

RESUMO

Os pneus apresentam enormes problemas quando não resolvidos ecologicamente correto colocando a saúde humana em risco, a transformação desses resíduos em asfalto borracha é uma tecnologia eficaz para evitar mais danos ao meio ambiente, a contaminação do ar devido à queimada, a contaminação do solo devido à queima libera o óleo pirolítico uma substância tóxica e também a contaminação do lençol freático. O acúmulo de pneus contribui para uma grave ameaça à saúde pública sua relação direta com a propagação de doenças, especialmente em países tropicais. O asfalto borracha tem como função melhorar a qualidade das estradas. Em sua composição, têm adição da borracha moída dos pneus, apresentam maiores durabilidades, menores tendências às deformações, mais elasticidades, maiores resistências às intempéries e maiores resistências às fadigas. Utilizando os pneus de forma correta fabricando asfálticos sustentáveis e mais seguros, ajudará a diminuir o enorme volume que esse resíduo apresenta, pensando no bem-estar da população e contribuindo com o meio ambiente, afinal o mundo só é equilibrado quando ambos trabalham juntos.

Palavras- Chave: Sustentabilidade. Reciclagem. Pneus inservíveis.

ABSTRACT

The transformation of this waste into rubber asphalt is an effective technology to avoid further damage to the environment, air contamination due to burning, soil contamination due to the release of pyrolytic oil, a toxic substance, and contamination of the water table. The accumulation of tires is a serious threat to public health because of its direct relationship with the spread of disease, especially in tropical countries. The purpose of rubber asphalt is to improve the quality of roads. With the addition of ground rubber from tires, they are more durable, less prone to deformation, more elastic, more resistant to weathering and more resistant to fatigue. Using tires correctly, making sustainable and safer asphalt, will help to reduce the enormous volume of this waste, thinking of the well-being of the population and contributing to the environment, after all the world is only balanced when both work together.

Key words: Sustainability. Recycling. Waste tires.

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é fazer pesquisa bibliográfica sobre asfalto borracha e os seus benefícios, dando aos pneus a destinação ecologicamente correta.

DESENVOLVIMENTO

1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1 Composição do pneu

Os pneus, hoje em dia, são feitos para durar sobre condições extremas físicas, químicas e térmicas. As más condições da maioria das estradas brasileiras exigem, cada vez mais, dos pneus e o constante aumento da frota de pesados faz com que sejam cada vez mais resistentes e duráveis. O pneu apresenta uma estrutura complexa, para atribuir-lhes as características necessárias ao seu desempenho e segurança, são confeccionados precisamente e projetados para ser indestrutível. Um pneu só se torna inservível quando a lona se rompe, se torna fisicamente prejudica do ou não pode ser recauchutado (NOVICK e MARTIGNONI, 2000)¹. .

1.1.2 O pneu e o meio ambiente

O pneu é um resíduo que apresenta um risco crescente e grave de saúde pública, particularmente em países de climas tropicais, já que empilhados servem de criadouros para mosquitos transmissores de dengue, febre-amarela e malária. A queima dos pneus libera o óleo pirolítico, que contém substâncias altamente tóxicas e metais pesados capazes de produzir efeitos adversos à saúde, como perda de memória, deficiência no aprendizado, supressão do sistema imunológico, danos nos rins e fígado. Esse óleo pirolítico pode contaminar o solo, encontrando-se com o lençol freático, provocando a contaminação da água. Estudos demonstram que a poluição dos recursos hídricos causada pelo escoamento do óleo pirolítico devido às queimadas. Estudos demonstram que a poluição dos recursos hídricos causada pelo escoamento do óleo pirolítico devido às queimadas dos pneus (MATTOS, 2006)².

1 Novicki, R. E. M e MARTIGNONI, B. N. V. **Retortagem de pneus**. In: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE REÚSO/ RECICLAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS. Petrobrás-PR, 2000.

2 MATTOS, M. (2006). **Pneus velhos, problemas novos**.

A queimada também traz outros males emitidos pela fumaça tóxica e representa riscos de mortalidade prematura, deterioração das funções pulmonares, problemas do coração, depressão do sistema nervoso e central. Esses problemas de saúde que mencionamos acima passavam despercebidos pelos médicos, é raríssimo vê-lo em relatórios. A queima à céu aberto, proibida por lei, libera dióxido de enxofre na atmosfera, poluindo o ar e, libera cerca de 10 litros de óleo no solo, que percola até atingir o lençol freático, contaminando o solo e a água (KAMIMURA, 2002).



FIGURA 1- Pneus foram queimados em rodovia durante protesto no RS

(Foto: Eder Calegari/ RBS TV)

Aos serem estocados em aterros sanitários, por apresentarem baixa compressibilidade, reduzem a vida útil dos aterros. Os pneus descobertos absorvem os gases liberados pela decomposição dos lixos orgânicos, incham e estouram. A situação piora ao se pensar que a combustão envolverá outros resíduos presentes nos aterros, com a composição desconhecida, o que, certamente, agravará o problema atual. Uma forma encontrada para armazenar esse impacto foi a utilização de metodologias de reciclagem e reaproveitamento desses pneus. Entre elas, o condicionamento tem sido um mecanismo bastante utilizado para conter o descarte de pneus inservíveis (ANDRIETTA, 2002)³.

1.1.3 Reciclagem de Pneus

A reciclagem de pneus não é exatamente uma novidade, porém, ainda não se havia pensado em utilizar esse método em larga escala para asfalto. Ela envolve um ciclo que compreende a coleta, o transporte, a trituração e a separação de seus componentes (borracha, aço, náilon ou poliéster), transformando sucatas em matéria-prima para o mercado (BERTOLLO; FERNANDES JR.; SCHARLCH, 2002)⁴.

3 ANDRIETTA, A. J. **Pneus e meio ambiente:Um grande problema requer uma grande solução**, (2002).

4 BERTOLLO, S. M.; JÚNIOR, J. L. F.; SCHARLCH, V. **Benefícios da incorporação de borracha de pneus em pavimentos asfálticos**. In: XVIII Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. 2002.



FIGURA 2- Ciclo de vida do pneu.

Fonte: Reciclanip

Considerando que cada tonelada de mistura asfálticas pode incorporar borracha de 1 a 4 pneus de passeios, a pavimentação de apenas 0,5% (cerca de 7.800km) do total de quilômetros de rodovias não-pavimentados poderia consumir mais 11 milhões de carcaças de pneus, cerca de 25% dos pneus descartados a cada ano (BERTOLLO; FERNANDES JR.; SCHARLCH, 2002).

O princípio da prevenção busca medidas preventivas com objetivos de evitar danos irreversíveis ou de difícil reparação, como, por exemplo, aterros feitos com pneus. Nesse contexto, conhece-se o risco e tomam-se medidas para evitá-lo. Busca-se inibir o risco de dano, no caso os pneumáticos, e as consequências de seu descarte ao meio ambiente. No princípio da precaução, não se tem certeza sobre o que acontecerá, então decide-se por uma cautela antecipada, diante de um possível risco ou perigo. Entendido como norteador das avaliações e decisões desses tipos de problemas que envolvem riscos para a saúde e para o meio ambiente. Temos possibilidades de práticas sustentáveis a partir da reutilização da matéria-prima dos pneus (SILVA; CASAGRANDE, 2013)⁵.

5 SILVA, M.; CASAGRANDE, A. **A controvérsia dos pneus, o princípios da prevenção e precaução e o dever de sustentabilidade**, (2013). ISSN 1981- 3694- REVISTA ELETRÔNICA DO CURSO DE DIREITO-UFSM.

1.1.4 Logística Reversa

A logística reversa é um processo de planejamento, implantar e controle de eficiência de custo efetivo do fluxo de matéria-prima, estoques em processo, produtos acabados e as informações correspondentes para o ponto de origem como o propósito de recapturar o valor ou destinar a apropriada destinação

(ROGERS, TIBBEN-LIMBKE, 1998)⁶.

Existem duas grandes áreas de atuação da logística reversa, diferenciadas pelo seu estágio ou fase do ciclo de vida do produto retornado: a Logística Reversa de pós-venda e Logística Reversa de pós-consumo. A Logística Reversa de pós-venda ocupa-se do equacionamento e operacionalização do fluxo físico das informações logísticas correspondentes aos seus bens, sem uso ou com pouco uso (LEITE, 2003)⁷.

Para Barbieri e Dias (2002)⁸, a Logística Reversa de pós-consumo é como uma Logística Reversa Sustentável, uma ferramenta importante para implantar programas de produção e consumo sustentável, ou seja, sua preocupação é a recuperação de matérias pós-consumo, sendo, portanto, um instrumento de gestão ambiental.

A partir da Resolução CONAMA n.º 258/99, que regulamenta o processo de destinação final de pneumáticos, observou-se a estruturação de uma cadeia de logística reversa de pneus inservíveis no país, que vem se consolidando ao longo do tempo.

2. Asfalto Borracha

2.1 Definição

O asfalto borracha é um asfalto que tem na sua composição borracha moída de pneus. Além de ser uma forma nobre de dar destino aos pneus inservíveis, resolvendo um enorme problema ecológico, o uso de borracha moída de pneus no asfalto melhora as propriedades e o desempenho do revestimento asfáltico (PETROBRAS, 2016).

6 ROGERS, D. S; TIBBEN- LEMBKE, R. S. **Going Backwards: Reverse Logistics Trends and Practices**. University of Nevada, Reno- Centro for Logistics Management , 1988.

7 LEITE, P. R. Logística Reversa: Meio ambiente e competitividade. 2ª ed. São Paulo: Prentice Hall, 2003.

8 BARBIERI, J. C; DIAS, M., 2002. **Logística Reversa como instrumento de programas de produção e consumo sustentável**. Revista Tecnologista, São Paulo, Ano IV, n.º 77.

O ligante asfalto borracha foi desenvolvido para ser usado em atividades de manutenção, reabilitação e para tentar prolongar a vida de uma pavimentação asfáltica (ODA, 2000)⁹.

Durante muitos anos, engenheiros e químico trabalharam misturando borracha natural (látex) e borracha sintética (polímero) em ligante asfáltico na tentativa de melhorar as propriedades elásticas do ligante asfáltico. Mas é só na década de 40 que se iniciou a história da adição de borracha de pneus reciclada em materiais para pavimentação asfáltica com a Companhia de Reciclagem de Borracha, U.S Rubber Reclaiming Company, que introduziu no mercado um produto composto de material asfáltico e borracha desvulcanizada reciclada, denominado Ramflex™ (ODA E FERNADES JR., 2001¹⁰).

De acordo com Mendes e Nunes (2009)¹¹, o asfalto-borracha consiste em uma camada aplicada sobre um pavimento antigo, ou sobre uma base composta de brita graduada devidamente dosada conforme o projeto de pavimentação. Essa camada é preparada e aplicada a quente. É constituída de pedregulho de material betuminoso, agregado mineral (pedra britada, areia e pedregulho britado) e o pó de borracha obtida dos pneus inservíveis. O ligante utilizado na mistura asfáltica é a CAP (Cimento Asfáltico de Petróleo), que exerce a função de "colar" os agregados, pois quem suporta as cargas é a pedra (brita), mas é preciso envolver a pedra e o pó de pedra, é por esse motivo que se usa o CAP.

9 ODA, S. **Análise da viabilidade técnica da utilização do ligante asfalto borracha em obras de pavimentos**. São Carlos. Tese de Doutorado em Engenharia- Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Carlos, p. 225. Ano 2000.

10 ODA, S; JÚNIOR, J. L. F. (2001). **Borracha de pneus como modificador de cimentos asfálticos para uso em obras de pavimentação**. Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Estadual de Maringá. v. 23.

11 MENDES, C. B; NUNES, F. R. **Asfalto borracha- minimizando os impactos ambientais gerados pelo descarte de pneus inservíveis no meio ambiente**, 2009. TCC (Engenharia de Produção Civil) Faculdade Brasileira- UNIVIX- Vitória.



FIGURA 3- Processo de obtenção do Asfalto-Borracha
 Fonte: SINCESP, 2016.

De acordo com Bertollo et al. (2000)¹², uma rodovia não é planejada para manter-se por 60 anos, pois o asfalto tem uma vida útil definida, que gira em torno de 15 anos. Todavia, quando a borracha é aplicada adequadamente na composição do pavimento, o asfalto pode resistir por 30 a 40 anos ou mais, sem maiores problemas.



FIGURA 4- Diferença entre o asfalto convencional e o asfalto borracha.

Com a obrigação de reciclagem dos pneus inservíveis imposta pelo CONAMA e a necessidade de pavimentos mais resistentes, devido à utilização de veículos mais pesados, viu-se a possibilidade de um melhoramento dos ligantes com a adição de borracha oriunda de pneumáticos inservíveis.

A borracha de pneu é uma borracha vulcanizada e serve como modificador de ligantes asfálticos.

12 BERTOLLO, S. A. et al. **Pavimento asfáltica: uma alternativa para a reutilização de pneus usados**. São Paulo, 2000.

2.1.2 Métodos de incorporação da borracha ao ligante

O processo úmido consiste na incorporação da mistura da borracha de pneus moída com o ligante asfáltico antes da mistura do ligante com o agregado.

O resultado é um ligante modificado que tem propriedades significativamente diferentes do ligante asfáltico original. Geralmente, tem-se a mistura de ligante asfáltico e borracha de pneus moída (5 a 25%), a uma temperatura elevada, (150 a 200°C), durante um determinado período de tempo (20 a 120 minutos). Esta mistura reage e forma um composto chamado asfalto-borracha (asphalt- rubber), com propriedades reológicas diferentes do ligante original, podendo ser incorporados aditivos para ajustar a viscosidade da mistura. Um dos principais objetivos de se adicionar borracha de pneus moída em um ligante asfáltico é prover um ligante melhorado. No processo úmido, a interação entre o ligante asfáltico e a borracha moída é classificada como uma reação. O grau de modificação do ligante depende de vários fatores, incluindo a granulometria (o tamanho) e a textura da borracha, a proporção de ligante asfáltico e borracha, o tempo e a temperatura de reação, a compatibilidade com a borracha, a energia mecânica durante a mistura e reação e o uso de aditivos. Sendo o asfalto um material de consistência semi-sólida à temperatura ambiente, é necessário tomá-lo fluido para facilitar a mistura e incorporação da borracha moída. Para tanto, deve-se aquecer o asfalto até se atingir a viscosidade adequada. Além disso, a borracha, que também é aquecida previamente, deve ser misturada ao ligante durante um período de tempo suficiente para que resulte um produto uniforme, com consistência homogênea (ODA, 2001).



FIGURA 5- Fatores que influenciam a produção do ligante asfalto-borracha

O asfalto borracha via úmida, por sua vez, apresenta um ligante com qualidade indiscutível superior à do asfalto convencional, tais como maior resistência à oxidação

pela luz sola, maior viscosidade, mais elasticidade e baixa sensibilidade às variações de temperatura (MENDES E NUNES, 2009).

2.1.3 Aplicação do Asfalto Borracha

Para Oda e Junior (2001), as principais formas de aplicação do ligante asfalto borracha :

a) Selante de trincas e juntas (asphalt-rubber crack/joint sealant):

O ligante asfalto-borracha é um dos melhores selantes de trincas existentes, tanto de pavimentos asfálticos como de pavimentos de concreto de cimento Portland, sendo recomendado fazer a selagem com auxílio de um aplicador manual. Comparando-se a vida útil de selantes com e sem asfalto-borracha, verifica-se que o selante com asfalto-borracha dura cerca de 3 vezes mais.

b) SAM (Stress Absorbing Membrane): Trata-se de um “tratamento superficial” com asfalto borracha, geralmente usado para prevenir e/ou retardar a formação de trincas por reflexão em pavimentos asfálticos. Consiste em distribuir uma camada de ligante asfalto borracha (com cerca de 20% de borracha) sobre a superfície do pavimento existente, seguida de uma camada de agregados uniformes, espalhados sobre o ligante (HICKS et. al; 1995)¹³.

c) SAMI (Stress Absorbing Membrane Interlayer): É uma camada de asfalto borracha aplicada entre camadas CAUQ (existentes e de reforço) quando da execução de uma reabilitação, para retardar o desenvolvimento de trincas por reflexões e reduzir a penetração de água em camadas subjacentes (HICKS et. at;1995).

d) Concreto Asfáltico Usinado a Quente: O uso do ligante asfalto borracha em misturas asfálticas de graduação densa, em substituição ao ligante asfáltico convencional, reduz o acúmulo de deformação permanente nas trilhas de rodas, as trincas por fadiga e as trincas por contração de origem térmica (TAKALLOU E SAINTON, 1992)¹⁴.

13 HICKS, R.G. et al. Crumb Rubber Modifier (CRM) in Asphalt Pavement: Summary of Practices in Arizona, California, and Florida. FHWA-SA-95-056. September, 1995.

14 TAKALLOU, H.B.; SAINTON, A. Advances in technology of asphalt paving materials containing used tire rubber. Transp. Res. Rec., Washington, D.C., n.1339, p.23 29, 1992.

2.1.4 Asfalto Borracha no Brasil

A partir do ano de 1999 começaram os estudos e pesquisas sobre o asfalto modificado por borracha (AMB) no Brasil. Os primeiros estudos tinham como foco a utilização da borracha como meio de aprimorar e melhorar a qualidade do asfalto convencional. No fim do ano 2000, procurando respaldar técnica e cientificamente a pesquisa do Asfalto Borracha, a GRECA ASFALTOS participou e consagrou um Convênio de Cooperação Técnica com LAPAV- Laboratório de Pavimentação da Universidade Federal do Rio do Sul (que é um centro de referência nacional na área de pesquisa rodoviárias) e com a Concessionária Univias, do Rio Grande do Sul. Assim surgiu o Asfalto Ecológico, também denominado comercialmente como ECOFLEX, que foi especialmente fabricado para consumir pneus inservíveis e melhorar as propriedades do asfalto convencional. A primeira aplicação ocorreu em 17 de agosto, no quilometro 319 da BR 116, rodovia sobre concessão da Univias, o trecho escolhido fica entre Guaíba e Camaquã no Rio Grande do Sul. Depois do primeiro asfalto borracha, foram aplicados em alguns estados brasileiros e também criam uma lei que obriga a utilização desse tipo de asfalto, por questões ambientais e sociais (SANCHES; GRANDINI e JÚNIOR, 2012)¹⁵.

O asfalto borracha começou a ser usado pelo Grupo EcoRodovias em caráter de teste em 2002, depois que técnicos da empresa foram enviados à Califórnia e ao Arizona para aprender mais sobre o assunto. Para garantir a qualidade do material e agilizar o processo, a Ecovias possui sua própria usina de asfalto, capaz de fabricar tanto CAP quanto asfalto borracha (ECOVIAS, 2016)¹⁶.

Em 2012 foi aprovada a Lei nº 14.691 pelo ex. governador Geraldo Alckimin do Estado de São Paulo que prevê o uso de borracha pulverizada na composição do asfalto destinado à conservação das rodovias estaduais. A nova lei determina que o pó de borracha seja resultante de reciclagem de pneus inservíveis (ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2012)¹⁷.

2.1. 5 Benefícios do asfalto borracha

15 SANCHES, F. G; GRANDINI, F. H. B; e BARBIERI, JR. **Avaliação da viabilidade financeira de projetos com utilização do asfalto borracha em relação ao asfalto convencional**, 2012. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba.

16 ECOVIAS. **Asfalto ecológico**, 2016.

17 ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DE SÃO PAULO, lei Nº 14.691, de 6 de janeiro de 2012
Aprovada o uso do asfalto borracha reciclada na conservação das estradas estaduais.

A massa asfáltica obtida com a junção do ligante, então batizada de asfalto borracha, apresenta maior durabilidade, menor tendência à deformação, mais elasticidade, maior resistência a intempéries e maior resistência às fadigas (CONCER, 2009)¹⁸.

Segundo ANP (2020)¹⁹, as vantagens técnicas do asfalto borracha são:

- Maior durabilidade (vida útil) do pavimento, com propagação de trincas e formação de trilhas de roda em velocidade menor que do CAP puro;
- Alta viscosidade, que possibilita maior recobrimento do pavimento, o que propicia redução da sensibilidade a variações térmicas;
- Aumento da elasticidade, que melhora a aderência do pneu ao pavimento, aumenta a resistência à ação química de óleos e combustíveis e reduz ruído;
- Maior resistência ao envelhecimento, o que propicia o aumento da deformação de tração admissível e, assim, a redução da propagação de trincas e da formação de trilhas de roda.

Além dos benefícios técnicos do asfalto borracha, ele reduz a poluição visual causada pelo descarte inadequado de pneus em locais impróprios, reduz a demanda de petróleo de duas formas:

a) a parte do asfalto será substituída por borracha;

b) 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 potencialmente letais aos seres humanos, assoreamentos de rios e lagos. Compartilhada com a ideia mundial de sustentabilidade social, econômica e ambiental, é importante ressaltar que o reaproveitamento da borracha implicará na redução do petróleo, uma fonte não renovável de energia que pode se esgotar (SALINI e MARCON, 1988)²⁰.

18 CONCER, 2009. **Obras em andamentos**.

19 ANP. Asfaltos, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/distribuicao-e-revenda/distribuidor/asfaltos>

20 SALINI, R. B; MARCON, A. F. **Utilização de borracha reciclada de pneus em misturas asfálticas**. 1988.

O lado socioeconômico também é favorecido com o surgimento e fortalecimento de empresas especializadas na reciclagem de pneus e conversão de pneus em asfalto borracha e a criação de empregos ligados ao processo de angariação e movimentação de pneus inservíveis (GRECA, 2009)²¹.

3. Considerações finais

3. 1 Conclusão

Os pneus modernos são projetados para suportar condições desafiadoras e aumentar a durabilidade, especialmente devido às péssimas condições das estradas brasileiras. Eles são compostos de diversos materiais, como aço, náilon e polímeros, desenvolvidos para garantir segurança e eficiência. Somente se tornam inutilizáveis quando danificados fisicamente ou incapazes de serem recauchutados. No entanto, pneus usados apresentam riscos ambientais e de saúde. Empilhados, se tornam criadouros de mosquitos que transmitem doenças, enquanto sua queima libera substâncias tóxicas, contaminando o solo e a água.

O descarte inadequado dos pneus eleva o risco de poluição e problemas de saúde, além de comprometer a vida útil de aterros sanitários.

Para mitigar esses problemas, a reciclagem de pneus é uma solução promissora, transformando-os em matéria-prima, como para a fabricação de asfalto. Cada tonelada de mistura asfáltica pode incluir a borracha de vários pneus, o que poderia resultar em milhões de pneus reaproveitados anualmente. O processo de reciclagem envolve coleta, transporte e separação dos componentes dos pneus, favorecendo a preservação ambiental. Além disso, a logística reversa é um processo essencial para criar um sistema eficiente de recuperação e destinação de pneus, regulamentado por leis para garantir um manejo ambientalmente responsável. O asfalto borracha, que incorpora borracha moída de pneus na sua composição, representa uma solução inovadora e sustentável, melhorando as características do asfalto convencional.

Esta mistura não somente resolve o problema do descarte de pneus, mas também aprimora a durabilidade e resistência do pavimento, podendo aumentar sua vida útil significativamente. Desde a década de 40, houve esforços para adicionar borracha a asfalto, e desde 1999, o Brasil iniciou pesquisas para incorporar essa prática. Os métodos de aplicação do asfalto borracha incluem selantes de trincas, tratamentos superficiais e misturas densas, sendo reconhecido por sua eficácia em prolongar a vida das pavimentações. No Brasil, o uso de asfalto borracha está crescendo, sendo

21 GRECA, 2009. **Linha Eco FlexPave.**

impulsionado por estudos e incentivos legais que promovem sua adoção. Os benefícios do asfalto borracha incluem maior durabilidade, resistência a deformações, elasticidade, e redução da poluição visual devido ao descarte inadequado de pneus. A utilização deste material também diminui a necessidade de petróleo, promovendo a sustentabilidade. O surgimento de empresas voltadas à reciclagem de pneus gera empregos e contribui para a economia, alinhando-se a práticas de preservação ambiental. A reciclagem de pneus e seu uso na pavimentação asfáltica é um passo importante para um futuro mais verde e sustentável.