

ANÁLISE DA SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DE AGREGADOS POR RESÍDUOS DE PNEUS EM BLOCOS SEXTAVADOS

PÂMELA PIMENTEL MORAIS¹; KASTELLI PACHECO SPERANDIO²

¹Graduada em Engenharia Civil pelo Centro Universitário UNIFACIG. ppimentelmoraes@gmail.com

²Mestre em Engenharia Civil pelo CEFET-BH; Especialista em Produção e Gestão do Ambiente Construído pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG); Graduada em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF); Professora no Centro Universitário UNIFACIG. kastelli.sperandio@gmail.com

RESUMO

A busca por soluções construtivas que sejam eficientes e capazes de minimizar os impactos ambientais provenientes da construção civil tem intensificado a pesquisa por materiais alternativos. Esses materiais visam agregar aspectos sustentáveis e modernos, proporcionando, assim, uma melhoria ao ambiente construído com o emprego de um volume reduzido de recursos naturais. Dessa forma, o presente artigo faz uma análise experimental da substituição parcial de agregados miúdos por resíduos da borracha de pneus na fabricação de blocos sextavados, a fim de verificar a sua viabilidade na construção civil, além de demonstrar a sua contribuição para o segmento da sustentabilidade. Foram moldados blocos convencionais, servindo, dessa maneira, como parâmetro de comparação e blocos com substituição da areia pelos resíduos de pneus. Aos 28 dias de cura, foram realizados ensaios de absorção de água e de resistência mecânica à compressão. Os testes de absorção de água se mostraram satisfatórios para ambos os traços. Quanto aos ensaios de resistência à compressão, os corpos-de-prova com incorporação dos resíduos sofreram uma redução significativa de resistência, não atingindo o mínimo exigido em norma. Contudo, é válida a sua aplicação em ambientes de leves solicitações, como jardins, praças e calçadas. Contribuindo, dessa forma, com o meio ambiente a partir da redução do consumo excessivo de agregados naturais; além de proporcionar um destino ambientalmente adequado para os resíduos provenientes da recauchutagem de pneus.

Palavras-chave: Blocos sextavados; Impactos ambientais; Materiais alternativos; Resíduos de pneus; Sustentabilidade.

ANALYSIS OF THE PARTIAL REPLACEMENT OF AGGREGATES BY TIRE RESIDUES IN SEXTAVED BLOCKS

ABSTRACT

The search for constructive solutions that are efficient and able to minimize the environmental impacts coming from civil construction has intensified the search for alternative materials. These materials aim to add sustainable and modern aspects, thus providing an improvement to the environment built with the use of a reduced volume of natural resources. In this way, the

present article makes an experimental analysis of the partial substitution of small aggregates for rubber tire residues in the manufacture of hexagonal blocks, in order to verify their viability in civil construction, in addition to demonstrating their contribution to the segment of sustainability. Conventional blocks were molded, thus serving as a parameter of comparison and blocks with replacement of the sand by the waste tires. At 28 days of curing, water absorption and mechanical strength tests were performed. Water absorption tests were satisfactory for both traits. As for the tests of resistance to compression, the specimens with incorporation of the residues suffered a significant reduction of resistance, not reaching the minimum required in norm. However, it is valid in light applications such as gardens, squares and sidewalks. In this way, contributing to the environment by reducing the excessive consumption of natural aggregates; as well as providing an environmentally appropriate destination for waste from tire retreading.

Keywords: Hexagonal blocks Environmental impacts; Alternative materials; Tire residues; Sustainability.

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil possui um papel fundamental para o desenvolvimento, visto que o setor exerce influência direta na economia. Em contrapartida, segundo o Conselho Internacional da Construção, a construção civil é considerada uma das atividades humanas que mais causam impacto ao meio ambiente, devido ao elevado consumo de recursos naturais (BRASIL, 2012).

O segmento da construção civil apresenta grande potencial para absorver resíduos e assim contribuir com a redução da exploração de materiais naturais, como, por exemplo, os agregados. Nesse sentido, Bertolini *et al.* (2017) enfatizam que a pavimentação é responsável por consumir um alto volume desses materiais naturais, sendo, dessa maneira, considerada uma fonte racional para aplicação de resíduos.

No Brasil, umas das alternativas mais difundidas para pavimentação de pequenas áreas é o piso intertravado, devido a inúmeras características pertinentes a este material. Dentre as vantagens desse tipo de pavimento, a Associação Brasileira de Cimento Portland (2011) destaca a capacidade de infiltração de águas das chuvas através das juntas, colaborando assim, com a redução de enchentes. Ao considerar a relevância desse tipo de pavimento aliada à necessidade de preservar o meio ambiente do uso excessivo de matéria-prima, a aplicação de resíduos em pavimentação vem sendo objeto de análise, substituindo, principalmente, agregados como a brita e areia.

A Câmara Brasileira da Indústria da Construção (2018) afirma que soluções eficientes e sustentáveis têm avançado no setor. Nesse contexto, a incorporação de resíduos provenientes da

borracha de pneus é uma possibilidade para substituição parcial de agregados. De maneira semelhante, Rodrigues e Santos (2013) afirmam que os resíduos de pneus são considerados promissores na indústria da construção civil devido às propriedades inerentes a esse material: leveza, flexibilidade, absorção de energia, propriedades térmicas e acústicas.

Portanto, o presente artigo tem por finalidade o estudo da substituição parcial de agregados miúdos por resíduos da borracha de pneus na fabricação de peças pré-moldadas de concreto destinadas à pavimentação. Para a realização desta pesquisa, foram moldados dois traços de blocos sextavados: com substituição da areia pelos resíduos e convencionais, servindo assim, como parâmetro de comparação. Foram realizados ensaios de absorção de água e ensaios para a determinação da resistência mecânica à compressão aos 28 dias de cura. O objetivo principal do trabalho é compreender o comportamento desse tipo de material, que contribui com a sustentabilidade na construção civil, uma vez que diminui o uso de matéria prima natural e ainda proporciona um destino ambientalmente adequado para os resíduos de pneus.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A construção civil e o consumo excessivo de recursos naturais

O setor da construção civil se destaca pela sua capacidade de contribuir com o crescimento do país; porém, apesar da sua importância para o desenvolvimento econômico e social, o segmento é responsável pelo consumo de grande quantidade de recursos naturais. Porquanto, os recursos são utilizados de forma inadequada e os impactos ambientais causados pelo setor são significativos, tanto pelo consumo excessivo, como na modificação do meio ambiente (MARINHO *et. al.*, 2014).

O Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (2007), afirma que “a construção e a manutenção da infraestrutura do país consomem até 75% dos recursos naturais extraídos, sendo a cadeia produtiva do setor a maior consumidora destes recursos da economia”. Semelhantemente, Hood (2006) destaca que a exploração de jazidas para extração de areia, entre outros materiais naturais utilizados na construção civil, é essencial para o desenvolvimento; porém, a indústria é responsável por consumir matérias-primas não renováveis em grande escala, gerando, dessa maneira, inúmeros impactos ambientais.

2.1.1 Impactos ambientais

Cunha e Suarte (2017) afirmam que o meio ambiente está sujeito a alterações, podendo essas ser causadas pelo homem ou por fenômenos naturais; entretanto, as ações humanas degradam numa escala de tempo bem menor se comparadas a degradação natural. De maneira semelhante, na concepção de Antoni e Fofonka (2013), os impactos ambientais são provenientes das atividades humanas exercidas sobre os recursos naturais, causando, dessa maneira, um desequilíbrio ecológico.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), em seu artigo 1º, através da Resolução 001/86, define impacto ambiental como qualquer modificação das características, sejam elas físicas, químicas ou biológicas, provocada pela atividade humana ou qualquer outra forma de matéria, que venha a prejudicar direta ou indiretamente: a saúde; a comodidade e conforto dos habitantes; as condições socioeconômicas; a flora, fauna e outros seres vivos do ecossistema; a harmonia e beleza do meio ambiente; a qualidade dos recursos naturais (BRASIL, 1986).

2.1.2 Consequências ambientais causadas pela extração de areia

O Brasil é considerado um dos países mais ricos em relação à diversidade de matéria-prima, os recursos naturais possuem, no entanto, uma posição significativa para o desenvolvimento econômico (SILVA, 2016).

Dentre os recursos naturais, Sousa (2017) destaca que a areia é um sedimento de extrema importância, isso devido a sua vasta utilização na área da construção, principalmente do ponto de vista econômico, uma vez que a areia é um material considerado como um recurso de baixo valor. Sendo ela essencial para chapisco, emboço e reboco de paredes; na confecção de argamassa de assentamento; como agregado na fabricação de peças de concreto; também é matéria-prima na produção de vidros e em muitos outros produtos consumidos na construção civil.

Moroni (2015), em seu estudo, identificou que, apesar da atividade mineradora ser uma grande geradora de renda e emprego, inúmeros impactos negativos são provenientes da extração de areia. Segundo Santos (2015), conforme citado por Morand (2016), a formação de áreas danificadas tem início logo na fase de extração dos recursos naturais, resultando na insuficiência de jazidas, modificações na flora e fauna que estão ao redor, alterações da topografia local e de cursos d'água, desmatamento, estímulo de processos erosivos, ruídos e vibrações elevadas no solo.

Figura 1 – Área degradada no rio Iguaçu, resultado da extração de areia



Fonte: Sousa (2017).

2.2 Desenvolvimento sustentável na construção civil

O Relatório Brundtland – Nosso Futuro Comum - (1987) é tido como um marco na trajetória da sustentabilidade e considera “desenvolvimento sustentável aquele que satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades”. A sustentabilidade tem como base três pilares: ambiental, social e econômico; consiste em ações que visam minimizar ao máximo os danos a natureza, de forma que todos os recursos sejam aproveitados (LOTURCO, 2017).

Nesse contexto, o desenvolvimento sustentável consiste em obter crescimento econômico através da preservação do meio ambiente e desenvolvimento social, uma vez que objetiva a não prejudicar as futuras gerações.

De acordo com Paiva e Ribeiro (2011), a construção civil deve passar por transformações a fim de atingir o desenvolvimento sustentável, uma vez que a sua cadeia produtiva causa impactos ambientais significativos. Os impactos são provenientes, principalmente, dos processos de extração de matérias-primas, produção de materiais e construção. A ecologia, meio ambiente, relação homem-natureza são assuntos em destaque, devido a ameaça advinda do descontrole e exploração excessiva de recursos naturais.

A prática de métodos sustentáveis se tornou uma necessidade, sendo uma realidade que vem ganhando espaço em todos os segmentos, inclusive na construção civil. É de extrema importância aplicar técnicas sustentáveis no mercado civil com o objetivo de lidar com o mau gerenciamento dos recursos naturais nas construções. Dessa forma, é possível conciliar o desenvolvimento com a conservação dos recursos naturais (FREITAS et al., 2016; LOTURCO, 2017).

Nesse sentido, pesquisadores têm aliado o processo de reutilização à eficácia, desenvolvendo técnicas construtivas menos agressivas ao meio ambiente, a partir da redução do consumo de matéria-prima. Dessa forma, buscam-se soluções que possam evitar a extinção de recursos provenientes da natureza, adequando dessa maneira, o conforto e o bem-estar com o meio ambiente (NUNES 2016).

2.2.1 Materiais sustentáveis provenientes da reciclagem de resíduos

O setor de materiais para construção civil é um dos elementos que compõem a sua cadeia produtiva. A indústria da construção, por sua vez, tem a capacidade de absorver resíduos de vários segmentos, permitindo o aperfeiçoamento de materiais alternativos: promovendo a reciclagem, contribuindo para uma destinação adequada dos resíduos sólidos e preservando a extração excessiva de recursos. Alves (2017) ressalta que é fundamental haver equilíbrio entre a natureza e a construção civil e destaca a importância de investir na criação de materiais sustentáveis.

De acordo com Jardim *et al.* (2015), a construção civil necessita de materiais modernos, estando estes relacionados com a sustentabilidade. Sendo assim, o uso de materiais reciclados, em seu ponto de vista, produz benefícios econômicos e ambientais, pois ocasiona a diminuição da poluição no meio ambiente.

Na concepção de Todescan (2013), os materiais alternativos na construção civil podem ter o custo mais elevado financeiramente, entretanto, torna-se benéfico a longo prazo; além disso os ganhos ambientais são significativos, uma vez que reduzem o uso de recursos naturais.

2.2.2 Aplicação de resíduos da borracha de pneus

Nos últimos anos, a geração de resíduos de todos os segmentos aumentou de forma significativa. Ao pensar na problemática de descartes inadequados de pneus e na geração de

resíduos originados do processo de recauchutagem, análises vêm sendo desenvolvidas na produção e teste de novos materiais utilizando essa borracha, com o propósito de compreender as propriedades desse resíduo e seus benefícios na cadeia produtiva da construção civil. Nesse contexto, Izídio Júnior *et al.* (2016) destacam a possibilidade de reaproveitar os resíduos de pneus como matéria-prima, principalmente em blocos pré-fabricados, em concretos e na pavimentação de estradas.

Oliveira Neto (2016), em sua pesquisa de revisão bibliográfica, observou que a borracha advinda de pneus pode ser incorporada na pavimentação asfáltica. A principal vantagem se encontra no aspecto ambiental, uma vez que, além de reutilizar resíduos que seriam descartados inadequadamente no ambiente, as misturas com os resíduos da borracha apresentam um comportamento superior as convencionais, sendo uma maneira promissora capaz de aumentar a durabilidade dos pavimentos.

Fioriti *et al.* (2010), semelhantemente, fizeram a análise da incorporação de resíduos de borracha de pneus obtidas a partir do processo de recauchutagem na fabricação de *pavers* e verificou a viabilidade do material com utilização em ambientes de solicitações leves.

2.3 Pneus

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), em seu artigo 2º, através da Resolução nº 416/2009, conceitua pneu como uma estrutura constituinte de um sistema de rodagem, fabricado a partir de diferentes materiais que, ao compor uma roda de veículo, tem a capacidade de sustentar a carga, transmitir tração devido a sua aderência ao solo e resistir à pressão que ela lhe provoca (BRASIL, 2009).

Conforme afirma Carvalho (2007), dentre os materiais que constituem os pneus, o componente principal é a borracha, sendo 30% sintética (derivada do petróleo), 10% natural (extração da seringueira) e 60% de aços e tecidos. Utiliza-se, ainda, outros materiais, como o negro de fumo, que tem a finalidade de aumentar a resistência dos pneus.

O Sindicato Nacional da Indústria de Componentes para Veículos Automotores (2018), segundo pesquisa anual, aponta que a quantidade de automóveis em circulação no ano de 2017 foi em torno de 56,6 milhões de unidades, incluindo comerciais leves, caminhões, ônibus e motocicletas. Izídio Júnior *et al.* (2016) consideram que esse aumento acarreta de forma acelerada a degradação ambiental, principalmente pelo descarte inadequado dos pneus. Devido a sua difícil decomposição, os pneus ficam anos dispostos ao meio ambiente, prejudicando a

natureza de forma significativa, ocasionando poluição do solo, degradação de áreas e propiciando diversos tipos de doenças.

2.3.1 Logística reversa

A Lei Federal 12.305/2010 institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que abrange metas importantes a serem atingidas, inclui diretrizes à gestão integrada, bem como o gerenciamento de resíduos sólidos. A PNRS tem como ponto principal a redução, através do reaproveitamento e reciclagem de resíduos que seriam descartados e, muitas vezes dispostos ao meio ambiente de forma inadequada (BRASIL, 2010).

Nesse sentido, a logística reversa consiste em uma atividade no qual os materiais retornam ao seu ciclo produtivo, poupando, dessa maneira, os recursos naturais. Conforme a Resolução 416/2009 do CONAMA, as empresas que fabricam os pneus são responsáveis por proporcionar um destino adequado. Assim, a PNRS estabelece a logística reversa como uma estratégia sustentável, na qual os fabricantes são responsáveis por recolher e reciclar os resíduos na sua cadeia produtiva, ou em outros ciclos produtivos, ou ainda dar outra destinação ambientalmente apropriada (KAEICHELE, 2014).

2.3.2 Processo de recauchutagem

A recauchutagem é uma forma de reciclar os pneus que já não estão mais em boas condições de uso. A técnica utilizada consiste em descartar a banda de rodagem, incorporando a aplicação de uma nova camada, podendo aumentar o seu ciclo de vida em até 40% (FIORITI *et al.*, 2010). Esse método de reciclagem, entretanto, apesar de aumentar a vida útil do pneu, não acaba com a problemática da geração de resíduos, pois mesmo que o processo seja uma forma de reciclar, ainda continua a produzir resíduos que são provenientes do processo no qual ocorre a raspagem da borracha. Esses resíduos, entretanto, conforme Silva (2014) utilizou e provou em sua pesquisa experimental, podem ser incorporados em peças de concreto destinadas a pavimentação intertravada.

2.4 Pavimento intertravado

Pavimento pode ser definido como estrutura destinada a locomoção de pessoas e veículos no geral. O seu peso produz um esforço vertical, a pavimentação, por sua vez, é responsável por resistir, absorver e redistribuir os esforços solicitantes (ROSSI, 2017).

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) - NBR 9781, pavimento intertravado é definido como:

Pavimento flexível cuja estrutura é composta por uma camada de base (ou base e sub-base), seguida por camada de revestimento constituída por peças de concreto justapostas em uma camada de assentamento e cujas juntas entre as peças são preenchidas por material de rejuntamento e o intertravamento do sistema é proporcionado pela contenção (ABNT, 2013, p.2).

A pavimentação intertravada constitui-se de peças pré-moldadas de concreto. Os componentes são assentados sobre uma camada de areia e encaixadas entre si, de tal forma que possuem um travamento lateral, impedindo, dessa maneira, que as peças se movimentem. Conforme destaca Daldegan (2016), o material é frequentemente utilizado em projetos de espaços públicos, sendo uma excelente opção para a pavimentação de calçadas, praças e vias.

A NBR 9781:2013 especifica que as peças de concreto para pavimentação intertravada podem ser fabricadas em diversos formatos (ABNT, 2013). Dentre eles, destaca-se o hexagonal, conhecido como bloco sextavado ou bloquete, sendo estes caracterizados como peças do tipo III. De acordo com Pimentel (2018), o bloco sextavado é considerado o mais resistente devido ao seu formato, pois a sua rigidez garante uma maior durabilidade, motivo pelo qual é amplamente utilizado em pavimentação de tráfego pesado.

Figura 2 – Peça pré-moldada de concreto – Bloco sextavado



Fonte: Petra (2018).

2.4.1 Principais características

Dentre as inúmeras características do pavimento intertravado, Wiebbelling (2015) menciona que esses blocos se destacam por diversas vantagens, entre elas estão a facilidade ao executar, a rápida liberação do pavimento para o tráfego, o alcance acessível às redes

subterrâneas e a simplicidade na manutenção, uma vez que não se faz necessária mão-de-obra especializada. Os pavimentos intertravados são duráveis e resistentes, além de ser considerado um piso permeável, pois permite a passagem de água para o solo através das juntas.

De acordo com a Associação Brasileira de Cimento Portland (2010), o intertravamento é uma característica essencial para o desempenho e a longevidade do pavimento. Sendo definida como a capacidade de suportar a movimentos de deslocamento individual, podendo ser ele vertical, horizontal ou de rotação em relação aos outros blocos, garantindo que a peça se torne imóvel. Entretanto, para que o intertravamento seja possível, são necessárias duas condições: a contenção lateral e a junta preenchida com areia.

A resistência à compressão é a característica mecânica principal dos blocos intertravados, considerada como parâmetro fundamental do controle de qualidade. O ensaio de resistência a compressão é usado para determinar em que tensão a peça sofreu ruptura. Conforme especifica a NBR 9781:2013, as peças de concreto para pavimentação em tráfego leve devem possuir resistência característica à compressão aos 28 dias maior ou igual a 35 MPa e, em tráfego pesado, devem possuir resistência característica à compressão maior ou igual a 50 Mpa (ABNT, 2013).

3 METODOLOGIA

O presente trabalho iniciou-se com a aquisição dos resíduos da borracha de pneus obtidos através da Reso Soluções Ambientais, localizada em Contagem, MG. A empresa oferece soluções em aproveitamento de resíduos e tem como base a minimização dos impactos ambientais.

A pesquisa se desenvolveu primeiramente a partir de pesquisas bibliográficas, nas quais foi possível encontrar as porcentagens usuais de substituição da areia por resíduos da borracha de pneus para a fabricação de peças de concreto para pavimentação. E, posteriormente, através de uma pesquisa experimental.

Os materiais utilizados para a fabricação dos blocos intertravados do tipo sextavado foram Cimento Portland V, que possuem como característica principal resistência inicial elevada; brita do tipo zero como agregado graúdo; areia fina como agregado miúdo; água isenta de materiais que poderiam prejudicar o desempenho do concreto; e resíduos da borracha de pneus provenientes do processo de recauchutagem (Figura 3).

Figura 3 – Amostra dos resíduos da borracha de pneus

Fonte: Autoras (2018).

Após a seleção dos materiais a serem utilizados, foi realizado o estudo de dosagem. O traço consiste, basicamente, na quantidade de cada material a ser misturado para a obtenção da peça de concreto. Sendo assim, adotaram-se dois traços para os blocos sextavados, sendo um deles convencional (Traço 1) e outro com os resíduos da borracha de pneus em substituição a areia (Traço 2), ambos visando uma resistência de 35 MPa. As Tabelas 1 e 2 correspondem ao consumo de materiais utilizados em cada traço para a confecção das peças.

Tabela 1 – Composição do Traço 1 (Bloco convencional)

Materiais	Quantidade (kg)
Cimento	16,0
Brita	53,6
Areia	50,8
Água	9,0
Borracha de pneu	0

Fonte: Autoras, 2018.

Tabela 2 – Composição do Traço 2 (Bloco com resíduos de pneus)

Materiais	Quantidade (kg)
Cimento	16,0
Brita	53,6
Areia	44,2
Água	7,5
Borracha de pneu	6,6

Fonte: Autoras, 2018.

Foi estabelecido o traço dado em massa de cimento, brita, areia e fator água/cimento de 1:3,35:3,17:0,56 correspondente ao Traço 1. A partir do traço de referência, foi produzido outro traço com os resíduos de pneus substituindo parte da areia na proporção de 13% em volume. O traço estabelecido foi de 1:3,35:2,76:0,47 correspondente ao Traço 2. Para os blocos fabricados conforme o Traço 2, foi necessária uma menor relação água/cimento, a fim de se obter uma melhor trabalhabilidade. A porcentagem da areia pelo resíduo foi estabelecida ao levar em consideração alguns estudos, tais como Albuquerque (2009), que estudou as propriedades do concreto com adição de borracha de pneus e provou que o aproveitamento da borracha com valores próximos a 10% de substituição não prejudica a durabilidade do material.

Os corpos-de-prova foram confeccionados na empresa de pré-fabricados PREDALLE, localizada em Manhuaçu, MG. O processo para a moldagem das peças foi realizado através da máquina vibro-prensa, indicada para a fabricação em uma menor escala. Conforme explica Frasson Junior *et al.* (2002), o funcionamento da máquina consiste basicamente na transporte do concreto até a forma, na qual são acionados vibradores. Após essa fase, ocorre a compactação dos blocos, processo que acompanha a vibração das formas. Em seguida, ocorre o contramolde.

Foram moldados, no total, 10 blocos sextavados, sendo 5 peças de cada traço, medindo cada uma 30 cm de face a face, com 8 cm de altura. O método empregado para a cura das peças foi feito através da molhagem com água nos primeiros dias e, posteriormente, a natural, que consiste na cura em condições ambiente.

Figura 4 – Blocos sextavados, respectivamente Traços 1 e 2

Fonte: Autoras (2018).

Para a determinação da resistência da compressão das peças, a NBR 9781 especifica que “caso a largura da peça seja superior a 140 mm, a peça deve ser cortada com serra de disco, de modo que a nova largura não exceda esse limite” (ABNT, 2013). Dessa maneira, as peças, ao exceder o limite, foram serradas, com a nova medida em cm de 14x14x8.

Figura 5 – Blocos serrados, respectivamente traços 1 e 2

Fonte: Autoras (2018).

Aos 28 dias de cura, os blocos foram submetidos a ensaios de absorção de água, sendo realizados no laboratório de materiais do Centro Universitário, localizado no Campus Alfa Sul. O ensaio consistiu na pesagem individual das peças, em seguida, foram saturadas em água por 24 horas e, posteriormente, realizada uma nova pesagem, determinando assim, a porcentagem de absorção.

As mesmas peças usadas para determinar a absorção de água foram também utilizadas para testes de resistência a compressão, visto que, para a realização do ensaio de resistência, as peças também devem ser saturadas por, no mínimo, 24 horas antes do ensaio. As peças foram serradas em formato hexagonal, devido ao formato da máquina de retificar. Dessa forma, os blocos foram retificados e, posteriormente, rompidos no laboratório da empresa PREDALLE. Os ensaios foram feitos através da máquina universal de ensaios mecânicos em conformidade com a NBR 9781 (ABNT, 2013).

Figura 6 – Bloco na prensa universal para ensaios



Fonte: Autoras (2018).

4 DISCUSSÃO DE RESULTADOS

4.1 Determinação da absorção de água

As Tabelas 3 e 4 apresentam os resultados dos testes de absorção de água. Para fins didáticos, os corpos de provas dos blocos foram nomeados de A até E.

Tabela 3 – Traço 1 - Blocos convencionais

Denominação Corpos-de-prova	Peso seco (kg)	Peso saturado (kg)	Absorção (%)
CP-A	2,790	2,820	1,07
CP-B	2,900	2,930	1,03
CP-C	2,820	2,850	1,06
CP-D	2,800	2,830	1,07
CP-E	2,820	2,840	0,70

Fonte: Autoras (2018)

Tabela 4 – Traço 2 - Blocos com resíduos de pneus

Denominação Corpos-de-prova	Peso seco (kg)	Peso saturado (kg)	Absorção (%)
CP-A	2,380	2,410	1,26
CP-B	2,440	2,470	1,22
CP-C	2,430	2,450	0,82
CP-D	2,490	2,510	0,80
CP-E	2,400	2,430	1,25

Fonte: Autoras (2018).

Conforme especifica a NBR 9781 (ABNT, 2013), as amostras devem possuir absorção de água com valor médio menor ou igual a 6%, não sendo aceito nenhum valor individual maior do que 7%. Segundo Fioriti *et al.* (2010), esse tipo de ensaio serve para indicar o nível de porosidade da peça. Quanto menor esse nível, consequentemente menor também será a

quantidade de água que a peça irá absorver e maiores serão as chances das resistências mecânicas e outras características serem maiores. Assim, a absorção de água pode indicar a durabilidade das peças de concreto.

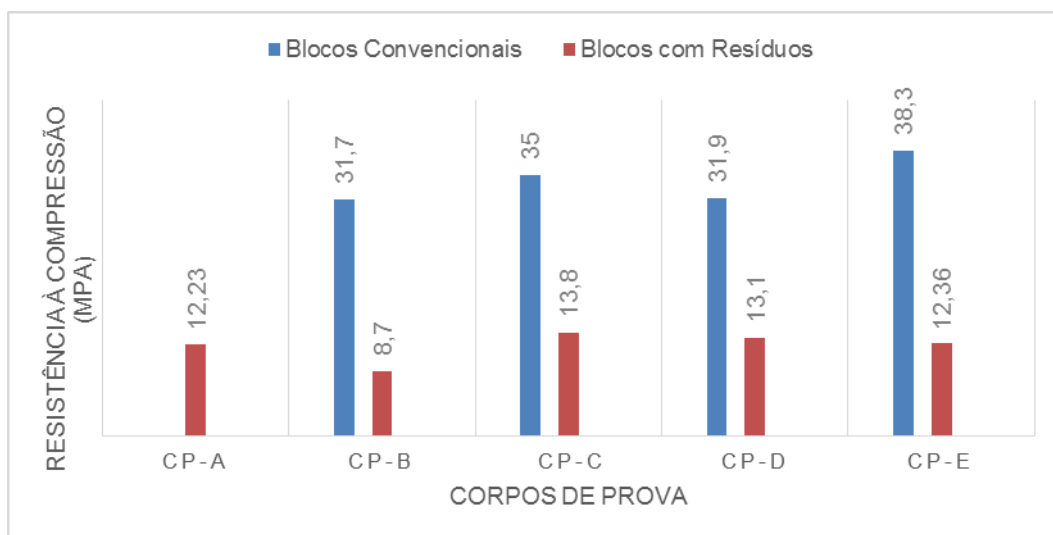
Ao analisar os resultados obtidos dos testes de absorção de água, pode-se constatar que os resultados foram satisfatórios para ambos os traços, uma vez que estão de acordo com a NBR 9781.

Percebe-se, entretanto, que, em relação ao traço de referência, o traço com resíduos de pneus apresentou um pequeno aumento (cerca de 8%) da absorção de água, comprovando que os resíduos de pneus ocasionaram um acréscimo de porosidade nas peças. Esse aumento, segundo Oliveira (2014), é proveniente da incorporação dos resíduos de pneus, uma vez que são responsáveis pelo maior teor de ar nas peças, devido a compactação que ocorre em pior qualidade.

4.2 Determinação da resistência característica à compressão

Para a determinação da resistência, devido a alguns problemas no decorrer da pesquisa, o corpo-de-prova CP-A referente aos blocos convencionais foi descartado, sendo assim, foram rompidas 9 peças de concreto. O gráfico 1 apresenta os valores individuais de cada peça nos testes de resistência característica a compressão.

Gráfico 1 – Resultados dos testes de resistência à compressão



Fonte: Autoras (2018).

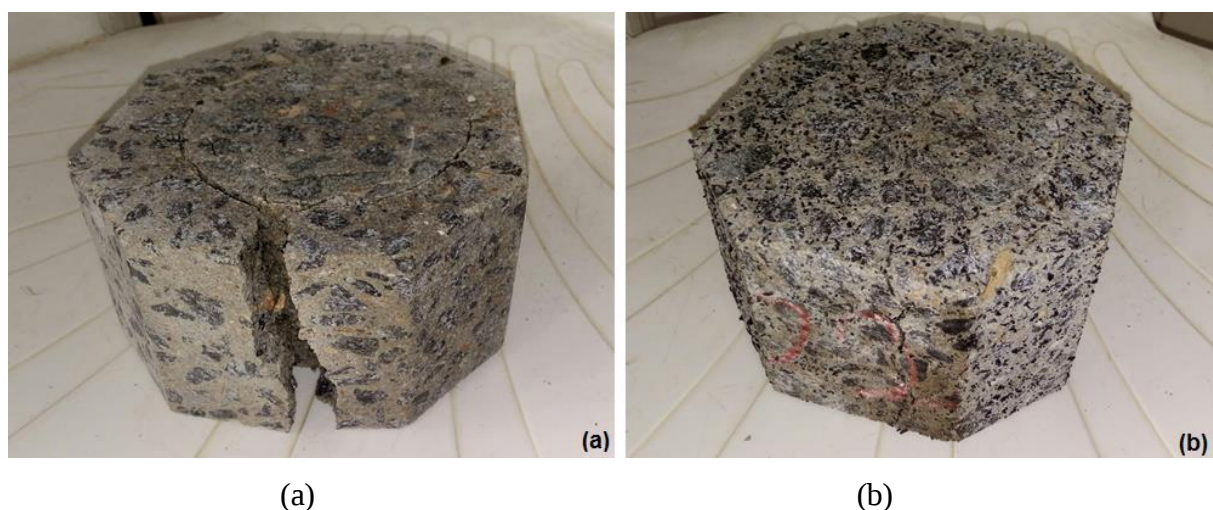
Quanto aos ensaios de resistência a compressão, as peças com a incorporação de resíduos apresentaram uma redução significativa da resistência, ao serem comparadas com as peças sem resíduos e com as especificações contidas em norma. Segundo a NBR 9781 (ABNT, 2013), a resistência mínima de compressão é de 35 MPa, uma vez que são destinadas a vias nas quais haverá tráfego de pedestres, veículos leves e comerciais de linhas. Portanto, os corpos-de-prova CP-B e CP-D referentes aos blocos convencionais e todos corpos-de-prova com resíduos não atingiram a resistência mínima que a norma exige.

Pode-se observar que as peças com resíduos que apresentaram maior resistência a compressão foram os corpos-de-prova CP-C e CP-D, visto que, conforme demonstra a Tabela 4, foram as peças que absorveram menor quantidade de água. Logo, verifica-se que foram, conseqüentemente, os blocos menos porosos, atingindo, assim, uma resistência maior. Observa-se também que isso também acontece com o corpo-de-prova CP-E das peças convencionais.

A média de resistência obtida dos blocos convencionais foi de 34,225 MPa. Já os blocos com a substituição da areia pelos resíduos da borracha de pneus, apresentaram uma média de 12,042 MPa. Constata-se uma redução de 64,82% com relação as resistências médias das peças com resíduos ao serem comparadas com as peças convencionais.

Ao analisar os corpos-de-prova após rompimento, constatou-se que os blocos convencionais (Figura 7a) apresentaram trincas com espessuras maiores quando comparado aos blocos com resíduos, que apresentaram pequenas fissuras após o rompimento (Figura 7b).

Figura 7 – Corpos-de-prova após os ensaios de resistência à compressão: (a) Convencional; (b) Com resíduos.



Fonte: Autoras (2018).

Os corpos-de-prova ainda foram analisados após duas horas de rompimento. A Figura 8a mostra que os convencionais apresentaram desintegração das partes laterais, o que não ocorreu para os corpos-de-prova com resíduos (Figura 8b).

Figura 8 - Corpos-de-prova após duas horas de rompimento: (a) Convencional; (b) Com resíduos.



Fonte: Autoras (2018).

Os blocos com resíduos apresentaram pequenas fissuras, conforme pode ser observado nas figuras 7b e 8b. Apesar dos blocos com resíduos apresentarem uma menor capacidade de resistência a compressão (Gráfico 1), não possuem ruptura frágil.

Diante disso, observou-se com a incorporação dos resíduos uma diminuição de trincas. Izídio Júnior *et al.* (2016) afirmaram que a borracha de pneus é fibrilar e, dessa forma, é capaz de propiciar uma melhor ligação, fazendo com que as partes não se desprendam; logo, as peças rompem; porém, não ocorre desagregação. Sendo assim, constatou-se que os blocos com resíduos da borracha possuem boa capacidade para absorver energia.

Dessa maneira, foi possível observar que os corpos-de-prova convencionais e os corpos com incorporação de resíduos de pneus apresentaram comportamentos distintos no ensaio de resistência a compressão. Sabe-se, entretanto, que as peças com resíduos foram rompidas a tensões menores, se comparadas às peças de referência; porém, como visto, os blocos se mantiveram praticamente íntegros em sua totalidade.

5 CONCLUSÃO

A geração de resíduos no Brasil aumentou de forma significativa nos últimos 10 anos. Nesse contexto, uma destinação correta de resíduos é de extrema importância. Dentre inúmeras alternativas para reutilizar e reciclar, destaca-se a incorporação de resíduos de pneus em novos materiais de construção, colaborando com a sustentabilidade através da redução de recursos naturais e possibilitando uma melhoria do ambiente, uma vez que amenizam os impactos ambientais.

A incorporação dos resíduos de pneus possibilitou que os blocos sextavados ficassem mais leves do que os blocos convencionais; além disso, apresentaram bons resultados com relação a absorção de água, uma vez que atingiram o valor máximo de 7% prescrito pela NBR 9781 (ABNT, 2013), indicando assim, que as peças apresentaram baixa porosidade.

Os ensaios de resistências a compressão das peças com a substituição parcial da areia por resíduo de pneus apresentaram valores inferiores aos obtidos pelos blocos de referência, não atingindo valores próximos a 35 MPa, que é o mínimo exigido pela NBR 9781. Sendo assim, conclui-se que as peças com incorporação dos resíduos de pneus não podem ser utilizadas para pavimentação de vias com solicitações de veículos leves e comerciais de linha.

Entretanto, apesar de não atingirem a resistência mínima exigida em norma, o material pode ser utilizado em locais nos quais não se faz necessidade de sobrecargas elevadas, como locais com baixa circulação, por exemplo, jardins, áreas de lazer, circulação de pedestres, praças, calçadas, ciclovias, entre outros.

Dessa forma, apesar da significativa perda de resistência, os resultados foram ambientalmente relevantes, uma vez que as peças podem ser utilizadas em locais com baixa circulação. Portanto, é possível concluir que há possibilidade do emprego de resíduos da borracha de pneus em substituição parcial a areia sob a perspectiva ambiental, uma vez que os resíduos da borracha de pneus foram testados com o objetivo de reduzir o consumo elevado de agregados naturais e, conseqüentemente, proporcionar um destino ambientalmente adequado para esses resíduos. Dessa maneira, conclui-se que a incorporação dos resíduos de pneus em blocos pode contribuir de maneira positiva na redução desses resíduos provenientes da recauchutagem, no qual são gerados em grande proporção atualmente; além da redução do consumo excessivo de agregados naturais. Portanto, é válida a sua aplicação, uma vez que contribui com o desenvolvimento sustentável.

Com os resultados atingidos, é possível afirmar, contudo, que é necessário um estudo mais aprofundado sobre o comportamento de resíduos da borracha de pneus em novos materiais. Para trabalhos futuros, sugere-se fazer uso de outros teores de substituição utilizando

um maior número de corpos de provas, a fim de proporcionar maior confiabilidade nos resultados.

6. REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, A. C. **Estudo das propriedades de concreto com adição de partículas de borracha de pneu**. 2009. 257 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tese) – Escola de Engenharia Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/16484>>. Acesso em: 18 nov. 2018.

ALVES, N. **9 materiais sustentáveis na construção civil**. Construct, 2017. Disponível em: <<https://constructapp.io/pt/materiais-sustentaveis-construcao-civil/>>. Acesso em: 15 set. 2018.

ANTONI, R.; FOFONKA, L. Impactos ambientais negativos na sociedade contemporânea. **Revista EA**. 2013. Disponível em: <<http://www.revistaea.org/artigo.php?idartigo=1557>>. Acesso em: 28 out. 2018

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **ABCP recomenda uso de pavimento que reduz enchentes**. 2011. Disponível em: <<https://www.abcp.org.br/cms/imprensa/banco-de-pautas/abcp-recomenda-uso-de-pavimento-que-reduz-enchentes/>>. Acesso em: 10 nov. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Manual do pavimento intertravado**. 2010. Disponível em: <<http://solucoesparacidades.com.br/wp-content/uploads/2012/08/ManualPavimentoIntertravado.pdf>>. Acesso em: 06 set. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9781: Peças de concreto para pavimentação**: Especificação e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2013.

BERTOLINI, F. R. G.; SANDRI, E. C.; CASIMIRO, L. A. O.; SOUZA, A. I. **Análise da viabilidade de investimentos para tornar ecologicamente correto o produto pavimento intertravado**. In: VI SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE GESTÃO E PROJETOS, INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE, 11., 2017, São Paulo. **Anais eletrônicos...** São Paulo: Universidade Nove de Julho, 2017. Disponível em: <http://singep.submissao.com.br/6singep/resultado/an_resumo.asp?cod_trabalho=242>. Acesso em: 19 ago. 2018.

BRASIL. LEI Nº 12.305, DE 02 DE AGOSTO DE 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, ago. 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm>. Acesso em: 23 set. 2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente, CONAMA. **Resolução CONAMA nº 001**, de 23 de janeiro de 1986.- In resoluções 1986. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>>. Acesso em: 23 set. 2018.

BRASIL. Ministério Do Meio Ambiente. **Construção sustentável**. Brasília, 2012. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/urbanismo-sustentavel/construcao-sustentavel>>. Acesso em: 19 ago. 2018.

BRASIL. **Resolução CONAMA Nº 416**, de 30 de setembro de 2009. Dispõe sobre a prevenção à degradação ambiental causada por pneus inservíveis e sua destinação ambientalmente adequada, e dá outras providências. Publicação DOU Nº 188, de 01 outubro de 2009, págs. 64-65. Disponível em:<<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=616>>. Acesso em 29 set. 2018.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Dez tópicos para a gestão da construção sustentável de empreendimentos**. 2018. Disponível em: <<https://cbic.org.br/dez-topicos-para-a-gestao-da-construcao-sustentavel-de-empresendimentos/>>. Acesso em: 10 set. 2018.

CARVALHO, J. D. V. **Dossiê técnico** – Fabricação e reciclagem de pneus. Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico, CTD/UnB. 2007, Brasília. Disponível em: <<http://sbri.ibict.br/dossie-tecnico/downloadsDT/MTk5>> Acesso em: 19 de set. 2018.

CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTAVEL. **Sustentabilidade na construção**. 2007. Disponível em: <<http://www.cbcs.org.br/website/noticia/show.asp?npgCode=DBC0153A-072A-4A43-BB0C-2BA2E88BEBAE>>. Acesso em: 29 out. 2018.

CUNHA, L. D.; SUARTE, J. S. M. **Impacto ambiental: uma perspectiva dos conceitos relacionados à efetividade dos princípios usados pelo Eia-Rima**. Revista FNG, 2017. Disponível em: <<http://fng.edu.br/1Arquivos/Doc/Menu/Revista/2017.1/IMPACTO%20AMBIENTAL%20-MA%20PERSPECTIVA%20DOS%20CONCEITOS%20RELACIONADOS%20%C3%80%20EFETIVIDADE%20DOS%20PRINCIPIOS%20USADOS%20PELO%20EIA-RIMA.pdf>> Acesso em: 29 out. 2018.

DALDEGAN, E. **Piso Intertravado: Aprenda como fazer e confira dicas importantes**. Engenharia Concreta, 2016. Disponível em: <<https://www.engenhariac oncreta.com/piso-intertravado-aprenda-como-fazer-e-confira-dicas-importantes/>>. Acesso em: 12 set. 2018.

FIORITI, C. F.; INO, A.; AKASAKI, J. L. Análise experimental de blocos intertravados de concreto com adição de resíduos do processo de recauchutagem de pneus. **Acta Scientiarum – Technology**, Maringá, v. 32, n. 3, p. 237-244, 2010.

FRASSOM JR., A.; OLIVEIRA A. L.; PRUDÊNCIO JR., L. R. Influência do processo produtivo nas resistências dos blocos de concreto. 2002. In: IX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE. **Anais...** Foz do Iguaçu, Paraná, 2002. Disponível em: <http://www.infohab.org.br/entac2014/2002/Artigos/ENTAC2002_0733 _740.pdf>. Acesso em: 23 set. 2018

FREITAS, W. L.; OLIVEIRA, L. B; SOUSA, L. A. Soluções sustentáveis para a construção civil: canteiros de obras em João Pessoa. **Revista InterScientia**. João Pessoa, 2016. Disponível em: <<https://periodicos.unipe.br/index.php/interscientia/article/view/369/478>>. Acesso em: 29 out. 2018.

HOOD, R. S. S. **Análise da viabilidade técnica da utilização de resíduos de construção e demolição como agregado miúdo reciclado na confecção de blocos de concreto para pavimentação**. 2006. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/12112267711>>. Acesso em: 26 ago. 2018.

IZÍDIO JÚNIOR, L. R.; SILVA JÚNIOR F. A.; PEREIRA D. D. **Estudo do comportamento do concreto produzido com adições de resíduos de borracha de pneus como parte do agregado miúdo**. 2016. 22º CBECiMat - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais 06 a 10 de Novembro de 2016, Natal, RN, Brasil.

JARDIM, R.R.; FLORA, D.D.; KUNZLER, S.; VENQUIARUTO S.; TEMP, A. **Viabilidade da substituição parcial do agregado miúdo natural por agregado de pet em concretos convencionais**. 2015. Disponível em: <seer.unipampa.edu.br/index.php/siepe/article/download/18226/7054>. Acesso em: 15 de out. 2018.

KAECHELE, V. E. **Logística reversa e a reciclagem de pneus**. 2014. Disponível em: <<https://www.webartigos.com/artigos/logistica-reversa-a-reciclagem-de-pneus/119344>>. Acesso em: 29 set. 2018.

LOTURCO, B. **Construção sustentável: benefícios e casos de sucesso**. Colete Aqui, 2017. Disponível em: <<http://blog.coteaqui.com.br/construcao-sustentavel/>> Acesso em: 16 de set. 2018.

MARINHO, A. A; SANTO J. O; BATISTA O. H. S; SOUZA J. K. S; LIMA C. T; SANTOS J. R. **Resíduos da indústria da construção civil e o seu processo de reciclagem para minimização dos impactos ambientais**. Ciências exatas e tecnológicas Maceió | v. 1 | n.1 | p. 73-84 | maio 2014 | periodicos.set.edu.br. Disponível em: <<https://periodicos.set.edu.br/index.php/fitsexatas/article/view/1337>> Acesso em: 20 de ago. 2018.

MORAND, F. G. **Estudo das principais aplicações de resíduos de obra como materiais de construção**. 2016. Monografia – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <http://www.monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10017420.pdf>. Acesso em: 24 set. 2018.

MORONI, A. Y. A sustentabilidade da extração de areia: um estudo de caso sobre a cooperativa catareia – Dom Pedrito/RS. **Revista Geografia em questão**, 2015. Disponível em: <<http://erevista.unioeste.br/index.php/geoemquestao/article/view/10224/8378>> Acesso em 16 de set. 2018.

NUNES, M. **A sustentabilidade e a construção civil**. Portal do Projetista, 2016. Disponível em: <<http://portaldoprojetista.com.br/a-sustentabilidade-e-a-construcao-civil/>> Acesso em: 14 de nov. 2018.

OLIVEIRA, C. **Utilização de resíduos de borracha de pneu na confecção de peças de concreto para pavimentação**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso – Bacharel em Engenharia Ambiental, Universidade Federal da Fronteira do Sul, Chapecó, 2014. Disponível em: <<https://rd.uffs.edu.br/bitstream/prefix/1397/1/OLIVEIRA%2C%20Caroline.pdf>>. Acesso em: 25 set. 2018.

OLIVEIRA NETO, D. M. **Uso da borracha de pneus para pavimentação asfáltica no Brasil: um panorama histórico**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Tese) – Curso Superior De Tecnologia Em Gestão Ambiental. Instituto Federal De Educação, Ciência E Tecnologia De Mato Grosso, Cuiabá, 2016. Disponível em: <http://tga.blv.ifmt.edu.br/media/filer_public/04/c8/04c8ceb6-dd71-40a1-9876-1730305ee679/diocelde_marques_de_oliveira_netto_-_uso_da_borracha_de_pneus_para_pavimentacao_asfaltica_no_brasil_um_panorama_historico.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2018.

PAIVA, P. A; RIBEIRO M. S. **A reciclagem na construção civil: como economia de custos**. Revistas Uni-FACEF Centro Universitário de Franca. São Paulo, 2011. Disponível em: <<http://periodicos.unifacef.com.br/index.php/rea/article/viewFile/185/37>>. Acesso em: 18 nov. 2018.

PETRA. **Bloquete de concreto sextavado**. 2018. Disponível em: <<http://www.petra.ind.br/>> Acesso em: out. 2018.

PIMENTEL, V. **Como é feito o bloquete que cobre as ruas?** 2018. Disponível em: <<http://www.diariodolitoral.com.br/sao-vicente/como-e-feito-o-bloquete-que-cobre-as-ruas/110280/>> Acesso em: 14 de nov. 2018.

RODRIGUES, J. P. C.; SANTOS, C. C. **Resistência à compressão a altas temperaturas do betão com agregados reciclados de borracha de pneu**. In: CONGRESSO IBERO LATINO AMERICANO SOBRE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO, 2, 2013, Coimbra. **Anais eletrônicos...** Coimbra: Universidade de Coimbra, p. 1-10, 2013. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/261170989_RESISTENCIA_A_COMPRESSAO_A_ALTAS_TEMPERATURAS_DO_BETA_O_COM_AGREGADOS_RECICLADOS_DE_BORRACHA_DE_PNEU>. Acesso em: 19 ago. 2018.

ROSSI, A. C. **Etapas de uma obra de pavimentação e dimensionamento de pavimento para uma via na Ilha do Fundão**. 2017. Monografia – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10019646.pdf>>. Acesso em: 24 set. 2018.

SILVA, A. C. **Impactos ambientais causados pela extração de areia no Rio Paraíba, no trecho da cidade de Pilar – PB**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade

Federal da Paraíba, Paraíba, 2016. Disponível em: <<http://www.ccen.ufpb.br/ccblg/contents/documentos/bacharelado/trabalhos-de-conclusao-de-curso-2016.2/adriano-cavalcanti-da-silva.pdf/view>>. Acesso em: 18 nov. 2018.

SILVA, F. M. **Análise da aplicação de resíduo de borracha de pneus em piso tátil intertravado de concreto**. 2014. 103 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Tecnologia, Limeira, SP. Disponível em: <<http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/267711>>. Acesso em: 26 ago. 2018.

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE COMPONENTES PARA VEÍCULOS AUTOMOTORES. **Relatório da frota circulante em 2018**. 2018. Disponível em: <https://www.sindipecas.org.br/sindinews/Economia/2018/R_Frota_Circulante_2018.pdf> Acesso em: 26 set. 2018.

SOUSA, F. **A extração de areia no rio Iguaçu, ou não é só poluição por esgotos que destrói um rio**. 2017. Disponível em: <<https://ferdinandodesousa.com/2017/09/06/a-extracao-de-areia-no-rio-iguacu-ou-nao-e-so-a-poluicao-por-esgotos-que-destroi-um-rio/>>. Acesso em: 24 set. 2018.

TODESCAN, M. **Materiais alternativos ajudam construir de forma mais sustentável**. Rede Globo: Globo Ecologia, 2013. Disponível em: <<http://rede.globo.globo.com/globoecologia/noticia/2012/10/materiais-alternativos-ajudam-construir-de-forma-mais-sustentavel.html>> Acesso em: 15 de set. 2018.

WIEBBELLING, P. O. G. **Pavimento com blocos intertravados de concreto: estudo de caso na Univates**. 2015. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade do Vale do Taquari - Univates, Lajeado, 27 nov. 2015. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10737/953>>. Acesso em: 18 nov. 2018