

Análise da resistência à compressão do concreto com o acréscimo de entulho da construção civil

Matheus Dutra Brasil¹, Isadora Nogueira Pedruzzi², Orley Magalhães de Oliveira³

¹ IFBa/ Engenharia Civil/ matheusbrasil.eng@gmail.com

² FAINOR/ Arquitetura e Urbanismo/ isadorapedruzzi@gmail.com

³ USP/ IFBa/ Engenharia Civil/ orley10estudo@yahoo.com

Resumo

No Brasil ainda existe muito desperdício de material na construção civil, uma vez que cerca de 60% do lixo sólido das cidades vem deste setor. O entulho gerado pelas construções é muitas vezes descartado na natureza, provocando impactos ambientais. A partir destas constatações, este artigo foi produzido com o intuito de apresentar uma solução que minimize os efeitos da poluição provocada pelo entulho da construção civil no meio ambiente. Com base nisso, analisou-se a viabilidade da incorporação destes resíduos sólidos na fabricação de pisos intertravados sustentáveis. Para desenvolver este estudo foram realizados ensaios de resistência característica à compressão e absorção de água dos corpos de prova. Estes foram confeccionados nas proporções de 0%, 10 %, 25 %, 50% e 100% de substituição do agregado miúdo pelo entulho moído. Os corpos de prova com a incorporação de 10 % e 25 % se mostraram aceitáveis, sendo possível que seja substituído o agregado miúdo pelo entulho moído.

Palavras-chaves

Entulho; Piso intertravado sustentável; concreto.

1 Introdução

Atualmente, o setor da construção civil vem causando um problema sério para o meio ambiente, uma vez que, a quantidade de entulho gerado nas obras é significativa, comprovando assim o grande desperdício de materiais que acontece constantemente neste meio construtivo. A situação é agravada visto que, estes resíduos não são, em grande parte dos casos, descartados corretamente, e são levados para terrenos baldios da cidade, o que contribui com a proliferação de diversos agentes transmissores de doenças para a vizinhança.

Os resíduos da construção e demolição, conhecidos como RCD, consistem em: areia, argamassa, cerâmica, concreto, telhas, papéis, gesso, pedras, tijolos, entre outros. Além do prejuízo que estes excessos causam para o meio ambiente, eles também são responsáveis pelo aumento do custo final das construções, levando em conta os gastos com a remoção e tratamento do entulho, que na maioria das vezes é retirado das obras e descartado em lugares indevidos clandestinamente.

Pensando na possibilidade de incorporação deste entulho no concreto, é importante destacar algumas características deste material que é amplamente utilizado no âmbito da construção. São elas: durabilidade, boa resistência mecânica e

impermeabilidade. Para que estes pontos positivos sejam alcançados, alguns fatores cruciais influenciam na qualidade do concreto, como: uso de materiais de boa qualidade, uso adequado e proporcional dos agregados, da água e cimento; e uma atenção deve ser dada ao processo de cura do concreto, observando sempre as condições climáticas e a hidratação fornecida ao material.

Levando em consideração a questão do entulho citado, apesar dele ser visto muitas vezes como um resíduo problemático que será destinado ao lixo, algumas empresas vêm buscando reaproveitar este material, evitando assim que ele se torne um passivo ambiental. Logo, o entulho está sendo visto como uma fonte de material de grande utilidade para a construção civil, compondo as pavimentações, como os pisos intertravados, e até substituindo matérias primas para componentes de construção, fazendo referência assim ao foco deste trabalho, que é a substituição do agregado miúdo pelo entulho moído.

De acordo com a Resolução 307 do CONAMA, todos os municípios devem proporcionar fins sustentáveis para os resíduos de construção e demolição, conhecidos como RCD. Muitas pesquisas estão sendo feitas para conferir a viabilidade da substituição dos agregados naturais pelos agregados provenientes do RCD, em diferentes porcentagens, moldando assim blocos de concreto. Para conferir se esses blocos podem ser utilizados com segurança, ensaios de resistência, segundo a NBR 12118:2007 devem ser feitos, aos 14 e 28 dias de vida. Os resultados encontrados vêm apontando um grande potencial de aproveitamento desse material (RCD) em substituição aos agregados naturais, situação esta que proporcionará o reuso de um passivo ambiental. (LINTZ, et al. 2012).

A preocupação com esta questão do entulho e possíveis fins para este material, é um pensamento global. Segundo a revista *TECHNE* (2001), especializada em engenharia civil, enquanto que na Holanda o índice de reaproveitamento de sobras na construção civil chega a 80% (o melhor do mundo) no Brasil o objetivo é alcançar 5%. Para obter este resultado, o poder público e entidades empresariais buscam estimular o processamento do entulho e sua reutilização, principalmente para ser reutilizado como substituto dos agregados naturais na fabricação dos blocos de concreto.

Ainda focando nesta preocupação com as questões ambientais e o investimento de entidades empresariais, produtos sustentáveis estão sendo lançados no mercado para auxiliar este processo de moagem e reutilização do entulho, como é o caso das máquinas Verbam que reciclam cerca de 2 a 300 toneladas de entulho por hora. Segundo o site *PORTAL DOS EQUIPAMENTOS* (2018), os materiais produzidos por essas máquinas estão de acordo com a Norma Brasileira NBR 15116:2004. As aplicações do entulho processado são: pavimentação de estradas rurais, blocos, pisos intertravados, calçadas, bancos de praça, calçamentos, enchimento de fundações, tijolos ecológicos, pisos e contrapisos, tubos, mourões e aterro de vias de acesso.

A partir disso, fica clara a necessidade de reutilização dos materiais descartados da construção civil, visando assim uma diminuição do impacto ambiental e sanitário, proporcionando para o setor construtivo fins mais sustentáveis e tecnológicos.

2 Materiais e métodos

2.1 Moldagem dos corpos de prova

A moldagem dos corpos de prova foi realizada em conformidade com a NBR 5738:2008. Os equipamentos utilizados no ensaio de compressão foram uma betoneira 130 Litros 13CV Bivolt com Motor Monofásico, moldes para corpos cilíndricos de 20 cm de altura por 10 cm de diâmetro e uma balança digital Semi-Analítica BL 3200H - Shimadzu com precisão de 2 casas decimais. Os materiais empregados neste ensaio foram: entulho da construção civil, brita 1, brita 0, areia média lavada, cimento, aditivo tipo R e água.

A composição do entulho se deu por restos de blocos de cerâmica e argamassa. O cimento utilizado foi o CP V RS 40 MPa de alta resistência inicial da marca Cimpor. Este cimento estava de acordo com a NBR 5733:1991. O aditivo retardante tipo R foi da marca Plastiment VZ.

O traço do concreto foi de 186 L de água, 344 Kg de cimento, 891 Kg de agregado miúdo, 432 Kg de brita 1, 500 kg de brita 0 e 7,3 L de aditivo tipo R. Para que a quantidade de água presente na areia média lavada fosse levada em consideração, foi feito o ensaio de umidade na areia, para que a quantidade de água já existente na areia fosse analisada e corrigido o valor final de água. Este ensaio foi realizado com o auxílio de um fogão e uma panela de tamanho pequeno, na qual foi colocada 500 g da areia média lavada na panela e levada ao fogo por cerca de 5 minutos, até que toda a água presente na areia evaporasse. Após isso, foi medida a massa da areia e utilizada a equação a seguir, encontrando assim a umidade presente na areia:

$$U(\%) = \frac{P_u - P_s}{P_u} \times 100 \quad (1)$$

Onde:

P_u = Massa úmida

P_s = Massa seca

Segue imagem deste ensaio.

Figura 1- Execução de ensaio de umidade de areia



Fonte: Autoria própria/ 2017

Para a execução deste ensaio, primeiramente foram medidas as quantidades exatas de cada material. Em seguida, os materiais medidos foram colocados na betoneira e misturados por 5 minutos. Após o concreto ficar pronto para ser moldado, foi feito o *slump test*. Segundo a NBR NM 67:1998, este ensaio é feito da seguinte maneira: umedecer o molde e a placa de base, colocar o molde sobre a placa de base e encher rapidamente o molde com o concreto coletado em três camadas, cada uma com aproximadamente um terço da altura do molde compactado. Cada camada deve ser compactada com 25 golpes com a haste de socamento. Feito isso, é necessário retirar o molde num período de 5 segundos a 10 segundos, com um movimento constante para cima, sem submeter o concreto a movimentos de torção lateral. Imediatamente após a retirada do molde, deve-se medir o abatimento do concreto, determinando a diferença entre a altura do molde e a altura do eixo do corpo de prova. Esta altura corresponde ao slump da massa de concreto. Segue abaixo a imagem da execução deste ensaio.

Figura 2- Execução do *slump test*



Fonte: Autoria própria/ 2017

O início do processo de moldagem só foi iniciado com a confirmação de que o slump estava conforme o traço. No processo de moldagem, colocou-se o concreto em duas camadas sobrepostas, cada uma com 12 golpes para o adensamento manual. Esses golpes foram realizados com uma haste de adensamento com medidas de 35 cm de comprimento e 16 mm de diâmetro, condizentes com a NBR 5738:2008. Os corpos de prova foram desmoldados com 1 dia após a moldagem e os que seriam rompidos com 7 e 28 dias foram colocados em água para a cura.

2.1 Ensaio de compressão

Com 3 dias após a moldagem, 2 corpos de prova de cada porcentagem de incorporação do entulho em troca do agregado miúdo foram rompidos. O mesmo ocorreu com os de 7 e 28 dias. Este ensaio foi realizado de acordo com o anexo A da NBR 9781:2013. Para a execução do rompimento do corpo de prova, as peças estavam saturadas em água à temperatura ambiente por pelo menos 24 horas antes do ensaio e tiveram suas superfícies retificadas. A prensa utilizada para o rompimento dos corpos de prova corresponde a marca Intermetric, modelo 2123 com capacidade de 100 tf.

2.3 Ensaio de absorção de água

O ensaio de absorção de água foi feito em conformidade com o anexo B da NBR 9781:2013. A massa dos corpos de prova foi determinada após 72 h em estufa à 105 °C. Após isso, os corpos de prova foram imersos em água à temperatura de 23 °C, e determinada a sua massa ao final de 24 h. Para encontrar o valor da absorção de água, foi utilizada a equação (1), sendo um processo semelhante ao utilizado para determinar a umidade do material.

3 Resultados e Discussões

3.2 Ensaio de compressão

Os resultados do ensaio de compressão dos corpos de prova nas proporções de incorporação de entulho de 0 %, 10 %, 25 %, 50 % e 100 % e com 3, 7 e 28 dias seguem na tabela abaixo:

Tabela 1- Resultado do ensaio de compressão

%	C.P.	Slump test	3 dias		7 dias		28 dias	
			Resistência (MPa)	Média (MPa)	Resistência (MPa)	Média (MPa)	Resistência (MPa)	Média (MPa)
0	I	11,5	29,5	30,3	31,1	32,6	40,5	37,3
	II	11,5	31,1		34,1		34,1	
10	I	12	32,1	32,35	40,7	38,2	44,8	40,3
	II	12	32,6		35,7		35,8	
25	I	11,5	16,8	18,35	25,07	25,885	35,7	35,4
	II	11,5	19,9		26,7		35,1	
50	I	11	31,1	25,1	33,4	30,2	30	33,2
	II	11	19,1		27		36,4	
100	I	12,5	14,1	13,8	20,2	20,3	23,7	24,75
	II	12,5	13,5		20,4		25,8	

Fonte: Autoria própria, 2017.

Com base na NBR 9781:2013, o valor mínimo aceitável de resistência a compressão para o concreto utilizado nos pisos intertravados é de 35 MPa. A partir desses resultados, percebe-se que as únicas incorporações que não obtiveram boa resistência a compressão foram os corpos de prova com 50 % e 100 % de entulho em substituição da areia como agregado miúdo. Isso pode ter ocorrido por conta da água ter sido insuficiente, já que o método utilizado para a incorporação foi somente a substituição da areia média por entulho, sem que antes fossem refeitos cálculos para um novo traço.

Os corpos de prova com incorporação de 25 % de entulho moído obtiveram o menor valor de resistência dentre os que ultrapassaram a resistência de 35 MPa. Já os corpos de prova com incorporação de 10 % obtiveram os melhores resultados de resistência a compressão, melhores até que os de 0 %. Esse fato pode ter sido ocasionado por conta de um melhor agrupamento entre as moléculas, em função da combinação entre a granulometria dos materiais. Desta maneira, o entulho moído incorporado em 10 % da massa do agregado miúdo no concreto pode ser utilizado como um aditivo para aumento da resistência.

3.3 Ensaio de absorção de água

Tabela 2- Resultado ensaio de Absorção de água

% entulho	C.P.	Peso Seco (Kg)	Peso úmido (kg)	Umidade (%)
0	I	5,419	5,695	5,089
	II	5,423	5,707	5,246
10	I	5,356	5,638	5,264
	II	5,297	5,578	5,304
25	I	5,189	5,473	5,467
	II	5,173	5,457	5,489
50	I	5,102	5,386	5,567
	II	5,149	5,442	5,696
100	I	5,064	5,362	5,879
	II	5,02	5,307	5,709

Fonte: Autoria Própria, 2017.

De acordo com a NBR 9781:2013, o valor máximo médio para a absorção de água deve ser menor ou igual a 6 %, não sendo permitido nenhum valor maior que 7%. Com base nesta tabela, apesar de todos os corpos de prova terem obtido resultados aceitáveis, percebe-se que a medida que a incorporação do entulho moído aumenta, a absorção de água também aumenta.

4 Conclusão

Atualmente, pensar em maneiras para minimizar os danos causados pela poluição é imprescindível. O entulho da construção civil é um problema para muitas cidades brasileiras. Isso acontece por conta do modo como ele é descartado, sendo muitas vezes jogado em terrenos baldios no meio das cidades, poluindo o meio ambiente, tornando os locais propícios para o aparecimento de doenças. Pensando nisso, este artigo foi realizado com o objetivo de buscar meios para minimizar estes problemas. Ao analisar os resultados, concluímos que a incorporação de 10 % e 25 % de entulho em substituição da areia como agregado miúdo se torna viável, visto que os parâmetros mínimos da massa para fabricação de pisos intertravados, que são a resistência a compressão maior que 35 MPa e absorção de água menor que 6 % foram alcançados. Esta incorporação traz vantagem econômica, ambiental e sanitária para a sociedade, pois além da economia na compra do agregado miúdo, existe a minimização de entulho descartado na natureza, diminuindo os problemas ambientais causados por este descarte.

5 Referências bibliográficas

- ABNT NBR NM 67:1998- Concreto- Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.
- ABNT NBR 5733:1991- Cimento Portland de alta resistência inicial.
- ABNT NBR 5738:2008. Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova.
- ABNT NBR 5739:1994 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos de concreto.
- ABNT NBR 9778:1978- Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de água por imersão – Índice de vazios e massa específica.
- ABNT NBR 9781:2013- Peças de concreto para pavimentação- Especificação e métodos de ensaio.
- ABNT NBR 12118:2013- Blocos vazados de concretos simples para alvenaria- Métodos simples.
- ABNT NBR 15116:2004- Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos.
- ALMEIDA, L. C. Concreto. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2002, p. 03. Disponível em: <<http://www.fec.unicamp.br/~almeida/au405/Concreto.pdf>>. Acesso em: 06 de março de 2017.
- LINTZ R. C. C.; JACINTHO A. E. P. G. A.; PIMENTEL L. L.; GACHET L. A. B. Estudo do reaproveitamento de resíduos de construção em concretos empregados na fabricação de blocos. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1983-41952012000200004&script=sci_arttext&tlng=pt>. Acesso em: 06 de março de 2017.
- MATSUDA. Tudo sobre pisos intertravados de concreto: preços, paginações, dicas e mais. Disponível em: < <https://www.hometeka.com.br/aprenda/descubra-tudo-sobre-pisos-intertravados-de-concreto-precos-paginacoes-e-dicas/>>. Acesso em: 06 de março de 2017.
- MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. Concreto: estrutura, propriedades e materiais. São Paulo: PINI, 1994, p. 01-02. Disponível em: <<https://periodicos.set.edu.br/index.php/cadernoexatas/article/download/552/566>>. Acesso em: 06 de março de 2017.



PIEREZAN, Jerônimo; ANTOCHEVES, Rogério. Reaproveitamento do entulho da construção civil. Disponível em:

<<http://www.tapera.net/acit/eventos/2012/reaproveitamento.pdf>>. Acesso em: 06 de março de 2017.

PORTAL DOS EQUIPAMENTOS. Máquinas para reciclagem de entulho. Disponível em: https://www.portaldosequipamentos.com.br/emp/cont/m/maquinas-para-reciclagem-de-entulho_13008_1755. Acesso em: 06 de fevereiro de 2018.

RESOLUÇÃO Nº 307, DE 5 DE JULHO DE 2002.

REVISTA TECHNE. Sobras que valem uma obra. Edição 55. Data: outro de 2001. Disponível em: <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/55/artigo285211-1.aspx>.