



**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA
SOUZA**

**ETEC DOUTORA RUTH CARDOSO
Técnico em Edificações**

**IMPERMEABILIZAÇÃO UTILIZANDO BORRACHA RECICLADA DE
PNEUS**

**GABRIELA MONTENEGRO LEMOS
JOSÉ MAXIMIANO DOS SANTOS FILHO
KEVIN ALEC BRATTORP DE OLIVEIRA
THIAGO LISIAS COSTA MACHADO
TIAGO CAMILO DE LIMA**

**São Vicente
2025**

**GABRIELA MONTENEGRO LEMOS
JOSÉ MAXIMIANO DOS SANTOS FILHO
KEVIN ALEC BRATTORP DE OLIVEIRA
THIAGO MACHADO
TIAGO CAMILO DE LIMA**

**IMPERMEABILIZAÇÃO UTILIZANDO BORRACHA RECICLADA DE
PNEUS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso Técnico em
Edificações da ETEC Doutora Ruth Cardoso,
orientado pelos Profs. Adriana De Marchi e
Gilson Braga como requisito parcial para
obtenção do título de técnico em Edificações.

**São Vicente
2025**

AGRADECIMENTOS

O desenvolvimento deste trabalho contou com a ajuda de diversas pessoas, dentre as quais agradecemos:

Aos professores Adriana De Marchi e Gilson Braga, e todos os docentes que colaboraram para a execução deste projeto, pelo apoio e colaboração no decorrer do processo de elaboração do projeto.

Agradecemos também aos nossos familiares que nos incentivaram e estiveram conosco no período em que nos dedicamos a este trabalho.

EPÍGRAFE

*"Uma mente que se abre a
uma nova ideia jamais voltará
ao seu tamanho original"*

Albert Einstein

RESUMO

A impermeabilização é um processo fundamental na construção civil, utilizado para prevenir danos estruturais e infiltrações na edificação. Tradicionalmente, são usados materiais como mantas asfálticas, membranas sintéticas e outros produtos químicos. No entanto, devido à crescente demanda por soluções sustentáveis e ao impacto ambiental do descarte inadequado de pneus, surge uma alternativa inovadora: o uso de borracha reciclada de pneus como material para impermeabilização. A equipe atuou para avaliar a eficácia do uso da borracha de pneus reciclada como base de impermeabilizante para a construção civil, investigar os impactos ambientais e avaliar a viabilidade econômica de produção deste produto. A borracha de pneus reciclada apresenta propriedades que podem ser vantajosas, como alta resistência à abrasão, durabilidade e flexibilidade. Essas características tornam o material adequado para aplicação em áreas sujeitas a movimentações e variações térmicas, contribuindo para o meio ambiente. A equipe desenvolveu o produto e realizou ensaios com a impermeabilização de um protótipo de uma laje, obtendo resultados satisfatórios, apresentando eficiência e resistência comparado a métodos tradicionais, além dos benefícios ambientais decorrentes da sua utilização.

Palavras-chave: Impermeabilização, Borracha reciclada de pneu, sustentável.

ABSTRACT

Waterproofing is a fundamental process in civil construction, used to prevent structural damage and infiltrations in the building. Traditionally, materials such as asphalt blankets, synthetic membranes, and other chemicals are used. However, due to the growing demand for sustainable solutions and the environmental impact of improper tire disposal, an innovative alternative emerges: the use of recycled tire rubber as a waterproofing material. The team worked to evaluate the effectiveness of using recycled tire rubber as a waterproofing base for civil construction, investigate the environmental impacts and evaluate the economic feasibility of producing this product. Recycled tire rubber has properties that can be advantageous, such as high abrasion resistance, durability, and flexibility. These characteristics make the material suitable for application in areas subject to movements and thermal variations, contributing to the environment. The team developed the product and carried out tests with the waterproofing of a prototype of a slab, obtaining satisfactory results, presenting efficiency and resistance compared to traditional methods, in addition to the environmental benefits resulting from its use.

Keywords: Waterproofing. Recycled tire rubber, sustainable.

SUMÁRIO

1	Introdução	8
2	Objetivo geral	10
2.1	Objetivos específicos	10
3	Justificativa	11
3.1	Conceito social	11
3.2	Conceito ambiental	12
3.3	Conceito técnico	12
3.4	Conceito econômico	13
4	Metodologia	14
5	Borracha de pneu	15
6	Impermeabilizantes	19
7	Ensaio.....	20
7.1	Ensaio Experimental com Impermeabilizante à Base de Borracha de Pneu Reciclado.....	20
7.1.1	Materiais Utilizados.....	20
7.1.2	Procedimento.....	20
7.1.3	Resultados.....	20
7.1.4	Considerações Iniciais	24
7.2	Estimativas de custos	25
8	Considerações Finais	26
	Referências.....	27
	Apêndice - A	28
	Fichas Técnicas Dos Materiais Utilizados	28
	Thinner PU (Poliuretano)	28

Isopor (Poliestireno Expandido triturado).....	29
Borracha em pó de pneu reciclado	30
Apêndice - B	31
Protótipos de Aplicação – Modelos de Laje em Concreto Armado	31
Apêndice - C	32

1 Introdução

A impermeabilização é uma das etapas mais importantes na construção civil, desempenhando um papel essencial na proteção das edificações contra a ação da água, que pode causar danos significativos às estruturas e comprometer sua durabilidade e segurança. Diversos materiais são utilizados para este fim, sendo que as soluções convencionais, como mantas asfálticas e produtos à base de polímeros, embora eficazes, têm gerado preocupações devido ao seu alto custo, impacto ambiental e limitações técnicas em determinadas aplicações.

Nos últimos anos, a busca por alternativas mais sustentáveis e econômicas tem ganhado destaque, especialmente com o aumento da conscientização sobre os problemas ambientais gerados pelo descarte inadequado de resíduos, como pneus. Segundo o IBAMA Em 2023, os fabricantes e importadores de pneus novos comercializaram no mercado nacional 88.104.269 unidades de pneus novos e percebe-se que uma grande quantidade de pneus é descartada anualmente de forma inadequada, gerando sérios riscos ambientais e ocupando vastas áreas de aterros sanitários. Nesse contexto, a utilização de borracha reciclada de pneus como material para impermeabilização se apresenta como uma solução promissora, não apenas para o reaproveitamento desse resíduo, mas também para a melhoria das propriedades dos sistemas de impermeabilização.

A borracha reciclada de pneus possui características como alta resistência à abrasão, flexibilidade e durabilidade, que podem ser vantajosas para a aplicação em impermeabilizações, especialmente em áreas sujeitas a movimentações e variações térmicas. Além disso, sua utilização pode contribuir significativamente para a diminuição do impacto ambiental causado pelo descarte de pneus e pela produção de materiais convencionais.

O presente estudo tem como objetivo analisar a viabilidade do uso da borracha reciclada de pneus como alternativa para sistemas de impermeabilização em edificações. Para tanto, será realizada uma avaliação das propriedades do material em comparação aos métodos tradicionais, com foco na eficácia, durabilidade, custo e

benefícios ambientais. A pesquisa busca, assim, fornecer subsídios técnicos e científicos para a adoção dessa solução sustentável na construção civil

2 Objetivo geral

Avaliar a eficácia e a sustentabilidade da utilização impermeabilizantes à base de borracha reciclada de pneus na construção civil, considerando seus benefícios ambientais, econômicos e de desempenho em comparação com materiais convencionais.

2.1 Objetivos específicos

Investigar os impactos ambientais da utilização de borracha de pneu reciclada como matéria-prima para impermeabilizantes, incluindo a redução de resíduos sólidos e a diminuição da emissão de poluentes.

Avaliar a viabilidade econômica da utilização de impermeabilizantes de borracha reciclada, considerando o custo de produção, a aplicabilidade no mercado e os benefícios ambientais e financeiros associados.

Examinar as possíveis aplicações práticas do impermeabilizante à base de borracha reciclada em diferentes tipos de construções, como residências, edificações comerciais e obras de infraestrutura, analisando sua eficiência, durabilidade e facilidade de aplicação.

3 Justificativa

A impermeabilização é essencial para garantir a durabilidade das construções, mas as soluções tradicionais, como mantas asfálticas, apresentam altos custos e impactos ambientais. Ao mesmo tempo, o descarte inadequado de pneus tem se tornado um grande problema ambiental. A reciclagem de pneus, transformando-os em borracha para impermeabilização, surge como uma alternativa sustentável, aproveitando um resíduo de difícil decomposição e oferecendo propriedades vantajosas, como resistência e flexibilidade.

Este estudo se justifica pela necessidade de buscar soluções mais ecológicas e econômicas na construção civil. A utilização de borracha reciclada de pneus para impermeabilização pode reduzir o impacto ambiental, oferecer opções mais acessíveis para os profissionais da área e promover práticas de construção mais sustentáveis.

3.1 Conceito social

A utilização de borracha reciclada de pneus na impermeabilização de edificações pode trazer benefícios significativos para a sociedade, especialmente ao incentivar o reaproveitamento de resíduos e promover a conscientização sobre a economia circular. A adoção de práticas ecológicas na construção civil impulsiona o desenvolvimento de soluções inovadoras que atendem à demanda por edificações mais sustentáveis. Isso contribui para a melhoria da qualidade de vida nas cidades, estimula o surgimento de novas oportunidades de trabalho nos setores de reciclagem e construção sustentável, e fortalece o compromisso social com a sustentabilidade. Essa abordagem está alinhada aos seguintes Objetivos de Desenvolvimento Sustentável:

- **ODS 9** – Indústria, Inovação e Infraestrutura: Estimular a inovação no setor industrial para criar infraestruturas sustentáveis e resilientes.
- **ODS 11** – Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis.

3.2 Conceito ambiental

O descarte inadequado de pneus é um problema crescente que contribui para a poluição ambiental e a sobrecarga dos aterros sanitários. A reciclagem desses materiais e sua aplicação como matéria-prima em impermeabilizantes representam uma alternativa ambientalmente responsável. Essa prática reduz o volume de resíduos sólidos, promove o uso eficiente de recursos naturais e contribui para a diminuição das emissões de gases de efeito estufa associadas à produção de materiais convencionais. Ao incorporar resíduos na construção civil, fortalece-se o compromisso com práticas sustentáveis e com a mitigação das mudanças climáticas. Essas ações estão diretamente relacionadas aos seguintes Objetivos de Desenvolvimento Sustentável:

- **ODS 12** – Consumo e Produção Responsáveis: Reduzir o desperdício, promover a reciclagem e o uso eficiente de recursos naturais.
- **ODS 13** – Ação contra a Mudança Global do Clima: Diminuir as emissões de gases de efeito estufa e adotar práticas de construção mais ecológicas.

3.3 Conceito técnico

As normas da ABNT que estão relacionadas são focadas em aspectos técnicos, como as propriedades dos materiais de impermeabilização e as especificações de qualidade dos produtos utilizados. Embora a borracha reciclada de pneus não seja amplamente abordada de forma específica em muitas dessas normas, a aplicação de conceitos técnicos estabelecidos por elas pode ser importante para garantir que os sistemas de impermeabilização desenvolvidos com borracha reciclada sejam eficazes e atendam aos requisitos exigidos para a construção civil.

Se o uso de borracha reciclada em impermeabilização se popularizar, é possível que novas normas surjam para regulamentar especificamente esse material na construção civil. É importante que, ao aplicar esse tipo de tecnologia, os requisitos de desempenho, durabilidade e resistência à água sejam atendidos, conforme estipulado por essas normas.

NBR 9575/2010 – Impermeabilização de Edificações – Procedimento

NBR 9781/2013 – Revestimentos de Impermeabilização com Mantas Asfálticas

NBR 13133/2021 – Materiais de Construção Civil – Requisitos para Borrachas de Pneus Reciclados

NBR 15575/2013 – Edificações Habitacionais – Desempenho

NBR 14927/2008 – Sistemas de Impermeabilização – Classificação

NBR 14239/2020 – Produtos de Borracha – Determinação de Propriedades Físico-Químicas

3.4 Conceito econômico

A viabilidade econômica da utilização de borracha reciclada de pneus na impermeabilização envolve tanto a redução de custos quanto o aproveitamento de um material, que seria descartado de forma inadequada. A produção de borracha reciclada para uso na construção civil pode ser mais acessível em comparação aos materiais impermeabilizantes tradicionais, como mantas asfálticas e membranas sintéticas. Além disso, a utilização da borracha reciclada pode resultar em redução de custos com aterros sanitários, uma vez que diminui o volume de pneus descartados. A longo prazo, o uso desse material pode também reduzir os custos de manutenção e reparo de sistemas de impermeabilização, proporcionando uma solução mais duradoura e eficiente.

4 Metodologia

A metodologia adotada para este trabalho é composta por duas abordagens principais: Pesquisa Bibliográfica (Revisão de Literatura), e Análise de Viabilidade Econômica e Ambiental através de Protótipos.

1. PESQUISA BIBLIOGRÁFICA (REVISÃO DE LITERATURA)

Esta etapa consiste na revisão de fontes acadêmicas, artigos, livros e estudos relacionados à impermeabilização, ao uso de borracha reciclada de pneus na construção civil e aos impactos ambientais e econômicos dessas tecnologias. A pesquisa bibliográfica visa embasar teoricamente o estudo, apresentando o estado da arte sobre o tema, as técnicas utilizadas em estudos anteriores e as possíveis lacunas que este trabalho pode ajudar a preencher. Esse levantamento permitirá entender melhor os materiais e métodos existentes, além de servir de base para a análise comparativa entre as soluções tradicionais e a borracha reciclada de pneus.

2. ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA E AMBIENTAL

Nesta etapa, será realizada uma análise comparativa entre os custos de aplicação e os benefícios ambientais do uso de borracha reciclada de pneus em sistemas de impermeabilização, em relação aos materiais tradicionais. A análise econômica considerará o custo de produção, a aplicação e a manutenção dos materiais, enquanto a avaliação ambiental focará na redução de resíduos, consumo de recursos naturais e a pegada de carbono associada à fabricação de impermeabilizantes tradicionais. Essa metodologia ajudará a identificar se a adoção da borracha reciclada representa uma solução vantajosa do ponto de vista econômico e sustentável para a construção civil.

5 Borracha de pneu

Em média, pneus originais de carros de passeio devem durar de 40 a 60 mil quilômetros, em média, pneus para motos que rodam regularmente em asfalto têm vida útil de 15 mil quilômetros. Para motos que circulam em terrenos mais acidentados, a vida útil média é de 10 mil quilômetros. Devido ao peso que um pneu de caminhão experiencia durante a sua vida útil, é estimado que o tempo mínimo de durabilidade seja 60 mil quilômetros, podendo chegar aos 80 mil quilômetros. Porém, devido à falta de manutenção adequada e direção imprudente essa expectativa pode ser reduzida.

A Resolução CONAMA nº 416/2009 estabelece que, para cada pneu novo comercializado para o mercado de reposição, as empresas fabricantes ou importadoras deverão dar destinação adequada a um pneu descartado (relação 1:1).

A meta de destinação a ser cumprida é calculada a partir da conversão em peso dos pneus comercializados no mercado de reposição, considerando o desconto de 30% em peso pelo fator de desgaste do pneu novo.

O mercado de reposição de pneus é o resultante da Equação a seguir.

$$MR = (P + I) - (E + EO)$$

Sendo:

MR – Mercado de Reposição

P – Total de pneus produzidos

I – Total de pneus importados

E – Total de pneus exportados

EO – Total de pneus que equipam veículos novos

O mercado de reposição é determinado a partir da declaração da produção e importação de pneus novos, realizados pelos fabricantes e importadores, além das exportações e do envio de pneus às montadoras de veículos. Cada tipo de pneu é classificado na Nomenclatura Comum do Mercosul (NCM), conforme Resolução GECEX nº 272, de 19 de novembro de 2021 e suas atualizações.

A Tabela abaixo apresenta as variáveis utilizadas para o cálculo do mercado de reposição nacional. São elas: total de pneus fabricados no país, total de pneus novos importados, pneus enviados à montadora para equipar veículos novos e pneus exportados, no ano de 2023.

	Fabricado	Importado	Enviado à montadora	Exportado
Em unidade	65.911.870	47.435.119	15.858.191	9.384.529
Em toneladas	1.011.567,17	562.049,36	266.141,07	210.385,10

“Fonte: IBAMA, RELATÓRIO PNEUMÁTICOS 2024 Resolução Conama nº 416/09”

A Tabela a seguir apresenta a quantidade total, em unidades e em toneladas, de pneus novos colocados no mercado de reposição no ano de 2023. Para este resultado foi aplicada a fórmula descrita anteriormente, utilizando-se as variáveis descritas na Tabela anterior.

Sendo:

$$(P + I) - (E + EO) = MR$$

$$(65.911.870 + 47.435.119) - (15.858.191 + 9.384.529) = 88.104.269$$

Mercado de Reposição	
Em unidades	Em toneladas
88.104.269	1.097.090,36

“Fonte: IBAMA, RELATÓRIO PNEUMÁTICOS 2024 Resolução Conama nº 416/09”

Na Tabela a seguir apresenta, na linha superior, a meta de destinação nacional calculada para o ano de 2023, que corresponde ao somatório das metas individuais para os fabricantes e importadores de pneus novos. Na linha inferior, é apresentada a efetiva quantidade de pneus destinados para cumprimento da meta nacional, representado pelo saldo de destinação.

Meta de Destinação Nacional	767.963,25	toneladas
Saldo de Destinação Nacional	744.639,36	toneladas

“Fonte: IBAMA, RELATÓRIO PNEUMÁTICOS 2024 Resolução Conama nº 416/09”

Os fabricantes de pneus novos alcançaram 101,31% da meta de destinação estabelecida para o ano de 2023, enquanto os importadores cumpriram com 91,91% de sua meta estipulada.

	Meta (t)	Destinação (t)	Cumprimento (%)
Fabricantes de Pneus	412.885,21	418.292,91	101,31%
Importadores de Pneus	355.078,04	326.346,45	91,91%

“Fonte: IBAMA, RELATÓRIO PNEUMÁTICOS 2024 Resolução Conama nº 416/09”

(Meta de Destinação Nacional - Saldo de Destinação Nacional) + (Mercado de Reposição - Saldo de Destinação Nacional) =

$$(767.963,25 - 744.639,36) + (1.097.090,36 - 744.639,36) = 375.774,89 \text{ (t)}$$

Então nós temos aproximadamente 375.774,89 Toneladas de pneus inservíveis sem destinação adequada, onde na natureza se é estimado que um pneu leve 600 anos para se decompor por completo, e durante esse tempo ele serve de abrigo e local de amadurecimento de criaturas transmissoras de doenças e peçonhentas.

Tendo sido descartados corretamente, pneus passariam por um procedimento técnicos em que são descaracterizados de sua forma inicial, e que seus elementos constituintes são reaproveitados, reciclados ou processados das tais seguintes maneiras:

- Coprocessamento: Utilização dos pneus inservíveis em fornos de clínquer como substituto parcial de combustíveis e como fonte de elementos metálicos;
- Laminação: Processo de fabricação de artefatos de borracha;
- Granulação: Processo industrial de fabricação de borracha moída, em diferente granulometria, com separação e aproveitamento do aço;
- Pirólise: Processo de decomposição térmica da borracha conduzido na ausência de oxigênio ou em condições em que a concentração de oxigênio é suficientemente baixa para não causar combustão, com geração de óleos, aço e negro de fumo.

Mas antes destes processos os Pneus descartados são armazenados em pontos de coleta pelos fabricantes e importadores de pneus, após isso eles são transportados a empresas onde será feita a sua descaracterização.

6 Impermeabilizantes

O impermeabilizante é um produto aplicado a alvenarias para impedir a penetração de água ou outros líquidos. Trata-se de um material utilizado para formar uma camada protetora em uma estrutura, assim evitando manchas, desgastes e infiltrações na edificação.

Os impermeabilizantes mais utilizados incluem mantas asfálticas, Membranas acrílicas, emulsão asfáltica, argamassas poliméricas sendo:

Manta asfáltica um material pré-fabricado, composto por poliéster, polietileno, PVC ou fibra de vidro, recoberto por um composto asfáltico em ambos os lados. Recomenda-se sua utilização em grandes espaços, como lajes, e é muito indicado para estruturas sujeitas a movimentação, já que é bem resistente a altas temperaturas.

- Membrana acrílica, um resultado de polímeros acrílicos termoplásticos em dispersão aquosa, utilizado para impermeabilização de superfícies expostas a intempéries, como lajes, coberturas, paredes e marquises.
- Emulsão asfáltica, um monocomponente aplicado a frio, emulsionado em águas através de aditivos dispersantes. Geralmente são usados para impermeabilização ou preparação de fundações, baldrame, muros de arrimo, alicerces, estruturas em contato com o solo e mais.
- Argamassa polimérica, um produto semiflexível impermeável, indicado para vedação e eliminação da umidade. Pode ser aplicado sobre concreto, blocos cerâmicos e de concreto, fibrocimento e demais bases cimentícias. Campos de aplicação: áreas molhadas e molháveis (banheiros, cozinhas e áreas de serviços), estruturas enterradas (caixas d'água, reservatórios e piscinas), tratamento de rodapés úmidos, paredes, poços de elevadores, paredes de encosta, subsolos e fundações (baldrame e blocos).
- Argamassa impermeável, um produto monocomponente à base de cimento e aditivos especiais, que quando misturado com a quantidade específica de água resulta numa argamassa de consistência seca. Apresenta elevada resistência mecânica e é indicado para reparos. Campos de aplicação: reparos pontuais em estruturas como vigas, pilares, lajes e estruturas de concreto sem a utilização de formas e assentamento de calços para grauteamento.

7 Ensaios

7.1 Ensaio Experimental com Impermeabilizante à Base de Borracha de Pneu Reciclado

Com o objetivo de demonstrar a viabilidade do reaproveitamento da borracha de pneu como componente de um impermeabilizante alternativo, foi realizado um ensaio experimental utilizando uma mistura artesanal composta por thinner poliuretano (PU), isopor e borracha de pneu em pó.

7.1.1 Materiais Utilizados

- 500 ml de thinner PU
- 250 g de isopor (poliestireno expandido)
- 250 g de borracha de pneu moída (granulometria fina)

7.1.2 Procedimento

Inicialmente, o isopor foi adicionado ao thinner PU, promovendo sua dissolução até a formação de uma solução viscosa. Em seguida, a borracha de pneu em pó foi incorporada de forma gradual à mistura, realizando-se a homogeneização manual até a obtenção de uma massa uniforme e consistente.

A aplicação foi feita sobre um protótipo de laje em concreto armado, previamente limpo e seco. O produto foi aplicado em três demãos, respeitando-se um intervalo de 2 horas entre cada camada para garantir a cura parcial adequada entre as aplicações.

7.1.3 Resultados

A mistura apresentou boa aderência à superfície de concreto, com secagem completa observada após 24 horas da aplicação da última demão. Após o período de cura, foi realizado um teste de estanqueidade por meio da aplicação de água sobre a superfície impermeabilizada. O revestimento apresentou comportamento satisfatório, impedindo a penetração de água e confirmando sua eficácia como barreira impermeabilizante.

Preparação e separação dos materiais



Fonte: Acervo pessoal, 2025.

Peneiragem do Produto



Fonte: Acervo pessoal, 2025.

Aplicação do Produto



Fonte: Acervo pessoal, 2025.

Protótipo com aplicação finalizada



Fonte: Acervo pessoal, 2025.

Teste de Estanqueidade



Fonte: Acervo pessoal, 2025.

A imagem acima mostra o teste e estado final do nosso protótipo, após a utilização de uma demão a mais do impermeabilizante pois no teste anterior a impermeabilização falou. Assim com uma alteração de valores na composição ou três demão da composição atual o impermeabilizante protege completamente o protótipo.

7.1.4 Considerações Iniciais

O resultado obtido indica que a incorporação de borracha de pneu reciclado à base de impermeabilizantes artesanais, como a mistura de thinner PU com isopor, é viável e pode representar uma alternativa de baixo custo e com apelo ambiental positivo, contribuindo para o reaproveitamento de resíduos sólidos urbanos.

7.2 Estimativas de custos

COMPOSIÇÃO	QTDE	UND	VALOR
SOLVENTE PU	500	ML	R\$ 12,50
ISOPOR	250	G	R\$ -
BORRACHA EM PÓ	250	G	R\$ 1,57
CUSTO DE PRODUÇÃO TOTAL POR LITRO			R\$ 14,07
CUSTO DE PRODUÇÃO TOTAL LATA 18 L (4,5 kg de Borracha)			R\$ 253,26
RENDIMENTO APROXIMADO POR LATA 18 L			30 M²

Para a produção de uma lata de 18 L de impermeabilizante é necessário 1 pneu de um automóvel de passeio, ou seja, 1 pneu não será descartado na natureza.

Não houve custos no uso do poliestireno expandido triturado (Isopor), a equipe utilizou o material reciclado.

8 Considerações Finais

O desenvolvimento de um impermeabilizante utilizando borracha de pneu reciclado demonstrou-se uma alternativa viável sob a ótica ambiental, contribuindo diretamente para a redução de resíduos sólidos e a poluição causada pelo descarte inadequado de pneus. A cada 18 litros do produto, foi possível reutilizar o equivalente a um pneu, o que representa um impacto ambiental positivo e alinhado aos princípios da sustentabilidade na construção civil.

Apesar dos benefícios evidentes, o custo de produção ainda se mostra elevado, principalmente devido ao processo de trituração da borracha, à incorporação dos materiais adicionais e à escala limitada de fabricação. No entanto, esse aspecto pode ser otimizado com o aprimoramento dos métodos de produção e o aumento da escala industrial, o que tende a reduzir os custos ao longo do tempo.

Em resumo, o projeto atingiu seus objetivos ao propor uma solução funcional de impermeabilização com viés ecológico, demonstrando que é possível aliar desempenho técnico e responsabilidade ambiental. Espera-se que iniciativas como esta incentivem novos estudos e investimentos em tecnologias sustentáveis para o setor da construção civil.

Referências

ABNT NBR 9574/2008 sobre a execução de impermeabilização. Disponível em <https://portalidea.com.br/cursos/b4c643996a5f14eb82d01073f6caf81a.pdf> Acesso em: 17/05/2025.

ABNT NBR 9575/2010 Impermeabilização – seleção e projeto Disponível em <https://normadedesempenho.com.br/wp-content/uploads/2022/10/NBR-9574-2009.pdf> Acesso em: 17/05/2025.

CONSELHO FEDERAL DOS TÉCNICOS INDUSTRIAIS – CFT. Disponível em <https://www.cft.org.br/wp-content/uploads/2019/04/RESOLUCAO-N-058-2019.pdf> Acesso em: 20/03/2025

Massa Cinzenta. Impermeabilizar a obra durante a construção garante economia e durabilidade ao imóvel Disponível em <https://www.cimentoitambe.com.br/impermeabilizar-a-obra-durante-a-construcao-garante-economia-e-durabilidade-ao-imovel/> Acesso em: 20/03/2025

IBAMA. RELATÓRIO PNEUMÁTICOS 2024 Resolução Conama nº 416/09 Disponível em https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/emissoes-e-residuos/residuos/arquivos/relatoriopneumaticos/20250410_Anexo_23022971_Relatorio_Pneumatico_2024.pdf Acesso em: 17/05/2025.

IBAMA. Relatório de Pneumáticos: Resolução CONAMA nº. 416/2009 Anos- bases 2020 / 2021 / 2022 Disponível em https://conama.mma.gov.br/index.php?option=com_sisconama&task=documento.download&id=25352 Acesso em 17/05/2025

Apêndice - A

Fichas Técnicas Dos Materiais Utilizados

Thinner PU (Poliuretano)

Descrição:

O thinner PU é um solvente utilizado principalmente para diluição de tintas e resinas à base de poliuretano. Ele também influencia na viscosidade e tempo de secagem da mistura.

Composição típica (varia conforme o fabricante):

- Acetato de butila
- Tolueno
- Acetato de etila
- Solventes aromáticos e alifáticos

Características técnicas:

- Aspecto: Líquido transparente
- Odor: Forte e característico
- Ponto de fulgor: Abaixo de 23 °C (inflamável)
- Tempo de evaporação: Rápido
- Densidade: 0,85 – 0,90 g/cm³
- Armazenamento: Local fresco, ventilado e longe de fontes de calor

Função na formulação:

- Atua como solvente para homogeneizar a mistura e melhorar a aplicação do impermeabilizante.

-

Isopor (Poliestireno Expandido triturado)

Descrição:

Material termoplástico derivado do petróleo, amplamente utilizado como isolante térmico e embalagem. No TCC, foi utilizado na forma triturada como componente leve e hidrofóbico.

Composição química:

- Poliestireno (C_8H_8) $_n$
- Gases de expansão (pentano, ar etc.)

Características técnicas:

- Cor: Branco
- Densidade aparente: 10–30 kg/m³
- Absorção de água: Baixa
- Condutividade térmica: 0,033–0,040 W/m/K
- Reciclável: Sim

Função na formulação:

- Atua como agregado leve, contribuindo para reduzir peso, melhorar a impermeabilidade e reaproveitar resíduo sólido.

Borracha em pó de pneu reciclado

Descrição:

Resíduo de borracha proveniente de pneus usados, triturado em partículas finas. É um insumo sustentável com propriedades elásticas e impermeáveis.

Composição aproximada:

- Borracha sintética (SBR, NR)
- Negro de fumo
- Óleos plastificantes
- Resíduos de aço (mínimos)

Características técnicas:

- Cor: Preto
- Tamanho das partículas: 0,5 – 2 mm (ou conforme especificação)
- Densidade: 1,1 – 1,2 g/cm³
- Resistência à água: Alta
- Reciclado: Sim

Função na formulação:

- Contribui com flexibilidade, resistência à água e sustentabilidade ambiental.

Apêndice - B

Protótipos de Aplicação – Modelos de Laje em Concreto Armado

Para simular a aplicação real do impermeabilizante desenvolvido neste trabalho, foram confeccionados protótipos representando pequenas lajes em concreto armado. Esses modelos permitiram avaliar o desempenho do produto em condições semelhantes às encontradas em obras civis.

Características dos protótipos

- Dimensões aproximadas: 12 cm × 20 cm × 3 cm
- Armadura utilizada: malha de aço 1mm
- Forma de execução:
 - Moldagem realizada em formas de madeira compensada
 - Utilização de concreto de traço padrão
 - Cura úmida por 7 dias
- Quantidade de protótipos: 2

Aplicação do impermeabilizante

Após o período de cura, os protótipos foram limpos e preparados com lixamento superficial para garantir boa aderência do impermeabilizante.

- O produto impermeabilizante à base de borracha em pó, isopor e thinner PU foi aplicado com brocha, em duas demãos cruzadas.
- Intervalo entre as demãos: 2 horas
- Tempo total de secagem: 24 horas (em temperatura ambiente)

Objetivo dos protótipos

- Avaliar a aderência do produto à superfície de concreto
- Observar a formação de película impermeável
- Realizar ensaios de permeabilidade superficial (teste de absorção de água por gotejamento ou imersão parcial)
- Verificar resistência à fissuração, deslocamento e outras falhas de aplicação

Apêndice - C

Termo de Autorização de uso de imagem e voz do Sr. Alisson Lima Bispo, químico que auxiliou com orientações de proporções de materiais utilizados na mistura.



TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE IMAGEM E VOZ Pessoa maior de 18 anos

Neste ato, Alisson Lima Bispo,
nacionalidade Brasileira, estado civil Casado, portador da
Cédula de identidade RG nº. 42423-226-3, inscrito no CPF/MF sob nº
450.266.085-41, residente à Av/Rua
Aldeia Sagua Souza Aires, nº. 45, município de
Cubatão /São Paulo, AUTORIZO o uso de imagem
em todo e qualquer material entre fotos e documentos, para ser utilizada.

As imagens e a voz poderão ser exibidas: nos relatórios parcial e final do referido projeto, na apresentação áudio-visual do mesmo, em publicações e divulgações acadêmicas, na feira de apresentação final do DTCC na Habilitação Técnica de Nível Médio em Técnica de Edificação, fazendo-se constar os devidos créditos.

O grupo fica autorizado a executar a edição e montagem vídeo/imagem, conduzindo as reproduções que entender necessárias, bem como a produzir os respectivos materiais de comunicação, respeitando sempre os fins aqui estipulados.

Por ser esta a expressão de minha vontade, nada terei a reclamar a título de direitos conexos a minha imagem e voz ou qualquer outro.

Deixo-firma, 16 de Maio de 2025.


Assinatura

Telefone1: (13) 99627-9979 Telefone2: () _____