

# PRODUÇÃO DE BLOCO INTERTRAVADO DE 16 FACES COM ADIÇÃO DE CINZAS E AGREGADO DE FIBRA DE BORRACHA DE PNEUS

Francisco Patrício de H. Costa<sup>1</sup>  
Fernanda Calado Mendonça<sup>2</sup>

Graduando em Engenharia Civil, Faculdade Internacional da Paraíba - FPB<sup>1</sup>  
Professora Orientadora, fernanda.mendonca@animaeducacao.com.br<sup>2</sup>

## RESUMO

*O presente Artigo, mostra algumas possibilidades para o método construtivo de forma artesanal, acerca da produção de artefatos de concreto pavers, com substituição parcial e total dos agregados miúdos, por compósitos oriundos do processo de recapagem de pneus. Esse processo produtivo de blocos intertravados é uma produção de acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos. O que se vislumbra nessa produção é destinação correta de subprodutos de pneus que seriam descartados de forma irregular, podendo causar contaminação do solo. Esse compósito pode ter seu reaproveitamento como insumo, sendo inserido em processo produtivo, substituindo parte do agregado miúdo natural por fibra de raspa de pneus. Outro ponto dar-se-á na implementação de cinzas, como reforço ao elemento ligante hidráulico. As cinzas em sua composição apresentam propriedades pozolânicas, semelhantes as que são produzidas com o cimento, e neste caso o tipo escolhido foi CP II. A incorporação de cinzas no traço possibilita uma redução dos custos operacionais com a produção, permitindo uma resistência adicional ao cimento. No entanto a pesquisa contemplou pesagem de matérias primas e produtos acabados, avaliação dimensional, ensaios de resistência à compressão axial e índice de absorção de água, entendendo que por norma a aceitação dos artefatos de concreto é condicionada à resistência à compressão igual ou superior a 35 MPa, o lote em que se observou tal resistência foi o de 10% de substituição do agregado miúdo por fibra de pneus.*

**Palavras-chave:** Pavers; Fibra de pneus; Cinzas;

## Abstract

*This article shows some possibilities for the constructive method of craft form, about the production of concrete paving blocks, with partial and total replacement of the fine aggregates, by composites from the process of tire retreading. This production process of interlocked blocks is a production in accordance with the National Solid Waste Policy. What is glimpsed in this production is the correct destination of tire by-products that would be discarded irregularly, which could cause soil contamination. This composite can be reused as an input, being inserted in the production process, replacing part of the natural fine aggregate by tire scrap fiber. Another point will be the implementation of ash, as reinforcement to the hydraulic binder element. The ashes in their composition present pozzolanic properties, similar to those produced with cement, and in this case the chosen type was CP II. The incorporation of ashes in the mixtures makes it possible to reduce operational costs with production, allowing an additional resistance to the cement. However, the research included the weighing of raw materials and finished products, dimensional evaluation, axial compressive strength tests and water absorption index, understanding that by standard the acceptance of concrete artifacts is conditioned to a compressive strength equal to or greater than 35 MPa, the batch in which this strength was observed was the 10% replacement of fine aggregate by tire fiber.*

**Keywords:** Pavers; Tire scrap fiber; Of ash.

## 1. INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil é uma atividade que tem participação fundamental na economia nacional. Além de modificar o ambiente, gera empregos, renda e riquezas, contribuindo para o desenvolvimento da região e do país tendo participação no PIB (Produto Interno Bruto) de 4,6% (IBGE, 2012). É um setor em crescimento constante, por outro lado, esta atividade ocasiona um desequilíbrio no meio ambiente, pois, os Resíduos da Construção Civil (RCC), causam a degradação ambiental, sendo responsáveis pela geração de 51 % – 70 % dos resíduos sólidos urbanos, (SILVA 2017). O reuso e o reaproveitamento dos resíduos sólidos preservam o meio ambiente, com a implementação do uso sustentável dos recursos gerados pela atividade dentro do canteiro de obras.

Para Santos et al, (2019, p.40) a destinação ambientalmente correta, e a sustentabilidade são temas em voga na indústria da construção civil. Atualmente pesquisas pertinentes acerca do assunto, tem ponto crucial voltado a reutilização de materiais evitando a extração excessiva de matéria prima do ambiente. Para se obter tal equilíbrio é necessário também controlar a disposição final dos resíduos produzidos. A alternativa viável seria a substituição de parte do agregado por materiais reciclados ou alternativos, como por exemplo o revestimento por cima da infraestrutura tal qual base, sub-base, reforço do subleito e o subleito, onde se pode executar pavimentos com materiais reciclados ou reinseridos no processo construtivo.

Conforme Hojo et al, (2015) a incorporação da cinza volante nos concretos irá reduzir o consumo de recursos na construção civil. Os impactos gerados na substituição parcial do cimento, promove créditos de carbono pela não geração de CO<sub>2</sub> na fabricação do clínquer e soluciona o problema das usinas com estocagem e disposição final inadequada do resíduo, que podem causar o assoreamento dos cursos d'água e diminuir a vida útil dos aterros.

Cordeiro et al, (2019) verifica que a implementação de cinzas com propriedades pozolânicas aumenta a resistência do concreto reduzindo a rede de poros em seu interior do concreto conferindo a esse compósito maior proteção associado ao cimento para a peça de concreto.

De acordo com Silva et al, (2020) observa que é de fundamental importância a incorporação de resíduos que tenham propriedades pozolânicas nos ligantes hidráulicos, pois, além de apresentar um excelente desempenho das propriedades pozolânicas há uma melhoria na qualidade que confere na resistência a compressão na durabilidade e na retração, é uma alternativa viável para a destinação ambientalmente correta, evitando o depósito em aterros sanitários. Dentre as alternativas a que tem mostrado melhor desempenho é em pavimentos flexíveis.

Um pavimento pode apresentar diversos tipos de materiais na sua constituição, como areia em suas camadas granulares e compostos asfálticos em seu revestimento. Com relação ao uso de materiais, um tema importante de pesquisa é o aproveitamento de resíduos, os quais podem ser advindos de parques industriais, para o uso nas camadas dos pavimentos (AMADEI 2011).

Muitas dessas instalações industriais, por apresentarem um grande porte, geram toneladas de resíduos que são dispostos a céu aberto diversas vezes, ocasionando problemas ambientais. Dessa forma, esses mesmos resíduos podem ser usados como matéria-prima em obras de engenharia, a fim de se atribuir uma finalidade útil para os mesmos. (SILVA et al, 2020).

A NBR 9781 (2013) estabelece os requisitos e métodos de ensaio exigíveis para aceitação de peças de concreto para pavimentação intertravada sujeita ao tráfego de pedestres, de veículos dotados de pneumáticos e áreas de armazenamento de

produtos. Como também estabelece e determina o tipo do bloco, medidas externas, chanfro, a resistência característica que varia de 35 a 50 Mpa e os métodos utilizados para ensaio em laboratório.

Segundo Fioriti et al, (2010) os blocos intertravados de concreto, vem conquistando grande espaço devido a sua praticidade e aplicação simplificada. Com isso passaram a ser utilizados em praças, pátios, ruas, calçadas, estacionamentos de shoppings, estacionamentos de portos, aeroportos, estacionamentos rotativos entre outros. Com boa procura a produção de blocos intertravados de concreto desde o final da década de 1970. Foram desenvolvidos diversos sistemas de produção pré-moldada, como por exemplo dormido em que a produção do artefato com pasta de concreto para desmolde com 24 horas. Produção do artefato com farofa sendo desmoldada no ato da compactação, atualmente a nível mundial apresenta diversos tipos de moldes, como também equipamentos variados para a produção de *paver*. No Brasil, este tipo de pavimento foi popularizado nos anos 2000, e cada vez mais tem tido boa aceitação pela praticidade de instalação, e por não necessitar de mão-de-obra especializada se explica a versátil opção pelo pavimento, (SILVA et al, 2022).

Lei 12.305 de 02 de agosto de 2010. Instituiu a Política Nacional dos Resíduos Sólidos. Seu texto dispõe sobre princípios, objetivos e instrumentos, como também institui as diretrizes para a gestão integrada e o gerenciamento dos resíduos sólidos. O Art. 3º Inciso VII, aduz sobre a destinação final ambientalmente correta, que inclui a reutilização, reciclagem, recuperação e o aproveitamento energético e outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do Sistema Nacional do Meio Ambiente (Sisnama), juntamente com o Sistema Nacional de Vigilância Sanitária (SNVS), e do Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária (Suasa).

Resolução CONAMA 416/2009, determina a destinação ambientalmente correta de pneus inservíveis, o coprocessamento, a granulação, a laminação, fragmentação dos pneus para artesanato, entre outros. O processo de recauchutagem de pneus também está inserido nesta resolução CONAMA, a destinação final do resíduo da raspa do pneu, que deve ser informado no licenciamento da atividade de recauchutagem. Este resíduo de fibra da raspa do pneu pode ser obtido para produção de blocos intertravados.

Conforme consta na página do SEST/SENAT (Serviço Social do Transporte) (Serviço Nacional de Aprendizagem do Transporte), atualmente no Brasil consta na frota de aproximadamente 91.178.065 veículos em circulação, pelo menos 450 mil toneladas de pneus são descartadas por ano. Isso equivale a cerca de 90 milhões de unidades utilizadas. Quando o descarte é feito de forma errada, os pneus se tornam um problema para o meio ambiente. Eles demoram, em média, 600 anos para se decompor na natureza, inclusive, esses pneus sem proteção podem se tornar criadouros do mosquito *Aedes aegypti*, da zika e da Chikungunya, (QUIRINO, 2018).

Costa (2020) discorre acerca da utilização da borracha de pneus como uma alternativa viável, e com boa aceitação no âmbito científico.

“Estudos sobre a utilização da borracha de pneu vêm sendo cada vez mais aprimorados, visando sua aplicabilidade principalmente na construção civil, podendo a borracha ser misturada com outros materiais de reuso, como a madeira, na fabricação de painéis de cimento, fibras de polivinil do álcool, para a melhoria dos desempenhos de concretos emborrachados e até mesmo fibras de aço, para melhorar os desempenhos mecânicos do concreto emborrachado, deixando evidente que a borracha de pneu é aplicável a inúmeros materiais, sendo responsável por melhorar suas características iniciais” (COSTA, 2020).

Souza et al, (2019) discorre acerca da atividade de renovadora de pneus, processo que mostra o reuso da carcaça de pneu na produção de recauchutagem, em que primeiramente se dá pela inspeção inicial onde se identifica se o pneu está apto para ser recauchutado ou não, em seguida, o pneu passa pela raspa onde é retirada toda a banda de rodagem e deixando na carcaça um grão de rugosidade para ser vulcanizado uma outra banda de rodagem na carcaça. Finalmente o pneu passa pelo setor de reparação, aplicação da cola, preenchimento dos danos reparados, aplicação da banda de rodagem, envelopamento onde é feito o vácuo e vulcanização.

Segundo Moura (2017 p. 16) a atividade de recauchutagem dos pneus permite que várias formas de utilização do resíduo sejam desenvolvidas, abrindo espaço para a fabricação de novos produtos. Como por exemplo: os materiais extraídos do pneu, que podem ser refinados e utilizados para a produção de artesanato, produção de manta uniforme para o aproveitamento de grânulos de borracha que podem ser usados de diversas formas, como: cobrir áreas recreativas de lazer e esportes, tapetes emborrachados para automóveis, entre outros.

O objetivo geral do trabalho está voltado para a produção de *paver* de 16 faces, este artefato de concreto tem em sua tessitura além do cimento, a redução da utilização da areia como agregado miúdo, e implementação de cinza de forno como material pozolânico para a mistura do cimento e as fibras da raspa da borracha dos pneus para substituir parte da areia na sua produção. Para melhor subdivisão das etapas foram elaborados os objetivos específicos tais como: elaborar o traço de referência, efetuar teste de carga, efetuar teste de absorção de água, efetuar teste de resistência a impactos.

Diante do exposto o conteúdo deste artigo visa a produção manual de artefato de concreto com a adição de fibra de borracha de pneus e adição de cinzas para ser incorporadas no traço e que seja semelhante ao que preconiza a norma NBR 9781 (2013), afim de que seja compatível com os blocos intertravados disponíveis no mercado.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O presente trabalho está caracterizado como, produção manual de blocos intertravados, associada a pesquisa bibliográfica, dissertativa baseado em dados coletados em sites, artigos científicos, Dissertações, Leis, Decretos e Normas.

O ponto alto do artigo dar-se-á, por analisar as atuais condições entre resistência a compressão e absorção de água dos corpos de prova produzidos, comparando ao que a norma NBR 9781 (2013) preconiza para artefatos de concreto, levando em consideração a redução da extração da matéria prima (agregado miúdo), neste caso o agregado miúdo sendo substituído por igual percentual em massa por fibra da borracha de pneus.

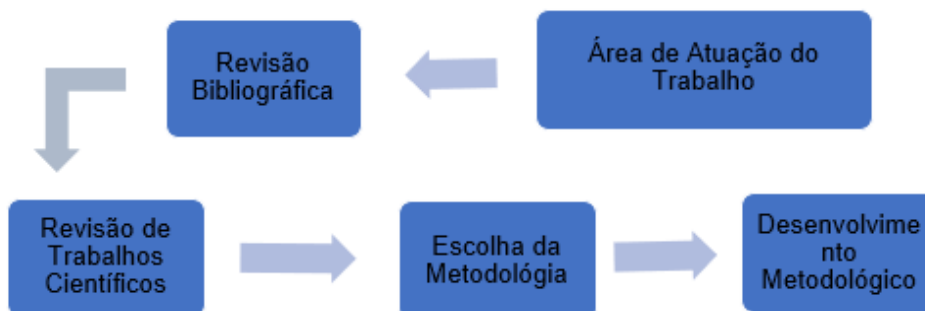
O elemento ligante, cimento com adição de cinzas de forno que apresenta características pozolânicas, tem seu emprego atuando como reforço para a mistura, passando pelo processo de confecção dos artefatos de concreto e chegando a aplicação do pavimento em si, (STRIEDER 2021).

Como também mostrar a alternativa de reuso para pneus inservíveis que, além de dar a destinação ambientalmente correta de acordo com as leis ambientais, fazendo-se uso do reaproveitamento da fibra da borracha do pneu, apresentando um traço modificado, utilização das cinzas de fornos, afim de ser adicionado junto com o

elemento ligante e misturado com os agregados, para a produção de pavimentos intertravados de 16 faces utilizando o traço modificado.

Quanto a tessitura esquelética da Metodologia do presente trabalho, foi desenvolvido um fluxograma, contemplando as etapas entre a área de atuação do trabalho e o Desenvolvimento Metodológico, como também consta a Revisão Bibliográfica, Revisão de Trabalhos Científicos como por exemplo Artigos, Dissertações, Leis e Normas, para enfim ter a escolha do Desenvolvimento Metodológico, conforme mostra a Figura 1.

**Figura 1: Fluxograma da Metodologia do Trabalho.**



Fonte: Autor (2023).

Tendo em vista a possibilidade do desenvolvimento do traço modificado com o intuito de reduzir o uso do elemento ligante na produção de blocos intertravados de concreto, mas sem perder a característica quanto a resistência com empregando novas técnicas construtivas na produção do *paver*. Com isso mostrando uma nova forma de aplicação entre agregados e elemento ligante, como também mostrar uma inovação na aplicação de compósitos com o uso de borracha de pneus, fazendo uso da reutilização e reinserção dos pneus inservíveis no processo produtivo do concreto.

Certamente estará efetuando o manejo correto e dando a destinação ambientalmente adequada, conforme versa a Política Nacional dos Resíduos Sólidos. Com o intuito de ter custo acessível e não danoso ao meio ambiente.

Desta forma esse estudo vem demonstrar a viabilidade de produção manual de blocos intertravados de 16 faces sustentáveis, tendo como intenção principal de reduzir a utilização de matéria prima e implementando substâncias já existentes na incorporação do traço, possibilitando maior reuso possível dos insumos disponíveis e ajudando na preservação do ambiente.

## 2.2 CARACTERIZAÇÃO DE MATERIAIS

**Foto 1: Data de fabricação – Lote**



**Foto 2: Tipo de cimento**



Fonte: Arquivo pessoal (2023).

Para este estudo o cimento utilizado foi Cimento CP II-Z-32 marca Poty com data de fabricação em fevereiro de 2023. A escolha se deve ao propósito que este cimento é bastante acessível, e também por ter características pozolânicas, para ser incorporado no traço com as cinzas de forno. A foto 1 mostra a data de fabricação e Lote do cimento; Foto 2 mostra o tipo do cimento.

### **3.5.1 Das amostras**

Primeiramente foi coletada a areia e posteriormente efetuado o peneiramento, com peneira de malha de abertura 05 mm. Em seguida foram coletadas as cinzas de forno de padaria, aproximadamente 50 kg do total coletado, sendo que 30 kg de resíduos foram retidos no peneiramento com a malha de abertura de 05 mm, como por exemplo pregos, lascas de madeira que não teriam sido consumidas completamente pelas chamas do forno. Por ultimo a compra de uma saca de cimento poty CP – Z – 32.

Em outra ocasião foram coletadas 100 kg de fibra de pneus de uma renovadora localizada as margens da BR. 230, as amostras foram coletadas em camada superficial em quatro sacas de 25 kg cada, após a realização de uma inspeção visual para a retirada de resíduos graúdos, como também para ter a melhor coletada fibra, a coleta foi efetuada um dia após a troca da ferramenta de raspa, pois, por estar nova permite que se obtenha uma fibra mais espessa, permitindo maior aderência entre agregado miúdo e elemento ligante. 500 ml de querosene – usado para desmoldar os corpos de prova.

### **3.5.2 Das ferramentas e produção dos blocos de concreto**

Balança digital 10 kg, marca Tok House, utilizada para aferição da massa dos produtos crus para a composição do traço. Beker plástico 600 ml, marca silk-scrieen (J. Prolab), utilizado para aferir as medidas tanto dos materiais crus, como também para aferir o volume de água para o traço. Balde plástico 18 L, para homogeneização dos materiais crus e mistura juntamente com a água de amassamento. Misturador elétrico para argamassa Menegotti 1.279w, utilizado para efetuar a homogeneização entre materiais e hidratação com água. Forma plástica 24x13x6 cm utilizada para moldar os corpos de prova de concreto, as formas plásticas previamente untadas com desmoldante, foi utilizado a Enxada Norte 2,5 Tramontina para efetuar a moldagem do corpo de prova através da compactação.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

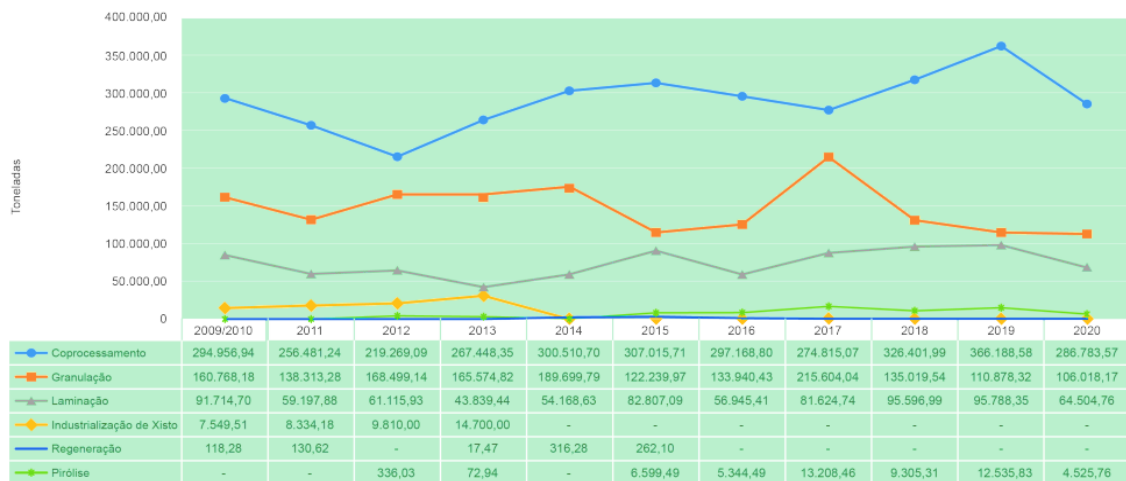
O relatório de pneumáticos estipulou uma meta de 100% com base nos dados obtidos durante o período de 2020, em uma projeção para o ano de 2021, que corresponde o somatório de metas individuais, para fabricantes e importadores de pneus novos e respectivamente, a devolução dos pneus inservíveis e destinação ambientalmente adequada conforme, tecnologias de destinação praticadas pelas empresas destinadas e declaradas no relatório de pneumáticos.

A descrição dos processos de desfragmentação de pneumáticos conforme preconiza a resolução Conama 416/2009. Coprocessamento – utilização dos pneus inservíveis em fornos de clínquer como substitutos parciais de combustíveis e como

fontes de elementos metálicos; Laminação – Processo de fabricação de artefatos de borracha. Como por exemplo produção de artesanato, produção de sandálias, produção de tiras de borracha para produção de sofá; Granulação – processo industrial de fabricação de borracha moída; 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 a combustão, com geração de óleo, aço e negro de fumo.

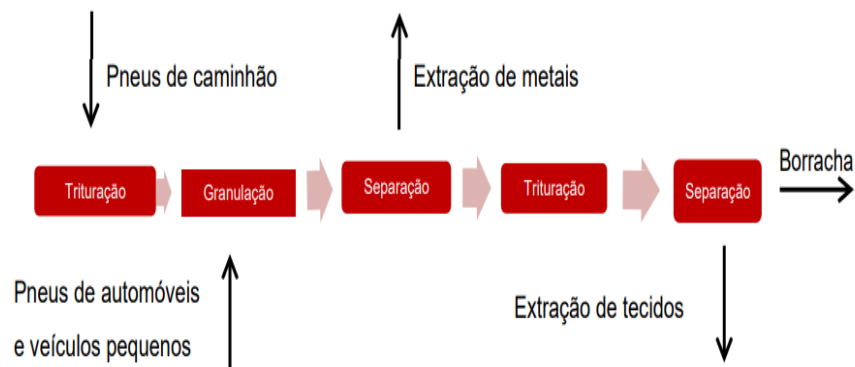
De acordo com Pereira (2022) a indústria de pneumáticos busca incessantemente, materiais e produtos duráveis, leves e extremamente resistentes, tanto para temperatura como para agentes agressivos a borracha que constitui o pneu. Mas essa tecnologia torna os pneumáticos constituídos dos polímeros um produto de difícil descarte e que compreendem uma reciclagem complexa. Para efetuar essa reciclagem é também necessário desenvolver tecnologias para a desfragmentação dos pneus inservíveis. Como mostra o gráfico 1.

**Gráfico 1: Tecnologia utilizada para destinação de pneus inservíveis em Toneladas (2021)**



Fonte: ibama.gov.br (2021)

**Figura 2: Fluxograma da desfragmentação de pneus (2020)**



Fonte: Costa (2020)

Segundo o Costa (2020) existem meios e métodos para a desfragmentação dos pneumáticos conforme a categoria e o tipo, considerando que os pneus para caminhões oferecem a reutilização da carcaça por um período de cinco anos fazendo

uso da recapagem ou recauchutagem, esses pneumáticos têm suas carcaças muito resistentes necessitando de um tratamento mais específico. Na figura 2 um fluxograma mostra as etapas da desfragmentação.

De acordo com o IBAMA (2019) a Paraíba tinha uma participação na destinação de pneus inservíveis de cerca de 392,28 Toneladas, com o percentual a nível de Brasil de 0,07% ficando abaixo do Rio Grande do Norte com 631,84 Toneladas com participação em percentual de 0,11% e Pernambuco com 697,74 Toneladas, com o percentual de 0,12%. Em 2020 a Paraíba e Pernambuco ficaram de fora na representatividade de destinação e apenas o Rio Grande do Norte apresenta a tecnologia de coprocessamento e granulação totalizando 328,83 Toneladas com o percentual a nível de Brasil cerca de 0,07%. Conforme tabela 1.

**Tabela 1: Quantidade de pneus inservíveis destinados, por UF, na meta nacional (2019)**

| UF    | Destinação (t) | Percentual País |
|-------|----------------|-----------------|
| SP    | 163.327,34     | 27,90%          |
| MG    | 118.044,56     | 20,17%          |
| PR    | 77.159,56      | 13,18%          |
| RS    | 35.438,87      | 6,05%           |
| MT    | 32.238,54      | 5,51%           |
| RJ    | 29.684,31      | 5,07%           |
| GO    | 23.404,01      | 4,00%           |
| AM    | 21.932,02      | 3,75%           |
| BA    | 21.312,45      | 3,64%           |
| SC    | 21.224,93      | 3,63%           |
| DF    | 12.883,27      | 2,20%           |
| PI    | 9.371,47       | 1,60%           |
| SE    | 8.059,28       | 1,38%           |
| MS    | 6.924,94       | 1,18%           |
| CE    | 1.773,20       | 0,30%           |
| PE    | 697,74         | 0,12%           |
| RN    | 631,84         | 0,11%           |
| AL    | 470,38         | 0,080%          |
| PB    | 392,28         | 0,07%           |
| PA    | 250,06         | 0,04%           |
| MA    | 121,98         | 0,02%           |
| ES    | 48,04          | 0,01%           |
| Total | 585.391,08     | 100,00%         |

Fonte: ibama.gov.br (2019)

**Tabela 2: Quantidade de pneus inservíveis destinados, e representatividade na meta nacional**

| REGIÃO NORDESTE |                 |                                                               |                      |                 |
|-----------------|-----------------|---------------------------------------------------------------|----------------------|-----------------|
| UF              | Tecnologia      | Empresa Destinadora                                           | Quant. Destinada (t) | Percentual País |
| BA              | Coprocessamento | INTERCEMENT BRASIL S.A.                                       | 21.844,71            | 4,73%           |
| BA              | Granulação      | SK RECICLAGEM LTDA                                            | 12.501,14            | 2,71%           |
| SE              | Coprocessamento | VOTORANTIM CIMENTO N/NE S/A                                   | 5.905,05             | 1,28%           |
| PI              | Granulação      | A F LIMA SOUSA LAMINADOS E ARTEFATOS DE BORRACHAS EIRELI - ME | 4.680,92             | 1,01%           |
| PI              | Laminação       | A F LIMA SOUSA LAMINADOS E ARTEFATOS DE BORRACHAS EIRELI - ME | 4.599,78             | 1,00%           |
| CE              | Coprocessamento | VOTORANTIM CIMENTOS N/NE S.A                                  | 1.316,49             | 0,29%           |
| AL              | Coprocessamento | INTERCEMENT BRASIL S.A.                                       | 1.155,81             | 0,25%           |
| CE              | Coprocessamento | COMPANHIA INDUSTRIAL DE CIMENTO APODI                         | 399,49               | 0,09%           |
| RN              | Coprocessamento | POLIMIX CONCRETO LTDA                                         | 318,94               | 0,07%           |
| BA              | Granulação      | RECICLABRASIL IND E COM DE RESIDUOS SOLIDOS LTDA              | 250,99               | 0,05%           |
| BA              | Granulação      | CBL COMÉRCIO E RECICLAGEM DE BORRACHAS LTDA.                  | 121,29               | 0,03%           |
| RN              | Granulação      | REZENDE RECICLAGEM E TRANSPORTES EIRELI                       | 9,89                 | 0,002%          |
| Total           |                 |                                                               | 53.104,48            | 11,50%          |

Fonte: ibama.gov.br (2021)

A queda na representatividade tanto da Paraíba como de Pernambuco é preocupante pois existem custos adicionais destinados ao transporte para outros estados, isso torna de certa forma um problema pois gera um acúmulo de pneus sem



destinação adequada. O monitoramento do relatório de pneumáticos em 2021 dividiu por região conforme ilustra a tabela 2.

Para Cesar et al, (2020) a logística reversa para pneumáticos divide a responsabilidade compartilhada entre borracheiros, distribuidores, fabricantes, importadores, revendas e recicladores. Entre eles, devem existir pontos de coletas reduzindo os custos com a logística para a adequada destinação dos pneus inservíveis. Para garantir esse funcionamento, é necessário que ocorra uma mudança de conceito arcaico de transferência de responsabilidade, ou seja, em vez de classificar pneus inservíveis como resíduo é necessário evoluir para considerar os pneus como matéria prima secundária, ou como combustível alternativo, com esse conceito relacionado a cadeia produtiva dos subprodutos dos pneumáticos, fortalece a cadeia da reciclagem como um negócio auto sustentável.

#### 4.1 Produção de blocos intertravados

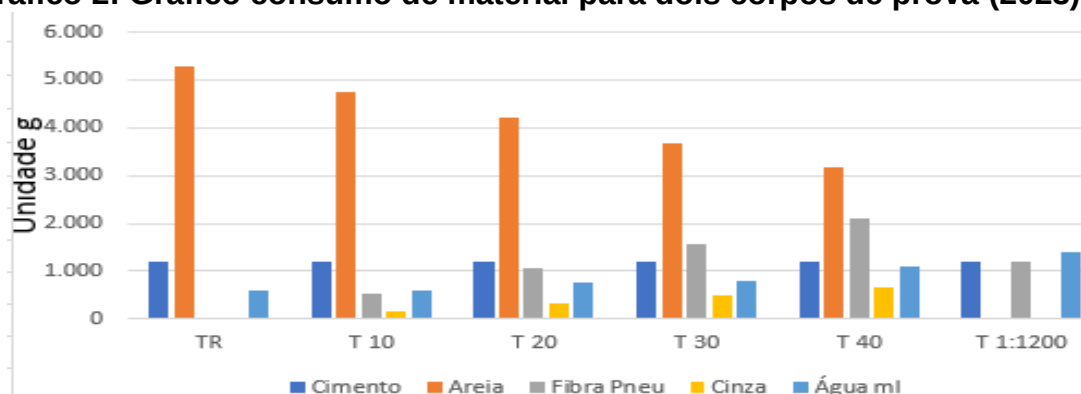
Conforme norma NBR 9781 (2013) considerando o elemento ligante hidráulico CP II – Z - 32, o traço recomendado é de 1:2:3. Tratando-se de um traço modificado para este estudo na confecção do bloco intertravado foi adotado o traço de referência 1:4,361, e com a relação água cimento respectivamente 0,5. Seguindo estas medidas o agregado miúdo sendo relacionado em massa tendo a substituição em traço com teor de substituição da massa da areia por 10% de fibra de pneus retida na malha da peneira 1.18mm com o lote identificado de T10, substituição da massa da areia por 20% de fibra de pneus para o lote T20, substituição da massa da areia por 30% de fibra de pneus do lote T30, substituição da massa da areia por 40% de fibra de pneus do lote T40 e T1:1200 com substituição da massa de areia por fibra do pneu passante da malha da peneira 1.18mm. A tabela 3 mostra o quantitativo necessário para a produção de dois *paver*, desde a quantidade em massa do ligante hidráulico, agregado miúdo, fibra de pneu, cinza de forno e a relação água cimento.

**Tabela 3: Quantitativo para uma forma com 2 blocos (2023)**

| Amstras  | Unidade | Cimento | Areia | Fibra Pneu | Cinza | Água g | Total |
|----------|---------|---------|-------|------------|-------|--------|-------|
| TR       | g       | 1.208   | 5.268 |            |       | 600    | 7.076 |
| T 10     | g       | 1.208   | 4.741 | 526        | 168   | 600    | 7.243 |
| T 20     | g       | 1.208   | 4.214 | 1.053      | 336   | 750    | 7.561 |
| T 30     | g       | 1.208   | 3.687 | 1.580      | 504   | 800    | 7.779 |
| T 40     | g       | 1.208   | 3.160 | 2.107      | 672   | 1.100  | 8.247 |
| T 1:1200 | g       | 1.208   | -     | 1.200      | -     | 1.400  | 3.808 |

Fonte: Autor (2023)

**Gráfico 2: Gráfico consumo de material para dois corpos de prova (2023)**



Fonte: Autor (2023)

Para melhor entendimento foi elaborado o gráfico 2, em que pode ser observado tanto o consumo de material, como a substituição do agregado miúdo e principalmente a relação água cimento. Conforme mostra o gráfico 2, TR taxado como traço de referência mostra o quantitativo em massa do agregado miúdo, em seguida foi gradativa a substituição do agregado miúdo por fibra de pneu em T 10, T 20, T 30, T 40 e T 1:1200 sendo substituição total do agregado miúdo por fibra de pneu.

A foto 3 com o recipiente plástico contendo amostra de amostra do agregado miúdo, a foto 4 amostra de cinzas de forno peneiradas, e a foto 5, contém o resíduo oriundo do peneiramento.

**Foto 3: Areia fina**



**Foto 4: Cinzas de forno**



**Foto 5: Resíduo**



Fonte: Arquivo pessoal (2023)

A foto 6 mostra o local de coleta, onde é despejado o pó sugado do cilo, em que acumula o trabalho executado da raspagem dos pneus em uma renovadora de pneus situada as margens da BR 2030, a foto 7 contém amostra da fibra separada do pó através do peneiramento, foto 8 o pó passante do peneiramento.

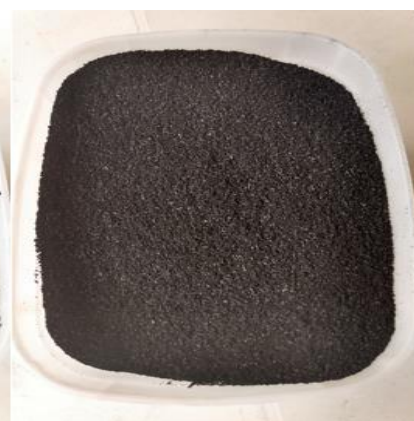
**Foto 6: Local de coleta**



**Foto 7: Fibra de pneu**



**Foto 8: Passante**



Fonte: Arquivo pessoal (2023)

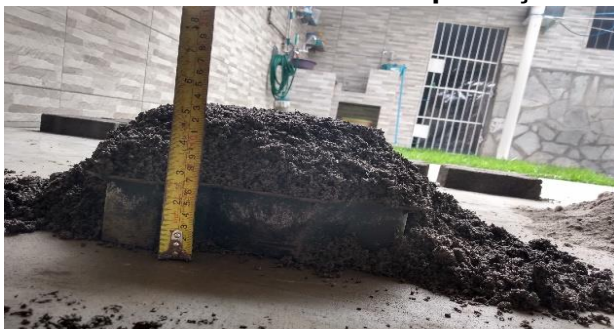
Beduschi (2014) o processo de produção do pó e da fibra da borracha, que se dá por meio de um conjunto de equipamentos, e moinhos em circuito fechado para reduzir a partícula borracha em pó de borracha, obtendo assim uma granulometria padrão, que se utiliza como matéria prima é o granulado de borracha oriundo dos pneus inservíveis, esse granulado é separado em peneira vibratória aberta para classificar os grãos para serem transformados em borrachas regeneradas com até 65% da borracha original.

Considerando o traço modificado a trabalhabilidade da farofa úmida na moldagem dos corpos de prova a compactação se fez eficiente no TR (traço de

referência), como também para T 10. Com apenas 15 golpes de enxada, atingiu uma compactação uniforme reduzindo a altura do volume de 14 cm da altura da massa para 6 cm altura do molde do corpo de prova. Conforme foto 9 em que mostra a altura da massa antes da compactação, a foto 10 mostra a altura da forma plástica.

Para T 20 a compactação não satisfaz, pois, os blocos estavam se desagregando por falta de hidratação sendo necessário o aumento de 150 ml totalizando 750 ml, para ser incorporado ao traço e aumentando a compactação de 15 para 25 golpes. O desmolde das peças mostrou bastante coesão entre as partículas.

**Foto 9: Altura antes da compactação**



**Foto 10: Altura da forma plástica**



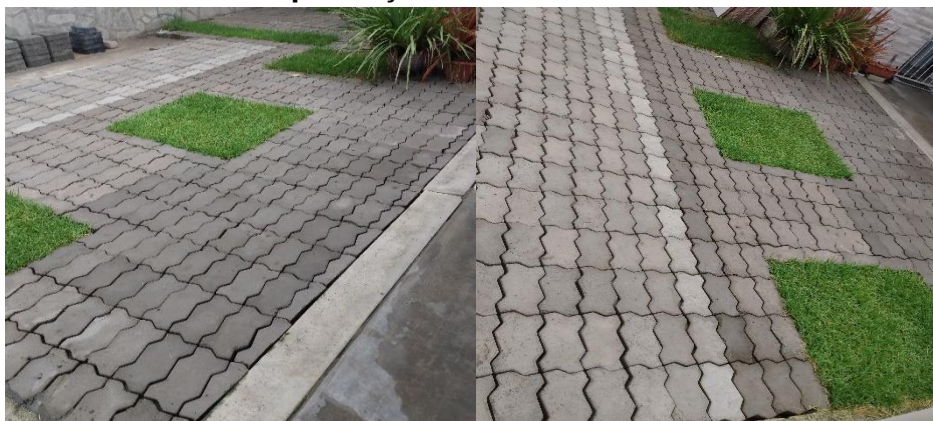
Fonte: Arquivo pessoal (2023)

Na produção dos corpos de prova T 30 houve a necessidade tanto de aumento da hidratação como da compactação para a hidratação foram utilizadas para cada traço 800 ml de água e 30 golpes para a total compactação.

Diferentemente na produção do T 40, devido o volume de fibra de pneu ser mais leve nota-se um aumento de água para incorporação do traço necessário 1.100 ml e o aumento para 40 golpes para moldar os corpos de prova. Conforme foto 9, foto 10 altura da forma molde plástica.

O estudo tem sido desenvolvido desde agosto de 2022, sua aplicação ainda está em fase de conclusão, mas tem bom embelezamento paisagístico e consegue armazenar umidade suficiente para apenas uma rega por dia. Foto 11, parte da produção dos *paver's* de 16 faces com o assentamento sem rejunte.

**Foto 11: Parte da produção assentada**



Fonte: Arquivo pessoal (2023)

Matos et al, (2017) os custos dos agregados que se torna inferior quando comparado com o custo do cimento. Segundo os autores há décadas, os agregados



eram considerados materiais inertes, mas com o avanço das novas tecnologias as substituições de parte dos agregados além de reduzir a extração reduz ainda mais os custos e preserva a característica do concreto, pois, estão diretamente relacionadas as características do concreto com os agregados utilizados.

O ensaio de resistência à abrasão não foi realizado conforme tabela 4 NBR 9781(2013), esse tipo de ensaio é facultativo pois, o mesmo se torna obrigatório para lotes de fabricação de até 300 m<sup>2</sup>.

Para a preparação dos corpos de prova para os ensaios de resistência à compressão e a determinação do índice de absorção de água na foto 12 apresenta os corpos de prova imersos por um período de 24h, na foto 13 mostra a avaliação dimensional entre espessura 60 cm, largura 95 cm e comprimento 22 cm, dando continuidade a preparação na foto 14 demonstra a pesagem dos CP's.

**Foto 12: imersão**



**Foto 13: Inspeção dimensional**



Fonte: Arquivo pessoal (2023)

NBR 9781 (2013) a avaliação dimensional da largura, comprimento e espessura, foi feita com o auxílio de um paquímetro com resolução de 0,1 mm. Os corpos de prova dos lotes TR, T 10, T 20, T 30, T 40 T 1:1.200, estão conforme ao que preconiza as o item 5.0; 6.0 e 7.0 da referida norma, com o total de 08 peças para cada lote, todas as peças utilizadas nos ensaios de resistência à compressão e a determinação de absorção de água foram inspecionadas uma única vez. Para a determinação da resistência à compressão estimada, a prensa utilizada no ensaio é do tipo 2, marca MVA, conforme NBR 9781(2013), *“admite-se que as resistências à compressão obedeçam à distribuição normal característico estimado pela equação 1 e 2”*, para efeito de cálculo a equação 3 considera o tamanho do diâmetro dos discos de 105 mm, o raio consequentemente de 52,5 mm:

$$s = \frac{\sqrt{(fp - fpi)^2}}{n - 1} \quad 1$$

$$fpk, est = fp - t * s \quad 2$$

$$\pi r^2 = \pi * (52,5)^2 = 0,086590148 \quad 3$$

A tabela 4 descreve os ensaios realizados de resistência à compressão conforme prescreve a NBR 9781(2013). Os dados para realização do ensaio calculados em MPa (Mega Pascal), como também a composição do relatório deve conter a idade dos corpos de prova, imersão dos *paver's* por um período de 24h, realização de inspeção

visual e análise dimensional em cada peça. Ao iniciar os ensaios primeiramente levados a algumas considerações, como a área dos discos de Neoprene, coeficiente de Student (t) tabela A.2 NBR 9781(2013) valor 0,920 o quantitativo de amostras de 05 unidades em cada lote. Para obtenção de outros dados dos cálculos, **(fp)** considera a resistência média das peças em MPa; **(fpi)** a resistência individual das peças na qual os dados são obtidos através do ensaio de resistência à compressão por meio da prensa hidráulica; **(fpk, est)** cálculo executado para obtenção da resistência característica estimada à compressão; **(s)** o desvio padrão de cálculo para cada lote, e os dados obtidos do ensaio podem ser verificados na tabela 4, na qual consta o relatório conforme determina o anexo A.6.

**Tabela 4: Relatório apresentado do ensaio de resistência à compressão (2023)**

| PRODUÇÃO   | ENSAIO     | DIAS | DESCRIÇÃO     | FORÇA (N) | ÁREA (m²) | PRESSÃO (MPa) | Fp (MPa) | Fpi (MPa) | S     | fpk,est (MPa) |
|------------|------------|------|---------------|-----------|-----------|---------------|----------|-----------|-------|---------------|
| 04/04/2023 | 10/05/2023 | 36   | LOTE TR       | 56100     | 0,0865901 | 64,79         | 62,27    | 64,79     | 1,26  | 61,11         |
| 04/04/2023 | 10/05/2023 | 36   | BLOCO 2       | 35100     | 0,0865901 | 40,54         |          | 40,54     | 10,87 | 52,27         |
| 04/04/2023 | 10/05/2023 | 36   | BLOCO 3       | 67600     | 0,0865901 | 78,07         |          | 78,07     | 7,90  | 55,00         |
| 04/04/2023 | 10/05/2023 | 36   | BLOCO 4       | 56100     | 0,0865901 | 64,79         |          | 64,79     | 1,26  | 61,11         |
| 04/04/2023 | 10/05/2023 | 36   | BLOCO 5       | 54700     | 0,0865901 | 63,17         |          | 63,17     | 0,45  | 61,86         |
| 04/04/2023 | 10/05/2023 | 36   | LOTE T10      | 34800     | 0,0865901 | 40,19         | 34,76    | 40,19     | 2,71  | 32,26         |
| 04/04/2023 | 10/05/2023 | 36   | BLOCO 2       | 28100     | 0,0865901 | 32,45         |          | 32,45     | 1,15  | 33,70         |
| 04/04/2023 | 10/05/2023 | 36   | BLOCO 3       | 33600     | 0,0865901 | 38,80         |          | 38,80     | 2,02  | 32,90         |
| 04/04/2023 | 10/05/2023 | 36   | BLOCO 4       | 30300     | 0,0865901 | 34,99         |          | 34,99     | 0,12  | 34,66         |
| 04/04/2023 | 10/05/2023 | 36   | BLOCO 5       | 23700     | 0,0865901 | 27,37         |          | 27,37     | 3,70  | 31,36         |
| 04/04/2023 | 10/05/2023 | 36   | LOTE T20      | 13400     | 0,0865901 | 15,48         | 14,34    | 15,48     | 0,57  | 13,82         |
| 04/04/2023 | 10/05/2023 | 36   | BLOCO 2       | 13100     | 0,0865901 | 15,13         |          | 15,13     | 0,39  | 13,98         |
| 04/04/2023 | 10/05/2023 | 36   | BLOCO 3       | 11700     | 0,0865901 | 13,51         |          | 13,51     | 0,42  | 13,96         |
| 04/04/2023 | 10/05/2023 | 36   | BLOCO 4       | 12200     | 0,0865901 | 14,09         |          | 14,09     | 0,13  | 14,23         |
| 04/04/2023 | 10/05/2023 | 36   | BLOCO 5       | 11700     | 0,0865901 | 13,51         |          | 13,51     | 0,42  | 13,96         |
| 04/04/2023 | 10/05/2023 | 36   | LOTE T 30     | 10100     | 0,0865901 | 11,66         | 11,57    | 11,66     | 0,05  | 11,53         |
| 04/04/2023 | 10/05/2023 | 36   | BLOCO 2       | 10400     | 0,0865901 | 12,01         |          | 12,01     | 0,22  | 11,37         |
| 04/04/2023 | 10/05/2023 | 36   | BLOCO 3       | 9500      | 0,0865901 | 10,97         |          | 10,97     | 0,30  | 11,30         |
| 04/04/2023 | 10/05/2023 | 36   | BLOCO 4       | 10000     | 0,0865901 | 11,55         |          | 11,55     | 0,01  | 11,56         |
| 04/04/2023 | 10/05/2023 | 36   | BLOCO 5       | 10100     | 0,0865901 | 11,66         |          | 11,66     | 0,05  | 11,53         |
| 04/04/2023 | 10/05/2023 | 36   | LOTE T 40     | 6300      | 0,0865901 | 7,28          | 8,34     | 7,28      | 0,53  | 7,85          |
| 04/04/2023 | 10/05/2023 | 36   | BLOCO 2       | 8100      | 0,0865901 | 9,35          |          | 9,35      | 0,51  | 7,87          |
| 04/04/2023 | 10/05/2023 | 36   | BLOCO 3       | 8500      | 0,0865901 | 9,82          |          | 9,82      | 0,74  | 7,66          |
| 04/04/2023 | 10/05/2023 | 36   | BLOCO 4       | 6400      | 0,0865901 | 7,39          |          | 7,39      | 0,47  | 7,90          |
| 04/04/2023 | 10/05/2023 | 36   | BLOCO 5       | 6800      | 0,0865901 | 7,85          |          | 7,85      | 0,24  | 8,12          |
| 04/04/2023 | 10/05/2023 | 36   | LOTE T 1:1200 | 9300      | 0,0865901 | 10,74         | 10,93    | 10,74     | 0,09  | 10,84         |
| 04/04/2023 | 10/05/2023 | 36   | BLOCO 2       | 8900      | 0,0865901 | 10,28         |          | 10,28     | 0,32  | 10,63         |
| 04/04/2023 | 10/05/2023 | 36   | BLOCO 3       | 9500      | 0,0865901 | 10,97         |          | 10,97     | 0,02  | 10,90         |
| 04/04/2023 | 10/05/2023 | 36   | BLOCO 4       | 9700      | 0,0865901 | 11,20         |          | 11,20     | 0,14  | 10,80         |
| 04/04/2023 | 10/05/2023 | 36   | BLOCO 5       | 9900      | 0,0865901 | 11,43         |          | 11,43     | 0,25  | 10,69         |

Fonte: Arquivo pessoal (2023)

Para o ensaio de determinação de absorção de água ao que consta na norma NBR 9781(2013) o Anexo B. Utilizada como referência específica para esse tipo de ensaio no qual deve ser feito em laboratório, para o ensaio se utilizou estufa ventilada com temperatura de 110°, tanque de água, balança digital com resolução de 0,1 g, tela metálica e bandeja. Preparação para o ensaio, imergir os corpos de prova em tanque com água por 24h, pesagem individual dos corpos de prova saturados, parcialmente secos até que duas determinações sucessivas sejam alcançadas, ou seja, duas pesagens iguais, em seguida acomodar os CP's na estufa previamente ligada e programada na temperatura de 110°, com espaçamentos adequados afim de que seja circulado o ar quente por todos os paver's.

Na condição de secos na estufa por 24h os blocos de concreto, foram retirados da estufa para serem pesados até que duas determinações sucessivas sejam alcançadas anotados todos os resultados e transcritos para a tabela 5. Conforme o item B-7 da NBR 9781(2013) o valor da absorção de água contido em cada corpo de prova deve ser calculado utilizando-se a equação 4:

$$A = \frac{(m_2 - m_1)}{m_1} \times 100 \quad 4$$

**Tabela 5: Relatório do ensaio de absorção de água conforme anexo B.8 (2023)**

| DATAS      |            |      | DESCRIÇÃO     | REALIZAÇÃO DO ENSAIO |      |      |       |                        |
|------------|------------|------|---------------|----------------------|------|------|-------|------------------------|
| PRODUÇÃO   | ENSAIO     | DIAS | LOTE TR       | MASSA CP             | m-2  | m-1  | A     | NBR 9781:2013 ÍTEM 5.5 |
| 04/04/2023 | 09/05/2023 | 35   | BLOCO 1       | 3007                 | 3089 | 2911 | 6,11  | ATENDE                 |
| 04/04/2023 | 09/05/2023 | 35   | BLOCO 2       | 2982                 | 3068 | 2882 | 6,45  | ATENDE                 |
| 04/04/2023 | 09/05/2023 | 35   | BLOCO 3       | 2968                 | 3055 | 2870 | 6,45  | ATENDE                 |
|            |            |      | LOTE T10      | MASSA CP             | m-2  | m-1  | A     |                        |
| 04/04/2023 | 09/05/2023 | 35   | BLOCO 1       | 2656                 | 2720 | 2579 | 5,47  | ATENDE                 |
| 04/04/2023 | 09/05/2023 | 35   | BLOCO 2       | 2632                 | 2703 | 2543 | 6,29  | ATENDE                 |
| 04/04/2023 | 09/05/2023 | 35   | BLOCO 3       | 2623                 | 2713 | 2535 | 7,02  | NÃO ATENDE             |
|            |            |      | LOTE T20      | MASSA CP             | m-2  | m-1  | A     |                        |
| 04/04/2023 | 09/05/2023 | 35   | BLOCO 1       | 2309                 | 2382 | 2225 | 7,06  | NÃO ATENDE             |
| 04/04/2023 | 09/05/2023 | 35   | BLOCO 2       | 2331                 | 2398 | 2234 | 7,34  | NÃO ATENDE             |
| 04/04/2023 | 09/05/2023 | 35   | BLOCO 3       | 2335                 | 2422 | 2252 | 7,55  | NÃO ATENDE             |
|            |            |      | LOTE T 30     | MASSA CP             | m-2  | m-1  | A     |                        |
| 04/04/2023 | 09/05/2023 | 35   | BLOCO 1       | 1994                 | 2215 | 1928 | 14,89 | NÃO ATENDE             |
| 04/04/2023 | 09/05/2023 | 35   | BLOCO 2       | 2007                 | 2208 | 1933 | 14,23 | NÃO ATENDE             |
| 04/04/2023 | 09/05/2023 | 35   | BLOCO 3       | 2074                 | 2216 | 1996 | 11,02 | NÃO ATENDE             |
|            |            |      | LOTE T 40     | MASSA CP             | m-2  | m-1  | A     |                        |
| 04/04/2023 | 09/05/2023 | 35   | BLOCO 1       | 1886                 | 1972 | 1798 | 9,68  | NÃO ATENDE             |
| 04/04/2023 | 09/05/2023 | 35   | BLOCO 2       | 1825                 | 1990 | 1763 | 12,88 | NÃO ATENDE             |
| 04/04/2023 | 09/05/2023 | 35   | BLOCO 3       | 1830                 | 2076 | 1752 | 18,49 | NÃO ATENDE             |
|            |            |      | LOTE T 1:1200 | MASSA CP             | m-2  | m-1  | A     |                        |
| 04/04/2023 | 10/05/2023 | 36   | BLOCO 1       | 1607                 | 1658 | 1447 | 14,58 | NÃO ATENDE             |
| 04/04/2023 | 10/05/2023 | 36   | BLOCO 2       | 1546                 | 1586 | 1380 | 14,93 | NÃO ATENDE             |
| 04/04/2023 | 10/05/2023 | 36   | BLOCO 3       | 1566                 | 1612 | 1441 | 11,87 | NÃO ATENDE             |

Fonte: Arquivo pessoal (2023)

Os dados para execução do ensaio e preenchimento do relatório de determinação de absorção de água (A) apresenta a absorção de água em cada corpo de prova, (m1) determina a massa do corpo de prova seco e estufa, (m2) determina a massa do corpo de prova saturado por um período de 24 horas. A tabela 5 expressa as seguintes informações: idade dos blocos produzidos para este estudo com a identificação dos lotes no início dos ensaios, consta valores individuais de absorção de água expressos em porcentagem (%), valores médios da absorção de água expressos em porcentagem (%), e por fim condição de conformidade em que atende o que preconiza a NBR 9781 (2013). Conforme a equação acima, as condições de conformidade para o teor de absorção de água não podem exceder a 7.0 % limite máximo admitido para os artefatos de concreto.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando que a produção de artefatos de concreto, com a substituição parcial ou total de agregado miúdo natural por resíduos de pneus ou subprodutos gerados, oriundos da transformação de produtos acabados inservíveis, em outros produtos como por exemplo reutilizar, reaproveitar ou reciclar, como também o reaproveitamento com a inserção de cinzas como polímeros que seriam descartados em aterro sanitário, sua utilização como reforço do material ligante hidráulico, está dentro do que preconiza a Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Os lotes produzidos para a avaliação deste trabalho foram calculados e confeccionados aos pares, devido a forma de molde plástica permitir esse método de produção, a dosagem do ligante hidráulico foi a mesma para a produção de todos os lotes. As alterações dos traços por serem modificados tiveram apenas dosagens diferentes nas substituições parciais e totais do agregado miúdo.

A inserção das cinzas de forno no traço, também foi feita de forma similar a substituição parcial do agregado miúdo, nota-se também que houve um acréscimo gradativo na água de amassamento a partir do lote T 20, com um acréscimo de 25% em relação ao traço de referência, o traço T 30 teve um acréscimo de água de 6,68% em relação ao traço T20 e 33,4% em relação ao lote TR, o lote T 40 observou um acréscimo de 83,4% em relação ao lote TR, o lote T 1:1.200 para conseguir coesão dos agregados no molde foi necessário a adição de 200% da água utilizada para o amassamento em relação ao lote TR. Considerando relevante a técnica construtiva mais eficiente em relação ao consumo da água de amassamento o lote T 10, tem o custo benefício similar e eficiente quando comparado ao lote TR.

Os ensaios de resistência à compressão efetuados em cada corpo de prova individualmente conforme o anexo A da NBR 9781(2013) vide tabela 4, a média obtida dos ensaios realizados do lote T 10 de 34,76 Mpa, por norma a resistência para artefatos de concreto do tipo 1 destinados a tráfego de pedestres, veículos leves e veículos comerciais conforme tabela 2 item 5.4 da referida norma, deve atender a resistência de igual ou superior a 35 Mpa, considerando que o cimento utilizado para este estudo foi o CP II – Z – 32. Cimento Portland Composto com Pozolana em que aos 28 dias se obtém a resistência a compressão igual ou superior a 32 Mpa.

Os artefatos de concreto dos lotes T 20, T 30, T 40 e T 1:1.200 não estão em conformidade pois a resistência à compressão não atende ao exigido por norma, porém o lote TR ultrapassa o exigido na norma 62,9 Mpa, o lote T 10 atende parcialmente pois deve levar em consideração a técnica utilizada que neste caso foi a produção artesanal e não com a utilização de vibro prensa como usualmente este tipo de artefato de concreto é produzido em escala industrial.

Os ensaios de determinação da absorção de água individual de cada peça, vide tabela 5, o lote T10 atende a prescrição da referida norma, pois, só serão aceitos *paver's* classificados como tipo 1 em que o índice de absorção de água seja menor que 7%, por outro lado os lotes T 30, T 40 e T 1:1.200 apresentam em média 13,62% de absorção de água ao passo de que poderia ser utilizado como pequenos reservatórios em jardins mantendo umidade suficiente para as plantas como piso integrado com o paisagismo conforme foto 11.

A produção de artefatos de concreto com fibras de raspa de pneus apresenta alternativa viável de incorporação de subprodutos, dando-lhes a destinação ambientalmente correta, favorecendo a substituição do agregado natural por polímeros de longa data para decomposição. No tocante da reutilização e reaproveitamento de resíduos de pneus inservíveis, em que os mesmos dispostos no ambiente não têm desagregação prevista para um período menor que 600 anos para sua decomposição.

O que se vislumbra é a capacidade de reinserir no ciclo produtivo, como produtos acabados atendendo possibilidades diferentes de aplicação, como embelezamento paisagístico, reter água para nutrir jardins, calçadas apenas para tráfego de pessoas e um outro ponto como blocos intertravados de lote tipo T 10 tem a capacidade competitiva aos que estão disponíveis no mercado, com a vantagem de maior valor agregado, pois está conforme ao que preconiza a Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Contudo o traço em que se observou parâmetros equivalentes ao que preconiza a NBR 9781(2013) foi o lote T 10, tanto para resistência à compressão quanto a absorção de água. Apresenta custo benefício aceitável pois existe a redução de 10% do agregado natural sendo substituído por resíduo da fibra da raspa de pneus, pois a Política Nacional de Resíduos Sólidos prima pela não geração, reutilização e reciclagem de resíduos.

Sugestões para trabalhos futuros, utilização de pó de brita em percentuais iguais aos que foram substituídos por fibra de raspa de pneus, substituição do agregado natural por parte de agregado reciclado, controle tecnológico do ligante hidráulico com resistência característica superior ao CP II-Z-32, que apresenta propriedades pozolânicas superiores ao anterior e por fim produzir os artefatos de concreto em vibro prensa.

## REFERÊNCIAS

BRASIL Lei 12.305/2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos.

ABNT NBR 9781:2013 - Peças de concreto para pavimentação Especificação e métodos de ensaio – Rio de Janeiro 21 P.

AMADEI, Daysa Ione Braga. Avaliação de blocos de concreto para pavimentação com resíduos de construção e demolição do Município de Juranda/PR. 2011.

Beduschi, E. F. Strapazzon. UTILIZAÇÃO DE PNEUS INSERVÍVEIS NA COMPOSIÇÃO DA MASSA ASFÁLTICA.

CESAR, Filomena Goretti Dias et al. Diagnóstico do gerenciamento de pneus em borracharias e lojas de pneumáticos da Estância Turística de São Roque. **Scientia**, v. 9, n. 28, 2020.



CORDEIRO, Luciana de Nazaré Pinheiro et al. Caracterização da cinza de caroço de açaí residual para adição ao concreto. **Ambiente Construído**, v. 19, p. 45-55, 2019.

COSTA, Juliana Aparecida. Estudos de blocos de vedação com substituição parcial do agregado miúdo por borracha de pneu. 2020.

Fioriti, Cesar Fabiano; Ino, Akemi; Akasaki, Jorge Luis. Análise experimental de blocos intertravados de concreto com adição de resíduos do processo de recauchutagem de pneus. *Acta Scientiarum-technology*. Maringá: Universidade Estadual de Maringá (UEM), Pro-reitoria Pesquisa Pos-graduacao, v. 32, n. 3, p. 237-244, 2010.

HOJO, Liri Yoko Cruz Prieto; MARTINS, Carlos Humberto. UTILIZAÇÃO DA SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO CIMENTO POR CINZA LEVE DE CANA-DE-AÇÚCAR EM CONCRETOS. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Pesquisa anual Indústria Construção. Rio de Janeiro, v. 22, p.1-98, 2012.

MATOS, Lucas Felipe de. Avaliação da substituição do agregado miúdo natural (areia) pelo agregado miúdo de britagem (pó de pedra) quanto às características mecânicas do concreto. 2018.

OLIVEIRA, Marília Pereira de et al. Estudo comparativo das resistências à compressão e à flexão de placas cimentícias com e sem adição de resíduo de borracha de pneu. 2017.

PEREIRA, Patrícia Bereta. Desvulcanização mecanoquímica como alternativa para reciclagem “verde” de pneus inservíveis. 2022.

QUIRINO, Danilo Polidoro. Logística reversa de pós-consumo de pneus inservíveis. 2018.

SANTOS, Adriana Goulart; FERRARI, Ana Karoliny. Influência do resíduo de PVC como agregado no concreto para peças de pavimentos intertravados. **Ambiente Construído**, v. 19, p. 39-51, 2019.

SILVA, Lucas Henrique Pereira et al. Caracterização da cinza de forno de olaria para aplicação em cimento pozolânico. **Matéria (Rio de Janeiro)**, v. 25, 2020.

Silva, Maria das Graças Bezerra da, RAMOS José Kleber da Costa, Laursen Anderson. INCORPORAÇÃO DE RESÍDUO DE PNEU NA PRODUÇÃO DE BLOCO MACIÇO DE CONCRETO COMO ALTERNATIVA DE PAVIMENTAÇÃO URBANA.

DA SILVA, Welighda Christia; SANTOS, Gilmar Oliveira; DE ARAÚJO, Weliton Eduardo Lima. Resíduos Sólidos de Construção Civil: caracterização, alternativas de

reuso e retorno econômico. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 6, n. 2, p. 286-301, 2017.

SILVA, Webert Brasil Cirilo da; BARROSO, Suelly Helena de Araújo; CABRAL, Antônio Eduardo Bezerra. Avaliação da aplicação de cinzas pesadas de termelétrica em blocos intertravados de concreto para pavimentos. **Matéria (Rio de Janeiro)**, v. 25, 2020.

SOUZA, José Arilson et al. A geração dos custos ocultos: um estudo sobre essa vertente como um dos fatores de redução do lucro. In: **Anais do Congresso Brasileiro de Custos-ABC**. 2019.

STRIEDER, Giorgia Baseggio et al. **A utilização de cinza gerada em unidade agroindustrial como potencial componente para a produção de pavimento intertravado de concreto**. 2021. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Relatório de pneumáticos – Ibama – Portal Gov.br