



Aproveitamento De Resíduos Da Fabricação De Blocos De Concreto Para Confeção De Micro Concreto

Derival das Graças Martins Rosa¹

Centro Universitário Metodista Izabela Hendrix

RESUMO

Do ponto de vista da sustentabilidade, o aquecimento do setor da construção civil é preocupante, sendo que esse setor consome grandes quantidades de matérias primas e de energia. Para minimizar os impactos ao meio ambiente, a escolha de um sistema construtivo mais sustentável é fundamental. Uma das opções de sistema construtivo sustentável é a alvenaria estrutural, desde que se possa optar por este sistema. O objetivo deste trabalho é utilizar o resíduo da fabricação de blocos de concreto como agregados na confecção de micro concreto. O micro concreto, além das utilizações convencionais de moldagem de peças estruturais, também pode ser utilizado para preenchimento dos alvéolos dos blocos durante o erguimento da alvenaria estrutural. A substituição do agregado miúdo (areia de quartzo) pelo resíduo (areia reciclada) na confecção do micro concreto apresentou resultados que viabilizaram a substituição da areia sem perda das propriedades necessárias ao micro concreto.

Palavras chave: Resíduo; bloco de concreto; micro concreto; alvenaria estrutural.

1. Introdução

Desde 2014, o Brasil vive uma crise que atingiu praticamente todos os setores da economia. Um dos setores que mais foi abalado é o da construção civil. Esta estagnação teve seu ápice em 2016, mas de acordo com os índices atuais, mesmo que lentamente, o setor já dá sinais melhora. Para retomar o caminho do crescimento econômico, o setor da construção civil, necessita da criação de medidas de incentivos, por parte do Governo Federal, como a redução do IPI (Imposto sobre Produtos Industrializados) para alguns materiais de construção e voltar a incentivar os programas de concessão de subsídios como o Programa Minha Casa Minha Vida. Esta última medida, além do cunho social, também aquece as atividades do setor, mantendo o crescimento econômico, onde conforme a arrecadação do PIB (Produto Interno Bruto), o setor da construção civil sofre variações de demanda e investimento do Governo Federal.

¹ Graduado em Engenharia Civil; Pós-graduando em Construção Civil; Mestre em Construção Civil.
derival.martins@izabelahendrix.metodista.br



Tendo em vista a sustentabilidade, o aquecimento da construção civil é preocupante, pois esse setor consome grandes quantidades de matérias-primas e de energia, além de ser um dos setores que mais geram resíduos, sendo responsável por uma parcela significativa dos impactos ambientais em todo o mundo. A construção civil é responsável pelo consumo de 20 a 50% dos recursos naturais extraídos. Por exemplo, a extração de agregados naturais varia de 1 a 8 toneladas/habitante/ano (LEITE, 2001). O setor da construção civil deve buscar processos construtivos mais adequados através de inovação tecnológica, pensando a escassez de materiais e produtos, e inclusive reduzindo o desperdício. Esse setor, atualmente, vem investindo no desenvolvimento de novas tecnologias que contemplam projetos de construção sustentável, levando em consideração a eficiência energética, o uso adequado das águas e a redução de emissão de CO₂. O planeta necessita de urgência na disseminação da sustentabilidade. A indústria da construção civil, em alguns países, já identificou estratégias ambientais amigáveis, como por exemplo, o uso do telhado verde para reduzir o efeito de ilha de calor das cidades e o concreto permeável que permite que as águas pluviais percolem para o solo (BREMNER, 2010). Segundo JOHN (1996), o mercado da construção civil apresenta muitas alternativas de consumo de materiais necessários para a maioria dos componentes de uma edificação e que não requerem processos de beneficiamento complexos e sofisticação técnica.

No contexto do cenário exposto, as alvenarias empregadas na construção civil também podem apresentar boas estratégias com relação à sustentabilidade, tanto no que se refere aos materiais empregados quanto aos sistemas construtivos adotados. A opção por uma estrutura em alvenaria estrutural, quando cumprida todas as etapas de projeto e de execução recomendadas para a racionalização, é um sistema construtivo interessante e sustentável para os tipos de obras em que se pode optar por este sistema. Atualmente, o setor da construção civil apresenta grande foco na construção de moradias populares pelo Programa Minha Casa Minha Vida, que na maioria dos casos, especifica o uso da alvenaria estrutural como sistema construtivo adotado. Esse sistema apresenta, em grande parte, uma demanda de materiais de construção, tais como argamassas de assentamento e revestimento, micro concretos e blocos de concreto, entre outros materiais que devem ser obtidos e aplicados de forma ambientalmente correta.

Grande parte desses materiais é composta por agregados miúdos e graúdos tradicionais, como as areias e as pedras britadas, materiais esses que se encontram cada vez mais escassos, principalmente nos grandes centros urbanos. Uma alternativa viável para a demanda de agregados na construção civil é o uso de agregados reciclados desde que os mesmos apresentem qualidades técnica,



ambiental e econômica. Alguns materiais, tais como os originados de resíduos de construção e demolição, são exemplos de agregados reciclados com potencial de aplicação na construção civil. Esses agregados podem ser obtidos de concretos oriundos de construções ou demolições de obras. As diferenças entre as propriedades técnicas dos agregados originados de concretos reciclados e os tradicionais dependem do teor de substituição, das características dos materiais, da quantidade de contaminantes que podem estar presentes nos agregados reciclados e da quantidade de finos incorporada (BANTHIA e CHAN, 2000). No caso do agregado reciclado, originado na etapa de prensagem dos blocos concretos estruturais, estes materiais apresentam a vantagem de não sofrerem contaminação, pois são diretamente recolhidos na etapa de prensagem, sem a ocorrência do contato com outros materiais.

O estudo sobre os resíduos provenientes da fabricação dos blocos de concretos estruturais passou a ser pertinente desde o aumento de sua produção. Na maioria das vezes, estudos semelhantes são feitos com resíduos de construção e demolição, e não de fábrica. Além disso, poucos estudos relatam a aplicação dos resíduos específicos da prensagem dos blocos na fábrica, uma vez que estes resíduos diferem dos resíduos obtidos das sobras ou quebra dos blocos no estado endurecido. No caso do agregado reciclado, originado na etapa de prensagem dos blocos concretos estruturais, estes materiais apresentam a vantagem de não sofrerem contaminação, pois são diretamente recolhidos na etapa de prensagem, sem a ocorrência do contato com outros materiais.

Por outro lado, o aumento das construções em alvenaria estrutural demanda uma grande quantidade de micro concreto no próprio sistema construtivo, justificando a substituição parcial ou total dos agregados por resíduos que apresentem compatibilidade com esta aplicação, uma vez que os agregados se encontram cada vez mais escassos, principalmente nos centros urbanos. O objetivo deste trabalho é utilizar o resíduo da fabricação de blocos de concreto como agregados na confecção de micro concreto. O resíduo é gerado na etapa de prensagem dos blocos de concreto quando fabricados, sendo, portanto, obtidos quando o concreto dos blocos se encontra ainda no estado fresco. Dessa forma, os excessos de concreto da prensagem se desagregam e endurecem, formando um material com características semelhantes às dos agregados. O micro concreto, além das utilizações convencionais de moldagem de peças estruturais, pode ser utilizado para preenchimento dos alvéolos dos blocos de concreto durante o erguimento da alvenaria estrutural, conforme especificação do projeto de cálculo estrutural.



2. Metodologia da pesquisa

Nessa pesquisa foram realizados estudos comparativos entre o micro concreto convencional adotado em uma obra e o micro concreto com agregados reciclados de blocos de concreto. O estudo foi focado nas propriedades necessárias para micro concreto de preenchimento dos alvéolos dos blocos de concreto da alvenaria estrutural.

2.1. Caracterização dos Materiais

Para a coleta do resíduo (agregado reciclado) foi escolhida uma fábrica de blocos de concreto de pequeno porte localizada na cidade de Barbacena-MG. A quantidade de resíduo gerado por esta fábrica é de aproximadamente 2% da produção (em massa). O resíduo foi gerado na etapa de prensagem dos blocos de concreto quando fabricados, sendo, portanto, obtido quando o concreto dos blocos se encontra ainda no estado fresco. Dessa forma, os excessos de concreto da prensagem se desagregam e endurecem, formando um material com características semelhantes às dos agregados. O resíduo (agregado reciclado de blocos de concreto) é composto por uma mistura de agregado graúdo (gnaisse), pedrisco (calcáreo), areia artificial (calcárea) e pasta de cimento Portland (CP V ARI). Foram coletadas amostras do resíduo para ensaios de caracterização.

Os agregados tradicionais (areia quartzosa e pedra britada gnaisse), empregados na confecção do micro concreto convencional, também foram coletados para realização de ensaios de caracterização e para confecção do micro concreto de referência para avaliação de sua fluidez e das propriedades mecânicas.

Foram realizados ensaios de caracterização física dos materiais, por ensaios de granulometria, massa específica, massa unitária, torrões de argila e material passante na peneira #75 μ m. Os materiais (agregado reciclado de blocos de concreto e agregados convencionais) foram avaliados de acordo com a norma NBR 7211 (ABNT, 2009).

Após o ensaio de granulometria dos materiais, constatou-se que a maior parte (75%) do agregado reciclado é composta de partículas menores que 4,8 mm, sendo a grande maioria composta de partículas de 0,6mm. A fração de agregado graúdo correspondeu a 25% do agregado reciclado. Desta forma, o resíduo considerado nessa pesquisa passou por beneficiamento por peneiramento, sendo empregado no micro concreto somente o agregado reciclado passante na peneira #4,8 mm, considerado como agregado miúdo. Portanto, optou-se por substituir a areia quartzosa pela areia reciclada.



A Figura 1 mostra a areia(a) e a pedra britada(b) comumente utilizadas e a areia reciclada(c).

Figura 1: Agregados para a confecção de micro concreto.



Fonte: autor.

O cimento empregados na confecção dos micro concretos foi o CP III 32 e a água utilizada foi a de fornecimento da COPASA.

2.2. Dosagens dos Micros Concretos

A dosagem padrão do micro concreto baseou-se nas informações do canteiro de obra onde se executam prédios em alvenaria estrutural. O cimento empregado foi o CPIII 32. Neste estudo não foi utilizado nenhum tipo de aditivo químico. As composições das dosagens estudadas estão relacionadas a seguir e as mesmas estão detalhadas na Tabela 1.

- Dosagem A1: Cimento: Areia quartzosa (100%): Pedra britada: A/C = 0,6
- Dosagem B1: Cimento: Areia reciclada (100%): Pedra britada: A/C = 0,6
- Dosagem C1: Cimento: Areia quartzosa (50%): Areia reciclada (50%): Pedra britada: A/C = 0,6
- Dosagem A2: Cimento: Areia quartzosa (100%): Pedra britada: A/C = 0,5
- Dosagem B2: Cimento: Areia reciclada (100%): Pedra britada: A/C = 0,5
- Dosagem C2: Cimento: Areia quartzosa (50%): Areia reciclada (50%): Pedra britada: A/C = 0,5.



Tabela 1. Dosagens de micro concreto, em massa.

Dosagem	Cimento (g)	Areia quartzosa (g)	Areia Reciclada (g)	Pedra Brita (g)	Água (g)
A1	1000	820	-	840	600
B1	1000	-	800	840	600
C1	1000	410	400	840	600
A2	1000	820	-	840	500
B2	1000	-	800	840	500
C2	1000	410	400	840	500

Fonte: autor.

2.3. Fluidez do Micro Concreto no Estado Fresco

Como uma das principais características do micro concreto de preenchimento dos alvéolos dos blocos de concreto é a fluidez, essa propriedade deve ser estudada. As propriedades dos micro concretos no estado fresco foram avaliadas pela verificação da fluidez dos mesmos por meio de ensaios de consistência, segundo a norma NBR 13276 (ABNT, 2005). Os materiais componentes do micro concreto foram misturados em uma argamassadeira e a consistência foi medida pelo espalhamento do mesmo na mesa de consistência (*flow table*). Os resultados foram obtidos pela média de duas determinações diametralmente opostas do espalhamento do micro concreto.

Geralmente, na obra, a constatação de que a fluidez está ideal é feita por meio da verificação do total preenchimento dos alvéolos dos blocos. Para isso, é realizada a abertura de uma janela de inspeção na base da parede, exatamente no bloco onde será lançado o micro concreto. O total preenchimento dessa janela é a constatação de que os alvéolos dos blocos foram completamente preenchidos e, portanto, a fluidez está ideal.

2.4. Resistência à Compressão dos Corpos de Prova de Micro Concreto

Os ensaios de resistência à compressão dos corpos de prova de micro concreto foram realizados aos 28 dias de idade, segundo a NBR 7215 (ABNT, 1996). Foram moldados corpos de prova cilíndricos com dimensões de 50 mm de diâmetro por 100 mm de altura. Os corpos de prova foram mantidos em câmara úmida até a data de ruptura. Foram rompidos 6 corpos de prova para cada dosagem. Os corpos de prova foram rompidos em uma prensa com capacidade máxima de 120 toneladas.



3.5. Resistência à Compressão dos Blocos de Concreto Preenchidos com Micro Concreto

Para os ensaios de resistência à compressão dos blocos de concreto preenchidos com micro concreto foram adotados blocos estruturais de dimensões 34 x 19 x 14 cm (comprimento x altura x largura) e $f_{bk} = 4,5$ MPa. Três blocos foram preenchidos com micro concreto convencional (dosagem A2) e três blocos foram preenchidos com micro concreto com 100% de areia reciclada (dosagem B2). Como este ensaio foi realizado após a verificação dos resultados dos ensaios de ruptura dos corpos de prova do micro concreto, optou-se por abrir mão do ensaio do bloco preenchido com o concreto da dosagem C2, pois o mesmo, no ensaio de ruptura dos corpos de prova, apresentaram resistências bem inferiores aos da dosagem B2. As dosagens com relação $A/C = 0,6$ não foram avaliados nestes ensaios, uma vez constatado que na prática, durante a execução da alvenaria estrutural, o preenchimento dos alvéolos é geralmente realizado utilizando-se $A/C = 0,5$, mas para o caso de uma necessidade específica, que não necessariamente aplicado à alvenaria estrutural, onde seja preciso um micro concreto mais fluido, os resultados dos ensaios de ruptura do micro concreto com relação $A/C = 0,6$ são apresentados e analisados.

4. Resultados e discussões

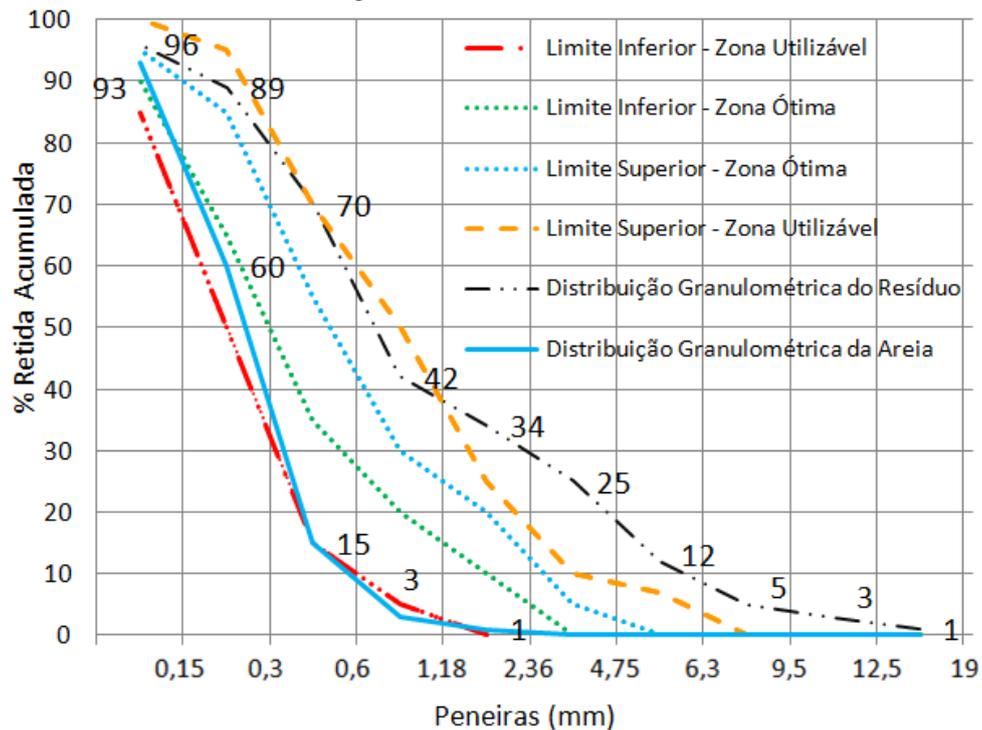
4.1. Caracterização Física dos Agregados e da areia reciclada

A Figura 2 apresenta as curvas granulométricas da areia quartzosa e do resíduo comparadas aos limites granulométricos estabelecidos pela norma NBR7211 (ABNT, 2009) para agregado miúdo. A Figura 3 apresenta os dados referentes ao agregado graúdo (pedra britada gnaisse). Observa-se, pela Figura 2, que a curva de distribuição granulométrica do resíduo se encontra bem próxima do limite superior da zona utilizável estabelecido pela NBR 7211 (ABNT, 2009). Do total da amostra, 58% encontram-se dentro da faixa utilizável para o agregado miúdo. A maior parte do resíduo (75%) é composta de partículas menores que 4,8 mm, sendo a grande maioria composta de partículas de 0,6 mm. O módulo de finura do resíduo é bastante superior ao da areia e pouco maior que o referente ao limite superior da zona utilizável (3,55), preconizado pela norma NBR 7211. O resíduo apresenta grande variação de tamanho devido à sua origem, sendo o mesmo composto de aglomerados (cimento e agregados) formados durante o processo de fabricação dos blocos de concreto, conforme as dosagens de concreto adotadas e o processo de prensagem dos blocos.



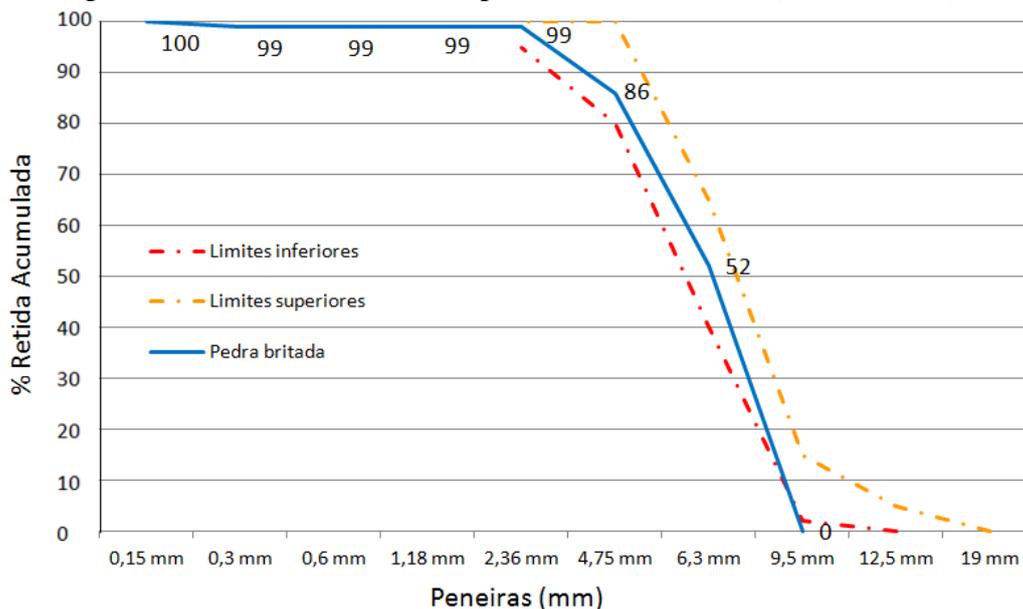
A curva de distribuição granulométrica da areia quartzosa se encontra dentro dos limites utilizáveis estabelecidos da NBR 7211 (ABNT, 2009), porém muito próximo do limite utilizável inferior. A curva de distribuição granulométrica do agregado graúdo se encontra dentro da faixa utilizável da norma (Figura 3).

Figura 2. Curvas granulométricas da areia quartzosa e do resíduo comparadas aos limites granulométricos estabelecidos pela norma NBR7211 (ABNT, 2009).



Fonte: autor.

Figura 3. Curvas granulométricas do agregado graúdo (pedra britada) comparada aos limites granulométricos estabelecidos pela norma NBR7211 (ABNT, 2009).

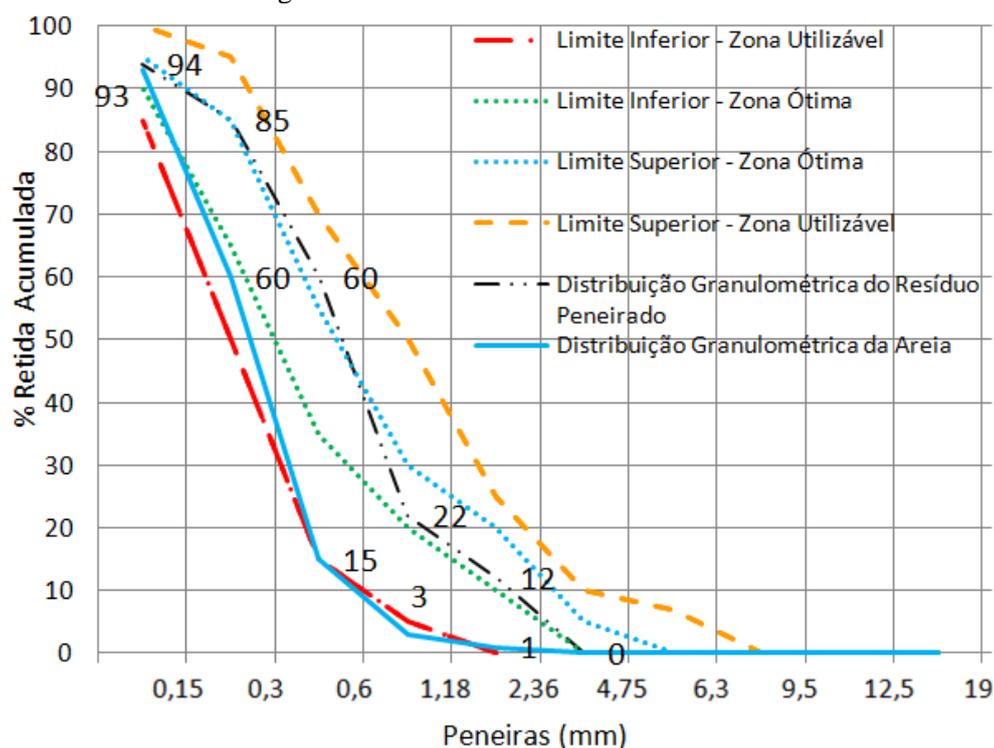


Fonte: autor.



A Figura 4 apresenta a curva granulométrica do resíduo após peneiramento. Conforme a Figura 4, o resíduo peneirado na peneira 4,8 mm praticamente se enquadra na zona ótima para agregados miúdos e seu módulo de finura é igual a 2,73. A Tabela 2 apresenta a caracterização física dos agregados convencionais e do resíduo (areia reciclada).

Figura 4. Curvas granulométricas da areia quartzosa e do resíduo após peneirado (areia reciclada) e limites granulométricos da norma NBR7211.



Fonte: autor.

Tabela 2. Caracterização física dos materiais.

Propriedade	Areia Quartzosa	Pedra Britada	Areia Reciclada
Módulo de Finura NBR NM 248 (ABNT, 2003)	1,72	-	2,73
Dimensão Máxima Característica NBR NM 248 (ABNT, 2003)	1,2mm	9,5mm	4,8mm
Massa Específica NBR NM 52 (ABNT, 2006)	2,59 g/ml	2,66 g/ml	2,54 g/ml
Massa Unitária NBR NM 45 (ABNT, 2006)	1.310 kg/m ³	1.638 kg/m ³	1.580 kg/m ³
Torrões de argila NBR NM 44 (ABNT, 2006)	2,95 %	-	0,0%
Material passante na peneira # 75 µm NBR NM 46 (ABNT, 2006)	2,2 %	-	2,4%

Fonte: autor.



A areia reciclada apresentou massa específica ligeiramente menor (2%) que a areia quartzosa. Essa variação pode ser devido à camada de pasta que envolve os grãos de areia reciclada, o tipo de materiais constituintes e o tamanho das partículas da amostra. Com relação à massa unitária, a areia reciclada apresentou resultado superior à areia quartzosa. Esse resultado está relacionado também à diferença entre os tipos de materiais componentes da areia reciclada (oriundos dos blocos de concreto) e a areia quartzosa, bem como as diferentes curvas granulométricas de ambas as areias. A areia reciclada apresentou uma distribuição granulométrica com maior variação de tamanhos de grãos, fato esse que proporciona melhor arranjo entre as partículas e, conseqüentemente, maior massa unitária do agregado.

Com relação aos limites máximos aceitáveis de substâncias nocivas ao agregado miúdo, tanto a areia quartzosa quanto a reciclada apresentaram resultados dentro dos limites da norma NBR7211 (2009), tanto para materiais pulverulentos (< 5%), quanto para torrões de argila e materiais friáveis (< 3%).

4.2 Fluidez do Micro Concreto no Estado Fresco e a Resistência à Compressão dos Corpos de Prova de Micro Concreto no Estado Endurecido

As Tabelas 3 e 4 apresentam as composições das dosagens dos micro concretos, os resultados de fluidez, obtidos pela consistência, e os resultados dos ensaios de resistência à compressão aos 28 dias dos corpos de prova de micro concreto para cada dosagem estudada.

Tabela 3. Composições das dosagens dos micro concretos, consistência e resistência à compressão dos micro concretos.

Dosagem	Cimento (g)	Areia Quartzosa (g)	Pedra Britada (g)	Areia Reciclada (g)	Água (g)	Relação A/C	Espalhamento (cm)	Tensão Média de Ruptura (MPa)
A1	600	492	504	0	360	0,6	37	13,75
A2	600	492	504	0	300	0,5	29	19,10
B1	600	0	504	480	360	0,6	31	13,41
B2	600	0	504	480	300	0,5	29	18,42
C1	600	246	504	240	360	0,6	31	13,41
C2	600	246	504	240	300	0,5	29	16,47

Fonte: autor.



Tabela 4. Resistência à compressão dos micro concretos e desvio padrão

CP	Dosagem A1		Dosagem A2		Dosagem B1		Dosagem B2		Dosagem C1		Dosagem C2	
	RC	DP	TR	DP								
1	10,19		21,39		13,24		15,28		8,15		19,35	
2	9,17		20,37		13,24		20,37		18,33		17,32	
3	17,32	3,33	16,30	1,81	11,20	1,36	19,35	1,89	9,17	4,88	16,30	2,08
4	15,28		17,83		15,28		18,33		10,19		15,28	
5	14,26		19,35		14,26		17,32		15,28		17,32	
6	16,30		19,35		13,24		19,86		19,35		13,24	

Legenda: CP – Corpo de prova; – Resistência à compressão (MPa); DP – Desvio padrão (MPa).

Fonte: autor.

Verifica-se, pela Tabela 3, que para as dosagens com $A/C = 0,6$ houve uma redução de 16% na fluidez dos micros concretos contendo areia reciclada, e para as dosagens com $A/C = 0,5$ não houve perda da consistência. Possivelmente, a forma e a textura (rugosidade) dos grãos da areia reciclada tiveram influência nesta propriedade até um determinado limite de A/C . As dosagens com maior A/C apresentam maior quantidade de água de lubrificação das partículas, e disponibilidade para maior absorção e conseqüentemente maior perda da consistência.

Baseado nos valores das resistências à compressão axial dos micros concretos apresentados na Tabela 3, para $A/C = 0,6$, nota-se uma pequena perda da resistência mecânica (2,5%) para os micros concretos com areia reciclada (B1 e C1) em relação à dosagem padrão (A1). Os resultados demonstram que a substituição da areia pela areia reciclada pode ser 100%, pois ambas as dosagens B1 e C1 apresentaram a mesma resistência. Já para $A/C = 0,5$, a dosagem C2 (substituição parcial da areia pela areia reciclada) apresentou redução de 10,6 % da resistência mecânica em relação à dosagem B2 (substituição de 100%) e redução de 13,8 % em relação ao A2 (dosagem padrão).

4.3. Resistência à Compressão de Blocos de Concreto Preenchidos com Micro Concreto

Conforme observado nos resultados dos ensaios de resistência à compressão dos corpos de prova de micro concreto, a dosagem com a areia reciclada que obteve o melhor resultado foi a dosagem B2 (100% areia reciclada e $A/C = 0,5$). Essa dosagem também apresentou a mesma fluidez da dosagem padrão (A2) utilizada na obra. Portanto, a dosagem B2 foi escolhida para o preenchimento dos alvéolos dos blocos de concreto para o ensaio de resistência à compressão. Estes ensaios têm por finalidade verificar se a interação entre o bloco e o micro concreto sofre variações consideráveis de resistência à compressão em relação às diferentes dosagens, não se é verificado se a resistência do conjunto atinge ou não determinada resistência porque não é o objetivo, uma vez que para tanto, de acordo com a NBR 15.961 (ABNT, 2011), é necessário um determinado número de ensaios por lote



de blocos fabricados. Portanto não se faz necessário seguir a NBR 15.961 (ABNT, 2011) para a realização destes ensaios. Os resultados dos ensaios estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Resistência à compressão dos blocos de concreto preenchidos com micros concretos.

Dosagem	Área do Bloco (cm ²)	Carga de Ruptura (kgf)	Tensão Média de Ruptura (MPa)
A2	476	77600	16,44
		79100	
		78100	
B2	476	73400	15,46
		72600	
		74800	

Fonte: autor.

Houve uma pequena redução (6%) da resistência do conjunto bloco/micro concreto com areia reciclada em relação ao conjunto da dosagem padrão. Como os ensaios de resistência à compressão somente dos corpos de prova moldados com os micros concretos apresentaram uma redução de 3,5% da resistência mecânica para a dosagem B2 (100% areia reciclada) em relação à dosagem padrão (A2). A redução da resistência do conjunto bloco/micro concreto (6%) pode ser explicada pela maior variação da resistência do conjunto, por ser composto por duas fases (bloco e micro concreto), e também, provavelmente, pela variação da resistência dos próprios blocos de concreto.

A NBR 15961 - parte 1 (ABNT, 2011) não especifica qual deve ser a resistência do micro concreto de preenchimento dos alvéolos, mas sabe-se que não deve ser menor do que a resistência do concreto de fabricação do bloco, senão o micro concreto não terá a função de aumentar a área líquida do bloco. A área líquida de um bloco de concreto estrutural é 50% da área bruta, e desta forma, um bloco de concreto que tem resistência à compressão de 6 MPa (em relação a área bruta), deve ser moldado com um concreto de resistência à compressão de 12 MPa. Portanto, a resistência do micro concreto de preenchimento dos alvéolos dos blocos deve ser igual ou superior à resistência à compressão do bloco (em relação à área bruta).

O presente estudo baseou-se em uma dosagem de micro concreto com resistência à compressão de 12 MPa com A/C = 0,6 para ser aplicado em alvenarias de blocos de concreto estruturais de 6 MPa de resistência à compressão, e portanto as dosagens expostas neste trabalho só devem ser aplicadas em alvenarias estruturais dimensionadas com blocos de concretos estruturais que suportem tensões até 6 MPa.



5. Conclusões

O resíduo avaliado nessa pesquisa foi gerado na etapa de prensagem dos blocos de concreto quando fabricados, sendo, portanto, obtido quando o concreto dos blocos se encontra ainda no estado fresco. Os excessos de concreto da prensagem se desagregam e endurecem, formando um material com características semelhantes às dos agregados. Durante o processo de fabricação dos blocos de concreto não ocorre nenhum tipo de contaminação do resíduo, fato esse que gerou somente a necessidade de peneiramento do resíduo como único beneficiamento, já que a granulometria do resíduo apresentou maior semelhança com o agregado miúdo e, portanto, optou-se pela substituição da areia quartzosa pelo resíduo nas dosagens do micro concreto. Desta forma, nesse estudo foi utilizado o resíduo peneirado, ou seja, a fração correspondente às partículas menores que 4,8mm. O resíduo peneirado se enquadrou dentro dos limites da zona ótima estabelecida pela norma NBR 7211 (ABNT, 2009) para agregado miúdo.

Os micros concretos com $A/C = 0,6$ contendo resíduos apresentaram uma menor fluidez em relação à dosagem padrão. Para as dosagens com $A/C = 0,5$ (relação esta que na prática é utilizada na obra de referência do presente estudo) as consistências foram iguais. Acredita-se que o fator forma do grão tem influência nesta propriedade até um determinado limite da A/C , além dos aglomerados do resíduo apresentam maior absorção de água quanto maior a A/C e por conseqüência maior perda da consistência. Possivelmente, a forma e a textura (rugosidade) dos grãos da areia reciclada tiveram influência nesta propriedade. As dosagens com maior A/C apresentam maior quantidade de água de lubrificação das partículas, e disponibilidade para maior absorção e conseqüentemente maior perda da consistência.

Para $A/C = 0,6$, nota-se uma pequena perda da resistência mecânica para os micros concretos com resíduo em relação à dosagem padrão. Os resultados demonstram que a substituição da areia pelo resíduo pode ser 100%, pois ambas as dosagens com resíduo apresentaram a mesma resistência. Já para $A/C = 0,5$, a dosagem com substituição total da areia apresentou maior resistência mecânica em relação à dosagem com substituição parcial e pequena redução em relação à dosagem padrão.

Houve pequena redução da resistência do conjunto bloco/micro concreto com resíduo em relação ao conjunto da dosagem padrão. A redução da resistência do conjunto bloco/micro- concreto pode ser explicada pela maior variação da resistência do conjunto, considerando-se o mesmo composto por duas fases (bloco e micro concreto). Deve ser considerada a ligeira redução da resistência do micro concreto com resíduo e também, possivelmente, a variação da resistência dos próprios blocos de concreto.



Pelos resultados obtidos na pesquisa e pela análise das propriedades de resistência mecânica e de fluidez do micro concreto de preenchimento dos alvéolos dos blocos de concreto, conclui-se que é viável a substituição parcial ou total da areia pelo resíduo, desde que o mesmo seja passante na peneira # 4,8mm. O presente estudo baseou-se em uma dosagem de micro concreto com resistência á compressão de 12 MPa com A/C = 0,6 para ser aplicado em alvenarias de blocos de concreto estruturais de 6 MPa de resistência à compressão, portanto as dosagens expostas neste trabalho só devem ser aplicadas em alvenarias estruturais dimensionadas com blocos de concretos estruturais que suportem tensões até 6 MPa.

6. Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023**: Informação e documentação: Referências - Elaboração. Rio de Janeiro, 2002.

_____. **NBR 6136**: Bloco vazado de concreto simples para alvenaria - Requisitos. Rio de Janeiro, 2008.

_____. **NBR 7211**: Agregados para concreto - Especificação. Rio de Janeiro, 2009.

_____. **NBR 7215**: Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1996.

_____. **NBR 9935**: Agregados - Terminologia. Rio de Janeiro, 2011.

_____. **NBR 12655**: Concreto de cimento Portland - Preparo, controle e recebimento - Procedimento. Rio de Janeiro, 1996.

_____. **NBR 13118**: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2011.

_____. **NBR 13276**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 15114**: Resíduos sólidos de construção civil – Áreas de reciclagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004.

_____. **NBR 15115**: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos. Rio de Janeiro, 2004.

_____. **NBR 15116**: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos. Rio de Janeiro, 2004

_____. **NBR 15961**: Alvenaria estrutural – Blocos de Concreto – Parte 1: Projeto. Rio de Janeiro, 2011.



_____. **NBR 15961**: Alvenaria estrutural – Blocos de Concreto – Parte 2: Execução e controle de obras. Rio de Janeiro, 2011.

_____. **NBR NM 44**: Determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis. Rio de Janeiro, 2006.

_____. **NBR NM 45**: Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006.

_____. **NBR NM 46**: Determinação do material fino que passa através da peneira 75 µm, por lavagem. Rio de Janeiro, 2006.

_____. **NBR NM 52**: Agregado miúdo - Determinação da massa Específica e da Massa Específica Aparente. Rio de Janeiro, 2009.

_____. **NBR NM 53**: Agregado graúdo: Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro, 2006.

_____. **NBR NM 68**: Determinação da consistência pelo espalhamento na mesa de Graff. Rio de Janeiro, 1998.

_____. **NBR NM 248**: Agregados: determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

BANTHIA, N.; CHAN, C. Use of recycled aggregate in plain and fiber-reinforced shotcrete. *Concrete International*. v. 22, n. 6, p. 41-45, 2000.

BRASIL. Resolução N° 307, de 5 de julho de 2002, alterada pelas Resoluções N° 448/12, N° 431/11 e N° 348/04. **Ministério do Meio Ambiente**. Disponível em:<<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>>. Acesso em: 8 de julho de 2014.

BREMNER, T. W. The Future of Construction Materials in a Sustainable World. **Second International Conference on Sustainable Construction Materials and Technologies**. Ancona, 2010. p. 59-68.

BUTTNER, A. M. **Uso de agregados reciclados de concreto em blocos de alvenaria estrutural**. 2007. 499p. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas) - Escola de Engenharia de São Carlos/USP. São Paulo, 2007.

CARNEIRO, A.P.; BRUM, I.A.; COSTA, D.B. Characterization of C&D waste and processed debris aiming the production of construction materials. **CIB Symposium in Construction and Environment: Theory into Practice**. São Paulo, 2000. 10p.

FORMOSO, C.T.; FRANCHI, C.C.; SOILBELMAN, L. Um estudo sobre as perdas de materiais na construção civil e suas principais causas. **Encontro Nacional em Tecnologia do Ambiente Construído**, São Paulo, 1993. P. 571-580.

FORMOSO, C.T.; JOBIM, M.S.S.; COSTA, A.L.; ROSA, F.P. Perda de materiais na construção civil: estudo em canteiros de obras no Estado do Rio Grande do Sul. **Congresso Latino Americano de Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios – Soluções para o Terceiro Milênio**. São Paulo, 1998. V. 1, P. 299-307.



FRANCO, L. S. **Aplicação de diretrizes de racionalização construtiva para a evolução tecnológica dos processos construtivos em alvenaria estrutural não armada.** 1992. 319p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1992.

HENDRIKS, C. F.; JANSSEN, G. M. T. Reuse and recycling of building materials. **International RILEM Conference on the Use of Recycled Materials in Buildings and Structures.** Barcelona, 2004. P. 316-321.

JONH, V.M. **Pesquisa e desenvolvimento de mercado para resíduos.** Workshop sobre Reciclagem e Reutilização de Resíduos como Materiais de Construção. São Paulo, 1996. P. 21-30.

LEITE, M. B. **Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição.** 2001. 270p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2001.

MEDEIROS, J. S.; SABBATINI, F.H. **Alvenaria estrutural não armada de blocos de concreto: Produção de componentes e parâmetros de projeto.** Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP – Universidade de São Paulo. São Paulo, 1993.

PINTO, T.P. **Utilização de resíduos de construção – estudo do uso em argamassas.** 1986. 140p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Universidade de São Paulo. São Carlos, 1986.

RAMALHO, M. A.; CORREA, M. R. S. **Projeto de Edifícios de Alvenaria Estrutural.** 1ª Edição – Editora PINI. São Paulo, 2008.

ROCHA, S.; PRADA, R.; SOUZA, M. **Cresce a Construção de Edifícios de Alvenaria com Blocos de Concreto.** Mandarim Comunicação, 2011. Disponível em: <<http://www.blocobrasil.com.br>. Acesso em: 06/01/2012.

SOIBELMAN, L. **As perdas de materiais na construção de edificações sua incidência e seu controle.** 1993. 127p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1993.

ZORDAN, S.E. **A utilização do entulho como agregado na confecção do concreto.** 1997. 140p. (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 1997.