



**CENTRO UNIVERSITÁRIO FAEMA – UNIFAEMA**

**AMANDA DE LIMA ALVES**

**SOLUÇÕES SUSTENTÁVEIS PARA PAVIMENTAÇÃO: USO DE RESÍDUOS DE  
PNEUS E PLÁSTICOS EM MISTURAS ASFÁLTICAS**

**ARIQUEMES - RO  
2025**

**AMANDA DE LIMA ALVES**

**SOLUÇÕES SUSTENTÁVEIS PARA PAVIMENTAÇÃO: USO DE RESÍDUOS DE  
PNEUS E PLÁSTICOS EM MISTURAS ASFÁLTICAS**

Artigo científico apresentado ao Centro Universitário  
FAEMA (UNIFAEMA), como requisito parcial para  
a obtenção do título de Bacharel(a) em Engenharia  
Civil.

**Orientador(a):** Prof. Esp. Bruno Dias de Oliveira

**ARIQUEMES - RO  
2025**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Centro Universitário Faema - UNIFAEMA

Gerada mediante informações fornecidas pelo(a) Autor(a)

---

A474s ALVES, Amanda de Lima

Soluções sustentáveis para pavimentação: uso de resíduos de pneus e plásticos em misturas asfálticas/ Amanda de Lima Alves – Ariquemes/ RO, 2025.

25 f. il.

Orientador(a): Prof. Esp. Bruno Dias de Oliveira

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Universitário Faema - UNIFAEMA

1.Asfalto. 2.Plásticos reciclados. 3.Pneus. 4. Pavimentação sustentável.  
I. Oliveira, Bruno Dias de. II.Título.

CDD 624

---

Bibliotecário(a) Isabelle da Silva Souza

CRB 11/1148

**AMANDA DE LIMA ALVES**

**SOLUÇÕES SUSTENTÁVEIS PARA PAVIMENTAÇÃO: USO DE RESÍDUOS DE  
PNEUS E PLÁSTICOS EM MISTURAS ASFÁLTICAS**

Artigo científico apresentado ao Centro Universitário  
FAEMA (UNIFAEMA), como requisito parcial para  
a obtenção do título de Bacharel(a) em Engenharia  
Civil

**Orientador(a):** Prof. Esp. Bruno Dias de Oliveira

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Bruno Dias de Oliveira (orientador(a))  
Centro Universitário FAEMA – UNIFAEMA

---

Prof.<sup>a</sup> Silênia Priscila da Silva Lemos (examinadora)  
Centro Universitário FAEMA – UNIFAEMA

---

Prof. Dhione Marcos da Silva (examinador)  
Centro Universitário FAEMA - UNIFAEMA

**ARIQUEMES - RO  
2025**

*Dedico este trabalho aos meus pais, familiares e amigos, que me apoiaram e incentivaram a seguir em frente com meus objetivos.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, pela força, saúde e perseverança que me sustentaram ao longo dessa caminhada.

Aos meus pais, Vanderlei e Silvana por todo amor, apoio incondicional e ensinamentos que me motivaram a nunca desistir dos meus objetivos. Vocês são a base de tudo que conquistei até aqui.

Agradeço ao meu orientador, Professor Bruno Dias pela paciência, dedicação e pelas valiosas contribuições que enriqueceram este trabalho, além do incentivo constante para que eu pudesse dar sempre o meu melhor.

Enfim, agradeço a todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram direta ou indiretamente para a realização de mais um sonho, seja com palavras de apoio, gestos de amizade ou incentivos silenciosos que fizeram toda diferença nesta jornada.

*"Os cientistas investigam o que já existe;  
os engenheiros criam o que nunca houve."  
(Theodore von Kármán)*

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....</b>	<b>12</b>
<b>3 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>15</b>
3.1 POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS .....	15
3.2 SUSTENTABILIDADE E PAVIMENTAÇÃO .....	16
3.3 RESÍDUOS DE PNEUS NA PAVIMENTAÇÃO.....	17
3.4 RESÍDUOS PLÁSTICOS NA PAVIMENTAÇÃO .....	18
3.5 MATERIAIS UTILIZADOS EM PAVIMENTOS COM RESÍDUOS RECICLADOS ...	19
<b>3.5.1 Pavimentos com Borracha de Pneus.....</b>	<b>19</b>
<b>3.5.2 Pavimentos com plástico reciclados .....</b>	<b>19</b>
3.6 PROPRIEDADES MECÂNICAS E AMBIENTAIS DAS MISTURAS MODIFICADAS .....	20
<b>4 ANÁLISE DOS RESULTADOS .....</b>	<b>20</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>22</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>23</b>
<b>ANEXO A – DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO DE PLÁGIO .....</b>	<b>27</b>



## **SOLUÇÕES SUSTENTÁVEIS PARA PAVIMENTAÇÃO: USO DE RESÍDUOS DE PNEUS E PLÁSTICOS EM MISTURAS ASFÁLTICAS**

### ***SUSTAINABLE SOLUTIONS FOR PAVEMENT: USE OF TIRE AND PLASTIC WASTE IN ASPHALT MIXTURES***

**Amanda de Lima Alves**<sup>1</sup>

**Bruno Dias de Oliveira**<sup>2</sup>

O presente artigo analisa soluções sustentáveis para pavimentação por meio do uso de resíduos de pneus e plásticos em misturas asfálticas, destacando benefícios ambientais, econômicos e técnicos. A pesquisa justifica-se pela necessidade de alternativas que reduzam o descarte inadequado desses resíduos, prolonguem a vida útil das vias e promovam práticas de economia circular na engenharia civil. Por meio de revisão bibliográfica qualitativa, foram examinados estudos publicados nos últimos dez anos em bases de dados científicas, identificando técnicas de incorporação, propriedades mecânicas e impactos ambientais das misturas modificadas. Os resultados evidenciam que a adição de borracha de pneus melhora a flexibilidade do pavimento, aumenta a resistência à fadiga e ao envelhecimento, reduz ruído e diminui a formação de trincas e deformações permanentes. A inclusão de plásticos reciclados, como EVA, PEAD e PEBD, contribui para maior estabilidade, durabilidade e resistência à água, além de reduzir custos com manutenção. Do ponto de vista econômico, apesar do investimento inicial superior ao do asfalto convencional, a redução da frequência de reparos torna a solução financeiramente viável a longo prazo. Ambientalmente, o reaproveitamento desses resíduos diminui a quantidade de materiais descartados em aterros, substitui parcialmente insumos derivados do petróleo e mitiga impactos climáticos. Conclui-se que a pavimentação sustentável com resíduos de pneus e plásticos representa uma alternativa eficiente, viável e necessária para o setor viário, exigindo políticas públicas, incentivos econômicos e conscientização social para ampliar sua aplicação e consolidar práticas de engenharia alinhadas à sustentabilidade.

**Palavras-chave:** asfalto; plásticos reciclados; pneus; pavimentação sustentável.

### **ABSTRACT**

This article analyzes sustainable solutions for pavement through the use of tire and plastic waste in asphalt mixtures, highlighting environmental, economic, and technical benefits. The study is justified by the need for alternatives that reduce the improper disposal of these wastes, extend the service life of roads, and promote circular economy practices in civil engineering. Through a qualitative literature review, studies published in the last ten years in scientific databases were examined, identifying incorporation techniques, mechanical properties, and environmental impacts of modified mixtures. Results show that adding tire rubber improves pavement

---

<sup>1</sup> Graduanda em Engenharia Civil no Centro Universitário Faema – UNIFAEMA, amanda.44371@unifaema.edu.br

<sup>2</sup> Docente Especialista no Centro Universitário Faema – UNIFAEMA, bruno.dias@faema.edu.br

flexibility, increases fatigue and aging resistance, reduces noise, and decreases the formation of cracks and permanent deformations. The inclusion of recycled plastics, such as EVA, HDPE, and LDPE, contributes to greater stability, durability, and water resistance, while also reducing maintenance costs. Economically, despite the higher initial investment compared to conventional asphalt, the reduction in repair frequency makes the solution financially viable in the long term. Environmentally, the reuse of these wastes decreases the amount of material sent to landfills, partially replaces petroleum-based inputs, and mitigates climate impacts. It is concluded that sustainable pavement with tire and plastic waste represents an efficient, viable, and necessary alternative for the road sector, requiring public policies, economic incentives, and social awareness to expand its application and consolidate engineering practices aligned with sustainability.

**Keywords:** asphalt; plastic recycling; tires; sustainable pavement.

## 1 INTRODUÇÃO

De acordo com Sachs (2002) a sustentabilidade refere-se a busca por um equilíbrio entre a preservação ambiental, o desenvolvimento econômico e campo social, para que assim, consiga-se garantir que as próximas gerações também possam usufruir dos recursos do planeta. Para que o desenvolvimento sustentável seja uma realidade, é necessário repensar os modos de produção e de consumo, adotando práticas que evitem o desperdício e reduzam os impactos negativos sobre o meio ambiente.

Dados do IBAMA (2024) traz que o Brasil descarta anualmente cerca de 450 mil toneladas de pneus inservíveis, um volume que cresce aproximadamente 6% ao ano. No caso dos plásticos, estudos do WWF (2022) estimam que o país gera mais de 3,5 milhões de toneladas de resíduos plásticos por ano, dos quais apenas 12% são reciclados. Esses dados evidenciam a gravidade do problema e justificam a busca por alternativas que reintegrem esses materiais a novos ciclos produtivos, reforçando a necessidade de soluções sustentáveis na pavimentação.

Neste contexto, o aproveitamento de resíduos plásticos e de pneus em mistura asfáltica tornasse uma alternativa promissora para diminuir os impactos ambientais e, ao mesmo tempo, aprimorar o desempenho dos pavimentos. Estudos apontam que a adição de plásticos pós-consumo, como o etileno acetato de vinila (EVA), o polietileno de alta densidade (PEAD) e o polietileno de baixa densidade (PEBD), contribui para o fortalecimento das propriedades mecânicas do asfalto e reduz a necessidade de materiais virgens. Além disso, a análise do ciclo de vida desses materiais evidencia benefícios ambientais significativos, como a diminuição na emissão de poluentes e no consumo de energia, principalmente ao reaproveitar resíduos de

difícil decomposição provenientes dos setores calçadista e de embalagens (FONTOURA, 2023).

No que refere-se ao uso da borracha moída em ligantes asfálticos tem se destacado por unir vantagens técnicas e ambientais. Essa prática confere maior flexibilidade ao pavimento, reduz o ruído do tráfego e aumenta a resistência à fadiga e ao envelhecimento. Também garante um destino ambientalmente adequado aos pneus inservíveis, cuja decomposição natural pode levar séculos. Embora o custo inicial seja cerca de 30% superior ao do asfalto convencional, a durabilidade ampliada e a redução na necessidade de manutenção tornam a solução economicamente vantajosa a longo prazo, reforçando o compromisso com a sustentabilidade nas obras viárias (OLIVEIRA; TANNO, 2022).

Esta pesquisa busca compreender como o uso de resíduos de pneus e plásticos em misturas asfálticas podem contribuir para soluções sustentáveis na pavimentação, considerando benefícios e desafios técnicos e ambientais.

Diante dessa problemática, o estudo tem como objetivo geral analisar, por meio de revisão de literatura, as aplicações e os benefícios do uso de resíduos de pneus e plásticos em misturas asfálticas, considerando seu potencial para promover soluções sustentáveis na pavimentação. Para alcançar esse propósito, foram definidos os seguintes objetivos específicos: identificar pesquisas que abordem o reaproveitamento de pneus e plásticos na pavimentação asfáltica; descrever as principais técnicas e processos utilizados na incorporação desses resíduos às misturas; apontar as vantagens e os desafios relacionados ao desempenho e à sustentabilidade dos pavimentos modificados; e avaliar, nos estudos selecionados, indicadores como resistência à deformação permanente, resistência à fadiga e módulo de resiliência.

O estudo é relevante por propor alternativas para o descarte adequado desses resíduos, promovendo a reciclagem e melhorando a qualidade dos pavimentos. A aplicação desses materiais pode diminuir a quantidade de lixo, ampliar a vida útil das vias e tornar a construção mais eficiente e ambientalmente responsável (OLIVEIRA; TANNO, 2022).

O levantamento bibliográfico foi realizado em bases de dados on-line, utilizando palavras-chave relacionadas ao tema. Serão priorizados trabalhos publicados nos últimos dez anos, assegurando a atualidade das informações e técnicas analisadas. Após a seleção, o conteúdo será examinado criticamente, buscando identificar contribuições científicas, métodos de incorporação mais utilizados, resultados obtidos e limitações apontadas nos estudos.

Essa abordagem permitirá compreender como a utilização de resíduos de pneus e plásticos pode ser otimizada para atender às demandas técnicas e ambientais da pavimentação moderna, alinhando práticas construtivas aos princípios do desenvolvimento sustentável.

## 2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa foi desenvolvida por meio de uma revisão de literatura, adotando uma abordagem qualitativa e um caráter exploratório. Essa abordagem permitirá compreender, analisar e discutir as diversas perspectivas existentes sobre o uso de resíduos industriais na pavimentação asfáltica, sem a necessidade de coleta de dados primários, focando na análise crítica de estudos já publicados.

Na perspectiva de Gil (2010), a revisão de literatura consiste no levantamento, leitura, análise, seleção e registro das informações que já foram publicadas sobre um determinado tema, como objetivo de identificar o que foi estudado e os aspectos ainda não explorados.

A pesquisa tem caráter exploratório, pois investiga de forma aprofundada o uso de resíduos de pneus e plásticos em misturas asfálticas, buscando compreender novas possibilidades para a aplicação sustentável desses materiais na pavimentação. Essa abordagem permite a geração de hipóteses acerca dos benefícios ambientais e técnicos proporcionados pela incorporação desses resíduos.

Além disso, o estudo é descritivo, uma vez que busca analisar e retratar as práticas atuais relacionadas à utilização desses materiais na pavimentação asfáltica. Por meio da revisão de literatura, são identificadas as técnicas empregadas, as vantagens percebidas e os desafios enfrentados, oferecendo um panorama claro da realidade desse campo de pesquisa.

Para garantir a qualidade dessa pesquisa, foram utilizados artigos científicos e trabalhos de conclusão de cursos que abordasse o tema. Esses materiais serão obtidos em bases de dados gratuitas disponíveis na Internet, como Google Acadêmico, Scielo, e periódicos disponibilizados pela CAPES.

Os estudos utilizados nesta pesquisa serão selecionados considerando alguns critérios básicos. Serão priorizadas publicações dos últimos dez anos, para garantir que as informações estejam atualizadas. Também serão escolhidos apenas trabalhos que tratem diretamente do uso de resíduos de pneus e plásticos na pavimentação asfáltica.

**Quadro 1:** Sistematização do levantamento bibliográfico.

<b>AUTOR</b>	<b>ANO</b>	<b>TIPO DE ESTUDO</b>	<b>TITULO</b>
SACHS, Ignacy	2002	Livro	Caminhos para o desenvolvimento sustentável
FONTOURA, Eduarda	2023	Dissertação (Mestrado)	Incorporação de resíduos poliméricos em misturas asfálticas: análise técnica e impactos ambientais
OLIVEIRA; TANNO	2022	Trabalho de Conclusão de Curso	A utilização da borracha reciclada de pneus na pavimentação asfáltica
ALMEIDA JÚNIOR, J. A.	2012	Trabalho de Conclusão de Curso	Reaproveitamento da borracha de pneus inservíveis na pavimentação asfáltica
SOUZA; CARDOSO	2018	Artigo científico	Viabilidade econômica e ambiental do uso de pneus inservíveis na pavimentação de vias urbanas
ODA; FERNANDES JÚNIOR	2001	Artigo científico	Borracha de pneus como modificador de cimentos asfálticos para uso em obras de pavimentação
PRAZERES, F. F.	2024	Trabalho de Conclusão de Curso	A utilização de resíduos de borracha de pneus em pavimentos asfálticos de tráfego leve: uma revisão bibliográfica
MAIA; SILVA	2024	Trabalho de Conclusão de Curso	Análise laboratorial de mistura asfáltica com plástico reciclado
MOIANE JÚNIOR, S. L.	2019	Projeto de Pesquisa	Uso do plástico reciclado como aditivo no asfalto rodoviário para aumentar a durabilidade das vias

MENDES et al.	2025	Artigo científico	O uso de borracha de pneus em misturas asfálticas
NUNES, C. G. L.	2019	Dissertação (Mestrado)	Estudo do comportamento de misturas asfálticas modificadas por borracha de pneus inservíveis
CENTOFANTE et al.	2018	Artigo científico	Avaliação do comportamento de misturas asfálticas recicladas a quente com inserção de material fresado
SCHARDONG et al.	2019	Artigo / Anais	Análise de potencialidades de incorporação de resíduos nas pavimentações asfálticas
OLIVEIRA, R. S.	2019	Trabalho de Conclusão de Curso	A utilização da borracha reciclada de pneus na pavimentação asfáltica
OLIVEIRA; FARIAS	2022	Artigo científico	Hot recycled asphalt mixtures with the incorporation of milled material
OLIVEIRA NETO	2016	Trabalho de Conclusão de Curso	Uso da borracha de pneus para a pavimentação asfáltica no Brasil: um panorama histórico
SIQUEIRA, L. M.	2020	Dissertação (Mestrado)	Perspectivas sustentáveis para o reaproveitamento dos pneus inservíveis em Itabaiana/SE
SILVA; NASCIMENTO	2023	Trabalho de Conclusão de Curso	Uso da borracha de pneus inservíveis na pavimentação asfáltica
SILVA; PEREIRA; PINHEIRO	2021	Artigo científico	Análise da viabilidade técnica da utilização de resíduos de borracha de pneus em pavimentos asfálticos
DOW (Corp.)	2025	Documento técnico	Asfalto modificado por polímero reciclado

GIL, Antônio Carlos	2010	Livro	Como elaborar projetos de pesquisa
------------------------	------	-------	------------------------------------

**Fonte:** Elaborado pelo autor, 2025.

Após a coleta e seleção do material bibliográfico, as informações foram organizadas sistematicamente e analisadas de forma descritiva. Essa análise buscou identificar as principais técnicas empregadas, os benefícios e as limitações da incorporação desses resíduos na pavimentação. O objetivo é compreender como essa prática pode influenciar a sustentabilidade ambiental e o desempenho dos pavimentos, contribuindo para o avanço do conhecimento na área.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), criada pela Lei nº 12.305/2010, surgiu como um chamado para repensarmos a forma como lidamos com tudo aquilo que descartamos. Ela propõe um olhar mais responsável e consciente, onde governo, empresas e sociedade compartilham o compromisso de reduzir a produção de resíduos e dar um destino mais digno e ambientalmente correto ao que já não tem utilidade. Ao priorizar ações como redução, reutilização e reciclagem, a PNRS incentiva práticas que preservam o meio ambiente e promovem uma relação mais equilibrada entre desenvolvimento e cuidado com o planeta.

Ao relacionarmos essa legislação com a área da engenharia civil, especialmente no campo da pavimentação, percebemos como ela abre caminho para soluções mais inteligentes e comprometidas com o futuro. Dessa forma, o uso desses materiais nas misturas asfálticas não apenas atende às diretrizes da PNRS, mas evidencia que a construção civil pode, sim, ser um espaço de transformação positiva, em que cada escolha técnica contribui diretamente para um futuro mais equilibrado e sustentável.

Como dispõe a lei: “São objetivos da Política Nacional de Resíduos Sólidos: I – proteção da saúde pública e da qualidade ambiental; II não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos” (BRASIL, 2010).

### 3.2 SUSTENTABILIDADE E PAVIMENTAÇÃO

Segundo Sanchs (2002) o desenvolvimento sustentável depende de mudanças estruturais nos padrões de produção e consumo, visando reduzir desperdícios e minimizar os impactos ambientais. No setor de infraestrutura, esse princípio ganha relevância, já que as obras viárias representam significativo consumo de recursos naturais e energia.

A pavimentação tradicional baseada em insumos derivados do petróleo, é uma das principais responsáveis por emissões de gases poluentes e pela exploração intensiva de matérias-primas. Diante disso, cresce o interesse por alternativas mais limpas e eficientes na engenharia civil, o que tem impulsionado estudos sobre misturas asfálticas modificadas com resíduos sólidos. A incorporação de plásticos pós-consumo e pneus inservíveis nesses materiais não apenas melhora o desempenho técnico dos pavimentos, mas também reduz a dependência de recursos não renováveis (FONTOURA, 2023).

De acordo com Oliveira e Tanno (2022), a destinação de pneus usados na pavimentação viária contribui para resolver dois desafios ambientais simultaneamente: o acúmulo de resíduos de difícil decomposição e a necessidade de pavimentos com maior durabilidade. A utilização da borracha reciclada confere maior flexibilidade ao asfalto, aumenta sua resistência à fadiga e ajuda a diminuir o nível de ruído do tráfego.

Parra, Nascimento e Ferreira (2010) destacam que os pneus estão entre os resíduos sólidos de mais difícil decomposição, podendo levar aproximadamente 600 anos para se degradarem totalmente no ambiente. Assim, incorporar pneus reciclados não se limita a uma solução técnica, mas integra uma estratégia de gestão ambiental que dialoga diretamente com os desafios identificados na literatura e com os objetivos centrais desta pesquisa

Além dos benefícios ambientais e técnicos, o reaproveitamento de pneus e plásticos em obras rodoviárias também gera impactos sociais positivos. Essa prática estimula cadeias produtivas locais, criando oportunidades de emprego e renda para trabalhadores envolvidos na coleta, triagem e processamento desses resíduos. Dessa forma, a engenharia civil se aproxima dos princípios da economia circular, reintegrando materiais descartados ao ciclo produtivo (ALMEIDA JÚNIO, 2012).

Outro aspecto apontado por Souza e Cardoso (2018) é a viabilidade econômica da pavimentação sustentável. Embora o custo inicial do uso de resíduos reciclados em misturas asfálticas seja superior ao do asfalto convencional, a redução da frequência de manutenções compensa o investimento.



### 3.3 RESÍDUOS DE PNEUS NA PAVIMENTAÇÃO

O uso da borracha moída em misturas asfálticas torna-se uma alternativa sustentável e tecnicamente eficiente, capaz de reduzir impactos ambientais e promover o reaproveitamento de resíduos sólidos (ODA; FERNANDES JUNIOR., 2001).

De acordo com Prazeres (2024), o ligante asfáltico, também conhecido como cimento asfáltico de petróleo (CAP) é o material responsável por unir os elementos que compõem o pavimento, garantindo coesão, impermeabilidade e resistência à mistura. A borracha pode ser incorporada a esse ligante de duas formas: no processo úmido, em que é misturada previamente ao ligante, e no processo seco, quando é adicionada diretamente à mistura asfáltica. Em ambas as metodologias, observam-se resultados expressivos em termos de durabilidade, especialmente no aumento da resistência ao envelhecimento e à fadiga, fatores essenciais para reduzir custos de manutenção e prolongar a vida útil das rodovias.

Maia e Silva (2024) destacam que o uso de plásticos reciclados, como EVA, PEAD e PEBD, nas misturas asfálticas tem se mostrado uma alternativa promissora. Além de aproveitar materiais que seriam descartados no meio ambiente, essa prática contribui para a sustentabilidade das obras e melhora o desempenho do pavimento. Quando esses plásticos são combinados com borracha moída, o resultado tende a ser um asfalto mais resistente, capaz de suportar melhor o peso dos veículos e as variações climáticas, prolongando a durabilidade das vias.

Para Souza e Cardoso (2018), o fator econômico também merece destaque quando se analisa o uso do asfalto-borracha. Embora o investimento inicial seja mais alto em comparação ao asfalto convencional, sua durabilidade compensa o custo ao longo do tempo, já que demanda menos intervenções de manutenção. Além disso, o reaproveitamento de pneus inservíveis contribui para reduzir os gastos públicos com formas inadequadas de descarte, como o envio para aterros ou a incineração.

Estudos têm mostrado que o custo inicial do asfalto modificado com borracha tende a ser superior ao das misturas convencionais. Análises econômicas indicam que o investimento pode ser de aproximadamente 20% a 30% maior por tonelada de mistura produzida, considerando a adição da borracha e as adaptações necessárias no processo de usinagem. No entanto, quando observados em horizonte de médio e longo prazo, esses custos são compensados pela maior vida útil do pavimento e pela redução na frequência de intervenções

de manutenção, o que torna a solução competitiva do ponto de vista econômico e vantajosa em termos de desempenho estrutural (CALIFORNIA DEPARTMENT OF TRANSPORTATION, 2014).

Outro fator importante é que ao se utilizar essas matérias, pode acabar gerando impactos positivos também na economia local, ao incentivar a coleta e reciclagem de pneus. Assim, o asfalto-borracha representa não apenas uma solução técnica, mas um investimento estratégico que une economia e sustentabilidade (SOUZA; CARDOSO, 2018).

A utilização da borracha proveniente de pneus na pavimentação tem se mostrado uma prática socialmente responsável, pois não se limita apenas ao reaproveitamento de resíduos, mas também estimula a criação de um ciclo produtivo mais sustentável. Essa iniciativa dialoga com as políticas públicas voltadas à gestão de resíduos sólidos, que buscam incentivar soluções inovadoras e circulares. Nesse contexto, a engenharia civil assume um papel essencial ao transformar materiais descartados em novos recursos produtivos (ALMEIDA JÚNIOR, 2012).

### 3.4 RESÍDUOS PLÁSTICOS NA PAVIMENTAÇÃO

De acordo com Moiane Júnior (2019), O uso de plásticos reciclados em misturas asfálticas tem apresentado resultados expressivos no desempenho mecânico das vias. Ensaios laboratoriais demonstram que a presença de polímeros reciclados pode elevar a estabilidade Marshall entre 10% e 25%, além de reduzir a deformação permanente ao longo do tempo. A adição desses materiais também diminui a penetração de água no pavimento, contribuindo para a redução da incidência de fissuras e aumentando a resistência ao tráfego pesado

Estudos recentes mostram que misturas modificadas com polímeros como EVA, PEAD e PEBD apresentam aumento do módulo de resiliência entre 15% e 30%, acompanhado de redução da fluência em cerca de 20%. Esses índices evidenciam maior capacidade de suportar cargas repetidas, menor formação de trilhas de roda e maior vida útil da camada asfáltica, o que resulta em diminuição significativa da frequência de manutenção das vias (MAIA; SILVA, 2025).

Na perspectiva de Moiane Júnior (2019) essa tecnologia ainda contribui para a diminuição das emissões de gases de efeito estufa, uma vez que substitui parcialmente o uso de ligantes derivados do petróleo. Essa substituição colabora para mitigar os impactos climáticos

e se alinha às políticas globais de sustentabilidade, demonstrando que os benefícios vão muito além do reaproveitamento de resíduos, alcançando uma dimensão ambiental de alcance global.

### 3.5 MATERIAIS UTILIZADOS EM PAVIMENTOS COM RESÍDUOS RECICLADOS

#### 3.5.1 Pavimentos com Borracha de Pneus

Na perspectiva de Oliveira Neto (2012) o uso da borracha moída de pneus em pavimentos asfálticos representa uma alternativa eficiente para aumentar a durabilidade e a resistência das vias, e contribuir também para a redução dos impactos ambientais gerados pelo descarte inadequado desses materiais. Quando incorporada ao ligante asfáltico, essa borracha ajuda a diminuir a suscetibilidade térmica da mistura, melhorando seu desempenho em diferentes condições climáticas.

O CAP atua como o principal ligante, responsável por garantir coesão e impermeabilidade à mistura asfáltica. A combinação desse material com a borracha proveniente de pneus moídos possibilita que o pavimento suporte maiores cargas de tráfego, apresente maior resistência ao envelhecimento e à fadiga e tenha sua vida útil significativamente prolongada (MENDES, 2021).

#### 3.5.2 Pavimentos com plástico reciclados

A incorporação de plásticos reciclados em misturas asfálticas envolve a adição de materiais como polietileno de alta densidade (PEAD), polietileno de baixa densidade (PEBD) e etileno acetato de vinila (EVA) diretamente à mistura ou ao ligante asfáltico. Esses plásticos passam por processos de trituração e moagem antes de serem incorporados, garantindo uma distribuição homogênea no asfalto (MOIANE JÚNIOR, 2019).

O CAP utilizado nessas misturas pode ser modificado por meio da adição desses plásticos reciclados, formando o chamado CAP modificado com polímeros. Nessa modificação, os plásticos são fundidos ou dispersos no ligante, criando uma mistura que integra ligante asfáltico, agregados minerais (brita, areia, pedregulho) e os plásticos reciclados. Opcionalmente, podem ser incluídos fileres e aditivos para melhorar a homogeneidade da mistura e a adesão entre os agregados e o ligante (DOW, 2025).

### 3.6 PROPRIEDADES MECÂNICAS E AMBIENTAIS DAS MISTURAS MODIFICADAS

A incorporação de resíduos em misturas asfálticas tem sido amplamente estudada sob dois enfoques principais: o desempenho mecânico e os impactos ambientais. a adição de borracha moída ao ligante asfáltico aumenta a resistência à fadiga e à deformação permanente, prolongando a vida útil dos pavimentos (PRAZERES, 2024).

Siqueira (2020) reforça essa perspectiva ao destacar que o uso de pneus reciclados eleva o módulo de resiliência do pavimento, tornando-o mais flexível e menos propenso ao surgimento de trincas. Esse ganho em elasticidade é importante para manter a estabilidade das vias diante das variações de temperatura e das cargas exercidas pelo tráfego pesado. O autor acrescenta que a melhoria na absorção de tensões também contribui para o conforto e a segurança dos usuários.

No que se refere ao uso de plásticos, Maia e Silva (2024) apontam que a adição de polímeros reciclados, como PET e PEAD, em misturas asfálticas aumenta a estabilidade e a resistência, sobretudo em condições climáticas adversas. Ao adicionar esses materiais, eles prolongam a durabilidade do pavimento e reduzem as deformações estruturais, confirmando o potencial técnico dos resíduos plásticos como insumos relevantes para a construção viária.

Oliveira (2019) complementa que o reaproveitamento de resíduos, tanto de pneus quanto de plásticos, contribui para reduzir a quantidade de materiais descartados em aterros e lixões. Essa prática também diminui a emissão de poluentes ao substituir parcialmente insumos derivados do petróleo, o que promove ganhos ambientais diretos.

## 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Na perspectiva de Nunes (2019), a utilização de borracha de pneus em misturas asfálticas apresenta melhorias significativas no comportamento mecânico, principalmente em relação à resistência à fadiga e à deformação permanente. Essa tecnologia, conhecida como asfalto-borracha, prolonga a vida útil das vias e oferece uma alternativa sustentável para a destinação de resíduos sólidos, atuando como modificador do ligante asfáltico, aumentando a flexibilidade e reduzindo a ocorrência de fissuras prematuras.

A utilização de borracha de pneus em misturas asfálticas apresenta melhorias significativas no comportamento mecânico, especialmente em relação à resistência à fadiga e à deformação permanente. Ensaios com misturas a quente produzidas com asfalto-borracha mostram que os ligantes com 8% e 10% de borracha (AB08 e AB10) atingiram estabilidades

Marshall em torno de 1.351 a 1.374 kgf, valores superiores aos cerca de 1.163 kgf observados na mistura com CAP 50–70, atendendo às exigências das normas brasileiras e indicando maior capacidade de suporte de carga e menor suscetibilidade à deformação permanente (NUNES et al., 2022).

Centofante et al. (2018) reforçam essa perspectiva ao discutir a importância da engenharia em oferecer soluções inovadoras e sustentáveis. A incorporação de resíduos em misturas asfálticas, além de contribuir para a preservação ambiental, favorece a redução de custos em processos construtivos. Essa integração entre viabilidade econômica e responsabilidade socioambiental é uma das bases da pesquisa em questão que buscam unir desenvolvimento tecnológico e compromisso com a sustentabilidade.

A percepção social sobre a destinação correta de resíduos deve ser considerada um elemento importante no processo. A aceitação comunitária de técnicas como o asfalto-borracha contribui para legitimar as práticas sustentáveis, além de estimular novos projetos que visem reaproveitamento de materiais (CENTOFANTE et al., 2018).

Os estudos de Schardong et al. (2019) evidenciam que a destinação de resíduos sólidos, como pneus e plásticos, está diretamente associada à qualidade da pavimentação. A adição de resíduos em misturas asfálticas aumenta a resistência do pavimento e reduz os custos de manutenção. Além disso, essa prática contribui para enfrentar o grave problema da infraestrutura rodoviária brasileira, marcada por elevado índice de desgaste precoce e por custos elevados de recuperação.

Oliveira e Farias (2022) ampliam essa discussão ao analisar a incorporação do RAP (Reclaimed Asphalt Pavement/ Pavimento Asfáltico reciclado) em misturas asfálticas. o uso de materiais reciclados apresenta bom desempenho mecânico, com destaque para a resistência a deformações e à durabilidade. Quando comparado ao asfalto-borracha, percebe-se que ambas as técnicas compartilham o mesmo objetivo: otimizar o desempenho técnico do pavimento e reduzir os impactos ambientais associados ao descarte de resíduos.

Para Silva e Nascimento (2023) a utilização da borracha de pneus em pavimentação asfáltica proporciona ganhos significativos em resistência e durabilidade. A borracha atua como reforço no ligante, aumentando a resiliência ao envelhecimento e ao desgaste.

Ainda de acordo com Silva e Nascimento (2023), o asfalto-borracha apresenta ampla aplicabilidade, podendo ser utilizado em rodovias, estacionamentos, aeroportos e vias urbanas. Esse caráter versátil amplia a relevância da técnica, tornando-a atrativa para diferentes contextos de engenharia de transportes.

Em seu estudo, Biscaia (2021) destacar a importância das políticas públicas e da gestão integrada para consolidar tecnologias sustentáveis na pavimentação, apesar dos benefícios comprovados, a ausência de incentivos governamentais e de mecanismos regulatórios específicos dificulta a adoção em escala nacional.

Fontoura (2023) complementa essa discussão ao ressaltar que práticas de reaproveitamento de materiais em pavimentação devem ser compreendidas dentro de um movimento mais amplo de sustentabilidade. Ao considerar impactos sociais e ambientais devem ter o mesmo peso que a análise técnica e econômica. Dessa forma, iniciativas como a utilização da borracha de pneus representam não apenas um ganho tecnológico, mas também um compromisso com o desenvolvimento sustentável da engenharia civil.

Portanto, percebe-se que a incorporação de resíduos de pneus e plásticos em misturas asfálticas representa uma estratégia viável e promissora para conciliar desempenho técnico, redução de custos e sustentabilidade ambiental. Os estudos analisados evidenciam que essas práticas não apenas contribuem para o aumento da durabilidade e resistência dos pavimentos, como também oferecem alternativas eficazes para a destinação de resíduos sólidos.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A pesquisa mostrou como o uso de resíduos de pneus e plásticos nas misturas de asfalto pode ajudar a tornar a pavimentação mais sustentável. Ao analisar vários estudos, percebeu-se que esses materiais deixam o pavimento mais resistente, durável e flexível, além de reduzir trincas, deformações e a necessidade de reparos frequentes.

Do ponto de vista ambiental, essa prática ajuda a dar um destino correto aos pneus e plásticos, diminuindo os impactos negativos no meio ambiente e incentivando a economia circular. No aspecto econômico, mesmo que o custo inicial seja maior, ele compensa com o tempo, porque o pavimento dura mais e precisa de menos manutenção.

Com base nos estudos analisados, conclui-se que a pavimentação com materiais reciclados é viável e necessária. Para ampliar essa prática, é importante investir em políticas públicas, incentivos econômicos e programas que conscientizem a população sobre a importância da reciclagem.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA JÚNIOR, José Aparecido. **Reaproveitamento da borracha de pneus inservíveis na pavimentação asfáltica**. 2012. 67 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Bauru, 2012. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstreams/53234205-71d0-4d3f-9501-e7f212bf4c42/download>. Acesso em: 20 ago. 2025.

BISCAIA, Eliezer Argemiro Vieira. **A reutilização de pneus inservíveis na pavimentação asfáltica**. 2021. 33 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Centro Universitário UNIFACVEST, Lages, 2021. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.unifacvest.edu.br/assets/uploads/files/arquivos/6e67f-biscaia,-e.-a-reutilizacao-de-pneus-inserviveis-na-pavimentacao-asfaltica,-2021.-tcc-defendido-em-julho-de-2021.pdf>. Acesso em: 10 set. 2025.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 3 ago. 2010. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm). Acesso em: 15 nov. 2025.

CALIFORNIA DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. **Crumb Rubber Modified Asphalt Concrete in California: A Status Report**. Sacramento, 2014. Disponível em: [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://dot.ca.gov/-/media/dot-media/programs/maintenance/documents/final-2014-crumb-rubber-report-rev-08-05-2016-a11y.pdf?utm\\_source=chatgpt.com](chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://dot.ca.gov/-/media/dot-media/programs/maintenance/documents/final-2014-crumb-rubber-report-rev-08-05-2016-a11y.pdf?utm_source=chatgpt.com). Acesso em: 15 nov. 2025.

CENTOFANTE, Roberta et al. Avaliação do comportamento de misturas asfálticas recicladas a quente com inserção de material fresado. **Matéria**, v. 23, n. 3, p. 1-11, Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rmat/a/GRxdqV4YXCJXVrfwMWMhqvz/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 18 set. 2025.

DOW. **Asfalto Modificado por Polímero Reciclado**. Disponível em: <https://www.dow.com/pt-br/market/mkt-building-construction/sub-build-construction-chem/app-build-constchem-asphalt-modification/recycled-polymer-modified-asphalt.html>. Acesso em: 16 out. 2025.

FONTOURA, Eduarda. **Incorporação de resíduos poliméricos em misturas asfálticas: análise técnica e potenciais impactos ambientais**. 2023. 126 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil: Construção e Infraestrutura) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2023. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/283558/001210300.pdf?isAllowed=y&sequence=1>. Acesso em: 10 ago. 2025.

GIL, Antônio. Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MAIA, Iago Ogatta; SILVA, Leonardo Bueno Moulin. **Análise laboratório de Mistura asfáltica com plástico reciclado**. 2025. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em

Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2024. Disponível em:  
[https://ri.uepg.br/monografias/bitstream/handle/123456789/368/TCC\\_Iago%20Ogatta%20Maia.pdf?sequence=1](https://ri.uepg.br/monografias/bitstream/handle/123456789/368/TCC_Iago%20Ogatta%20Maia.pdf?sequence=1). Acesso em: 20 ago. 2025.

MENDES, Henrique Ferreira, et al. O uso de borracha de pneus em misturas asfálticas. **Cadernos de Graduação**, v. 7, n. 2, p. 42-55, abril, 2025. Disponível em:  
[https://periodicos.set.edu.br/cadernoexatas/article/download/7652/4892/31468?utm\\_source=chatgpt.com](https://periodicos.set.edu.br/cadernoexatas/article/download/7652/4892/31468?utm_source=chatgpt.com). Acesso em: 14 out. 2025.

MOIANE JÚNIOR, Sebastião Leonardo. **Uso do plástico reciclado como aditivo no asfalto rodoviário para aumentar a durabilidade das vias na cidade da Beira**. 2019. 11 f. Projeto de Pesquisa (Engenharia Civil) – Universidade Zambeze, Beira, 2019. Disponível em:  
[https://www.scribd.com/document/424260260/Uso-Do-Plastico-Reciclado-na-Pavimentacao-Asfaltica?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.scribd.com/document/424260260/Uso-Do-Plastico-Reciclado-na-Pavimentacao-Asfaltica?utm_source=chatgpt.com). Acesso em: 25 ago. 2025.

NUNES, Camila Gonçalves Luz. **Estudo do comportamento de misturas asfálticas modificadas por borracha de pneus inservíveis**. 2019. 108 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2019. Disponível em:  
[https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/21478/1/CamilaGon%C3%A7alvesLuzNunes\\_Dissert.pdf](https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/21478/1/CamilaGon%C3%A7alvesLuzNunes_Dissert.pdf). Acesso em: 15 set. 2025.

PRAZERES, Frayanne Fernandes. **A utilização de resíduos de borracha de pneus em pavimentos asfálticos de tráfego leve: uma revisão bibliográfica**. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) – Faculdade São Luís de França, Aracaju, 2024. Disponível em: <https://saoluis.edufor.edu.br/uploads/repositorios/files/2024/10/a-utilizacao-de-residuos-de-borracha-de-pneus-em-pavimentos-asfalticos-de-traffic-leve-25.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2025.

PARRA, Cristina Vilela; NASCIMENTO, Ana Paula Branco do; FERREIRA, Maurício Lamano. **Reutilização e reciclagem de pneus, e os problemas causados por sua destinação incorreta**. In: XIV Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e X Encontro Latino Americano de Pós-Graduação, Universidade do Vale do Paraíba, 2010. Anais eletrônicos. Disponível em:  
[https://www.inicepg.univap.br/cd/INIC\\_2010/anais/arquivos/0908\\_0988\\_01.pdf](https://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2010/anais/arquivos/0908_0988_01.pdf). Acesso em: 15 nov. 2025.

ODA, Sandra; FERNANDES JÚNIOR, José Leomar. Borracha de pneus como modificador de cimentos asfálticos para uso em obras de pavimentação. **Acta Scientiarum**, v. 23, n. 6, p. 1589-1599, 2001. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/001271525>.

OLIVEIRA NETO, Diocelde Marques de Oliveira. **Uso da borracha de pneus para a pavimentação asfáltica no Brasil: um panorama histórico**. 2016. 23 f. Trabalho de Conclusão de Curso, Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso. 2016. Disponível em: [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://tga.blv.ifmt.edu.br/media/filer\\_public/04/c8/04c8ceb6-dd71-40a1-9876-1730305ee679/diocelde\\_marques\\_de\\_oliveira\\_netto\\_-\\_uso\\_da\\_borracha\\_de\\_pneus\\_para\\_pavimentacao\\_asfaltica\\_no\\_brasil\\_um\\_panorama\\_historico\\_o.pdf?utm\\_source=chatgpt.com](chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://tga.blv.ifmt.edu.br/media/filer_public/04/c8/04c8ceb6-dd71-40a1-9876-1730305ee679/diocelde_marques_de_oliveira_netto_-_uso_da_borracha_de_pneus_para_pavimentacao_asfaltica_no_brasil_um_panorama_historico_o.pdf?utm_source=chatgpt.com). Acesso em: 14 out. 2025.



OLIVEIRA, Romário Soares de. **A utilização da borracha reciclada de pneus na pavimentação asfáltica**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Universitário Facig, Manhuaçu, 2019. Disponível em: <https://pensaracademico.unifacig.edu.br/index.php/repositoriootcc/article/viewFile/3085/2136>. Acesso em: 27 ago. 2025.

OLIVEIRA, Matheus Silva; FARIAS, Márcio Muniz de. Hot recycled asphalt mixtures with the incorporation of milled material: analysis of the mechanical performance and economic presumption in the applicability of the technique. **Matéria**, v. 27, n. 3, p. 1-14, Rio de Janeiro, nov. 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rmat/a/YHNnzNS9mjJsLKwL8NPfHRf/?lang=en>. Acesso em: 18 set. 2025.

OLIVEIRA, Romario Soares de; TANNO, Vitor. **A utilização da borracha reciclada de pneus na pavimentação asfáltica**. 2022. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgleclefindmkaj/[https://repositorio.pgsscogna.com.br/bitstream/123456789/56865/1/ROMARIO\\_SOARES\\_DE\\_OLIVEIRA.pdf?utm\\_source](https://repositorio.pgsscogna.com.br/bitstream/123456789/56865/1/ROMARIO_SOARES_DE_OLIVEIRA.pdf?utm_source). Acesso em: 10 ago. 2025.

SACHS, Ignacy. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. 3. ed. Rio de Janeiro: Garamond, 2002.

SCHARDONG, Samara et al. Análise de potencialidades de incorporação de resíduos nas pavimentações asfálticas. In: **ENCONTRO DE SUSTENTABILIDADE EM PROJETO – ENSUS**, 2018, Florianópolis. Anais ENSUS. Florianópolis, 2019. Disponível em: <https://ensus2018.paginas.ufsc.br/files/2018/04/ANAIS-ENSUS-2018-Volume-I.pdf>. Acesso em: 15 set. 2025.

SIQUEIRA, Leonardo Melo. **Perspectivas sustentáveis para o reaproveitamento dos pneus inservíveis em Itabaina/SE**; 2020. 146 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2020. Disponível em: [https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/14048/2/LEONARDO\\_MELO\\_SIQUEIRA.pdf](https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/14048/2/LEONARDO_MELO_SIQUEIRA.pdf). Acesso em: 25 ago. 2025.

SILVA, Débora Mireli Santos da; NASCIMENTO, Wagner Gabriel do. **Uso da borracha de pneus inservíveis na pavimentação asfáltica**. 2023. 26 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Técnico em Estradas) – Instituto Federal de Alagoas, Maceió, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ifal.edu.br/server/api/core/bitstreams/b9e3c957-d155-4874-b2ca-3973f17c44cd/content>. Acesso em: 18 set. 2025.

SILVA, Jessé Bernardo da; PEREIRA, Igor Nonato Almeida; PINHEIRO, Érika Cristina Nogueira Marques. Análise da viabilidade técnica da utilização de resíduos de borracha de pneus em pavimentos asfálticos. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 11, p. 108529–108544, Curitiba, nov. 2021. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/40182>. Acesso em: 15 set. 2025.

SOUZA, Maria José de; CARDOSO, José Arimatéia. Viabilidade econômica e ambiental do uso de pneus inservíveis na pavimentação de vias urbanas: um estudo de caso em Natal/RN.

**Revista UNI-RN**, Natal, v. 17, n. 1, p. 1-16, 2018. Disponível em:  
<https://revistas.unirn.edu.br/index.php/revistaunirn/article/download/509/395>. Acesso em: 25  
ago. 2025.

## ANEXO A – DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO DE PLÁGIO



### RELATÓRIO DE VERIFICAÇÃO DE PLÁGIO

**DISCENTE:** Amanda de Lima Alves

**CURSO:** Engenharia Civil

**DATA DE ANÁLISE:** 18.11.2025

### RESULTADO DA ANÁLISE

#### Estatísticas

Suspeitas na Internet: **4,98%**

Percentual do texto com expressões localizadas na internet [△](#)

Suspeitas confirmadas: **4,55%**

Confirmada existência dos trechos suspeitos nos endereços encontrados [△](#)

Texto analisado: **90,77%**

*Percentual do texto efetivamente analisado (frases curtas, caracteres especiais, texto quebrado não são analisados).*

Sucesso da análise: **100%**

*Percentual das pesquisas com sucesso, indica a qualidade da análise, quanto maior, melhor.*

Analisado por Plagius - Detector de Plágio 2.9.6  
terça-feira, 18 de novembro de 2025

### PARECER FINAL

Declaro para devidos fins, que o trabalho da discente AMANDA DE LIMA ALVES n. de matrícula **44371**, do curso de Engenharia Civil, foi aprovado na verificação de plágio, com porcentagem conferida 4,98%. Devendo a aluna realizar as correções necessárias.

Assinado digitalmente por: ISABELLE DA SILVA SOUZA  
Razão: Responsável pelo documento  
Localização: UNIFAEMA - Ariqueme/RO  
O tempo: 19-11-2025 15:52:26

**ISABELLE DA SILVA SOUZA**  
**Bibliotecária CRB 1148/11**  
Biblioteca Central Júlio Bordignon  
Centro Universitário Faema – UNIFAEMA