

Análise experimental de blocos intertravados de concreto com adição de resíduos do processo de recauchutagem de pneus

Cesar Fabiano Fioriti^{1*}, Akemi Ino² e Jorge Luís Akasaki³

¹Departamento de Planejamento, Urbanismo e Ambiente, Universidade Estadual Paulista, Rua Roberto Simonsen, 305, 19060-900, Presidente Prudente, São Paulo, Brasil. ²Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, São Paulo, Brasil. ³Departamento de Engenharia Civil, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, São Paulo, Brasil.

*Autor para correspondência. E-mail: cffioriti@hotmail.com

RESUMO. Com o aumento da população nos últimos anos, a indústria de modo geral tem se adequado à demanda resultante. A indústria do processo de recauchutagem de pneus gera resíduos que em sua maioria têm sido descartados sem nenhum controle. Este fato contribui para aumentar a poluição ambiental e favorecer a proliferação de vetores nocivos à saúde. Visando encontrar uma aplicação para esse tipo de resíduo, neste trabalho serão apresentados resultados experimentais de blocos intertravados para pavimentos de concreto, com traços adicionados de resíduos de pneus. Foram confeccionados blocos intertravados em que se determinou, por meio de ensaios laboratoriais, a necessidade de se fixar o traço que desse maior retorno quanto às características analisadas. Verificaram-se quatro tipos de traços de concreto com resíduos de pneus. Procedeu-se aos ensaios de resistência mecânica à compressão, absorção de água e resistência ao impacto. Pelos resultados preliminares obtidos, verificou-se que são satisfatórios, confirmando-se a possibilidade de aplicação desse tipo de bloco intertravado em ambientes com solicitações baixas, o que traria, além da economia das fontes naturais de agregados, benefícios ecológicos pela reutilização dos resíduos da recauchutagem de pneus.

Palavras-chave: resíduos de pneus, blocos intertravados, concreto, material alternativo.

ABSTRACT. Analysis of experimental interlocking blocks of concrete with addition of residues of process the tires retreading production. With the population growth in recent years, industry in general has adjusted itself to resulting demand. the industry of tire retreading generates residues that have been discarded without any control. this adds to environmental pollution and promotes the proliferation of vectors harmful to health. aiming to find an application for this type of residues, this study presents experimental results to interlocking concrete block pavements, with addition of residues tires. interlocking blocks were built up and we determined, through laboratory tests, the need to set the mark that provide greater return regarding analyzed characteristics. there are four types of dosage of concrete with residues tires. We accomplished tests of compression strength, water absorption and resistance to impact. Through the preliminary results, we verified that are satisfactory, confirming the possibility of applying this type of interlocking block in environments with low demand, which would bring the economy of natural sources of aggregates, beyond ecological benefits through the reuse of residues from retreading of tires.

Key words: tires residues, interlocking blocks, concrete, alternative material.

Introdução

Os pavimentos intertravados de concreto (Figura 1) se desenvolveram a tal ponto que se pode afirmar não existir um nicho da engenharia que não tenha sido permeado por esse tipo de pavimento, entre os quais podemos citar: pátios, calçadas, praças, ruas, caminhos, rodovias, pisos industriais, portos, aeroportos e em quase todos os lugares do mundo, em maior ou menor quantidade.

No final da década de 1970, proliferaram os sistemas de fabricação de blocos intertravados em todo o mundo e pelo menos 200 tipos de formas e diversos tipos de equipamentos de fabricação eram comercializados. No início da década de 1980, a produção anual já ultrapassava 45 milhões de metros quadrados, sendo 66% deste total aplicados em vias de tráfego urbano. A indústria mundial de fabricação de blocos intertravados, no final da década de 1990, chegou à impressionante marca de produção de 100

m² por segundo durante os dias úteis de trabalho. Nos Estados Unidos, a cada cinco anos, dobra-se a quantidade, em metros quadrados, de pavimentos que aplicam essa técnica (SMITH, 2003).

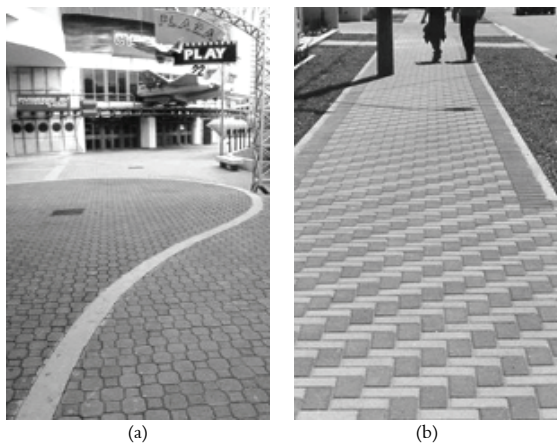


Figura 1. Pavimentos intertravados: a) pátio de shopping center; b) calçada.

Fonte: Técnica Paver (2007).

A indústria de pavimentos intertravados vem crescendo em grandes proporções em todo o mundo. O que era material utilizado apenas em áreas para se proporcionar melhores efeitos arquitetônicos ou paisagísticos, começou a dar lugar a um material versátil que possibilita a harmonização com qualquer tipo de ambiente, inclusive o rodoviário e o industrial.

De maneira paralela ao desenvolvimento e à crescente utilização de pavimentos intertravados de concreto, sabemos que, por uma série de razões, a utilização de resíduos pela indústria da construção civil está se tornando cada vez mais importante. Da mesma forma, sabe-se que o número de veículos em circulação aumenta todos os anos, gerando, entre outras coisas, subprodutos da utilização desses veículos como, por exemplo, os resíduos do processo de recauchutagem de pneus.

A recauchutagem consiste fundamentalmente em se aproveitar a estrutura resistente do pneu gasto, desde que esta esteja em boas condições de conservação, e incorporar-lhe uma nova borracha de piso (banda de rodagem), de forma a que aquele ganhe outra vida (Figura 2).

Segundo estimativas, 70% dos veículos de carga e passageiros no Brasil utilizam pneus com essa técnica, o que faz nosso país ocupar o segundo lugar no ranking mundial. Com essa operação, o pneu mantém basicamente as mesmas características técnicas e de comportamento do pneu original, a custos muito inferiores. Relativamente ao pneu novo, poupa-se cerca de 75%, quer em nível de

materia-prima como em nível energético, o que se traduz simultaneamente numa poupança econômica e ambiental. A recauchutagem aumenta a vida útil do pneu em até 40% e economiza 80% de energia e matéria-prima em relação à produção de pneus novos.

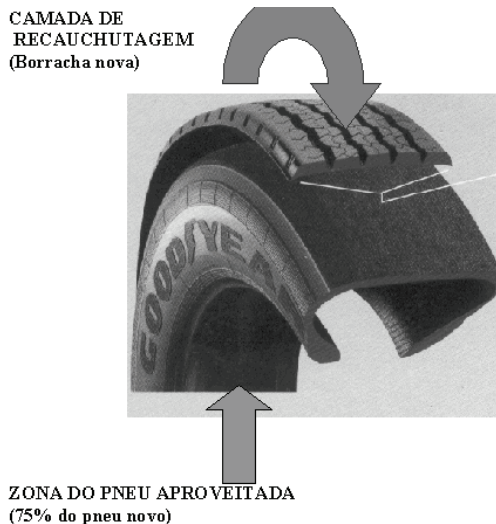


Figura 2. Pneu preparado para receber nova camada de borracha.

Fonte: Netresíduos (2007).

A reutilização de pneus contribui, hoje, em larga escala, para requalificação dos resíduos industriais, impedindo que sejam colocados nos aterros, incinerados ou espalhados pela paisagem.

Por outro lado, a recauchutagem de pneus é fonte que contribui em grande número para o acúmulo de resíduos de borracha que são obtidos durante esse processo e esses resíduos se encontram na forma de fibras e pó de borracha. O impacto visual causado pelos resíduos da recauchutagem é negativo, e os depósitos de resíduos de pneus a céu aberto oferecem condições apropriadas para o desenvolvimento de vários tipos de vetores, além de existir também o risco de incêndios. Neste trabalho, os resíduos de borracha provenientes da recauchutagem de pneus serão referenciados apenas como ‘resíduos de pneus’. O objetivo geral é avaliar experimentalmente a incorporação dos resíduos de pneus na produção de blocos para pavimentação intertravada, por meio de ensaios de resistência mecânica à compressão, absorção de água e resistência ao impacto.

Material e métodos

Os ensaios foram realizados no Laboratório de Engenharia Civil da Companhia Energética de São Paulo (CESP) e no Laboratório de Engenharia Civil da Universidade Estadual Paulista (Unesp), ambos da cidade de Ilha Solteira, Estado de São Paulo.

Os materiais utilizados foram o cimento CPV-ARI, areia natural, pedrisco de basalto e os resíduos de borracha. Inicialmente, foram determinadas as massas específicas (unitária e absoluta) dos materiais, com a finalidade de caracterizá-los.

A amostra de resíduos de pneus passou por etapa de beneficiamento, ou seja, todo o material utilizado foi separado com o auxílio de agitador de peneiras mecânico. Mesmo assim, o material separado para a pesquisa apresentou, de forma reduzida, uma quantidade de aço e nylon. Dessa forma, foi realizada triagem manual no material para a retirada dessas impurezas. A fração escolhida foi os resíduos que passaram na peneira de abertura de malha 1,19 mm, que resultou em frações de material mais uniforme (Figura 3).



Figura 3. Resíduos de pneus após peneiramento.

O formato dos blocos intertravados fabricados foram os segmentados com relação comprimento/largura igual a dois, com dezesseis faces, ver as dimensões do modelo na Tabela 1, cujas características permitem que os pavimentos, utilizando esses blocos, sejam montados em qualquer posição, além de oferecer melhor intertravamento das peças pelo fato de entrelaçarem entre si nos quatro lados (Figura 4).

Tabela 1. Dimensões dos blocos intertravados de concreto.

Piso	Largura (mm)	Comprimento (mm)	Altura (mm)	Número (Peças m ⁻²)
Bloco	110	220	60	39,50

Para a determinação dos traços do concreto com os resíduos de pneus, primeiro foi estabelecido o traço de referência. Ficou definido que o traço de referência seria o mesmo praticado pela fábrica que cedeu o uso de suas instalações para a realização deste trabalho, onde o traço escolhido é o mesmo utilizado por tal empresa na confecção e

comercialização de suas peças produzidas. Esta opção foi feita, tendo como base que o equipamento de moldagem influencia nas características de qualidade dos blocos intertravados, e, segundo informações tiradas na fábrica, o traço utilizado tinha sido elaborado com fins específicos para o equipamento e agregados utilizados pela mesma. Diante disso, foram preparados quatro diferentes traços de concreto com adição de resíduos de pneus e um sem adição de resíduos – traço de referência.

O processo de fabricação dos blocos intertravados seguiu a mesma metodologia da linha de produção utilizada pela fábrica utilizada neste estudo, diferenciando-se apenas no aspecto de proporcionamento dos materiais, pois na fábrica os materiais são proporcionados em volume e no trabalho foram proporcionados em massa.

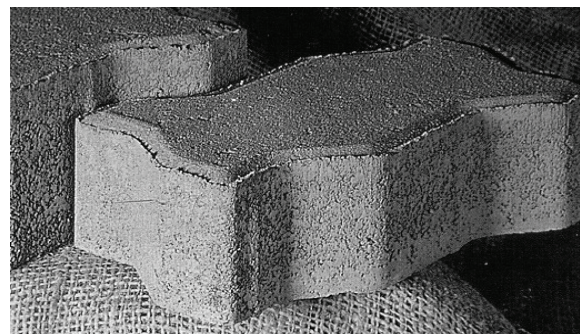


Figura 4. Bloco intertravado segmentado, com 16 faces.

Os traços para a produção do concreto com resíduos de pneus foram determinados a partir do traço do concreto de referência, levando-se em consideração o teor de substituição dos agregados. Os teores de resíduos utilizados foram: 8, 10, 12 e 15%, em volume. Esse intervalo de percentual utilizado representa quantidades significativas, considerando-se que a massa específica dos resíduos de pneus é baixa.

A fabricação dos blocos intertravados se realizou em uma máquina vibro-prensa semiautomática pneumática, ilustrada na Figura 5, indicada para a produção em escala industrial compacta.

O método de cura empregado foi a cura úmida, por meio de aspersão de água, que se realizou no pátio da fábrica de pré-moldados pelo período de sete dias.

Aos 28 dias de idade foram ensaiados um total de 85 blocos intertravados, sendo 13 para cada dosagem de concreto (10 blocos para resistência à compressão, 6 blocos absorção de água e 1 bloco para resistência ao impacto).

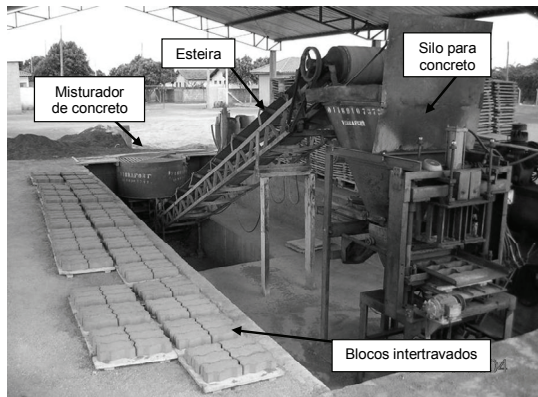


Figura 5. Vibro-prensa semiautomática utilizada.

Todo o processo do ensaio para determinação da resistência à compressão foi baseado no método descrito na NBR 9780 (ABNT, 1987a). A Figura 6 ilustra um bloco intertravado na prensa para ensaio de resistência à compressão.

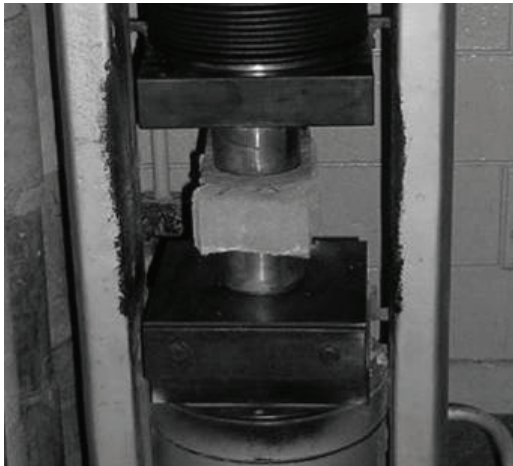


Figura 6. Bloco intertravado na prensa para ensaio de compressão.

O ensaio de absorção de água (Figura 7), indica o nível de porosidade de uma peça. Quanto menor a porosidade de uma peça, menor a quantidade de água que ela absorve, conseqüentemente, maiores poderão ser suas resistências mecânicas e suas características técnicas. Este ensaio foi realizado de acordo com a NBR 12118 (ABNT, 2007), pela carência de normas específicas para os blocos intertravados no Brasil.

Um dos ensaios que permitem estudar os efeitos das cargas dinâmicas é o ensaio de impacto. Este ensaio é usado para se medir a tendência de um material de se comportar de maneira frágil. O choque ou impacto representa um esforço de natureza dinâmica, porque a carga é aplicada repentina e bruscamente. A resistência ao impacto teve por finalidade estabelecer um parâmetro para se avaliar a resistência dos blocos intertravados produzidos, cuja determinação, ao que tudo indica,

pode ser fator importante na especificação dos blocos, com relação à sua aplicação. Pela não-existência de norma específica para a avaliação dessa propriedade, o ensaio de resistência ao impacto foi realizado com auxílio da extinta NBR 9454 (ABNT, 1986). Entretanto, teve o auxílio do instrumento visualizado na Figura 8.

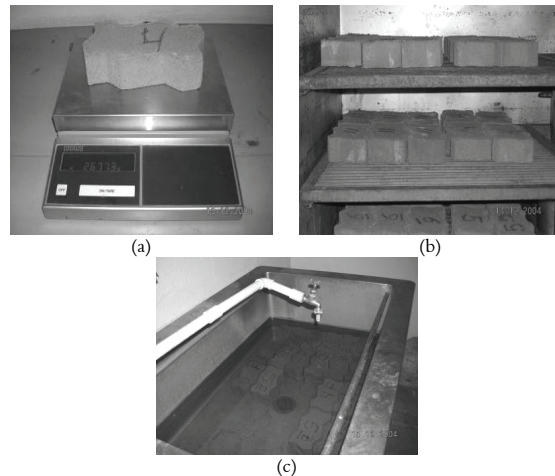


Figura 7. Ensaio de absorção de água: a) bloco na balança digital; b) blocos em processo de secagem na estufa e c) tanque de água com blocos submersos.

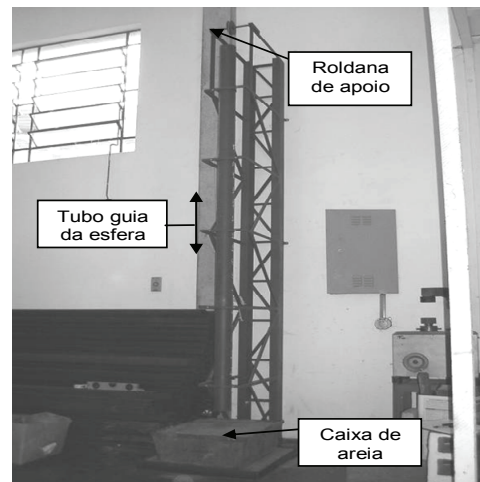


Figura 8. Instrumento utilizado no ensaio de resistência ao impacto.

Resultados e discussão

A Tabela 2 apresenta os resultados da massa específica aparente e absoluta dos materiais utilizados. O consumo de materiais utilizados em cada traço é apresentado posteriormente na Tabela 3.

Tabela 2. Massa específica dos materiais.

Materiais	Massa Específica Aparente (g cm^{-3})	Massa Específica Absoluta (g cm^{-3})
Cimento	1,130	3,090
Areia	1,518	2,620
Pedrisco	1,352	2,728
Resíduos de Pneus	0,348	1,090

Tabela 3. Consumo de materiais utilizados nos traços.

Traço	Resíduos		Cimento		Areia		Pedrisco		Água		a/c
	% vol.	kg m ⁻³	% vol.	kg m ⁻³	% vol.	kg m ⁻³	% vol.	kg m ⁻³	% vol.	kg m ⁻³	
A-0% res.	0,00	0,00	17,18	346,61	49,48	1307,41	24,75	605,12	8,59	153,37	0,44
B-8% res.	8,00	48,83	16,39	323,06	42,25	1090,44	25,95	619,80	7,41	129,22	0,40
C-10% res.	10,00	65,18	15,35	323,06	45,25	1247,64	22,46	573,39	6,94	129,22	0,40
D-12% res.	12,00	74,67	16,08	323,06	43,34	1140,22	21,31	518,79	7,27	129,22	0,40
E-5% res.	15,00	88,15	18,28	347,00	34,15	848,88	24,30	559,10	8,27	138,90	0,40

vol. = volume; res. = resíduos de borracha; F_p = resistência média (10 blocos intertravados).

Os percentuais de resíduos de pneus foram definidos, levando-se em consideração resultados obtidos nas referências encontradas, tais como Siddique e Naik (2004), Sukontasukkul e Chaikaew (2006) e Marques et al. (2008), que utilizaram teores de resíduos que variaram de 3 a 20% em volume em suas composições e que constataram que o concreto com essa faixa de resíduos tem tendência à perda de resistência à compressão e à tração menor do que quando se utilizaram percentuais acima de 20%.

Optou-se pela substituição dos percentuais de areia em maiores quantidades que os de pedrisco na incorporação dos resíduos de pneus, visto que, para Sukontasukkul e Chaikaew (2006), essa relação proporcionou no concreto a obtenção de aumento de resistência à compressão, caso que não aconteceu quando utilizada a proporção inversa na incorporação dos resíduos de pneus.

A redução da relação a/c da ordem de 0,44 para 0,40 foi determinada após a confecção do lote de blocos intertravados de referência, quando, na sequência, a fabricação dos blocos intertravados com resíduos de pneus se mostrou problemática no sentido de as peças se desmancharem no momento da etapa de desmoldagem ou mesmo durante o início do transporte das peças até o local destinado à cura. Nesta fase, em vários momentos, teve-se que voltar o concreto para o silo da vibro-prensa para que os blocos fossem confeccionados novamente. Este fato nos chamou a atenção no sentido de que a borracha de pneu é material que não absorve a água e, partindo-se da hipótese que a água de amassamento utilizada foi absorvida em maior quantidade pelos agregados, esse motivo pode ter sido o causador das dificuldades encontradas durante a fabricação dos blocos intertravados.

Diante do exposto, para a fabricação dos lotes seguintes de blocos intertravados determinou-se que a relação a/c seria reduzida para a ordem de 0,40, e esse tipo de problema não mais se repetiu ao longo do trabalho.

Na sequência, são apresentados os resultados dos ensaios de resistência à compressão na Figura 9.

Como pode ser observado na Figura 9, o aumento do teor de resíduos de pneus tende a diminuir a resistência à compressão, de maneira geral em comparação com o traço de referência,

confirmando os resultados obtidos por Sukontasukkul e Chaikaew (2006) que trabalharam com blocos de concreto para alvenaria. Entretanto, é importante considerar a influência da forma, textura e granulometria dos agregados sobre a resistência à compressão dos blocos intertravados produzidos.

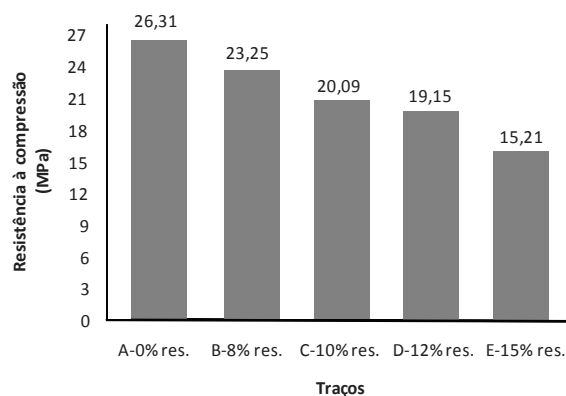


Figura 9. Resultados dos ensaios de resistência à compressão.

Observa-se que, pela Tabela 3, quanto maior o teor de substituição da areia, maior foi o resultado de resistência à compressão alcançado para cada percentual de resíduo estudado. Essa constatação pode ser observada por meio da análise das dosagens ‘B-8% res.’, ‘C-10% res.’, ‘D-12% res.’. Pode-se afirmar que a substituição da areia em maior quantidade que a de pedrisco na composição do concreto dos blocos intertravados melhora sua resistência à compressão.

Durante a execução dos ensaios, os blocos intertravados de referência e os com resíduos de pneus tiveram comportamentos diferentes. De maneira geral, foi observado que a configuração dos blocos com resíduos de pneus, que apesar de rompidos a tensões menos elevadas em sua maioria, apresentou aumento de volume e manteve quase toda sua integridade, como se estivesse sob efeito de confinamento.

Nos concretos de consistência seca, a resistência é fator dependente da compactação final da peça moldada, que, por sua vez, depende da seleção da dosagem para o tipo de energia de adensamento que é empregada. Os finos presentes na dosagem podem ser do cimento ou do próprio agregado. Assim, a

resistência do bloco intertravado não é função direta do consumo de cimento, como acontece nos concretos plásticos.

Diante dos resultados obtidos, não foi possível atingir a resistência mínima à compressão, que é de 35 MPa, estabelecida pela NBR 9780 (ABNT, 1987a). O equipamento utilizado, uma vibro-prensa semiautomática pneumática, não dispõe de recursos necessários (compactação e vibração) para se conseguir resistência tão elevada como a especificada na norma brasileira. Algumas discussões sobre a resistência mecânica dos blocos intertravados apontam falta de consenso sobre o melhor método de ensaio para resistência e a influência do estado de umidade das amostras no momento de realização do ensaio nos resultados. Chega-se à conclusão que os valores exigidos na norma brasileira de 35 e 50 MPa poderiam ser revistos, já que por enquanto esse é o único quesito exigido em relação a ensaio para se fazer uso dos blocos intertravados no Brasil.

Com relação à absorção de água, esta propriedade está relacionada com a medição do volume de poros no concreto e não à facilidade com que o fluido pode penetrar no concreto. Conforme descrito na NBR 12118 (ABNT, 2007), na qual o ensaio foi baseado, a imersão dos blocos intertravados por 24h é suficiente para preencher totalmente os poros existentes no bloco de concreto para alvenaria, e o mesmo período de tempo foi adotado no ensaio com os blocos intertravados. Na Figura 10 podem ser visualizados os resultados desses ensaios.

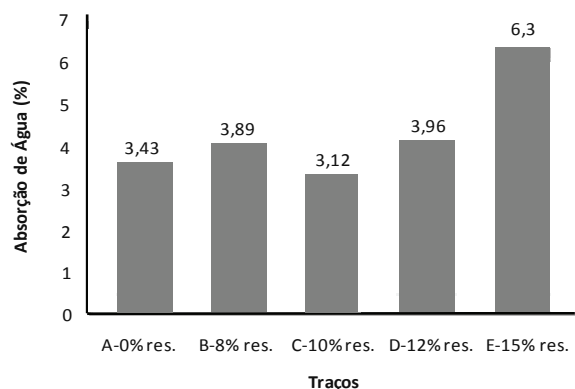


Figura 10. Resultados dos ensaios de absorção de água.

Tabela 4. Resultados dos ensaios de resistência ao impacto.

Traço	Determinação da Resistência ao Impacto nos Blocos Intertravados								
	Idade (dias)	1ª Fissura Observada			Última Fissura Observada				
		Número de Impactos	Altura de Queda (m)	Resistência ao Impacto (J)	Espessura (mm)	Número de Impactos	Altura de Queda (m)	Σ de Energia (J)	Espessura (mm)
A-0%	< 28	7	0,80	17,15	0,10	10	1,00	26,47	2,00
B-8%	< 28	10	1,10	31,87	0,10	15	1,60	66,22	1,00
C-10%	< 28	10	1,10	31,87	0,10	14	1,50	58,37	1,00
D-12%	< 28	9	1,00	26,47	0,10	12	1,30	44,14	1,00
E-15%	< 28	9	1,00	26,47	0,10	13	1,40	51,01	1,00

Os resultados da Figura 10 indicaram que a absorção está associada ao consumo de cimento utilizado e à compactação dos blocos intertravados. Assim, a absorção de água fornece medida de durabilidade dos blocos intertravados, pois indiretamente aponta o volume de vazios existentes nos blocos e com isso sua permeabilidade.

Com relação a percentuais máximos admitidos, o valor típico de controle utilizado pelas normas internacionais de blocos intertravados é de 6% de absorção. Com relação à NBR 12118 (ABNT, 2007), seu limite máximo de absorção é de 10%.

Na Figura 10, observa-se que, embora o traço com 'C-10% de res.' estabeleceu absorção de água ligeiramente menor quando comparada aos traços 'A-0% de res.', 'B-8% de res.' e 'D-12% de res.', não há diferença significativa entre eles.

Neste trabalho ficou constatado que o uso de resíduos de pneus não altera de forma significativa a propriedade de absorção de água no concreto, baseado em que praticamente todos os traços de blocos intertravados com resíduos de pneus que apresentaram as maiores resistências à compressão também foram os que apresentaram menores valores de absorção de água, confirmando os mesmos resultados encontrados por Marques et al. (2008) que trabalhou com concreto e argamassa.

No ensaio de resistência ao impacto, sabe-se que o impacto representa um esforço de natureza dinâmica, porque a carga é aplicada de forma repentina e bruscamente. Na Tabela 4 são apresentados os valores obtidos com o ensaio de resistência ao impacto nos blocos intertravados. Este ensaio seguiu as prescrições da extinta NBR 9454 (ABNT, 1986).

De acordo com a Tabela 4, verifica-se que foi necessário menos impacto e, conseqüentemente, menos energia para a observação da primeira fissura do bloco intertravado de referência, em relação às fissuras iniciais dos blocos intertravados com adição de resíduos de pneus.

Analisando-se sob outro ponto de vista, destaca-se que, ao se examinar a evolução da primeira fissura até a última observada, podem-se constatar em todos os casos as seguintes ocorrências:

- para o bloco intertravado de referência, a aplicação de um único impacto subsequente à ocorrência da primeira fissura determinou o aumento da abertura desta em no mínimo 1 mm e ainda resultou no seccionamento total do bloco (Figura 11);

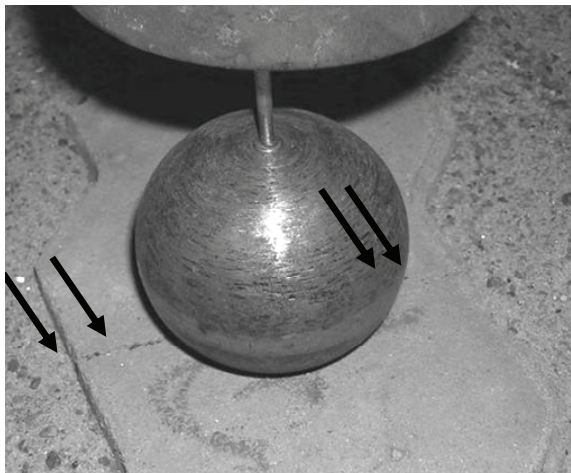


Figura 11. Última fissura observada (2 mm) em bloco intertravado de referência.

- para os blocos intertravados com resíduos de pneus à aplicação de alguns impactos subsequentes à ocorrência da primeira fissura até o limite estipulado pela altura de 1,60 m do instrumento utilizado no ensaio resultou tão somente no aumento da abertura das fissuras em no máximo 1 mm e, além disso, acarretou o seccionamento total dos blocos intertravados.

Podemos afirmar que o concreto com resíduos de pneus tem significativo aumento da capacidade de absorver energia por deformação, conforme relataram também Siddique e Naik (2004) em seus resultados em corpos de prova de concreto.

Com relação ao bloco intertravado com 12% de resíduos (traço 'D'), os resultados da Tabela 4 indicaram que foi o traço que propiciou a maior capacidade de absorção de energia, indicando que a propriedade de resistência à compressão não é influenciada pela maior capacidade de absorção de impacto dos blocos intertravados.

De maneira geral, os blocos intertravados que contêm resíduos de pneus suportaram maior absorção de energia antes de seu seccionamento, se comparados com o bloco intertravado de controle, e, ao que indica, possuem bom potencial para aplicação em ambientes que exijam baixa resistência mecânica, como, por exemplo, calçadas e praças.

Conclusão

Os ensaios de resistência à compressão nos blocos intertravados com incorporação de resíduos apresentaram valores mais baixos em

comparação com os blocos intertravados de referência, porém, nenhum dos traços de blocos intertravados atingiu o valor mínimo de 35 MPa prescrito na NBR 9781 (ABNT, 1987b) para solicitações leves.

Os blocos intertravados com adição de resíduos de pneus apresentaram, em sua maioria, índices de absorção de água por imersão abaixo do limite típico estipulado pelas normas internacionais para blocos intertravados, que é de 6%. Ainda assim, todos os traços de blocos tiveram absorção menor que o limite máximo de 10% prescrito na NBR 12118 (ABNT, 2007), que se refere aos blocos de concreto para alvenaria. Em alguns casos, os resultados da absorção dos traços de blocos intertravados com resíduos foram menores que o traço de referência, indicando que não podemos afirmar piora dessa propriedade, mas confirmar controvérsias das literaturas, em que alguns pesquisadores afirmam que essa propriedade não é influenciada e outros afirmam que ocorre maior absorção em função da incorporação dos resíduos de pneus.

Nos ensaios de resistência ao impacto, o comportamento de ruptura dos blocos intertravados com adição de resíduos de pneus foi diferente do bloco de referência e foram observadas significativas alterações que demonstraram a efetiva participação física dos resíduos de pneus na contenção do seccionamento dos blocos intertravados. Porém, não foi possível quantificar tal contribuição, mas é visível o aumento da capacidade de absorção de energia (tenacidade) dos blocos intertravados com adição dos resíduos de pneus.

Os resultados obtidos nas experimentações indicam que o uso de blocos intertravados com resíduos de pneus pode ser feito em ambientes com solicitações leves, como, por exemplo, em calçadas, praças, ciclovias e condomínios residenciais. Tem-se como indicativo de melhores resultados, avaliando-se todos os ensaios, o percentual de 8 a 12% de resíduos a ser adicionado no concreto dos blocos intertravados, com consumo de cimento em torno de 325 kg m⁻³.

Referências

- ABNT-Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9454**: determinação da resistência ao impacto de piso cerâmico. Rio de Janeiro, 1986. (Norma extinta).
- ABNT-Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9780**: peças de concreto para pavimentação - determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1987a.
- ABNT-Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9781**: peças de concreto para pavimentação - especificação. Rio de Janeiro, 1987b.
- ABNT-Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12118**: blocos vazados de concreto simples para alvenaria -

determinação da absorção de água, do teor de umidade e da área líquida. Rio de Janeiro, 2007.

MARQUES, A. C.; AKASAKI, J. L.; TRIGO, A. P. M.; MARQUES, M. L. Influence of the surface treatment of tire rubber residues. **Ibracon Structures and Materials Journal**, v. 2, n. 2, p. 1-9, 2008.

NETRESÍDUOS. Disponível em: <<http://www.netresiduos.com>>. Acesso em: 20 jul. 2007.

SIDDIQUE, R.; NAIK, T. R. Properties of concrete containing scrap-tire rubber – an overview. **Waste Management**, v. 24, n. 6, p. 563- 569, 2004.

SMITH, D. R. Grand entrances. **Interlocking Concrete Magazine**, v. 10, n. 2, p. 4, 2003.

SUKONTASUKKUL, P.; CHAIKAEW, C. Properties of concrete pedestrian block mixed with crumb rubber. **Construction and Building Materials**, v. 20, n. 7, p. 450-457, 2006.

TÉCNICA PAVER. Disponível em: <<http://www.paver.com.br>>. Acesso em: 20 jul. 2007.

Received on December 14, 2008.

Accepted on October 16, 2009.

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.