

ARGAMASSA PARA PISO PODOTÁTIL COM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL E TOTAL DE RESÍDUOS DE PNEUS

Marta Marielly Gomes da Silva (PPGEMAT/IFPA/Belém), E-mail: martamarielly@gmail.com
Laércio Gouvêa Gomes (PPGEMAT/IFPA/Belém), E-mail: laercio.gomes@ifpa.edu.br

Resumo: O setor da construção, consciente da importância da questão ambiental, tem procurado encontrar soluções que consigam aliar a preservação do meio ambiente ao crescimento econômico industrial. Para tal, têm sido realizados vários estudos relacionados com a reutilização de resíduos de pneus, sendo a utilização de agregados de resíduos de borracha como substituto de agregados naturais em concreto e argamassas. O objetivo deste trabalho foi avaliar a substituição na proporção de 50% e 100%, em massa, de agregado natural por resíduos de borracha de pneus, na fração de # 1 a 2 mm. A metodologia experimental foi estruturada em três fases. Na primeira fase, foram feitas caracterização dos materiais constituintes das argamassas. Na segunda fase, foram processados os compósitos cimentícios moldados corpos de prova cilíndricos e prismáticos e placas de piso tátil. Na terceira fase, foram realizados estudos de resistência a compressão axial, flexão, tração na flexão e permeabilidade. Os resultados mostram que a resistência a compressão axial alcançou 3,24 MPa para a argamassa com 50% de substituição enquanto, com 100% de substituição alcançou 1,33 MPa. Para o piso tátil e a placa com 50% de substituição alcançou 652,62 kgf/m² e 3375,26 kgf/m², respectivamente e, com 100% de substituição foi de 387,49 kgf/m² e 2059,83 kgf/m², respectivamente. A permeabilidade da argamassa com substituição total alcançou um aumento de 37,5% em relação a substituição parcial de 50% de resíduos de borracha de pneus. Apesar de argamassas com incorporação de resíduos finos de borracha de pneus apresentarem desempenhos inferiores aos materiais tradicionais para produção de argamassas, recomenda-se que há condições de uso deste material como material fino em argamassas para piso táteis. Como contribuição principal do trabalho, conclui-se que o piso tátil produzido representa uma alternativa potencial que colabora para a redução na extração e no uso da areia em argamassas, viabiliza o processamento de piso táteis de argamassas com resíduos de borracha de pneus. Além de contribuir com a redução do passivo ambiental dos resíduos de borrachas de pneus.

Palavra-Chave: piso tátil, resíduos, argamassas, acessibilidade.

MORTAR FOR TACTILE FLOOR WITH PARTIAL AND TOTAL REPLACEMENT OF TIRE WASTE

Abstract: The construction sector, aware of the importance of environmental issues, has been seeking solutions that reconcile environmental preservation with industrial economic growth. To this end, several studies have been conducted on the reuse of tire waste, particularly the use of rubber waste aggregates as a substitute for natural aggregates in concrete and mortars. The objective of this study was to evaluate the replacement of natural aggregate with tire rubber waste at proportions of 50% and 100% by mass, using particles in the 1 to 2 mm size range. The experimental methodology was structured in three phases. In the first phase, the constituent materials of the mortars were characterized. In the second phase, cementitious composites were produced, including cylindrical and prismatic specimens, as well as tactile paving slabs. In the third phase, tests were conducted to evaluate axial compressive strength, flexural strength, tensile strength in bending, and permeability. The results showed that the axial compressive strength reached 3.24 MPa for the mortar with 50% replacement, while for 100% replacement it reached 1.33 MPa. For the tactile paving and slab with 50% replacement, values of 652.62 kgf/m² and 3375.26 kgf/m² were obtained, respectively, while for 100% replacement the values were 387.49 kgf/m² and 2059.83 kgf/m², respectively. The permeability of the mortar with total replacement increased by 37.5% compared to the partial replacement of 50% tire rubber waste. Although mortars incorporating fine tire rubber waste present lower performance compared to traditional materials, their use as fine aggregate in mortars for tactile paving is considered feasible. As the main contribution of this study, it is concluded that the produced tactile paving represents a potential alternative that helps reduce the extraction and use of sand in mortars, enables the production of tactile paving using rubber waste, and contributes to reducing the environmental impact associated with tire waste disposal.

Keywords: tactile floor, waste, mortars, accessibility.

1. INTRODUÇÃO

A Engenharia de materiais vem assumindo um papel importante no cenário mundial, pois busca avançar tecnologicamente no desenvolvimento de novos materiais. O setor da construção civil, também, tem efetuado um esforço em reutilizar resíduos provenientes da própria construção e demolição como também provenientes do consumo no geral, por exemplo, na produção de argamassas e concreto.

Aliada a essas estratégias de desenvolvimento, a ciência dos materiais no incremento constante de novos materiais para atendimento industrial, vem estabelecendo e assumindo um papel fundamental nas políticas de sustentabilidade do meio ambiente, principalmente nos estudos de reintegração de rejeitos ambientais para a formação e aperfeiçoamento de novos materiais (CESAR, 2017).

Encontrar materiais alternativos que substituam os materiais tradicionais constituintes de argamassa, além de sustentável ambientalmente, é um dos grandes desafios lançados aos engenheiros de materiais. Buscar combinação de resíduos industriais com propriedades físicas e mecânicas distintas a fim de produzir novos compósitos, mais econômicos e duráveis, são fundamentais para redução no consumo das fontes naturais (GOMES, 2018).

As argamassas são materiais de construção porosos e de aplicação diversa. Desta forma, a compreensão do seu comportamento, face às diversas solicitações a que podem estar sujeitas, é determinante para que possam corretamente ser cumpridas as exigências definidas (RATO, 2006).

Considera-se fundamental a realização de estudos que possibilitem aprofundar e demonstrar o comportamento de argamassas com incorporação de agregados reciclados, estabelecendo também as suas condições de aplicabilidade, de modo a criar as bases necessárias à elaboração de regulamentos técnicos (NENO, 2010).

A reutilização de resíduos leva a uma diminuição da utilização de recursos naturais e energéticos, como também à diminuição de aterros, razões que têm motivado a exploração da utilização de materiais recicláveis.

Por outro lado, nas grandes cidades há necessidades de utilização em massa do sistema de piso tátil que são placas ou blocos com relevos, fixadas no chão para promover sinalização e acessibilidade às pessoas que possuem deficiência visual ou baixo índice de visão, permitindo-as compreender onde estão e auxiliando na locomoção de forma independente (RELATÓRIO DE PNEUSMÁTICOS, 2021).

Sua utilização é fundamental, pois promove independência de locomoção e uma sociedade mais inclusiva. A ABNT NBR 9050:2020 trata das características dos pisos táteis, como medidas, cores e tamanhos, aplica padrões de produção e até locais de sua utilização; estabelecendo parâmetros que devem ser obrigatoriamente atendidos.

A Lei Nacional nº 13.146, de 6 de julho de 2015, que trata do Estatuto da Pessoa com deficiência, impõe a aplicação de pisos táteis no mobiliário urbano e em locais privados de uso coletivo (BRASIL, 2015). Contudo, não se implementa estes pisos em todas as vias brasileiras, e é muito comum os encontrar deteriorados ou aplicados de forma incorreta; portanto, é fundamental buscar formas de instalações mais duráveis.

Neste sentido, esta trabalho, desenvolveu argamassa com resíduos de pneus para produção de placa de piso tátil, a partir da incorporação de resíduos finos de borracha de pneus provenientes da indústria de recauchutagem de pneus automotores em substituição, parcial e total, da areia.

1.1. PISO PODOTÁTIL

A ABNT NBR 16537:2016 estabelece critérios e parâmetros técnicos observados para a elaboração do projeto e instalação de sinalização tátil no piso, seja para construção ou adaptação de edificações, espaços e equipamentos urbanos às condições de acessibilidade para pessoa com deficiência visual ou surdo cegueira. A norma ratifica que a sinalização tátil no piso é considerada um recurso complementar para prover segurança, orientação e mobilidade a todas as pessoas, principalmente àquelas com deficiência visual ou surdo cegueira.

Aspectos importantes são conceituados como a sinalização tátil no piso que compreende a sinalização de alerta e a sinalização direcional, respectivamente, como a função identificação de perigos, que é uma sinalização tátil alerta e informa sobre a existência de desníveis ou outras situações de risco permanente. A função condução que corresponde a sinalização tátil direcional na qual orienta o sentido do deslocamento seguro. A função mudança de direção que, também, é uma sinalização tátil alerta e tem como finalidade informar as mudanças de direção ou opções de percursos e a função marcação de atividade, sinalização tátil direcional ou alerta, que serve para orientar o posicionamento adequado para o uso de equipamentos ou serviços (ABNT NBR 16537:2016).

O piso podotátil é um importante elemento de mobilidade e acessibilidade para os deficientes visuais, a norma estabelece que a sinalização tátil no piso pode ser do tipo de alerta ou direcional. Ambas devem ter cor contrastante com a do piso adjacente, e podem ser sobrepostas ou integradas ao piso existente atendendo às seguintes condições. Quando sobrepostas, o desnível entre a superfície do piso existente e a superfície do piso implantado deve ser chanfrado e não exceder 2 mm. Quando integradas, não deve haver desnível (LOPES, 2015).

1.1.1 Piso Podotátil Direcional

O piso podotátil direcional consiste em um conjunto de relevos lineares de seção tronco-cônica. A Figura 1 mostra as dimensões, em projeto, do piso tátil direcional cuja finalidade é a condução do deficiente visual orientando o sentido seguro do deslocamento.

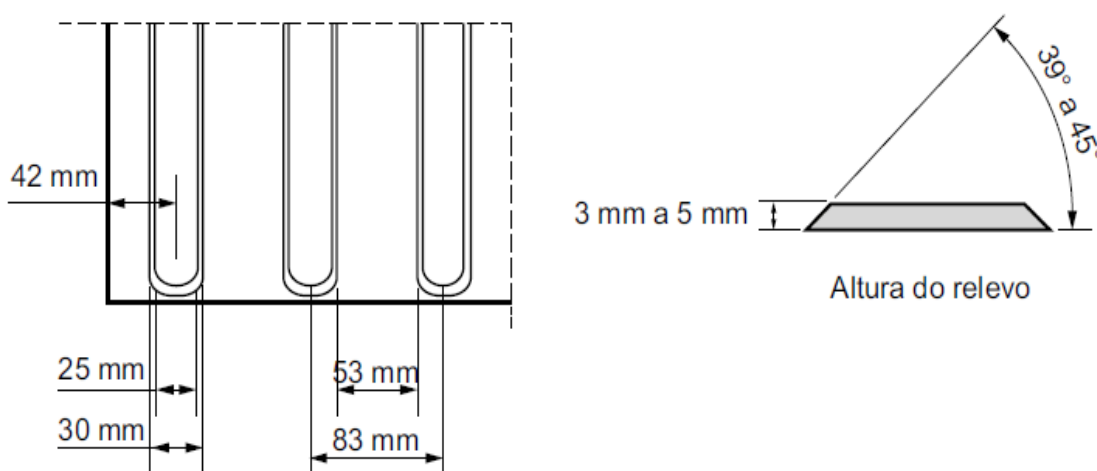


Figura 1 – Dimensões do Piso Tátil Direcional. (ABNT NBR 16537:2016)

1.1.2. Piso Podotátil de Alerta

O piso podotátil de alerta consiste em um conjunto de relevos de seção tronco-cônica sobre placa, integrados ou sobrepostos ao piso adjacente. A Figura 2 mostra as dimensões, em projeto, do piso

tátil de alerta cuja finalidade é informar sobre a existência de desníveis ou outras situações de risco permanente.

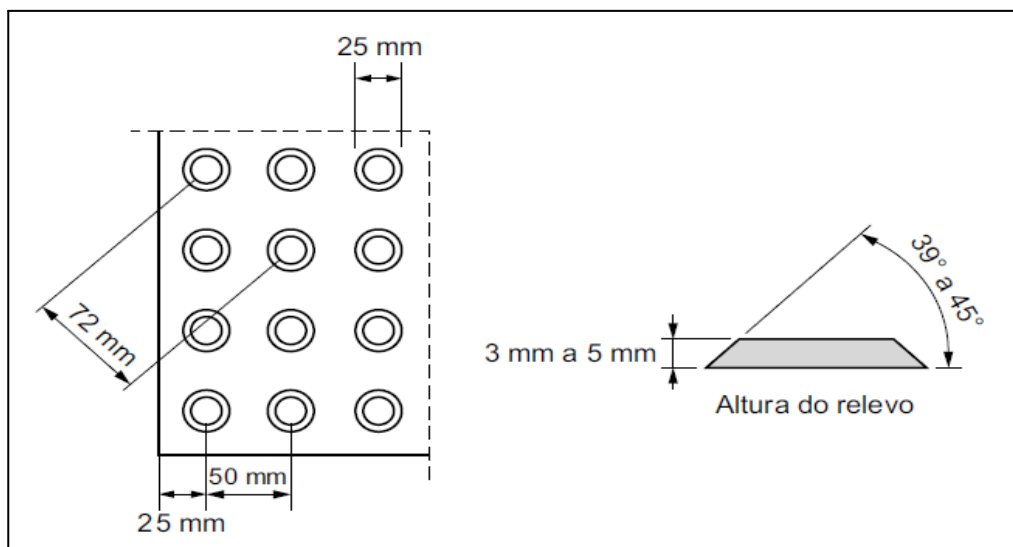


Figura 2 - Dimensões do Piso Tátil de Alerta. (ABNT NBR 16537:2016)

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O desenvolvimento da pesquisa foi efetuado por etapas pré-estabelecidas, na qual foram feitas: a seleção dos materiais utilizados (resíduo de borracha (RRP), areia, cimento) a caracterização dos materiais, a determinação da dosagem, a para a produção dos corpos de prova, os ensaios mecânicos e físicos e análises dos resultados. A Figura 3 mostram o fluxograma que descreve as etapas deste trabalho.

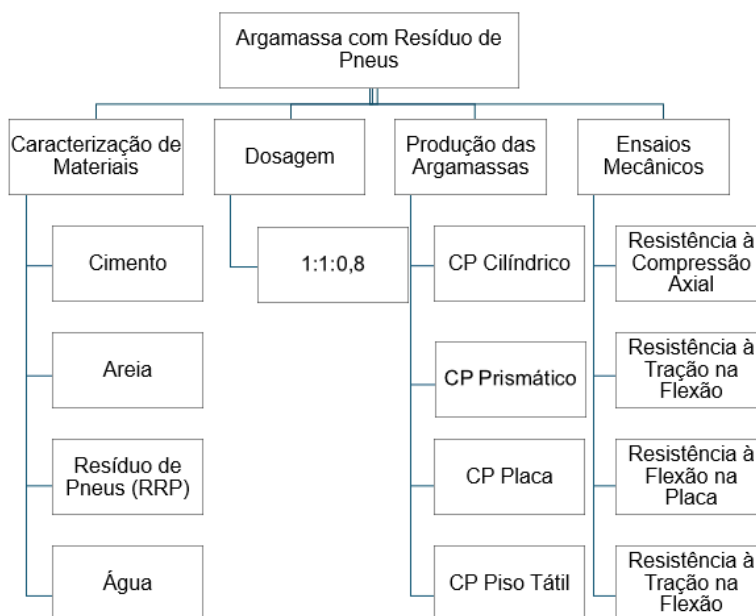


Figura 3 – Fluxograma das etapas do trabalho.

2.1. MATERIAIS

Os materiais utilizados no procedimento experimental foram os que habitualmente são encontrados disponíveis na Região Metropolitana de Belém (RMB), Estado do Pará (PA).

2.1.1. Resíduos Finos de Borracha de Pneus

Na produção do compósito de matriz cimentícia foram utilizados resíduo fino de borracha de pneus com granulométrica $\leq 5\text{mm}$, extraído segundo Silvia (2018) do processo de recauchutagem de uma fábrica localizada na Região Metropolitana de Belém-RMB. A autora destaca que durante a etapa de raspagem da banda de rodagem dos pneus são gerados grânulos de borracha de diversas formas e tamanho, onde o armazenamento é feito em camburões e posteriormente receberem uma destinação, que na maioria das vezes, é o aterro sanitário.

Silvia et al. (2018), relatam que o resíduo gerado, além da borracha, possui uma porcentagem de arames de aço, havendo a necessidade do uso de um imã para a separação dos arames de aço do resíduo de borracha. E por final, é realizado o peneiramento para separação do material em tamanhos médio, fino e grosso.

A escolha do resíduo com fibras curtas e de granulometria fina, leva em consideração a proporcionalidade de substituição gradual na borracha pela areia fina seca presente nos corpos de provas, além da geometria espacial das placas de piso tátil e do CP's a fim de o melhor acomodamento e compactação da borracha junto a matriz cimentícia. A Figura 4 mostra as granulometrias de borracha de pneus geradas durante o processamento de recauchutagem.



Figura 4 – Resíduos gerados no processamento de recapagem de pneus.

2.1.2. Cimento

Para o processamento das argamassas com resíduos de pneus foram utilizados cimento CP II-Z-32. A ABNT NBR 16697:2018 indica que o cimento Portland composto com pozolana CP II-Z-32 atende desde estruturas em concreto armado até argamassas de assentamento e revestimento, concreto massa e concreto para pavimentos. O CP II-Z-32 leva, em sua composição, de 6 a 14% de pozolana e até 10% de material carbonático (Figura 5).



Figura 5 – Cimento Portland CII-Z-32.

2.1.3. Agregado Miúdo

O agregado miúdo é proveniente da jazida localizada no KM 21 do município de Castanhal-PA. Suas coordenadas são 01°21'30.3''S e 47°41'37.2''W. A Figura 6 mostra a localização via satélite através do recurso Google Earth.



Figura 6 – Jazida de agregado miúdo Castanhal - PA.

2.2. MÉTODOS

A metodologia experimental está inserida na Tabela 1 na qual descreve inclusive a dosagem dos materiais utilizados na produção de argamassas com resíduos de recauchutagem de pneus. As placas cimentícias de piso tátil foram fabricadas partir de formas de moldes com dimensões de 250 mm x 250 mm x 20 mm. Assim como a Corpo de Provas (CP's) a partir de moldes com dimensões diâmetro de 50 mm e altura de 100 mm. A produção da argamassa foi feita a partir da dosagem 1:1 e proporção água/cimento (a/c) igual à 0,8. A dosagem, em massa, dos materiais utilizados para a produção das argamassas cimentícias estão listados na Tabela 1 e envolvem Cimento Portland CPII Z-32, areia fina seca, resíduo de borracha de pneus com diâmetro $\leq 0,5$ mm e água tratada. Com substituição da areia por resíduo nas proporções de 50% e 100%, conforme nomenclatura apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 – Dosagem da argamassa com resíduos de pneus.

| Nomenclatura | Materiais | | | |
|--------------|-------------|----------|---------|---------------------------|
| | Cimento (g) | Areia(g) | RRP (g) | Relação Água/Cimento (ml) |
| A50RP | 7000 | 3500 | 3500 | 5600 |
| A100RP | 7000 | 0 | 7000 | 5600 |

2.2.1. Permeabilidade pelo método cachimbo

O ensaio de permeabilidade de água foi realizado pelo método do cachimbo idealizado pelo CSTC – *Centre Scientifique et Technique de La Construction*, conforme ilustrado na Figura 20, visto que não há uma norma definida para este ensaio. As placas de piso táteis foram moldadas e colocadas em um tanque com água para ser realizado o processo de cura, após 28 dias foram retiradas e colocadas para secar durante 10 dias. Em seguida foram levadas a mufla, ver Figura 7, durante 4 horas à temperatura de 100 °C para que as placas de piso táteis ficassem sem umidade. As placas foram limpas com um pincel com cerdas macias para se obter aderência e facilitar a colagem do cachimbo de vidro com silicone. Preencheu-se o cachimbo de vidro com água com 4 mL e, com a ajuda de um cronômetro, observou-se a variação de volume durante 30 minutos. Realizaram-se duas determinações por placa nos dois teores de substituição de 100% e 50%, considerando o valor médio da permeabilidade.

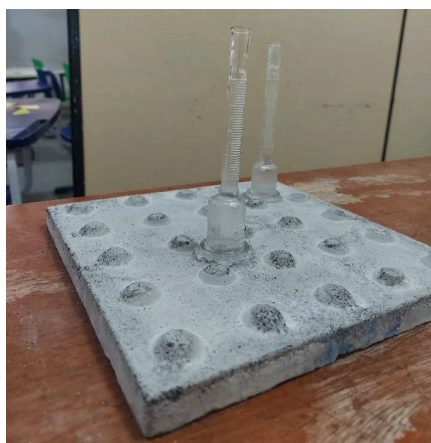


Figura 7 – Cachimbo de vidro na placa de piso tátil.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Os resultados de resistência à compressão axial nos corpos de prova cilíndricos de argamassa com 50% de substituição de areia por RRP, obtiveram valores satisfatórios de 2,05 MPa para 7 dias e 3,24 MPa para 28 dias, os quais estão acima do mínimo exigido pela ABNT NBR 7215:2019 que é 2,0 MPa. A evolução na resistência à compressão, aos 7 e 28 dias, são mostrados na Figura 8.

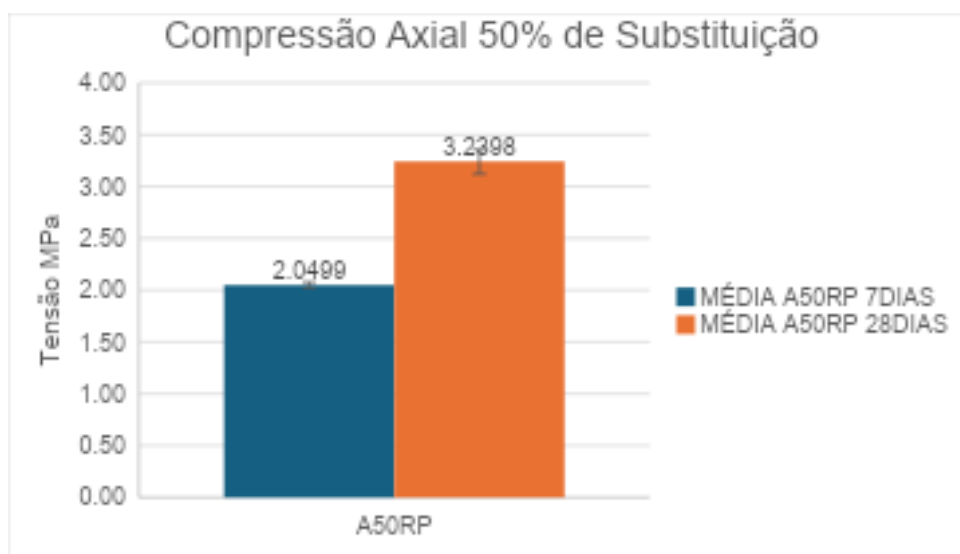


Figura 8 - Resistência à compressão axial do CP cilíndrico com 50% de RRP.

Os resultados de resistência à compressão axial nos corpos de prova cilíndricos de argamassa com 100% de substituição de areia por RRP, obtive o valor em média de 1,33 MPa aos 28 dias. A evolução na resistência, aos 7 dias e aos 28 dias, respectivamente, e mostrado graficamente na Figura 9.

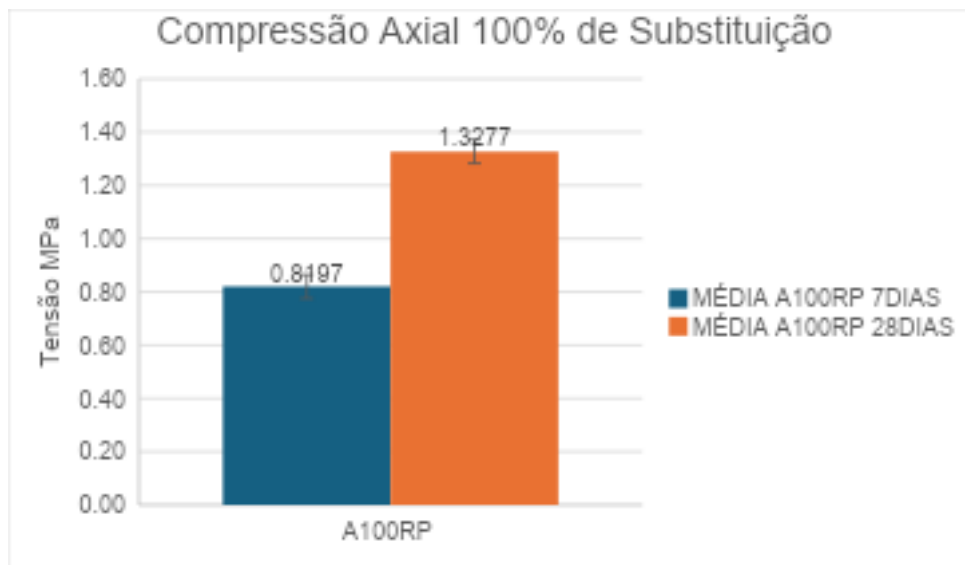


Figura 9 – Resistência à compressão do CP cilíndrico com 100% de RRP.

De acordo com os resultados obtidos e análise gráfica dos ensaios, atesta-se um aumento na porcentagem de incorporação de RRP, de 50% para 100%, resultando uma diminuição na resistência à compressão axial, de 3,24 MPa para 1,33 MPa, respectivamente. Um dos fatores observados foi que o RRP é um material que apresenta uma menor resistência do que a areia (SILVA et al., 2019).

3.2. RESISTÊNCIA À FLEXÃO

Os resultados de resistência à flexão da placa de piso tátil de argamassa com 50% de substituição de areia por RRP, obtive o valor em média de 0,0068 MPa aos 28 dias. A evolução na resistência, aos 7 dias e aos 28 dias, respectivamente, e mostrado graficamente na Figura 10.

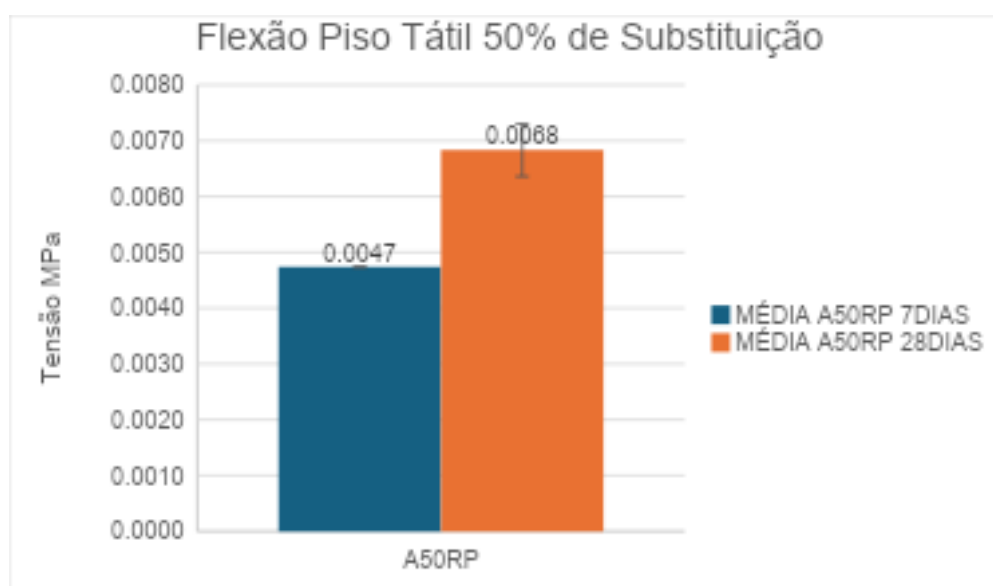


Figura 10 – Resistência à flexão do piso tátil com 50% de RRP.

Os resultados de resistência à flexão da placa de piso tátil de argamassa com 100% de substituição de areia por RRP, obtive o valor em média de 0,0038 MPa aos 28 dias. A evolução na resistência, aos 7 dias e aos 28 dias, respectivamente, e mostrado graficamente na Figura 11.

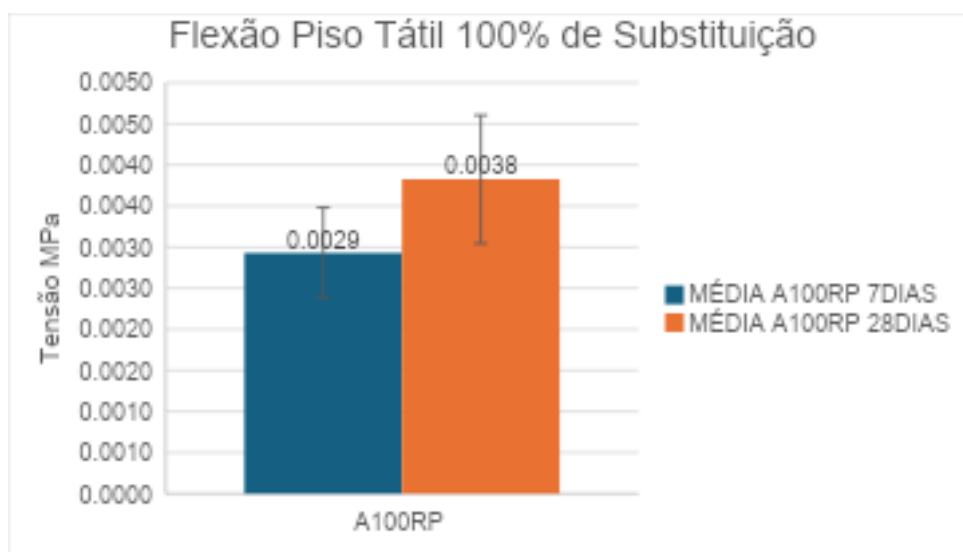


Figura 11 – Resistência à flexão do piso tátil com 100% de RRP.

De acordo com os resultados obtidos e análise gráfica dos ensaios, atesta-se um aumento na porcentagem de incorporação de RRP, de 50% para 100%, resultando uma diminuição na flexão, de 0,0068 MPa para 0,0038 MPa, respectivamente. Acredita-se que a redução pode ser ocasionada pelo acréscimo de RRP na mistura (GOMES, 2018; SILVA et al., 2019).

3.3. PERMEABILIDADE

Para melhor entendimento dos resultados obtidos, foram definidas as denominações quanto ao teor de substituições. As abreviaturas das combinações são as seguintes: placa de piso tátil direcional com 50% de substituição (PTD 50RP), placa de piso tátil direcional com 100% de substituição (PTD100RP) e placa de piso tátil de alerta com 100% de substituição (PTA100RP).

As placas de pisos táteis utilizadas para este ensaio, seguiram o CSTC. Para os resultados de absorção pelo método do cachimbo, verificou-se que para cada traço de agregado miúdo houve uma média de permeabilidade diferente. Os resultados encontrados no ensaio de permeabilidade utilizando o método do cachimbo são apresentados em forma de gráficos, consequentemente, discutidos com suas respectivas análises. A Figura 12 fornece os valores encontrados da permeabilidade das placas de piso táteis, em que uma placa de piso tátil para cada teor de substituição do agregado miúdo foi ensaiada.

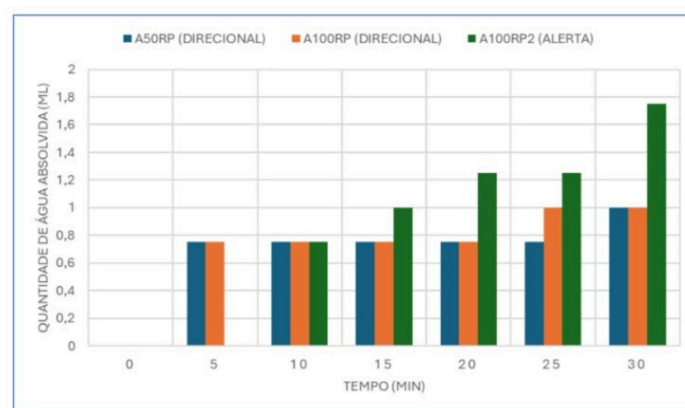


Figura 12 – Permeabilidade pelo método do cachimbo.

3.4. ANÁLISE MORFOLÓGICA

A partir das imagens capturadas por meio de registro fotográfico com ampliação de 5x, foi possível observar três fases de grande importância para a análise morfológica: a Zona de Transição Interfacial (ZTI), a Matriz Cimentícia (MC) e o Resíduo de Recapagem de Pneus (RRP) de fragmento do concreto com 50% de substituição de areia por RRP e uma ampliação de 20x, conforme ilustrado na Figura 13.

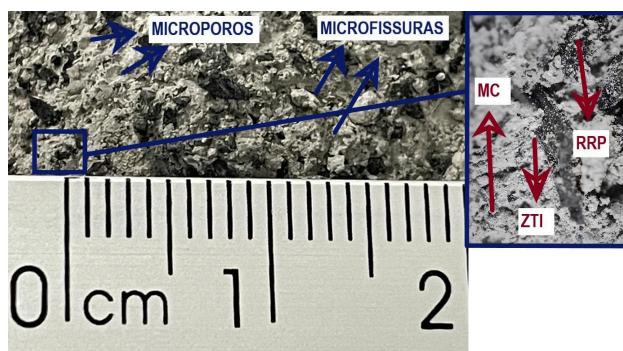


Figura 13 – Fragmento de argamassa com 50% de resíduo de recapagem de pneus.

A ZTI é um ponto extrema relevância devido apresentar o ponto mais vulnerável da argamassa, pois, se o agregado obter uma boa aderência com a matriz cimentícia, provavelmente a argamassa terá boas propriedades mecânicas. É na ZTI entre o RRP e a MC que o aprimoramento da microestrutura deve acontecer, ou seja, as características desta zona otimizam a qualidade da argamassa. (ROSSIGNOLO e OLIVEIRA, 2007).

Fissuras e microporos na argamassa podem revelar alguns índices como a menor qualidade nas propriedades mecânicas, logo, quanto maior a aderência entre a MC e o RRP menor a queda das propriedades mecânicas existentes no composto cimentício (SILVA et al., 2019).

A ZTI é uma estrutura heterogênea, complexa, em que sua espessura pode influenciar na qualidade das suas propriedades mecânicas e na durabilidade da argamassa (GOLEWSKI e SADOWSKI, 2014).

A ampliação de 20x na Figura 13 e Figura 14 revelam microfissuras na interface entre o RRP e a MC. Estes fenômenos devem-se, provavelmente, à elevada elasticidade, deformabilidade e maciez do RRP em relação a MC, quando o CP foi comprimido, automaticamente o RRP se deformou e tentou voltar a sua forma original e, conseqüentemente, expandiu a MC ocasionando estas microfissuras (ABDELMONEM et al., 2019).

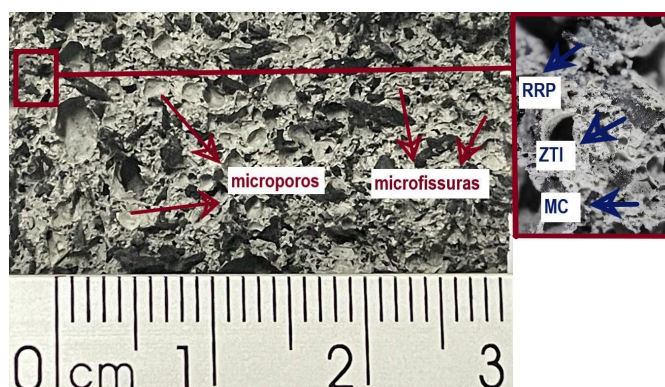


Figura 14 – Fragmento de argamassa com 100% de resíduo de recapagem de pneus.

Esta lacuna que ocorre na ZTI ocorre devido à natureza do RRP que tem sua superfície lisa, possibilitando um desprendimento mais intenso quando se é aplicado alguma força mecânica (GUPTA et al., 2019).

Ressalta-se ainda, na literatura, que a resistência de materiais cimentícios é menor quando a concentração do elemento Carbono (C) é alta, este elemento químico em argamassas comporta-se como material macio (COPETTI et al., 2020).

4. CONCLUSÕES

Pode-se concluir que o processamento de argamassas utilizando resíduos de borracha da indústria de recapagem de pneus é viável. Os resultados obtidos nos ensaios de resistência à compressão axial e resistência à flexão mostram-se satisfatórios e dentro da literatura (GOMES, 2018; SILVA et al., 2019).

Conclui-se, também, que a argamassa cimentícia com 50% de substituição de RRP obteve desempenho na ordem de 3,24 MPa, enquanto com 100% de substituição de RRP obteve 1,33 MPa, aos 28 dias, ou seja, com o aumento da incorporação de resíduo de borracha (RRP) na argamassa cimentícia, de 50% para 100%, resultou em uma diminuição nas resistências a compressão de 1,91 MPa que representa 58,95% de redução.

Na resistência à flexão das placas cimentícias, os resultados foram os idênticos, com mesmo comportamento para ambas as proporções, 50%, com média, de 652,62 kgf/m² e 3375,26 kgf/m², e 100%, com média, de 387,49 kgf/m² e 2059,83 kgf/m², respectivamente. Portanto, o aumento da proporção de resíduo fino de pneus em substituição a areia não houve alteração significativas neste ensaio, portanto, torne-se tecnicamente viável sua utilização.

Vale destacar que o uso desse resíduo fino de borracha de pneus em substituição ao agregado natural, com já esperado altera o comportamento mecânico do corpo cimentício, devido à baixa aderência da borracha a matriz cimentícia a baixa densidade da borracha em relação a areia e o aumento da porosidade destacada nos autores citados neste trabalho. O ensaio de permeabilidade nas placas de piso táteis, mostraram que quanto mais se substituiu a areia por RRP, mais permeável ficou a placa. Ao final dos 30 minutos, observa-se que a permeabilidade do A100RP aumentou em 37,50% em relação ao A50RP.

A produção de placas de piso tátil com agregado fino de borracha de pneus apresenta resultados satisfatórios para o emprego na construção civil em locais de trânsito humano. (GOMES, 2018; SILVA, 2018; SILVA et al., 2019).

Portanto, pode-se inferir que o uso de argamassa cimentícia com resíduos de borracha de pneus se torna economicamente viável para a construção civil, principalmente em vias públicas de baixo tráfego, além de diminuir os custos operacionais em relação a fabricação da argamassa tradicionalmente usada em placas para piso tátil.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7200: **Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Procedimento**, Rio de Janeiro, 1992.

_____. NBR NM 23: **Cimento Portland - Determinação da massa específica - Método de ensaio**. Rio de Janeiro, 1998.

_____. NBR NM 45: **Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios -**

Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2006.

_____**NBR NM 248: Agregados - Determinação da composição granulométrica.** Rio de Janeiro, 2003

_____**NBR 5738: Concreto — Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova,** Rio de Janeiro, 2015.

_____**NBR 7215: Determinação da resistência à compressão,** RJ, 8 p., 1996.

_____**NBR 9289: Cal Hidratado para Argamassa—Determinação da Finura,** RJ 2000.

_____**NBR 9479: Câmaras úmidas e tanques para cura de corpos-de-prova de argamassa e concreto,** Rio de Janeiro, 1994.

_____**NBR 10004: Resíduos sólidos - Classificação.** Rio de Janeiro, 2004.

_____**NBR 12142: Determinação da resistência à tração na flexão de corpos-de-prova prismáticos.** ABNT/MB 3483. Rio de Janeiro, 2010.

_____**NBR 16537: Acessibilidade — Sinalização tátil no piso - Diretrizes para elaboração de projetos e Instalação,** Rio de Janeiro – RJ, 2016.

_____**NBR 16697: Cimento Portland - Requisitos,** RJ, 2018.

ABRELPE Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2016. 2021. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/panorama_apresentacao.cfm> Acesso 26 de junho de 2021.

ABDELMONEM, A. et al. Performance of high strength concrete containing recycled rubber. **Construction and Building Materials.** v. 227, 2019.

AKASAKI, J. L et al. Estudo de dosagens para obter concretos com resíduos de borracha de pneus, In Anais do 47ºCongresso Brasileiro do Concreto CBC2005, Volume V – Inovações Tecnológicas para o Concreto, p. V806-812, 2005.

BARBOSA, A.S., Mobilidade urbana para pessoas com deficiência no Brasil: um estudo em blogs, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, SP, Brasil, 2015.

CANOVA, J. A., Pó de Borracha de Pneus Inservíveis em Argamassa de Revestimento, REEC – Revista Eletrônica de Engenharia Civil. Vol.10 - nº 3, 2015.

CESAR. P. CARNEIRO. R. A Gestão Ambiental em Minas Gerais: Uma Análise do Sistema de Gestão Ambiental e do Rompimento da Barragem de Rejeitos em Mariana, Revista Livre de Sustentabilidade e Empreendedorismo, v. 2, n. 2, p. 192-217, abr-jun, 2017.

CONAMA, Resolução N° 416, de 30 de Setembro de 2009, Disponível: <https://www.mma.gov.br/estruturas/a3p/_arquivos/conama_416_09_36.pdf>, 21/8/2019.

COPETTI, C. M. et al. evaluation of tire rubber surface pre-treatment and silica fume on physical-mechanical behavior and microstructural properties of concrete. **Journal of Cleaner Production,** v. 256, mai. 2020

DA SILVA. L.M. Avaliação da qualidade das águas superficiais dos mananciais do Utinga e dos rios Guamá e Aurá, Belém, Pará. Centro Científico Conhecer, v.10, n. 18; 3161, 2014.

DECRETO N° 5.296 de 2 de dezembro de 2004. Disponível: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-006/2004/Decreto/D5296.htm> Acesso: 21 de agosto de 2019.

FARIA, J. Incorporação de Resíduo Pó de Borracha de Pneus Inservíveis em Cerâmica Vermelha, Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ, MARÇO – 2015.

- FELICETTI, S. et al, **Acessibilidade, Orientação e Mobilidade: Um Estudo de Caso Considerando o Ponto de Vista de Pessoas Cegas ou com Baixa Visão**, *Divers@*, Matinhos, v. 9, n. 1, p. 39-51, jan./dez. 2016.
- FIGUEIREDO, A.D, ‘**Concreto com fibras. Concreto – Ensino, Pesquisas e Realizações**’. In: *IBRACON – Instituto Brasileiro do Concreto*, pp. 1195 – 1225, São Paulo, 2005.
- GOLEWSKI, G.J.; SADOWSKI, T. An analysis of shear fracture toughness KIIc and microstructure in concretes containing fly-ash. **Construction and Building Materials**, p.207-214, 2014.
- GOMES, L. G. **Utilização de Resíduos de Recapagem de Pneus para Produção de Concreto Leve Estrutural**. BOMGEAM. Belém, PA. 2018.
- GRANZOTTO, L., **Concreto com adições de borracha: uma alternativa ecologicamente viável**. Tese de M. Sc., UEM, Maringá, PR, Brasil, 2010.
- GUIMARÃES, JOSÉ, et al., **Guia Das Argamassas nas Construções, Construindo para sempre com cal hidratada**. Associação Brasileira dos Produtores de Cal, 8a edição 2004.
- GUPTA, T. et al. Behaviour of waste rubber powder and hybrid rubber concrete in aggressive environment. **Construction and Building Materials**, v. 217, p. 283–291. may. 2019.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE, **Pesquisa Nacional de Saúde 2013, Ciclos de vida**, Rio de Janeiro, 2015.
- KURZ, M. N. et al. A potencialidade do uso de resíduo de borracha de pneu em argamassa: análise das propriedades físicas e mecânicas. **Revista Matéria**, v. 23, n. 3, 2018.
- LACERDA, L. P. **Pneus descartados no Brasil – subsídios para uma reflexão sobre o problema na Bahia**. Monografia. Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2001.
- LEI Nº 13.146, de 6 de Julho de 2015. **Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência)**. Disponível: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/113146.htm>. 10/07/2019.
- LING T. C., **Prediction of density and compressive strength for rubberized concrete blocks**, *Construction and Building Materials* v.25, p.4303–4306, 2011.
- LOPES, M.R., **Acessibilidade e Mobilidade Relativa aos Deficientes Visuais na Cidade de Niterói: Limites e Possibilidades**. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, 2015.
- MEHTA, P.K.; MONTEIRO, P. J. M., **Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais**, 3ª Edição, São Paulo, IBRACON, 2008, pag. 674.
- PEDROSA, D. S. F.; NISHIWAKI, A. A. M. “**Resíduos Sólidos: Uma Visão Prospectiva a Partir da Análise Histórica da Gestão**”. In: El-Deir, S. G. (Coord.). *Resíduos Sólidos: Perspectiva e Desafios para a Gestão Integrada*. Recife: EDUFRPE, pp. 12-19. 2014.
- PEDRO, D. et al. “**Argamassas fabricadas com materiais finos provenientes da trituração de pneus**. Teoria e Prática na Engenharia Civil, n.19, p.63-76, Maio, 2012.
- RIBEIRO, A. E. et al. **Logística reversa: reciclagem de pneus inservíveis**. TCC. 2013. ETEC Professor Mário Antônio Verza. Palmital. 2013.
- ROSSIGNOLO, J. A; OLIVEIRA, I. L. Efeito do metacaulim nas propriedades do concreto leve estrutural. **Acta Scientiarum. Technology**. v. 29, n. 1. 2007.
- SILVA, L. S., **Concreto Alternativo com Utilização de Resíduos de Borracha de**

Recauchutagem de Pneus para Elementos e Componentes Pré-Fabricados. IFPA- INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PARÁ, BELÉM – PARÁ – BRASIL, 2018.

SILVA, L. S.; MOUTA, J. B.; COSTA, M. C. B. **Concreto com borracha de recauchutagem de pneu para uso em pavimentação de baixo tráfego.** Revista Matéria. Vol. 24 N° 2, Rio de Janeiro, RJ. 2019.

SILVA, F.M. **Análise da Aplicação de Resíduo de Borracha de Pneus em Piso Tátil Intertravado de Concreto,** Universidade Estadual de Campinas Faculdade de Tecnologia, Mestrado em Tecnologia, Limeira, 2014.

SHEN, W. et al. – **Investigation on polymer –rubber aggregate modified porous concrete,** Construction and Building Materials, v.38, p. 667-674, 2013.

VIA SEGURAS, **O pneu, Composição e Estrutura,** Disponível: <http://www.vias-seguras.com/layout/set/print/veiculos/pneumaticos/manual_twi_informacoes_tecnicas_sobre_pneus/o_pneu_composicao_e_estrutura>, 08/10/2019.