ESTUDO E ANÁLISE DA FABRICAÇÃO DE CONCRETO A PARTIR DO USO DE RESÍDUOS DE BORRACHA DE PNEUS

Camila Dias Pinaffi¹; Nayara Coelho Silva¹; Marina Ramos Furlan Solina¹; Filipe Bittencourt Figueiredo²; Leila Maria Couto Esturaro Bizarro²; Cássio Fabian Sarquis de Campos².

¹Discente, ²Docente UNOESTE, Presidente Prudente, SP. E-mail: cassio@unoeste.br

RESUMO

A utilização de resíduos de borracha na construção civil tem proporcionado estudos com intuito de contribuir para as possíveis vantagens no uso destes como agregados no concreto. Tal prática visa diminuir o acúmulo deste resíduo na natureza contribuindo assim para uma solução mais sustentável para área da engenharia civil e sociedade. O objetivo é estudar e avaliar a resistência à compressão de um concreto produzido com resíduos de borrachas de pneus ao substituir gradativamente a areia lavada na estrutura. Toda metodologia adotada neste trabalho seguiu as normas técnicas destinadas para esta prática. Os traços consistiram de um piloto para parâmetro e outros com teores de borracha de pneu substituindo o agregado miúdo nas proporções de 15%, 20% e 30% em relação ao traço piloto. A substituição mais satisfatória foi a de 15% apresentando resistência de 15 MPa aos 28 dias de idade. Concluiu-se que o concreto produzido a partir da substituição da areia por resíduos de pneus pode ser utilizado em obras que não necessitem de uma resistência característica maior que 15 MPa.

Palavras-chave: Resíduos; Reaproveitamento; Pneus; Construção Civil; Sustentabilidade.

INTRODUÇÃO

O descarte de pneus é um problema ambiental grave ainda sem uma destinação realmente eficaz. Conforme Monteiro *et al* (2001), muitos são os problemas ambientais gerados pela destinação inadequada dos pneus. Se deixados em ambiente aberto, sujeito as chuvas, os pneus acumulam água, servindo como local para a proliferação de mosquitos; se encaminhados para aterros convencionais, provocam 'ocos' na massa de resíduos, causando a instabilidade do solo; se destinados à incineração gera enormes quantidades de material particulado e gases tóxicos.

De acordo com a ABNT NBR-10004 (2004), a deposição de materiais quando inservíveis seguem uma classificação apresentadas em normas, diferenciando-se por material. Os pneus são classificados como resíduo de classe II B, inertes. A Resolução nº. 258/99 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) determina que as empresas fabricantes e as importadoras de pneumáticos fiquem obrigadas a coletar e dar destinação final ambientalmente adequada aos pneus inservíveis.

A indústria da construção civil, segundo estimativas, é responsável por 20 a 50% do consumo dos recursos naturais extraídos do planeta (SJOSTROM apud JOHN, 2000). Contudo, a

utilização de resíduos como matéria prima na construção civil pode vir a reduzir a quantidade de recursos naturais retirados do meio ambiente.

A reutilização do pneu como agregado do concreto pode assumir um papel importante na preservação do meio ambiente, pois, além de diminuir a extração de recursos naturais, como a areia e a brita, também pode diminuir o acúmulo desses resíduos nas áreas urbanas. (ROMUALDO *et al.*, 2011). Segundo Benson (1995, apud KAMIMURA, 2002), a utilização dos pneus triturados em vez dos materiais de construção utilizados convencionalmente, apresenta diversos benefícios: densidade reduzida, melhor propriedades de drenagem e, melhor isolamento térmica e acústica. Segundo Albuquerque *et al.* (2006) o concreto com adição de borracha de pneu pode ser um material ideal quando submetido a efeitos de impacto e, que não necessita de alta resistência mecânica.

JUSTIFICATIVA

A reutilização do pneu como agregado do concreto pode assumir um papel importante na preservação do meio ambiente, pois, além de diminuir a extração de recursos naturais, como a areia e a brita, também pode diminuir o acúmulo desses resíduos nas áreas urbanas.

OBJETIVO

O presente trabalho tem por objetivo estudar e avaliar a resistência à compressão de um concreto produzido com resíduos de borrachas de pneus ao substituir gradativamente a areia lavada na estrutura. Na área da engenharia civil a resistência à compressão é relevante pois define se o material poderá, ou não, ser empregado para fins estruturais quando o mesmo suportar no mínimo a pressão de 20 MPa aos 28 dias de idade.

MATERIAL E MÉTODOS

Inicialmente determinou-se a granulometria o peso específico dos seguintes materiais: areia lavada, brita e borracha triturada. As análises de granulometria dos materiais seguiu a NBR-7181, com objetivo de conhecer e especificar o tamanho das partículas participantes de cada elemento. Para tanto, utilizou-se as peneiras 4, 8, 16, 30, 50, 100 e 200 com suas respectivas aberturas em milímetros: 4,76; 2,38; 1,19; 0,59; 0,297; 0,149 e 0,074. Para determinação das porcentagens retidas de cada material utilizou-se a expressão:

$$\% ret = \frac{\sum_i^n p_n}{\sum_i^n p_{total}} \cdot 100\%$$

Sendo, $\sum pn$ o somatório de massas retida na peneira desejada; $\sum p_{total}$, o somatório da massa total ensaiada e $\%ret$ a porcentagem retida na peneira.

O peso específico (γ) dos materiais obtido segundo a NBR-NM-52. Neste processo utilizou-se um cubo metálico com aresta 25 cm.

Para a produção do corpo de prova piloto foi escolhido o traço de Gildasio R. da Silva abordado no livro Manual de Traço de Concreto, 1ª edição de 1975, definido como traço de concreto com força característica (f_{ck}) de 20 MPa aos 28 dias de idade. A partir deste, procurou-se quantificar a influência da participação da borracha quando inserida ao concreto na substituição do agregado miúdo. A comparação das resistências à compressão (NBR-5739) foi realizada através da modelagem dos corpos de prova segundo a NBR-5738. Esta norma descreve o procedimento para a modelagem e cura de corpos de prova de concreto.

A produção da massa de concreto durante a pesquisa seguiu a NBR-12655. A massa de concreto produzida passou por teste de *Slump*, permitindo conhecer a consistência do concreto, ou seja, a característica do concreto relacionada com sua mobilidade e coesão entre os seus componentes, seguiu-se para tanto a NBR-NM-67.

Foram moldados 10 corpos de prova para cada traço sem e com participação da borracha. Os teores de substituição da areia adotados foram de 15%, 20% e 30%.

Pelo fato da borracha de pneu e areia lavada apresentarem massas específicas diferentes, correções foram feitas para manter o volume de concreto produzido, ou seja, para não alterar o rendimento em volume do traço escolhido. O fator de correção foi obtido através da:

$$P_b = \frac{\gamma_b}{\gamma_a} \cdot P_a$$

Onde, P_a e P_b são os pesos (kg) da areia lavada e da borracha respectivamente, assim como γ_a e γ_b correspondem aos seus pesos específicos (Kg/m^3).

Conforme descrito na NBR-5738, a desforma ocorreu após 24 horas e em seguida os corpos de prova foram levados para cura em uma câmara úmida. As análises de resistência à compressão foram realizadas seguindo os critérios da NBR-5739. Os ensaios de compressão foram realizados para as idades de 7, 14, 21, 28 dias. Antes das rupturas os corpos foram pesados para estudo do ganho de leveza a partir da substituição da areia pela borracha.

O cálculo das tensões de rupturas em MPa seguiu a expressão:

$$\sigma = \frac{4.F}{\pi.D^2}$$

Onde, σ corresponde a tensão de ruptura, em MPa, F a força de ruptura aplicada e D o Diâmetro do corpo de prova.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados que seguem são os obtidos para os testes de granulometria, ilustrados na Tabela 1 e Figura 1.

Tabela 1. Resultados obtidos a partir do ensaio granulométrico dos materiais.

PENEIRAS (ABNT)	AREIA (g)	BORRACHA (g)	BRITA (g)
4	26,38	0,43	1508
8	62,16	0,03	21,46
16	227,19	2,43	0,46
30	641,6	206,35	0,08
50	766,06	210,38	0
100	259	55,2	0
200	17,61	5,18	0
Total massa ensaiada	2000	480	1530

Figura 1. Curva granulométrica dos agregados (areia, brita e borracha).

A partir dos resultados demonstrados na Tabela 1 e Figura 1, observa-se que as granulometrias tanto da borracha quanto da areia se apresentam semelhantes, satisfazendo assim a condição de substituição parcial da mesma quanto ao critério do tamanho de grãos.

Os pesos específicos obtidos são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Resultados obtidos a partir de peso específico dos materiais γ (Kg/m³).

Areia (aparente)	Areia (compactada)	Borracha	Brita	Cimento
1487,36	1674,24	352,54	1344	1200

Quanto ao peso específico dos materiais, nota-se que a borracha dos pneus se apresenta 4 vezes menor do que a areia, aproximadamente. Com esta característica a borracha ocupa uma mesma quantidade em volume que a areia, trazendo redução de peso a estrutura.

A tabela a seguir mostra que o concreto produzido tornou-se mais leve a medida que os teores de substituições aumentaram.

Tabela 3. Média das Massas Obtidas nas Diferentes Proporções, em kg.

Traço	Idade do Concreto			
	7 dias	14 dias	21 dias	28 dias
Piloto	3,73	3,7	3,74	3,66
15%	3,35	3,39	3,44	3,35
20%	3,14	3,19	3,16	3,17
30%	3,05	3,03	3,03	3,02

Para as porcentagens de 15, 20 e 30% obteve-se ganhos de leveza significativos. O concreto com teor de substituição em 15% apresentou redução de 10%, já os com 20% e 30% apresentaram reduções de peso na ordem de 16% e 19%. Neste ponto, é importante lembrar que a redução de massa e peso específico de materiais em engenharia civil é bem vindo, pois pode tornar a estrutura final mais leve.

Os ensaios de resistência à compressão apresentaram uma diminuição significativa nesta capacidade conforme feita a substituição, uma vez que a resistência à compressão do concreto é um fator determinante para sua utilização, tanto para função estrutural e não estrutural (Tabela 4).

Tabela 4. Média das Resistências a Compressão nas Diferentes proporções, em Mpa.

Traço	Idade do Concreto			
	7 dias	14 dias	21 dias	28 dias
Piloto	11,88	16,64	18,72	19,82
15%	8,27	12,56	13,57	14,6
20%	5,37	6,45	7,84	9,5
30%	3,02	5,27	6,53	7,18

O gráfico a seguir mostra o comportamento do composto sujeito à compressão considerando as substituições nas diferentes porcentagens.

Figura 2. Média das Resistências a Compressão por Idade e teores de substituição.

Na análise dos ensaios de ruptura, representados na Tabela 4 e Figura 2 percebeu-se que o concreto perdeu parte de sua resistência à compressão para cada teor de substituição da areia para a borracha. A substituição mais satisfatória foi a substituição de 15% com resultado em torno de 15 MPa ao final dos 28 dias.

CONCLUSÃO

Pode-se concluir neste trabalho que a borracha de pneu triturado satisfaz as condições para substituição quanto à granulometria.

Com a substituição ganhou-se a redução de peso da estrutura sendo assim uma solução satisfatória quando se procura por peças de concreto mais leves, aliviando o peso estrutural e cargas adicionais.

Para os teores propostos de substituição, a resistência à compressão não atingiu a resistência de 20 MPa desejada aos 28 dias de idade. Sugere-se, novas pesquisas com teores menores a 15% de substituição e/ou novos traços a fim de se verificar a possibilidade de alcançar esta resistência, considerada fronteira para a função estrutural.

Os resultados mostram também que é possível utilizar o concreto produzido a partir da substituição de resíduos de pneus em obras que não necessitem de uma resistência característica maior que 15 MPa. Como exemplos desta aplicação, cita-se a regularização das lajes, produção de

blocos vazados de concreto simples para alvenaria sem função estrutural (NBR 7173/82), bancos de praças, pontos de ônibus, postes pequenos de iluminação pública, entre outros.

Com a possibilidade destas aplicações conclui-se também que esta prática pode ser uma alternativa sustentável, contribuindo para diminuição dos inúmeros descartes diários desse material no meio ambiente.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, A. C.; ANDRADE, W. P.; HASPARYK, N. P.; ANDRADE, M.A.S.; BITENCOURT, R. M. **Adição de Borracha de Pneu ao Concreto Convencional e Compactado com Rolo**. In: ANAIS DO ENTAC. 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Agregado miúdo - Determinação de massa específica e massa específica aparente**. NBR-NM-52, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone**. NBR-NM-67, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos**. NBR-5739, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Concreto – Preparo, controle e recebimento**. NBR-12655, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos ou prismáticos de concreto**. NBR-5738, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Resíduos sólidos**. NBR-10004. Rio de Janeiro: 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Solo – Análise granulométrica**. NBR 7181. 1994.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução Conama nº 258 de 26 de agosto de 1999**. Determina que as empresas fabricantes e as importadoras de pneumáticos ficam obrigadas a coletar e dar destinação final ambientalmente adequada aos pneus inservíveis. Publicado no DOU, de 2 de dezembro de 1999.

JOHN, V. M. **Reciclagem de resíduos na construção civil: Contribuição para metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. São Paulo, 2000. 113p. Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil.

KAMIMURA, E. **Potencial de utilização dos resíduos de borracha de pneus pela indústria da construção civil**. Dissertação de mestrado (Vinculada ao programa de pós-graduação em engenharia civil da UFSC). Florianópolis/SC, 127p, 2002.

MONTEIRO, J. H. P. et al, 2001. **Gestão integrada de resíduos sólidos: manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro, RJ: IBAM, 2001. p. 31.

ROMUALDO, A. C. A.; SANTOS, D. E.; CASTRO, , L. M.; MENEZES, , W. P.; PASQUALETTO, A.; SANTOS, O. R. **Pneus inservíveis como agregados na composição de concreto para calçadas de borracha**. In: 3rd International workshop advances in cleaner production. São Paulo, Brasil, 2011.

SILVA, G. R. **Manual de Traço de Concreto**. 1^a ed. 1975.