJ.

Caponero, J; Levendis, YA; Carlson, J; Tenório, JAS. **Caracterização das emissões da pirólise de pneus descartados**. In: 56º Congresso Anual da Associação Brasileira de Metalurgia.

Carrick, J A & Davinson, JK; McAsphalt Industries Limited, Canadá; Aurilio, V; Advances Asphalt Technologies, VA & Emery, J; John Emery Geotechnical Engineering Limited. **Use of Asphalt Rubber**. Canadá, 1994.

CEAM - Secretaria do Meio Ambiente e coordenadoria de Educação Ambiental. **Consumo, lixo e meio ambiente**, 1997.

CEMPRE- Compromisso Empresarial para Reciclagem. **Pneus. Ficha Técnica nº 8.6º ed.**, 2001.

Cetesb. Procedimento para utilização de resíduos em fornos de produção de clínquer. São Paulo; 1998. [Câmara Ambiental da Indústria de Produtos Minérios Não Metálicos].

Chauí, M. **Filosofia**. 2º ed. São Paulo: Editora Ática,1995.

Chiaravalloti Neto, F. **A description of *Aedes Aegypti* colonization in the region of São José do Rio Preto**, São Paulo. Ver. Soc. Bras. Med. Trop. Jul-Aug 1997; 30 (4): 279-85.

Comissão Europeia. **A UE e a Gestão dos Resíduos**. Comissão Europeia. Luxemburgo: Serviço das Publicações Oficiais das Comunidades Europeias. 2000.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 258 de 26 de agosto de 1999**. Brasília; 1999.

COSTA, J. T.; DALMAS, J. C.; GIROLDO, A. C.; XAVIER, M. S. (2000). **O descarte de pneus usados em Londrina**. Revista de Limpeza Pública, n. 54. Associação Brasileira de Limpeza Pública - ABLP, p.5-11.

Donalisio MR. **O Dengue no Espaço Habitado**. São Paulo: Ucitec; 1999.

Eco, H. **Como se Faz uma Tese**. São Paulo. Editora Perspectiva.

EPA - Environmental Protection Agency. **Scrap Tire Handbook**. United States. EPA/905-k-001.1993.

EPA. **Product Stewardship**. [artigo on-line] available in: <http://www.epa.gov/epr/products/tires.html> [19/06/2002].

Estarra-Franco, J G; Graig Jr., G B Biology. **Disease relationships, and, control of *Aedes albopictus***. Pan American Health Organization. Washington (D.C.)1995. vol 49p (35-36).

Ferrer, G. **The economics of tires remanufacturing**1997, Resources, conservation and recycling. V.19, nº 4, p. 221-55.

Fiori, J. **Petrobrás tira óleo do pneu usado cooperando com o combate da dengue**. Revista de Limpeza Pública, 1998, nº 47 (3-5).

Fundação Cargill. **Nutrição e adubação da seringueira no Brasil**. Campinas: Fundação Cargill, 1983.

GEIPOT (2001). Frota Nacional de Veículos Automotores – número de veículos existentes - 1999. **Anuário Estatístico dos Transportes**. Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes. Ministério dos Transportes. <http://www.geipot.gov.br>.

Gil AC. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 2º ed. São Paulo: Atlas; 1989.

Giugliano, M; Cernuschi, S; Ghessi, U; Grosso, M. **Experimental Evaluation of Waste Utilization in Cement Kilns**. Air & Waste Manage Assoc. 49:1405-1414. Dec, 1999.

Gomes, J A; Ogura, S K **Levantamento Bibliográfico: Tratamento e Reaproveitamento de Pneus usados**. Cetesb. São Paulo, 1993.

Grist, N R. **Aedes albopictus: the tyre-traveling tiger**. Journal of infection. Cambridge, 1993. 27 (I-4).

Grupo Auto Sueco. **Grupo Auto Sueco recicla pneus usados**. [artigo on line] available from <http://w.w.w.expresso.pt/ed1347/e061.asp> [1999 abr 15].

Health Communications and public relations. **Dengue and Dengue Hemorrhagic Fever**. [artigo on line] available from <http://w.w.w.pahp.org/english/hctdenol.htm#guidelines>[1996 nov 25>.

Heitzman, M. **Design and Construction of Asphalt Paving Materials with Crumb Rubber Nodifier**. Transportation Research Record 1339. TRB. National Research Council. 1992, p. 1-8.

IBAMA - **Instrução Normativa nº 8, 15/05/2002, referente a resolução nº 258 de 26/08/99 do CONAMA**. Brasília; 2002.

IBGE (1996). **Contagem da População: 1996 - Estado de São Paulo**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. [<http://www.ibge.gov.br/ibge/estatistica/populacao/contagem/spcont96.shtm>] (23 set 2002.).

INMETRO – Instituto de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial. **Portaria nº 133 de 27-09/2001**.

IPT- Instituto de Pesquisas Tecnológicas. **Lixo Municipal: manual de gerenciamento integrado**. São Paulo, Páginas e Letras: editora e gráfica ltda, 2000.

Jang, J.W.et al. **Discarded tire recycling practices in the United States, Japan and Korea**. Resources, Conservation and Recycling. 1998.V. 22, nº 1-2, p. 1-14.

Kihara Y. **Co-processamento de resíduos em fornos de cimento: tendências.** In: IIº Seminário Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na Construção Civil; 1999 jun 9; São Paulo. São Paulo:IBRACON; p.36-43.

Leontsini, E, Gil, E; Kendall, C; Clark, GC. **Effect of a community-based *Aedes aegypti* control programme on mosquito larval production sites in El Progreso.** Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene. Honduras, 1993 v.87 (267-271).

Luna, SV. **Planejamento de Pesquisa.** São Paulo. Educ, 2000.

Maganha, MFB; Komatsu, C E. **Pneus como Alternativa Energética.** In: 5º Congresso Brasileiro de Cimento (CBC); 1999 nov 8-12, São Paulo,SP.

Medeiros LV; Sayão, ASFJ.; Sieira, ACCF. **Reuso de Pneus em Geotecnia.** In: Seminário Nacional sobre Reuso/Reciclagem de Resíduos Sólidos Industriais, 2000 ag 26-29; São Paulo,SP; .Cetesb, 2000.

Miller, CA; Lemieux, PM. **Evaluation of Tire-Derived Fuel for Use in Nitrogen Oxide Reduction by Reburning.** Air & Waste Manage Assoc.1998. 48:729-735.

Minayo, MC. **O desafio do Conhecimento: Pesquisa Qualitativa em Saúde.** São Paulo. Ed. Hucitec-Abrasco, 1999.

Novicki, REM; Martignoni, BNV. **Retortagem de pneus pelo Processo Petrosix.** In: Seminário Nacional sobre Reuso/Reciclagem de Resíduos Sólidos Industriais 2000 ag 26-29; São Paulo,SP. Cetesb, 2000.

Oliveira, EM; Rodrigues, AB; Farache, CJT; Santos, G E. **Perspectivas de Soluções ao Problema dos Pneus Usados na Cidade do Natal.** In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. Porto Seguro, Bahia; 2000.

Petrobrás. **Produção de óleo a partir de pneus usados.** [artigo on line] available from <http://www.bcons.com.br> [1999 abr 04].

Pigott, M R & Woodhams, RT; University of Toronto, Canadá. **Recycling of Rubber Tires in Asphalt Paving Materials**. Enviromental Protection Service, 1998.

PIRELLI. **Informações Técnicas**. 1998 <http://www.pirelli.com.br/pr/pneumatici/infotek/index.htm> (15 jul 2002).

Quivy,R ;Campenhouldt, L. **Manual de Investigação em Ciências Sociais**.Lisboa (Port.) Gradiva, 1992.

Racah, J; Iraci, C. **New industrial applications of rubber crumb**. [artigo on-line]. ALPS. Innovation Relay Centre di Genova.Genova, Itália, 1998 sept. <http://www.wtc.genova.n/alps/requests/19980923115323r.num> [1999 abr 29].

Reisman, JI. **Air Emissions from Scarp Tire Combustion**. Environmental Protection Agency. EPA/600/sr-97/115. Nov,1997.

RMA. Rubber Manufacturers Association. **Scrap Tires – Facts and Figures**. http://rma.org/scraptires/facts_figures.html (20 out 2002).

Russel, P K. **Dengue in the Caribbean**. In: **Dengue in the Caribbean**. PAHO-Scientific Publication, 1978 n° 375.

Sato, S. **Fabricantes e importadores de pneus terão de destruir produtos usados**. O Estado de São Paulo, São Paulo, 27 ago. p. 18, 1999.

Severino AJ. **Metodologia do Trabalho Científico**. 21°ed. São Paulo: Cortez; 2000.

Shuler, T. S.; Pavlovich, R.D.; Epps, J.A. and Adams, C.K.; Texas Transportation Institute. **Investigation of Materials and Structural Properties of Asphalt-Rubber Paving Mixtures**. Tempe, EUA. USDOT/FHWA/TTI;September, 1985.

Simeão, F. **Dengue e sua vinculação com os pneus**. Ver. Limpeza Pública. São Paulo, 1998 maio, n° 47 (4).

Sisinno CLS, Oliveira RM. **Resíduos sólidos, ambiente e saúde**. Rio de Janeiro: Fiocruz; 2000.

Souza, F. A. de. **Utilização de Pneus Pós-Consumo como Combustível em Fornos de Cimento**. In: Seminário Nacional sobre Reuso/Reciclagem de Resíduos Sólidos Industriais, 2000 ag 26-29. São Paulo. Cetesb, 2000.

SUCEN (2001). **Casos de Dengue no Estado de São Paulo e Brasil, 1986 a 2000**. Superintendência de Controle de Endemias. http://www.sucen.sp.gov.br/servicos_municipios/index.htm (23 nov 2002).

Sucen. **Casos de Dengue. Estado de São Paulo e Brasil. 1986-2002**. [artigo on-line]

TNRCC. **Composition of a Tire**. Texas Natural Resource Conservation Commission. Waste Tire Recycling Program, 1999. Austin, Texas.

Tommasini, G. (2000). **Coleta e Reciclagem de Pneus no Brasil e no Exterior**. In: Seminário Nacional sobre reuso/reciclagem de resíduos sólidos industriais, 2000 ag 26-29. São Paulo. Cetesb, 2000.

UTWG **Fifth Annual Report of the UTWG**. Used Tyre Working Group. United Kingdom, July; 2001.

Valle, C. E. do. **Como se Preparar para as Normas ISO 14000- Qualidade Ambiental**. 3° ed., São Paulo. Pioneira, 2000.

Zanzotto, L.; Kennepohl, G. J. **Development of Rubber and Asphalt Binders by Depolymerization and Desvulcanization of Scrap Tires in Asphalt**. Transportation Research Record 150. TRB. National Research Council. Washington, (D.C) 1996. p. 51-58.

ANEXOS

ANEXO I

Roteiro de entrevista nos serviços de limpeza pública municipais

Cidade:

População:

Empresa que administra o aterro:

Nome do técnico:

1. Informações sobre o aterro.
 - Nome do aterro:
 - Capacidade do aterro:
1. O aterro recebe pneus velhos?
2. Quem faz a coleta dos pneus?
3. Onde são colocados os pneus coletados?
4. Como é feita a disposição dos pneus?
5. Existe alguma estimativa do número de pneus inservíveis no aterro e existentes no município?
6. Existe algum trabalho desenvolvido pela prefeitura, quanto à utilização de pneus inservíveis?
7. Tem conhecimento se algum outro município da região possui coleta de pneus e o que faz com eles?

ANEXO II

Roteiro de entrevista para os técnicos das instituições que reciclam pneus inservíveis

Seção A: Dados Gerais

- Nome da Instituição:
- Local:
- Processo utilizado para reutilizar pneus inservíveis.
- Nome do técnico responsável.

Seção B: Dados operacionais

- Quantidade de pneus consumidos hoje no processo.
- Capacidade total de absorção de pneus inservíveis.
- Forma e frequência de recebimento dos pneus inservíveis.
- Quem os fornece?
- Qual a forma física dos pneus ao chegar para ser processado?
- Quais adaptações foram feitas para processar esse resíduo?
- Qual o custo dessa adaptação?

Seção C: Dados ambientais e sanitários

- Onde são armazenados os pneus e por quanto tempo?
- Quais os indicadores de qualidade ambiental no processo?
- Existe algum tipo de resíduo no processo? Se há, qual o seu destino?
- Por que a utilização dos pneus inservíveis? Quais os fatores que levaram a aproveitar os pneus usados?

ANEXO III

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE

Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA

RESOLUÇÃO Nº 258, DE 26 DE AGOSTO DE 1999

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 6 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 uma parte dos pneumáticos novos, depois de usados, pode ser utilizada como matéria prima em processos de reciclagem;

Considerando a necessidade de dar destinação final, de forma ambientalmente adequada e segura, aos pneumáticos inservíveis, resolve:

Art. 1º As empresas fabricantes e as importadoras de pneumáticos 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 a 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 utilizados para rodagem em veículos;

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 efeitos 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.

Art. 3º Os prazos e quantidades para coleta e destinação final, de forma ambientalmente adequada, dos pneumáticos inservíveis 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, 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 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 queima a céu aberto.

Art. 10. 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 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 do disposto nesta Resolução implicará as sanções estabelecidas na Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, regulamentada pelo Decreto nº 3.179, de 21 de setembro de 1999.

Art. 13. Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

JOSÉ SARNEY FILHO
Presidente do CONAMA

JOSÉ CARLOS CARVALHO
Secretário-Executivo

ANEXO IV

Levantamento dos volumes de pneus descartados e estocados em algumas cidades do Estado de São Paulo.

Município	Situação
<p>Araçatuba</p> <p>População: 180.000 habitantes</p> <p>(IBGE, 1996)</p>	<p>Todos os resíduos coletados no município são dispostos em lixão a céu aberto. Não existe coleta de pneus velhos por parte da Prefeitura; as borracharias descartam os pneus que não servem para recauchutagem no referido lixão. Não existem informações quanto ao volume de pneus hoje existente no local. Acredita-se que os pneus também são dispostos em depósitos clandestinos.</p> <p>Fonte: Secretaria de Obras - mar/99</p>
<p>Bauru</p> <p>População: 300.000 habitantes</p> <p>(IBGE, 1996)</p>	<p>Os pneus não são colocados no aterro sanitário do município. Junto ao aterro sanitário foi criado um pequeno aterro específico para pneus, o qual é utilizado em situações de emergência, como por exemplo, nos arrastões de limpeza organizados pela Secretaria da Saúde para o controle do mosquito transmissor da dengue. Os pneus são dispostos inteiros, em camadas e aterrados. Estima-se que o município produza 6.000 pneus inservíveis por mês. Não existe estimativa sobre o volume de pneus armazenados no aterro. Não são cobradas taxas para descarga de pneus no aterro sanitários.</p> <p>Fonte: Prefeitura Municipal de Bauru-Departamento de Limpeza Pública - Jul/98</p>
<p>Botucatu</p> <p>População: 120.000 habitantes</p> <p>(IBGE, 1996)</p>	<p>O aterro do município não recebe pneus, uma vez que não é realizada a coleta pela Prefeitura. Entretanto, é de aproximadamente 35.000 o número de veículos cadastrados na cidade, que geram cerca de 25.000 pneus por ano.</p> <p>Fonte: Secretaria Municipal do Meio Ambiente - abr/99.</p>

Fonte: Bertollo et al, 2000.

Município	Situação
<p>Campinas</p> <p>População: 864.434 habitantes (IBGE, 1996)</p>	<p>Pneus inservíveis não são coletados pelos caminhões do Serviço de Limpeza Urbana, não sendo permitida a entrada desse tipo de resíduo no aterro sanitário Delta I.</p> <p>Fonte: Departamento de Limpeza Urbana- Abr/99</p>
<p>Limeira</p> <p>População: 235.000 habitantes (IBGE, 1996)</p>	<p>Entre os dias 29 de janeiro e 15 de junho de 1998 foram recolhidos um total de 8.838 pneus (90.925 kg) durante visitas a 28 borracharias. Este trabalho foi realizado pelo serviço municipal de controle de zoonoses, para a prevenção da transmissão da dengue. No aterro sanitário existe uma área específica para o descarte de pneus. Entretanto não há estimativas do volume de pneus armazenados no aterro sanitário (o trabalho de contagem está sendo feito). Os pneus são armazenados inteiros. Existem projetos no sentido de usar pneus na drenagem de líquidos percolados no aterro sanitário.</p> <p>Fonte: Empresa de Desenvolvimento de Limeira (ENDEL)- jul/98</p>
<p>Piracicaba</p> <p>População: 300.500 habitantes (IBGE, 1996)</p>	<p>Aterro sanitário municipal do “Pau Queimado”. Chegam aproximadamente, 100 pneus por dia. Existe uma área específica dentro do município (área rural) para que a população possa jogar os pneus inservíveis, sendo que não há cobrança de taxas por esse descarte. Estima-se que aproximadamente 10.000 pneus inteiros (de diversos tamanhos) estejam estocados no aterro do município. Piracicaba está desenvolvendo um programa de reutilização de pneus no controle de erosão do solo, onde são utilizados parte dos pneus estocados no aterro.</p> <p>Fonte: Secretaria de Defesa do Meio Ambiente (SEDEMA)-mar/98</p>

Fonte: Bertollo et al, 2000.

Quadro 6 – Levantamento dos volumes de pneus descartados e estocados em algumas cidades do Estado de São Paulo.

Município	Situação
<p>Presidente Prudente</p> <p>População: 200.000 habitantes (IBGE, 1996)</p>	<p>No aterro sanitário municipal estima-se uma média de recebimento de 30 pneus por dia, sendo estes enterrados. Os pneus são aceitos inteiros, sendo separados do lixo domiciliar apenas para facilitar a compactação.</p> <p>Fonte: PRUDENCO- Companhia Prudentina de Desenvolvimento - Abr/98</p>
<p>Ribeirão Preto</p> <p>População: 480.000 habitantes (IBGE, 1996)</p>	<p>Não existe controle sobre a quantidade de pneus que chegam por dia ao aterro sanitário municipal. Estima-se que 15.000 pneus estejam enterrados nas saias dos taludes (são lançados 4 metros de lixo bem compactados sobre os pneus, para evitar o afloramento dos mesmos). Aproximadamente 15% dos rejeitos existentes no aterro é formado por pneus (em termos de volume). São recebidos pneus inteiros, não sendo cobradas taxas pelo descarte de pneus nesse local.</p> <p>Fonte: Departamento de Urbanização e Saneamento de Ribeirão Preto (DURSARP)- jul/98</p>
<p>Santos</p> <p>População: 412.288 habitantes (IBGE, 1996)</p>	<p>Não existe controle quanto ao volume de pneus que chegam diariamente no aterro do município. Estima-se um ingresso de 200 pneus/dia. Não há estimativa quanto ao número de pneus existentes no aterro. Os pneus são coletados pela coleta diferenciada denominada Cata-Treco (programa de coleta nos bairros) e misturado com outros resíduos volumosos. Não há cobrança de taxa para a disposição final dos pneus no aterro.</p> <p>Fonte: Terracom Engenharia Ltda. - Abr/99</p>

Fonte: Bertollo et al, 2000.

Quadro 6 – Levantamento dos volumes de pneus descartados e estocados em algumas cidades do Estado de São Paulo.

Município	Situação
<p>São Jose do Rio Preto</p> <p>População: 342.059 habitantes</p> <p>(IBGE, 1996)</p>	<p>O aterro sanitário do município não recebe pneus. A prefeitura faz a coleta e armazena os pneus em uma área de sua propriedade, para os quais estão sendo realizados estudos de alternativas para o reaproveitamento desses resíduos.</p> <p>Fonte: Construfert indústria e Comércio Ltda.- Abr/99</p>
<p>São Paulo</p> <p>População: 10 milhões habitantes</p> <p>(IBGE, 1996)</p>	<p>No Aterro Sanitário Bandeirantes a descarga específica de grandes quantidades de pneus é esporádica. Normalmente os pneus vêm misturados aos resíduos domiciliares, portanto, não é realizado o controle da entrada desses pneus, os quais são colocados diretamente na frente de descarga. A taxa cobrada pela Prefeitura para o recebimento de resíduos industrial classe II e comerciais (inclusive pneus) no aterro é de R\$ 48,30/tonelada.</p> <p>Fonte: Departamento de Limpeza Urbana do Município de São Paulo (LIMPURB)- Jan/98</p>
<p>Sorocaba</p> <p>População: 455.000 habitantes</p> <p>(IBGE, 1996)</p>	<p>Até 1998 os pneus estavam sendo enviados pelas borracharias e pelo órgão de controle de zoonoses para 2 barracões da Prefeitura, onde eram armazenados. Estima-se que estejam armazenados nestes barracões cerca de 4000 pneus. Como os galpões estão com sua capacidade esgotada, o aterro sanitário municipal voltou a receber pneus inteiros, que são coletados pelo órgão municipal de prevenção e controle de zoonoses. Não são cobradas taxas para o recebimento dos pneus já que o aterro não recebe pneus de particulares.</p> <p>Fonte: Serviço de Prevenção e Controle de Zoonoses- Abr/99</p>