

1. INTRODUÇÃO

Desde os tempos mais primórdios, a atividade humana interfere diretamente no meio ambiente. A construção civil destaca-se entre os ramos da atividade humana por gerar grande impacto ambiental, uma vez que consome diversos recursos naturais não renováveis e gera inúmeros tipos de resíduos na atmosfera.

“A construção civil se caracteriza pela modificação da paisagem, consumo de recursos naturais renováveis e não renováveis, levando à geração de resíduos sólidos e emissões de gases na atmosfera com impactos sobre o meio ambiente, à qualidade de vida da população e à infra-estrutura existente. [...]” (Secretaria de Meio Ambiente/São Paulo, 2008).

Nos últimos anos, o crescimento da frota de automóveis tem ocorrido de forma descontrolada. Dentre as diversas conseqüências negativas deste crescimento, destacam-se duas: o desgaste elevado da pavimentação asfáltica de baixa qualidade e a degradação do meio ambiente no qual vivemos através do descarte inadequado de pneus inservíveis.

Segundo dados da ANIP, Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos, cerca de 60 milhões de pneus são fabricados por ano no Brasil e o destino da maioria dos pneus inservíveis é realizado incorretamente, o que acaba contribuindo para a degradação da paisagem urbana e do meio ambiente.

Com o objetivo de melhorar a qualidade do asfalto convencional e solucionar o problema ambiental causado pelo acúmulo de pneus inservíveis, pesquisadores trabalham para encontrar novas tecnologias e materiais que modifiquem o desempenho do asfalto utilizado atualmente.

Assim, apresenta-se o asfalto-borracha: resultado de um processo que utiliza pneus inservíveis retirados do meio ambiente e empregado na confecção do concreto asfáltico.

Apesar de ser um processo mais caro em relação ao convencional, o asfalto-borracha apresenta como característica o aumento da durabilidade e flexibilidade do produto final, contribuindo assim com a redução dos custos de manutenções periódicas.

"[...] a sociedade necessita lidar com formas eficazes para solucionar o problema da eliminação de um volume cada vez maior de resíduos. Os Governos, juntamente com a indústria, as famílias e o público em geral devem envidar um esforço conjunto para reduzir a geração de resíduos e de produtos descartados" (CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS, 2001).

2. OBJETIVO

A presente revisão bibliográfica pretende contribuir para uma melhor compreensão do uso do resíduo da borracha de pneus como insumo de pavimentação dentro da engenharia civil, contribuindo para um melhor desempenho do asfalto convencional, além de dar uma destinação ambientalmente adequada aos pneus inservíveis.

Serão apresentados dados referentes aos parâmetros de desempenho do asfalto tais como atrito, durabilidade, desempenho, custo de implantação, resistência, permeabilidade e aderência com o intuito de demonstrar que o custo-benefício de substituição do asfalto convencional pelo asfalto-borracha é viável economicamente e socialmente.

A importância desta revisão de literatura se dá pelo fato de que ao mesmo tempo em que se têm prejuízos econômicos, sociais e ambientais com relação aos resíduos sólidos, pode-se ter boas perspectivas quanto à redução na origem, ao reuso e à reciclagem, por minimizar as perdas e, conseqüentemente, diminuir a quantidade de resíduos a serem dispostos.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 SURGIMENTO DO ASFALTO-BORRACHA

O asfalto-borracha, também chamado de asfalto ecológico, foi desenvolvido na década de 1960 nos Estados Unidos. Charles H. McDonald iniciou a pesquisa quando percebeu que os pneus triturados proporcionavam um material muito elástico que poderia ser utilizado no asfalto para corrigir problemas relacionados à durabilidade, resistência, flexibilidade, etc. Porém, a nova tecnologia só foi utilizada em larga escala no final do século XX quando o seu custo de produção viabilizou sua utilização economicamente.

Baseado na nova proposta mundial de sustentabilidade através da reutilização e reaproveitamento de materiais descartados descobriu-se, através de diversas pesquisas e experimentos, as qualidades da utilização de agregados da borracha em ligantes asfálticos.

Esta tecnologia é bastante conhecida e utilizada em diversos estados norte-americanos, tais como Califórnia, Flórida e Arizona.

No ano de 1991 o ISTEA (Intermodal Surface Transportation Efficiency Act - EUA) determinou que as pavimentações asfálticas dos Estados Unidos deveriam utilizar a borracha de pneus em sua composição.

Segundo Tchobanoglous, et al. (1993) o asfalto com borracha tem sido usado nos EUA desde os anos 60, sendo que, em 1993 aproximadamente dois milhões de pneus foram usados nesta prática.

Segundo a Rubber Pavement Association-RPA (2001), a utilização de misturas com asfalto emborrachado tem demonstrado que estas apresentam um desempenho muito superior às das misturas convencionais. Assim, o estado da Califórnia permitiu que as especificações das camadas betuminosas fossem reduzidas a 50% na espessura quando a borracha é incorporada em sua composição.

De acordo com Agência Ambiental Inglesa (EA-UK, 2008), o mundo consumiu, em 1997, 16,7 milhões de toneladas de borracha sendo que mais de 60% dessa quantia corresponde a borracha sintética.

Ainda de acordo com Agência Ambiental Inglesa (EA-UK, 2008), mundialmente são fabricados cerca de um bilhão de pneus a cada ano. Mais de 130 companhias são produtoras de pneus, mas somente um pequeno grupo de multinacionais domina o mercado.

Segundo Agência Ambiental Inglesa (EA-UK, 2008), a partir de meados da década de 70 os pneus diagonais foram substituídos pelos radiais, que têm uma resistência maior, são mais flexíveis e duráveis que os pneus diagonais. No entanto, a durabilidade de um pneu está diretamente relacionada com a sua utilização e manutenção, quilometragem rodada e das condições das estradas.

Segundo dados da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), cerca de 100 milhões de pneus inservíveis estariam abandonados, estocados ou relegados em áreas abertas no Brasil atualmente. A previsão é que, anualmente, seriam somados a estes cerca de 30 milhões de unidades.

Segundo a EPA (1991), a reutilização de borracha no asfalto consumiu até 1990, aproximadamente, um milhão de pneus por ano.

3.2 APLICAÇÕES NO MUNDO E NO BRASIL DO ASFALTO-BORRACHA

A tecnologia de reaproveitamento de borracha de pneus inservíveis encontra-se bastante difundida atualmente nos Estados Unidos.

Somente no estado do Arizona, mais de 3.300 quilômetros de rodovias foram construídos ou restaurados utilizando ligantes modificados com borracha (LIMA, C.S. et al, 2005).

Na Flórida, desde a implantação, em 1994, até 1999, mais de 2,7 milhões de toneladas de misturas asfálticas modificadas com borracha foram empregados na execução de pavimentos (CHOUBANE et al., 1999).

No Estado do Arizona, em torno de 90% dos serviços de pavimentação é feita com asfalto-borracha. Na Califórnia, o asfalto-borracha é aplicado em capas selantes, em membranas absorvedoras de tensão e como selante de trincas e juntas (SHATNAWI & LONG, 2000).

No Brasil, o estado do Rio Grande do Sul foi pioneiro na modificação dos asfaltos convencionais e, em agosto de 2001, construiu o primeiro trecho com aproximadamente dois quilômetros de extensão utilizando a borracha na constituição do asfalto. A figura 3.1 mostra a primeira obra com aplicação de asfalto-borracha em Minas Gerais.



Figura 3.1: Primeira obra de asfalto-borracha em Minas Gerais/Brasil

Fonte: http://inovacao.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1808-23942007000300008&lng=es&nrm=is

Atualmente, o asfalto-borracha, produzido pela empresa Greca Distribuidora de Asfaltos Ltda já está presente em diversas rodovias localizadas nos estados do Rio Grande do Sul, Paraná, Rio de Janeiro, Minas Gerais e São Paulo.

A maior obra brasileira com esse tipo de pavimentação é o Sistema Anchieta - Imigrantes, estado de São Paulo, administrado pela concessionária Ecovias.

"Nela, o asfalto-borracha é aplicado com uma faixa de agregados diferenciados (técnica baseada em normas vigentes no estado da Califórnia), que tornam o pavimento mais rugoso. A rugosidade melhora a estabilidade da pista em situações de velocidade e também impede a hidroplanagem causada por excesso de água na pista". (MORILHA E GRECA, 2003).



Figura 3.2: Aplicação do asfalto-borracha na rodovia dos Bandeirantes no trecho entre São Paulo e Campinas em 2011

Fonte: <http://www.hbsconstrutora.com.br/noticias-rodovia-dos-bandeirantes-tera-pavimento-ecologico-entre-sao-paulo-e-campinas.html>

3.3 AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DO PNEU

Segundo a Agência Ambiental Inglesa (EA-UK, 2008), o ciclo de vida de um pneu está diretamente relacionado com: local onde é produzido; processo utilizado para sua fabricação; a maneira como é utilizado; e, finalmente, com a forma de descarte do pneu usado. Grandes quantidades de materiais de naturezas diferentes precisam ser processadas para a fabricação de um único pneu, o que necessita de uma enorme quantidade de energia.

Durante seu uso, o pneu consome energia com o objetivo de vencer a força de atrito do pneu com a superfície. Este processo gera contribui para o aumento da poluição sonora e gera partículas de borracha provenientes da perda em função do contato com o solo. Os pneus usados, mas não inservíveis, podem ser reutilizados através de um processo de recauchutagem.

Ao final de sua vida útil, os pneus devem ser devidamente reciclados ou reaproveitados de diferentes formas.

A figura 3.3 apresenta, de forma esquemática, o ciclo de vida do pneu desde a fabricação até o seu descarte de forma adequada.



Figura 3.3: Ciclo de vida de pneus

Fonte: http://www.reciclanip.com.br/?cont=formas_de_destinacao_ciclodopneu

Existem diversos postos de coletas de pneus inservíveis espalhados em diversas cidades do Brasil. Após a coleta, o primeiro passo é retirar o aço existente na constituição dos pneus. Este passa por um processo de trituração e também é reaproveitado pelas indústrias siderúrgicas.

Em seguida, a borracha dos pneus é triturada o picotada é reaproveitada em diversas atividades tais como: combustível alternativo para as indústrias de cimento, solados de sapatos, borrachas de vedação, dutos pluviais, pisos para quadras poliesportivas, pisos industriais, tapetes para automóveis, fabricação de manta asfáltica, asfalto-borracha, etc.

3.4 TIPOS DE BORRACHA

De acordo com Agência Ambiental Inglesa (EA-UK, 2008), diversas experiências foram realizadas no século XIX com o objetivo de melhorar as propriedades da borracha natural, pois esta se torna frágil quando resfriada e viscosa quando aquecida.

Em 1839, o americano Charles Goodyear descobriu que propriedades da borracha tais como - elasticidade, resistência à abrasão, aquecimento, condução de eletricidade, etc. - eram melhoradas quando aquecidas junto ao enxofre em altas temperaturas.

A borracha natural empregada no mercado é obtida através do látex, substância produzida por árvores e plantas. A árvore *Hevea brasiliensis*, membro de uma família nativa da América do Sul, é a mais importante fonte de látex para produção de borracha.

A borracha sintética é feita em laboratório por meio de compostos químicos idênticos ao da borracha natural.

Segundo a Agência Ambiental Inglesa (EA-UK, 2008), até meados de 1830 os pneus eram feitos somente com borracha natural. Com o intuito de melhorar suas propriedades, começou a ser produzido com uma mistura de borracha sintética, borracha natural, óleos, enxofre, negro de fumo, óxido de zinco e outros componentes químicos têm sido usados até os dias de hoje.

3.5 CARACTERÍSTICAS DO PNEU

O pneu apresenta é formado por diversas camadas de materiais, tais como: borracha, aço, tecidos de nylon ou poliéster, para garantir características necessárias que proporcionem bom desempenho e segurança aos usuários.

“O Brasil produziu em 2006, 54,5 milhões de unidades de pneus. São descartadas 300 mil toneladas por ano de pneus. No entanto, em 2006, o descarte superou este valor em 330 mil toneladas. 73% – 241 mil toneladas de pneus – foram reciclados”. (IPT/CEMPRE, 2008).

Pneus descartados que são reciclados (2006)	
País	Porcentagem
EUA	75%
Brasil	73%
Europa	66%
Japão	54%

Tabela 3.1: Pneus descartados que são reciclados (2006)

Fonte: IPT/CEMPRE, 2008.

Conforme Agência Ambiental Inglesa (EA-UK, 2008), a borracha constituinte dos de pneus é uma mistura de borracha natural com borracha sintética e, ocasionalmente, com borracha reciclada juntamente com vários aditivos químicos. A utilização do pneu influencia diretamente nas proporções de cada componente para a formação da borracha utilizada no pneu. Em automóveis a proporção deve ser em torno de 40% de borracha natural e 60% de borracha

sintética para promover uma boa aderência entre o pneu e a superfície de contato.

Segundo Lund (1993), a composição elementar do pneu é apresentada na tabela 3.2 a seguir:

Composição elementar do pneu em porcentagem (%)	
Componente	Porcentagem (%)
Carbono	83
Hidrogênio	7
Oxigênio	2,5
Enxofre	1,2
Nitrogênio	0,3
Cinzas	6

Tabela 3.2: Composição atômica do pneu em porcentagem (%)

Fonte: LUND (1993)

Conforme Novicki e Martignoni (2000), a composição aproximada de pneus radiais, convencionais, de automóveis é apresentada a na tabela 3.3:

Composição média dos materiais constituintes dos pneus	
Composição Média	Porcentagem em peso (%)
Elastômeros	52
Fibras	6
Aço	11
Negro de Fumo	31

Tabela 3.3 - Composição média dos materiais constituintes dos pneus

Fonte: Novicki e Martignoni (2000)

Segundo Agência Ambientai Inglesa (EA-UK, 2008), em relação aos pneus diagonais, os radiais apresentam são mais difíceis de serem reciclados, pois possuem em sua complexa constituição uma quantidade maior de aço.

3.6 REAPROVEITAMENTO DE PNEUS INSERVÍVEIS NO ASFALTO ECOLÓGICO

Os materiais utilizados na produção do asfalto e o tipo de revestimento influenciam diretamente na qualidade da pavimentação. O crescente aumento dos custos de materiais de construção e a falta de materiais intensificam as pesquisas por novas alternativas para solucionar os problemas apresentados pelos asfaltos atuais.

A dificuldade de conseguir recursos para as obras em rodovias, pelo poder público, fez com que surgissem novas maneiras de organização e gerenciamento da infra-estrutura de transporte, inclusive com relação à sua propriedade (LASTRAN, 1998).

A falta de qualidade na especificação de projetos e na execução dos asfaltos pode ser percebida quando as patologias afloram na superfície da pista de rolamento em pouco tempo de operação. Isto reduz a segurança da via e necessita constantemente de verbas para manutenções periódicas.

Os asfaltos, materiais aglutinantes de cor escura, derivados do petróleo, podem ser utilizados em várias aplicações, como por exemplo, em impermeabilizações de construções civis e, principalmente, em obras de pavimentação (ROBERTS et al., 1998).

Embora em larga utilização no Brasil, o asfalto como solução para as rodovias em regiões tropicais não é ideal, devido ao intenso intemperismo destas regiões.

“BH ganha 5 novos buracos a cada hora”. “Belo Horizonte tem 115 novos buracos por dia”. (Jornal Metro, Belo Horizonte, 21.12.11).

Tornam-se então prioridade a busca por novas tecnologias que melhorem as características dos asfaltos atuais, a utilização de materiais de maior qualidade, mais baratos e duráveis que viabilizem os custos da pavimentação a longo prazo. Pesquisas e experiências têm sido realizadas utilizando o reaproveitamento de resíduos com o objetivo de encontrar soluções economicamente viáveis e que satisfaçam as exigências técnicas pretendidas em uma pavimentação de boa qualidade.

“O alto custo e a função estrutural das camadas asfálticas e cimentadas são aspectos marcantes no desempenho do pavimento e a razão de se combinar asfaltos com determinados polímeros é prevenir a degradação prematura do pavimento com o uso e, desta forma, estender sua vida útil, reduzindo assim o seu custo de manutenção.” (SPECHT, 2004 apud Cury et al., 2002).

Logo, encontrou-se a possibilidade de melhorar a qualidade dos revestimentos com a incorporação de resíduos de borracha no asfalto. O aproveitamento da borracha de pneus moídos, ou pó de pneus, nos compostos asfálticos é uma solução ambientalmente adequada uma vez que retira pneus inservíveis indevidamente descartados no meio ambiente.

Com o objetivo de melhorar as propriedades físicas, mecânicas e químicas dos pavimentos tornando-os mais flexíveis e duradouros, são adicionados ao asfalto aditivos, polímeros, agentes rejuvenescedores, e, particularmente, borracha moída de pneus inservíveis.

O asfalto-borracha é um composto de cimento asfáltico de petróleo - CAP, borracha moída de pneus - BMP, diluentes e alguns aditivos especiais quando necessários. O volume de borracha varia entre 15% e 20% em relação ao peso

total do composto. Existem dois tipos diferentes de borracha nos pneus que proporcionam propriedades diferentes ao pavimento: a sintética, responsável pela estabilidade térmica; e a natural, que fornece as propriedades elásticas.

A borracha de pneus adicionada ao asfalto representa cerca de 20% da sua composição e ainda é 500% mais resistente e duradouro que o asfalto convencional. Conforme pesquisas da UFRGS em parceria com a Greca Asfaltos, cerca 1.000 a 1.200 pneus são consumidos para a fabricação de um quilômetro de asfalto-borracha.

Ao adicionar borracha em sua composição o asfalto apresenta: aumento da durabilidade, permeabilidade, flexibilidade e da resistência aos raios ultravioletas; mais resistência ao envelhecimento, ao aparecimento de trincas e deformações permanentes; redução do nível de ruído causado pelo tráfego de veículos; aumento do atrito de frenagem em dias de chuva.

Em comparação com o asfalto tradicionalmente utilizado, o asfalto-borracha concede mais segurança e conforto aos condutores e economia de custos a longo prazo.

“Comparado ao número de 2010, o total de buracos registrados ao longo do ano na capital já é 38,6% maior”. “O gasto anual da prefeitura com as operações tapa-buraco é, em média, de R\$30 milhões. De acordo com os dados da prefeitura, desde o início de 2010 já foram gastos R\$60 milhões em obras de recapeamento”. (Jornal Metro, Belo Horizonte, 21.12.11).

Para serem reaproveitados no composto asfáltico, os pneus inservíveis devem sofrer um processo de trituração e moagem para separação do aço e nylon existentes em sua composição, pois apenas a borracha moída é aproveitada.

Após esta segregação, a borracha é incorporada ao asfalto através de dois processos diferentes: processo seco e úmido.

a) processo seco – partículas trituradas da borracha são misturadas com o agregado para em seguida formar o concreto. Cerca de 1 a 3% do agregado fino em peso são substituídos pelas partículas de borracha. Neste processo, a interação de propriedades importantes da borracha ao ligante é prejudicada, mas ainda assim é possível associar melhorias à mistura asfáltica.

b) processo úmido – Antes de ser misturada com o agregado, a mistura da borracha moída é misturada com o ligante asfáltico na proporção de 18 a 25% criando uma forte ligação química viscosa. Neste processo ocorre uma interação mais efetiva da borracha com o ligante propiciando melhorias da elasticidade, resistência e durabilidade do asfalto.

O processo úmido leva em consideração os componentes principais (asfalto, borracha, aditivos) com o objetivo de aprimorar a estabilidade da mistura ao longo do tempo e as proporções dos componentes visando obter as propriedades desejadas do novo ligante.

De acordo com Pais et. al. (2007), o asfalto-borracha gerado pelo processo úmido é composto de asfalto, aditivos e de borracha de pneus usados que representa cerca de 15% do peso total da mistura que reagiu com o asfalto a uma temperatura elevada para causar a expansão das partículas de borracha.

O resultado é um asfalto modificado que tem propriedades significativamente diferentes do asfalto original. A mistura do asfalto com a borracha reage e forma um composto chamado asfalto-borracha (ODA, 2000).

A figura 3.4 apresenta o esquema da produção do ligante asfalto - borracha quanto ao processo úmido.

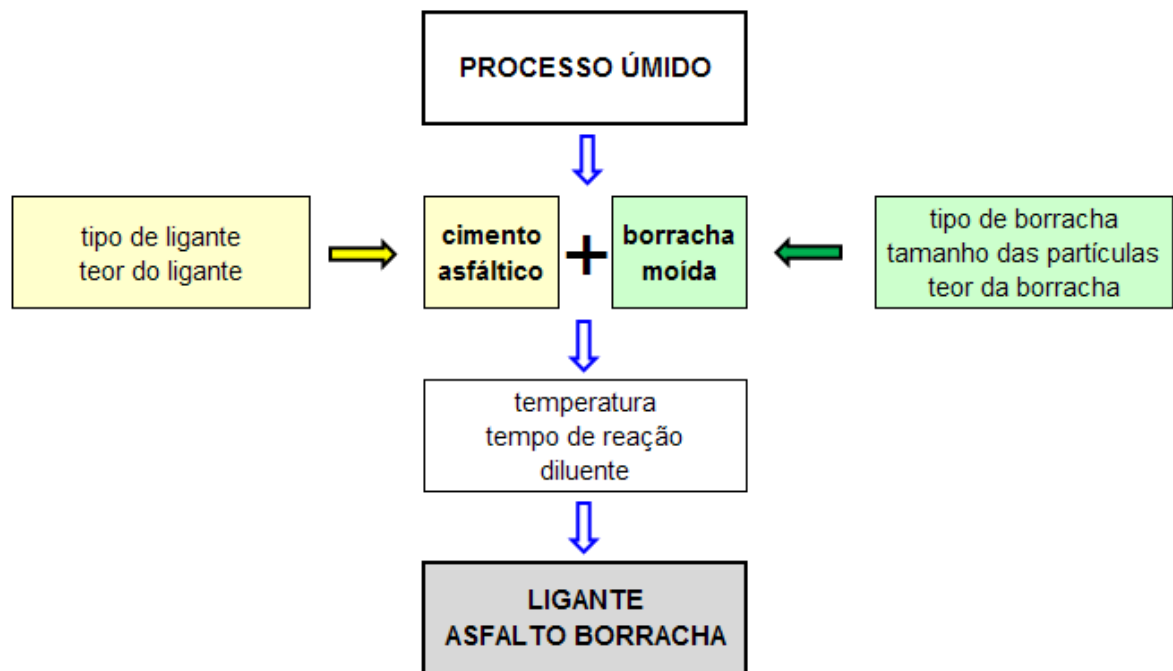


Figura 3.4: Esquema da produção do ligante asfalto-borracha

Fonte: O Autor

Existe ainda um terceiro processo, denominado processo misto, no qual a mistura é feita de forma semelhante ao demonstrado no processo seco, porém com o uso do ligante modificado com borracha.

BERTOLLO et al. (2002) observaram que misturas modificadas com Agregado Borracha com granulometria fina (1,18 – 0,15mm) possuíam um melhor desempenho quanto à deformação permanente e flexibilidade, quando comparadas a misturas convencionais. Já misturas com agregado-borracha de granulometria mais grossa (9,5 – 0,60mm) mostra um excesso de deformação permanente e maior resiliência. Estes resultados ratificam a teoria que as partículas finas de agregado-borracha reagem parcialmente com o ligante, enquanto as partículas maiores funcionam como agregados elásticos (PINHEIRO, 2004).

Assim, pode-se concluir que a interação da borracha com o ligante asfáltico e a proporção de aditivos são diretamente proporcionais a qualidade final do asfalto-borracha. Para melhorar ainda mais a reação entre o asfalto e a borracha pode ser utilizado um óleo extensor para reduzir a viscosidade do ligante asfalto-borracha. Se as temperaturas não forem controladas adequadamente durante o processo de fabricação, podem surgir patologias como o envelhecimento precoce do asfalto-borracha. A borracha também deve ser previamente aquecida de maneira controlada antes de ser misturada ao ligante asfáltico por um prazo determinado para gerar o produto com as qualidades desejadas.

“A temperatura de mistura varia entre 145°C e 160°C, a temperatura de lançamento é geralmente mais alta e a compactação deve ser realizada enquanto o material está quente, pois a viscosidade do ligante asfalto-borracha aumenta rapidamente (ODA, 2000).”

A figura 3.5 demonstra o processamento da borracha no asfalto-borracha:

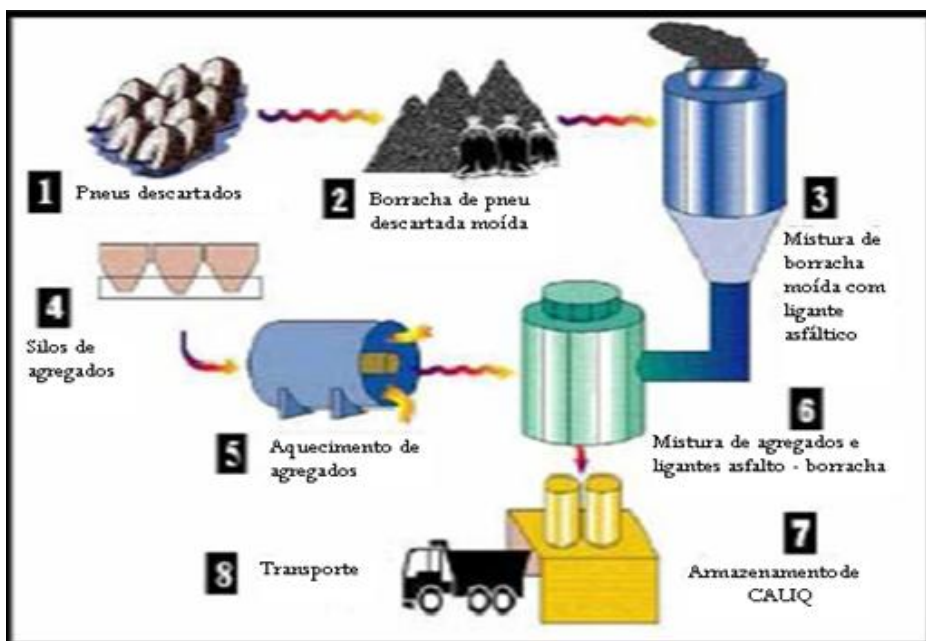


Figura 3.5: Processo de extração do pó de borracha

Fonte: O Autor

A reutilização da borracha na pavimentação tem grande potencial para ser desenvolvida e aplicada. Dentre as diversas melhorias que ocorrem no pavimento asfáltico quando adicionada a borracha de pneu, pode-se destacar:

- expansão do volume final do concreto asfáltico;
- a borracha de pneu, além de reagir quimicamente com o betume, pois ambos são oriundos do petróleo, não causará problemas de corrosão nos equipamentos construtivos rodoviários, como se verificou com outros resíduos;
- seu tratamento não oferece riscos aos operadores;
- redução da poluição visual e melhoria da qualidade ambiental;
- produto final mais elástico, maior coeso, menos sensível a temperaturas extremas e mais resistente ao trincamento;
- melhor conservação dos agregados e do cimento asfáltico;
- redução dos custos de manutenção devido ao aumento da vida útil;
- melhor absorção de ruídos provenientes do tráfego;
- maior resistência à deformação permanente em altas temperaturas;
- mistura final altamente resistente ao envelhecimento devido à incorporação de anti-oxidantes e inibidores de raios ultravioleta existentes na borracha de pneu.
- mais resistente ao fraturamento por congelamento em climas
- a padronização das formas geométricas dos pneus facilita a criação de equipamentos de desmonte e trituração, caso sejam necessários.
- colabora com a redução do acúmulo de pneus descartados no meio ambiente;

A borracha sintética presente nos pneus possui propriedades físicas que aperfeiçoam a estabilidade química do asfalto ao produzirem um resultado de

emborrachamento do pavimento. Isto gera uma camada de impermeabilização que influencia diretamente os fatores responsáveis pela vida útil do pavimento:

- protege as diversas camadas do pavimento;
- evita sensivelmente o problema da oxidação (envelhecimento) do asfalto;
- melhora as condições de aderência dos pneus dos veículos, beneficiando a segurança dos usuários;
- é mais resistente a ação química de combustíveis e óleos lubrificantes eventualmente derramados por veículos evitando assim o aumento do ponto de temperatura que favorece o amolecimento da massa e a deformação do composto final.

Segundo Bertollo e Fernandes (2002), existem algumas barreiras ligadas à utilização da borracha asfáltica, tanto no processo seco como no processo úmido, que dificultam a propagação desta nova tecnologia:

- falta de padronização de critérios de dosagem;
- uso de processos patenteados;
- necessidade de equipamentos especiais para processamentos;
- custo elevado da borracha picada;
- particularidade na granulometria dos agregados pétreos.

3.7 MEIO AMBIENTE

Conforme CEMPRE (2008), a fabricação de pneus novos no Brasil ultrapassou a marca de cinquenta milhões em 2006. Cerca de um terço desta produção é exportado. Estima-se que a produção de pneus novos no mundo gira em torno de dois milhões por dia.

O descarte inadequado de pneus velhos no meio ambiente está próximo de oitocentos milhões de unidades por ano e isto é alvo de grande preocupação de toda sociedade devido às diversas conseqüências negativas causadas pelo acúmulo indevido destes.

Ainda conforme a CEMPRE (2008), estima-se que nos Estados Unidos os pneus inservíveis correspondem a 1% dos resíduos gerados. Este índice corresponde aproximadamente a cerca de três bilhões de carcaças de pneus estocados em todo o território norte-americano.

No ano de 1990, os Estados Unidos descartaram aproximadamente 278 milhões de unidades de pneus de carros de passeio e de caminhão. Com a grande repercussão dos danos causados pelo descarte inadequado de pneus inservíveis no meio ambiente, aproximadamente 35% da produção anual norte-americana foi reusada, reciclada ou recuperada no ano de 1993.

Segundo Lund (1993), as carcaças de pneus nos Estados Unidos não são coletadas junto aos resíduos domésticos, pois são consideradas como resíduos especiais.



Figura 3.6: Pilha de pneus de Oxford, Westley, Califórnia.

Fonte: <http://geografiaescola.blogspot.com/2011/01/paisagens-artificiais.html>

No Brasil, apesar do grande esforço de toda sociedade, estima-se que apenas 14 milhões de pneus inservíveis são reaproveitados por ano sob diversas formas.

No estado do Rio de Janeiro,

Segundo dados da ANIP (2003): 0,5% do lixo urbano do estado do Rio de Janeiro correspondem a pneus e artefatos de borracha em geral; no estado da Bahia, cerca de 850 mil pneus inservíveis são descartados por ano.

Apesar de o Brasil possuir um índice elevado de recauchutagem - processo no qual a vida útil do pneu é prolongada em cerca de 40% - a grande maioria dos

pneus já desgastados pelo uso e que não podem ser reaproveitados são destinados indevidamente para fundos de quintais, borracharias, ferros-velhos, recauchutadoras ou são lançados em terrenos baldios, cursos de água e beiras de estradas.

Outro problema que preocupa a sociedade é a queima descontrolada de pneus a céu aberto. Isto lança a atmosfera uma fumaça negra com forte odor que contém em sua composição dióxido de enxofre, produto prejudicial à saúde humana. Esta queima é proibida em vários países, inclusive no Brasil.

Este tipo de resíduo também não pode ser descartado em aterros sanitários, pois: apresentam baixa compressibilidade; degradação pelo meio ambiente aproximada em 600 anos; armazena água de chuva devido à impermeabilidade da borracha e formato criando assim um ambiente propício para proliferação de vetores de doenças prejudiciais a saúde do homem.

Com o intuito de solucionar todos estes problemas causados pelo descarte inadequado deste tipo de resíduo, diversas medidas têm sido tomadas para promover uma solução ecológica e economicamente viável. Uma delas, tema da revisão bibliográfica em questão, é o reaproveitamento de pneus inservíveis na composição do asfalto-borracha.

A adição de borracha de pneus no asfalto é benéfica sob diversos aspectos:

- Proporciona melhorias nas propriedades do asfalto tradicional;
- Reduz a poluição visual causada pelo descarte inadequado de pneus em locais impróprios;
- Fortalece o crescimento do seguimento de empresas especializadas na fabricação e aplicação do asfalto-borracha através da reciclagem dos pneus;

- Reduz da demanda de petróleo de duas formas: parte do asfalto será substituída por borracha; manutenção exigirá menos matéria-prima, pois a durabilidade proporcionada pela adição de borracha em sua composição prolongará a vida útil da pavimentação;
- Reduz a quantidade de pneus acumulados indevidamente em locais inadequados, e conseqüentemente, o risco de incêndios incontroláveis, focos de criação de vetores de doenças prejudiciais à saúde e até letais ao ser humano, assoreamento de rios e lagos.
- Incrementa os benefícios diretos ao setor público pela criação de novas fontes de tributos que contribuirão com os cofres públicos;
- Cria novos empregos diretos nas empresas recicladoras e indiretos ligados ao processo de recolhimento e movimentação de pneus inservíveis.

Compartilhada com a idéia mundial de sustentabilidade social, econômica e ambiental, é importante ressaltar que o reaproveitamento da borracha implicará na redução de petróleo, uma fonte não renovável de energia pode se esgotar.

A Associação Nacional das Indústrias de Pneumáticos (ANIP) que, desde 2000, tomou para si a responsabilidade pela coleta dos pneus inservíveis (sem condições de rodagem ou de reforma) possui uma parceria com a Reciclanip, entidade sem fins lucrativos criada pelos fabricantes de pneus novos Bridgestone, Goodyear, Michelin, Pirelli e Continental. Já existem mais de 700 pontos de coleta no Brasil que estimulam o descarte ecologicamente correto através de ligações com prefeituras, associações de bairros, borracheiros, etc.

Toda a sociedade deve colaborar com os órgãos competentes na destinação correta para que o serviço funcione da melhor maneira possível.



Figura 3.7: Ecoponto da cidade de Santa Bárbara d'Oeste.

Fonte: <http://www.videolog.tv/video.php?id=698873>

De janeiro a outubro de 2010, A Reciclanip coletou e destinou de forma ambientalmente correta cerca de 280 mil toneladas de pneus inservíveis, o que corresponde a 56,3 milhões de unidades de pneus de carros de passeio.

A Reciclanip é diferente do modelo de gestão de empresas europeias no quesito remuneração. Em outros países, os consumidores precisam pagar uma taxa destinada a reciclagem do pneu que estão comprando e as empresas recebem um apoio financeiro dos diversos setores da sociedade para pagar as despesas operacionais e garantir a destinação dos pneus inservíveis.

Já no Brasil, os fabricantes de pneus novos, representados pela ANIP, arcam com todos os custos de coleta e destinação dos pneus inservíveis, como transporte, trituração e destinação.

3.8 LEGISLAÇÃO

O CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente), através das Resoluções Nº258 de 26 de agosto de 1999 e Nº301 de janeiro de 2002 que entraram em vigor em janeiro de 2002, determinou que as empresas fabricantes e as importadoras de pneus estão obrigadas a coletar e destinar de forma ambientalmente adequada, aos pneus inservíveis existentes no território nacional, na proporção relativa às quantidades fabricadas e importadas. Com o objetivo de colaborar com o destino ecologicamente correto para os pneus inservíveis.

O pneu é definido das seguintes formas:

- a) pneu ou pneumático: todo artefato inflável, constituído basicamente por borracha e materiais de reforço utilizados para rodagem em veículos;
 - b) 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;
 - c) 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 remodelagem, enquadrando-se, para efeitos de importação, no código 4012.10 da Tarifa Externa Comum-TEC;
- (CONAMA nº 258/1999, segundo seu Art. 2º)

A resolução define que é responsabilidade direta, para os fabricantes e importadores para ações de coleta, o tratamento e a disposição final de

pneumáticos inservíveis. São responsabilidade indireta, para o Poder Público e aos demais segmentos envolvidos com a questão dos pneus inservíveis, as ações referentes à coleta.

Para poderem continuar alimentando o mercado nacional com pneus novos, a resolução ainda obriga a os fabricantes a reciclarem os pneus usados já vendidos. O objetivo é atingir a proporção máxima de cinco pneus reciclados para a cada quatro produzidos para reduzir o índice de pneus acumulados no território brasileiro.

O órgão responsável pela aplicação e fiscalização da resolução é o IBAMA, que poderá punir os infratores com base na Lei de Crimes Ambientais.

Para compensar as dificuldades relacionadas à aplicação do asfalto-borracha – falta de padronização nos critérios de dosagem, necessidade de equipamentos especiais, alto custo de implantação, processo patenteados, resistência cultural, etc. - a Lei sobre a Eficiência do Transporte Intermodal de Superfície de 1991 (Intermodal Surface Transportation Efficiency Act - ISTEA, 1991), que trata do "uso de material reciclado em pavimentação visando à proteção ambiental", estabelece a utilização de um percentual mínimo de borracha reciclada nas misturas asfálticas (em relação ao total produzido), tendo aumentado de 5% em 1994 até 20% nos dias atuais. Esta lei garante incentivos fiscais aos Estados que utilizam borracha de pneus nas misturas asfálticas e prevê punições aos Estados que não a obedecerem.

A Reciclanip é um excelente parceiro da legislação para a reutilização e reciclagem de pneus inservíveis e minimização do problema ecológico causado pelo acúmulo destes no meio ambiente.

4. ANÁLISE CRÍTICA DO REAPROVEITAMENTO DE PNEUS

Baseado na leitura da revisão bibliográfica e das pesquisas realizadas é possível analisar o reaproveitamento de pneus inservíveis no asfalto-borracha sob três aspectos críticos: aspecto técnico, econômico e ambiental. A utilização de borracha na pavimentação asfáltica é uma ótima alternativa, pois, além de reaproveitar pneus inservíveis que degradariam o meio ambiente, também contribuem para melhorar o desempenho das características do asfalto convencional.

Em relação ao aspecto técnico, esta nova tecnologia, assim como diversas outras, também encontra resistência para ser utilizada: primeiro, devido a uma questão cultural: a engenharia atual já domina as técnicas de assentamento do asfalto convencional e, de certa forma, se recusa a inovar, mesmo sabendo das qualidades do asfalto-borracha; segundo, devido a falta de uma norma brasileira técnica que padronize os critérios de dosagem e a granulometria mais adequada da borracha moída para determinados tipos de asfalto conforme os inúmeros requisitos técnicos desejáveis; terceiro, devido a necessidade de equipamentos especiais para a implantação correta da borracha moída no asfalto: poucas empresas tem condições de ter acesso às máquinas específicas para incorporação da borracha na pavimentação asfáltica; o quarto e último motivo refere-se as pantetes dos processos: apenas uma pequena fatia do mercado domina as técnicas para o desenvolvimento de um produto de qualidade.

Quanto ao aspecto econômico, por se tratar de uma tecnologia relativamente nova, implica em novos gastos que tornam sua utilização mais cara do que o asfalto convencional. E, com o objetivo de reduzir ao máximo os gastos na fase inicial de implantação, não se percebe que este investimento maior inicial irá reduzir verbas de manutenção no resto da vida útil do asfalto implantado.

Por se tratar de uma nova necessidade no mercado da construção civil, a lei da oferta e da procura colabora para elevar o preço da borracha moída na granulometria correta.

Com relação ao aspecto ambiental, apesar da criação de leis que regulamentam o destino dos pneus inservíveis e da disseminação de órgãos que contribuem para o descarte correto, ainda existe um grande desconhecimento da população sobre o que fazer com pneus que não podem mais ser utilizados. Muitos setores da economia também insistem em descartar pneus velhos em locais que prejudicam o meio ambiente.

As entidades governamentais poderiam difundir as idéias de reciclagem e as diversas formas de reaproveitamento de pneus inservíveis através dos principais meios de comunicação, incentivos financeiros para a população e mais parcerias com os setores relacionados às indústrias pneumáticas.

No entanto, a solução para o problema do descarte inadequado evoluiu bastante nos últimos anos. Já existem diversas formas para reaproveitar os pneus velhos. É preciso criar uma forma de conscientizar a população sobre os problemas causados pelo descarte inadequado e sobre as diversas maneiras que já existem para reutilizar, reaproveitar e reciclar os pneus inservíveis.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A revisão bibliográfica em questão apresentou os principais impactos causados pelo descarte inadequado de pneus inservíveis no meio ambiente devido a sua baixa taxa de compressibilidade, demora para degradação natural, assoreamento de rios e lagos e capacidade de proliferar vetores de doenças prejudiciais à saúde humana.

A falta de interesse político para criar recursos para a gestão de resíduos sólidos através de soluções ambientalmente viáveis, fiscalização e punição dos infratores colabora diretamente para o agravamento deste grave problema ambiental.

Apesar da resolução nº 258 da CONAMA que determinar que a gestão deste tipo de resíduo seja responsabilidade dos importadores e fabricantes, o índice de reaproveitamento em relação à produção de pneus novos ainda é muito baixa no Brasil.

A interação entre consumidores, revendedores, distribuidores, fabricantes e importadores precisa melhorar para que o ciclo de reciclagem dos pneus inservíveis seja mais eficiente, ou seja, toda a sociedade precisa trabalhar em conjunto.

O reaproveitamento da borracha quando incorporada na constituição do asfalto mostrou-se bastante eficaz, pois tornou a pavimentação mais flexível, ou seja, capaz de suportar as variações de temperaturas diárias e o tráfego intenso sem apresentar fissuras tornando o asfalto-borracha mais resistente.

Além de contribuir com a redução do impacto ambiental causado pelo acúmulo de pneus inservíveis no meio ambiente, o asfalto-borracha apresenta um custo-benefício viável de implantação a longo prazo, pois: os custos de manutenção são bem menores quando comparados com o asfalto tradicional devido à durabilidade proporcionada pela adição da borracha na pavimentação; a espessura do asfalto é reduzida pela metade, ou seja, menos consumo de asfalto que é derivado do petróleo. No entanto, o custo inicial de implantação desta nova tecnologia ainda é superior ao asfalto convencional em aproximadamente 30 a 40%. Isto se dá devido à falta de incentivos fiscais e falta de conhecimento das empresas em processar a borracha que será utilizada no asfalto.

Em conformidade com a idéia mundial de sustentabilidade, o Brasil precisa investir na valorização da gestão de resíduos sólidos estabelecidas em suas normativas ambientais para que o reaproveitamento da borracha no asfalto torne-se uma opção economicamente viável e eficaz.

Apesar da necessidade de conscientização da sociedade e do desenvolvimento e disseminação das técnicas de adição da borracha no asfalto, os fatos apresentados nesta revisão bibliográfica demonstram que a mistura asfalto-borracha tem grande potencial para ser desenvolvida em larga e escala e contribuir diretamente para a melhoria das qualidades das pavimentações e reduzir o acúmulo de pneus inservíveis existentes atualmente no meio ambiente.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANIP - **Associação Nacional de Indústrias de Pneumáticos**. Disponível em: <<http://www.anip.com.br/>>. Acesso em: 17 de out. 2011.

BERTOLLO, S. A. M.; FERNANDES JR., J. L.; SCHALCH, V. **Benefícios da Incorporação de Borracha de Pneus em Pavimentos Asfálticos**, In: XXVIII.

CAMPOS, V.M.C. **Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais – CETEC**. Minas Gerais, 2007.

CHOUBANE, B.; G. A. SHOLAR; J. A. MUSSELMAN; G. C. PAGE (1999) **Ten-Year Performance Evaluation of Asphalt-Rubber Surface Mixes**, Transportation Research Record, TRR, v. 1681, n. 0177.

EPA - United States Environmental Protection Agency. **Markets for Scrap Tires**. (EPA/530-SW-90-074A). Out.1991. Disponível em:

<<http://www.epa.gov/osw/conserva/materials/tires/tires.pdf>>. Acesso em: 20 de out. 2011.

FONTES L. P. T. ; TRICHÊS G. ;PERREIR P. A. A.; PAIS J. - **38a REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO 12o ENCONTRO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO RODOVIÁRIA 38a RAPv / 12o ENACOR**. Manaus, 2007.

LASTRAN, 1998, **Concessão de Rodovias no Rio Grande do Sul**. Relatório Interno, UFRGS, RS.

MORILHA JR., A.; GRECA, M. R. **Considerações Relacionadas ao Asfalto Ecológico** – Ecoflex. IEP, Apostila sobre Asfalto Borracha, Instituto de Engenharia do Paraná, 2003.

ODA, Sandra. **Análise da Viabilidade Técnica da Utilização do Ligante Asfalto. Borracha em Obras de Pavimentação**. Tese (Doutorado em Transportes) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

ORSI,A; SIMON,C.L. **Uma Alternativa Ambiental para Pneus em Desuso**. 2006.

Disponível em:

<<http://www6.ufrgs.br/ensinodareportagem/meiob/asfaltob.html>> Acesso em: 05 de out.2011.

PETROBRAS. **Manual de Serviços de Pavimentação**. Petrobrás Distribuidora S.A., Rio de Janeiro, RJ, 1996.

BERTOLLO, Sandra Ap. Margarido; FERNANDES, José Leomar. **Reutilização da Borracha de pneus em pavimentação asfáltica**. In; Congresso de pesquisa e Ensino em Transportes, 7, 23 a 27 nov. 1998, Fortaleza. Anais... Fortaleza: ANPET, 1998. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/mexico26/iv-003.pdf>>. Acesso em: 14 de out. 2011.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. **Resolução no. 258 de 26 de agosto de 1999**. Torna importadores e industriais responsáveis pelo destino dos pneus descartados pelos usuários finais. Disponível em: <<http://www.ignis.org.br/downloads/conama-258-99.pdf>>. Acesso em: 06 de out. 2011.

CEMPRE. **Pneus - ficha técnica**. Disponível em: <http://www.cempre.org.br/ft_pneus.php>. Acesso em: 10 de set. 2008.

CENTRO DE REFERÊNCIA EM GESTÃO AMBIENTAL PARA ASSENTAMENTOS HUMANOS. **Técnicas de produção mais limpa na Indústria**. Disponível em: <<http://www.unilivre.org.br>>. Acesso em: 24 de out. 2011.

Wolfovitch, R. V. **Emprego de pneus inservíveis em pavimentação asfáltica.**
(Monografia) Universidade Católica de Salvador.

CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE E O
DESENVOLVIMENTO - UNICED/RIO-92. **Agenda 21.** In: SMA Agenda 21 Global.

Disponível em:

<[http://www.cqgp.sp.gov.br/gt_licitacoes/publicacoes/AGENDA%2021%20GLOBA
L%20CAP%C3%8DTULO%204.pdf](http://www.cqgp.sp.gov.br/gt_licitacoes/publicacoes/AGENDA%2021%20GLOBA
L%20CAP%C3%8DTULO%204.pdf)>. Acesso em: 19 de out. 2011.

EA (Environmentl Agency)- UK (Agencia Ambiental Inglesa). Tyres Report. **The
production and use of tyre-derived rubber materials.** Disponível em:

<[http://www.environment-
agency.gov.uk/static/documents/Business/Quality_protocol_for_tyre-
derived_rubber_materials_.pdf](http://www.environment-
agency.gov.uk/static/documents/Business/Quality_protocol_for_tyre-
derived_rubber_materials_.pdf)>. Acesso em: 17 de out. 2011.

Estudo da viabilidade de reciclagem de pneus e seu uso na fabricação de asfalto
ecológico - Revista Ciências do Ambiente On-Line Dezembro, 2010 Volume 6,
Número 3

IPT/CEMPRE. Lixo Municipal: **Manual de gerenciamento integrado.** São Paulo:
CEMPRE, 2000. Disponível em: <<http://www.cempre.org.br/manuais.php>>.
Acesso em: 21 de out. 2011.

KIPERSTOK, Asher. **Tecnologias limpas, capacitação e pesquisa: o curso de especialização em gerenciamento e tecnologias ambientais na indústria.**

TECBAHIA Revista Baiana de Tecnologia, Camaçari, v. 13, n. 1, p. 136-139, jan.-abr. 1998.

LUND, H. F. The McGraw-Hill **Recycling Handbook**. New York: McGraw-Hill, 1993. Cap18.

MEDEIRO, L.F.; SAYÃO, Alberto S. E; GERSCIVICH, Denise M. S.; SIEIRA, Ana Cristina C. F. **Reuso de Pneus em Geotecnia**. In: Seminário Nacional Sobre Reuso/Reciclagem de Resíduos Sólidos Industriais, 29 a 31 ago. 2000, São Paulo. *Anais...* São Paulo: SEMA, 2000.

Soares. R. A. **O uso da borracha de pneus na pavimentação como uma alternativa ecologicamente viável**. (Monografia) Universidade Católica de Salvador.

NOVICKI R. E. M; MARTIGNONI, B. N. V. **Reportagem de pneus pelo Processo Petrosix**. In: Seminário Nacional Sobre Reuso/Reciclagem de Resíduos Sólidos Industriais, 29 a 31 ago. 2000, São Paulo. *Anais...* São Paulo: SEMA, 2000.

SALINI, R. B.; MARCON, A_ F. **Utilização de borracha de pneus em misturas asfálticas**. In: Encontro Ibero - Americano de Unidades Ambientais do Setor Transportes, 3,1998.

SILVA, R. F. S.; SILVA, M L. P. **Produção limpa e gestão ambiental: obtenção de vantagens competitivas para a indústria**. In: Encontro Nacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente, 4, 19 a 21 nov.1997, São Paulo. Anais... São Paulo: Plêiade, 1997.

SILVA, R. N. M.; ARAÚJO, C. R. S.; GARCEZ, R. M. **Proteção de encosta com pneus - Saneamento Ambiental no Coroadinho em São Luiz - M.A**. In: Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 9.

SMA/SP - Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. Documentos Ambientais: **educação ambiental**. São Paulo: Governo do Estado de São Paulo, 1998. **Assinado Protocolo para melhorar o desempenho ambiental na construção**. Disponível em:

<<http://www.ambiente.sp.gov.br/verNoticia.php?id=204>>. Acesso em: 14 de out. 2011.

TCHOBANOGLIOUS, George; THEISEN, Hilary; VIGIL, Samuel A.; VIGIL, S. A.. **Integrated Solid Waste Management**. New York: McGraw - Hill, 1993.

TORNER-FAIRBANK HIGHWAY RESEARCH CENTER. **Scrap Tires**. Disponível em: <<http://www.tfhrc.gov/hnr20/recycle/waste/index.htm>>. Acesso em: 08 de out. 2011.

FERRARI, Jeanini Santana; RIBEIRO, Luiz Carlos R.; OLIVEIRA, Paulo Cezar. **Potencial de Utilização de Pneus Usados em Pavimentação Asfálticas no BRASIL**, 2003. Brasília, Universidade de Brasília – UnB.

PIVOTO, Luciano. **Avaliação de Misturas Asfálticas com Incorporação de Borracha Reciclada de Pneus**. Local: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004.

Revista Meio ambiente: Benefícios do Asfalto-borracha. Disponível em: <<http://www.revistameioambiente.com.br/2008/03/27/710>>. Acesso em 12 de out. 2011.

Reciclagem e coleta seletiva – Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.setorreciclagem.com.br/modules.php?name=News&file=article&sid=1136>>. Acesso em 14 de out. 2011.

Reciclanip – Disponível em: <http://www.reciclanip.com.br/>. Acesso em 25 de out. 2011.

Inovação Uniemp - Vantagens ambientais e econômicas no uso de borracha em asfalto. Disponível em:

http://inovacao.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1808-23942007000300008&lng=es&nrm=is. Acesso em: 05 de out. 2011.

HBS Construtora e Incorporadora – Notícias – Rodovia dos bandeirantes terá pavimento ecológico entre São Paulo e Campinas. Disponível em:

<http://www.hbsconstrutora.com.br/noticias-rodovia-dos-bandeirantes-tera-pavimento-ecologico-entre-sao-paulo-e-campinas.html>. Acesso em: 23 de out. 2011.

Geografia e escola: Paisagens Artificiais. Disponível em:

<http://geografiaeescola.blogspot.com/2011/01/paisagens-artificiais.html>. Acesso em: 02 de out. 2011.

Reciclanip recolhe mil pneus em Ecoporto do Planalto do Sol II. Disponível em: <http://www.videolog.tv/video.php?id=698873>. Acesso em: 25 de out. 2011.