

## **Areia de reciclagem: Análise de viabilidade técnica**

### ***Recycling sand: Technical feasibility analysis***

*Fernando José da Silva<sup>1</sup>; Ricardo Ramos da Rocha<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>Departamento de Engenharia Civil. Centro Universitário Sagrado Coração (UNISAGRADO), Bauru, São Paulo, Brasil.*

E-mail autor correspondente: [ricardo.rocha@unisagrado.edu.br](mailto:ricardo.rocha@unisagrado.edu.br)

## **RESUMO**

A construção civil e o meio ambiente vêm se confrontando há vários anos. Se, por um lado, a obra civil é essencial para o desenvolvimento das civilizações, por outro, causa grande destruição ambiental em decorrência da extração de matéria-prima necessária para a produção de vários materiais utilizados em sistemas construtivos. Dentre esses materiais, destacamos o concreto, que representa o mais utilizado em construção no mundo, responsável por várias partes da edificação, como fundação, estrutura e cobertura. O concreto é composto de cimento/aglomerante, areia e brita/ agregados, água e aditivos. Neste estudo, analisou-se a possibilidade de se substituir, na totalidade ou em parte, o agregado miúdo - a areia natural, por um material oriundo de reciclagem da própria construção, denominado Resíduos Sólidos da Construção Civil (RSCC). Foram realizados ensaios de massa específica e teor de umidade, ensaios de granulometria das amostras de areia natural e reciclada, e ensaios de resistência à compressão. Com base nos resultados, foi possível verificar que é viável a utilização da areia reciclada para a confecção de concreto estrutural, mas com certo cuidado, pois algumas amostras desse material reciclado apresentaram um comportamento não adequado ao uso como agregado em concreto armado.

Palavras-chave: RSCC. Reutilização. Areia artificial. Concreto.

## **ABSTRACT**

*Civil construction and the environment have been confronting one another for several years. On the one hand, civil work is essential for the development of civilizations, on the other hand, it causes great environmental destruction due to the extraction of raw material necessary to produce various materials used in construction systems. Among these materials, we highlight the concrete, the most used material in construction in the world, responsible for various parts of the building, such as foundation, structure, and roofing. The concrete is composed of cement/binder, sand and gravel/aggregates, water*

*and additives. In this paper, we analyze the possibility of replacing, in whole or in parts, the fine aggregate - the natural sand, with a material derived from recycling the construction itself, known as Solid Waste of Civil Construction (RSCC). In this analysis, specific mass and moisture content tests have been performed, as well as granulometry tests of natural and recycled sand samples and compressive strength tests. Based on the results, it was possible to verify that the use of recycled sand for the manufacture of structural concrete is feasible, but it requires some caution, as some samples of this recycled material showed a behavior not suitable for the use as aggregate in reinforced concrete.*

**Keywords:** RSCC. Reuse. Artificial sand. Concrete.

## 1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento econômico sempre esteve ligado diretamente à construção civil, sendo uma de suas principais áreas produtivas, e isso vem intensificando a extração de materiais, com bases em areia e cascalho (MADYISE, 2013).

Infelizmente, com a remoção incessante desses materiais, estamos presenciando a diminuição dessas reservas e a escassez de alguns materiais. Temos, também, o problema ambiental, visto que as retiradas desses materiais causam enormes áreas erodidas que levariam milhões de anos para se recuperar. Um dos materiais que mais se utiliza na construção civil é o chamado agregado miúdo, ou areia. Segundo Madyise (2013, 120), “A areia do poço, do rio e o cascalho são componentes do solo que levam anos a serem formados, mas extraídos em questão de dias”.

Com o crescimento populacional, as construções também passam por um crescimento acelerado, causando uma redução das fontes de areia natural, se fazendo necessário, às vezes, buscar essa matéria-prima em lugares mais distantes e, conseqüentemente, promovendo um aumento no custo da produção do concreto, o que, por fins de viabilidade financeira, queremos reduzir (SUKESH, 2013). Diante dessa realidade, é imprescindível que outros materiais sejam procurados para a substituição total ou parcial, e que sejam equivalentes às propriedades da areia natural no concreto (MADYISE, 2013).

Um dos materiais que vem sendo utilizados em substituição a areia no preparo de concretos e argamassas são os chamados Resíduos Sólidos da Construção Civil (RSCC), que, triturados e separados pela sua granulometria, estão sendo aproveitados nessas misturas. A produção desse material segue as diretrizes do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), cuja resolução nº 307/2002 menciona que “[...] os geradores de resíduos da construção civil devem ser responsáveis pelos resíduos das atividades de construção, reforma, reparos e demolições de estruturas e estradas [...]”. E no artigo primeiro, que devem “estabelecer diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, disciplinando as ações necessárias de forma a minimizar os impactos ambientais” (CONAMA, 2002, 215).

## 1.1 Definição, origem e classificação do RSCC

Os RSCC podem ser definidos como todo material descartado que foi utilizado nos vários processos de construção da obra (MARQUES NETO, 2005), ou ainda, segundo a Resolução nº 307 do CONAMA (2002, p. 1):

I – Resíduos da construção civil: são os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha [...].

Segundo Koppen (2001), os agregados reciclados podem ser definidos como um componente granular produzido através de um processo industrial que envolve o beneficiamento dos RSCC, os quais são utilizados novamente nas construções.

Os RSCC, sejam eles de construções novas ou de reformas, podem originar-se de quatro fases distintas da execução da obra, sendo diferentes em tempo de execução e quantidade produzida. São eles: concretagens, alvenarias, revestimentos e acabamentos (LEVY, 1997).

Nas obras a serem demolidas, a quantidade de RSCC produzida não está diretamente envolvida nos processos empregados ou na qualidade da obra, pois o resíduo gerado faz parte do processo empregado (demolição) (ZORDAN, 2002). Entretanto, ambos influenciam indiretamente a qualidade do RSCC produzido, isto é, alguns métodos construtivos podem proporcionar resíduos com maiores níveis de reciclagem do que outros (CABRAL, MOREIRA, 2011).

De acordo com Zanta (2008 apud FREITA et al., 2016), a taxa de geração dos RSCC pode variar de 400 a 700 kg/hab/ano, valor que tende a mudar em relação a fatores como porte da cidade, época, desenvolvimento e momento econômico do país, entre outros.

De um modo geral, dentro desse ciclo produtivo da construção, esses resíduos podem originar-se de várias maneiras. Segundo Levy (1997 apud LEITE, 2001), Marques Neto (2005) e Cabral e Moreira (2011), temos também o problema ambiental, visto que as retiradas desses materiais causam enormes áreas erodidas que levariam milhões de anos para se recuperar, a demolição de estruturas de concreto mal executadas ou de obras que chegaram ao fim da sua vida útil, a baixa qualidade dos materiais de construção presentes no mercado, os problemas na qualidade da mão de obra e no detalhamento incompleto dos projetos arquitetônicos, estruturais, de instalações elétricas e hidráulicas, entre outros.

É possível fazer várias classificações para os RSCC, mas, recentemente, no Brasil, foi adotada como um dos parâmetros para a sua classificação a Resolução nº 307 do CONAMA, implan-

tada em 5 de julho de 2002, a fim de nortear a gestão dos RSCC. Com ela, foi possível normalizar as principais adversidades dos RSCC e ainda definir que os órgãos municipais brasileiros devem elaborar e implementar um Plano Municipal de Gerenciamento dos Resíduos de Construção Civil, de acordo com a situação local.

Em seu Artigo 3º, a Resolução nº 307/2002 do CONAMA diz que os resíduos da construção civil deverão ser classificados da seguinte forma:

- I – Classe A – são os resíduos reutilizáveis ou reciclados como agregados, tais como:
  - a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagens;
  - b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;
  - c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meio-fio etc.) produzidas nos canteiros de obra;
- II – Classe B – são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras, embalagens vazias de tintas imobiliárias e gesso; (Redação dada pela Resolução nº 469/2015).
- III – Classe C – são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação; (Redação dada pela Resolução nº 431/11).
- IV – Classe D – são resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde. (Redação dada pela Resolução nº 348/04) (CONAMA, 2002, p. 3).

Há também a classificação pela NBR 10004/04 – Resíduos Sólidos – Classificação, que classifica os resíduos sólidos de acordo com seus potenciais riscos, tanto ao meio ambiente quanto à saúde pública, para que, assim, possam ser destinados corretamente à disposição final ou reutilização.

O objetivo deste artigo foi analisar as propriedades e a viabilidade técnico-econômica da utilização de RSCC a fim de empregá-los como agregados em concretos estruturais.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Apresentamos para o trabalho uma abordagem quantitativa que, por meio de procedimento experimental, visa obter características do material em estudo, determinando parâmetros de resistência dos corpos de prova para que possa, assim, ser analisado e comparado com as exigências mínimas encontradas nas normas brasileiras.

Para isso, serão realizados ensaios para a caracterização dos agregados, confecções de corpos de prova e ensaio de resistência à compressão, todos no laboratório de materiais de construção civil do UNISAGRADO.

Esse material foi coletado na empresa DEVERD, da cidade de Bauru, que trabalha com recolhimento de materiais de construção e sua moagem.

## 2.1 Ensaio de granulometria

Para a realização do ensaio de granulometria, utilizou-se uma balança com resolução de 0,1%, uma estufa, um jogo de peneiras série normal, bandejas e pincel. Todo o procedimento foi realizado conforme a NBR NM 248 (ABNT, 2001).

Foram coletados 500g de amostra de cada um dos agregados (natural e reciclado), que foram colocados em uma estufa por 24 horas a uma temperatura de  $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ . Após a secagem e o esfriamento do agregado até a temperatura ambiente, realizou-se o encaixe das peneiras em série, com a abertura da malha em ordem crescente, da base para o topo. Em seguida, foi colocada a amostra de 500g na peneira superior do conjunto, agitando-a manualmente por 2 minutos em movimentos circulares para a distribuição e classificação do agregado.

Posteriormente, as bandejas foram retiradas e a massa do agregado retido em cada uma delas foi pesada. Em seguida, calcularam-se as porcentagens retidas e acumuladas contidas nas bandejas. Esse procedimento foi realizado para cada uma das amostras. Por último, determinaram-se os módulos de finura ( $Mf$ ) de cada amostra a partir da equação (3), classificados segundo o Quadro 1 seguindo a NBR 7211 (ABNT, 2005):

$$Mf = \frac{\sum\%acumulada}{100} \quad (1)$$

Onde:

- $Mf$ : módulo de finura (%);
- $\sum\%acumulada$ : porcentagem de material retido e acumulado (%).

**Quadro 1** - Módulo de finura.

$Mf$ da zona utilizável inferior (FINA)	$1,55 \leq Mf \leq 2,20$
$Mf$ da zona ótima (MÉDIA)	$2,20 < Mf \leq 2,90$
$Mf$ da zona utilizável superior (GROSSA)	$2,90 < Mf \leq 3,50$

Fonte: Modificado a partir de NBR 7211/2005.

## 2.2 Dosagem do concreto

Para a dosagem do concreto, foram definidos três traços a serem utilizados na confecção dos corpos de prova (CP), sendo os materiais utilizados para a realização do traço compostos de areia natural, areia reciclada, cimento CP II – Z 40, brita 1, água potável e aditivo superplastificante. O total de traços foi definido em função da quantidade de amostras utilizadas para o experimento. A primeira amostra feita foi de areia natural, denominada de AMOS01\_ARE\_BRC, que foi utilizada como referência para as amostras que são compostas de areia reciclada. A segunda e a terceira amostras foram feitas com areia reciclada, denominadas AMOS01\_ARE\_REC e AMOS02\_ARE\_REC, respectivamente, sendo as areias recicladas coletadas de moagens diferentes. Diante das amostras colhidas e dos traços definidos, realizou-se a distribuição dos traços para cada uma das amostras, conforme o Quadro 2 a seguir.

**Quadro 2** - Distribuição de traço de acordo com a amostra.

Traços	Brita (g)	Areia (g)	Cimento (g)	Água (g)	Aditivo Superplastificante (g)
<b>AMOS01_ARE_BRC</b>					
Traço 0	12000	10200	3600	2160	-
<b>AMOS01_ARE_REC</b>					
Traço 1	12000	10200	3600	2160	-
Traço 2	12000	10200	3600	2160	72
<b>AMOS02_ARE_REC</b>					
Traço 1	12000	10200	3600	2160	-
Traço 2	12000	10200	3600	2160	72

Fonte: Elaborado pelo autor.

## 2.3 Confecção dos Corpos de Prova

Para a confecção e moldagem dos CP, utilizou-se a NBR 5738 (ABNT, 2015), a qual prescreve os procedimentos a serem seguidos. Para a execução dos CP, foram usados moldes cilíndricos com dimensão de 10 cm x 20 cm, haste de adensamento de aço de superfície lisa e óleo mineral. A amostra de concreto foi executada seguindo os requisitos da NBR NM 33 (ABNT, 1998).

Primeiramente, foi passado o óleo mineral nos moldes cilíndricos. Em seguida, colocado o concreto nos moldes com o auxílio de uma concha de seção U, sendo divididos em duas camadas,

e para cada uma das camadas foram dados 12 golpes com a haste de adensamento. Depois disso, foi feito o rasamento da superfície com o auxílio de uma colher de pedreiro. O concreto utilizado para a confecção dos CP passou pelo ensaio de *Slump Test* para a determinação da consistência através do abatimento do tronco de cone, que foi feito conforme a NBR NM 67 (ABNT, 1998).

Depois de moldados, os CP foram colocados em local protegido por 24 horas para a cura inicial. Passado esse tempo, foram retirados dos moldes e colocados em uma câmara úmida à temperatura de  $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  por 28 dias, até a data do ensaio de compressão, que foi realizado segundo a NBR 5738 (ABNT, 2015).

## 2.4 Ensaio de Resistência à Compressão dos Corpos de Prova

Os CP, depois de 28 dias de cura dentro da câmara úmida, foram retirados e capeados segundo a NBR 5738 (ABNT, 2015), tendo sua superfície regularizada com uma fina camada de pasta de cimento. Depois de secos, os CP foram medidos com o auxílio de um paquímetro e, em seguida, colocados para ensaio de compressão.

Para a realização do ensaio de compressão dos CP, foi utilizada a NBR 5739 (ABNT, 2007), que estabelece os parâmetros necessários para esse procedimento.

Primeiramente, cada um dos CP foi colocado centralizado nos pratos de compressão. Depois, foi aplicado um carregamento constante de  $(0,45 \pm 0,15)$  Mpa/s até a ruptura do CP, demonstrada pela queda de força no processo de rompimento.

Após o rompimento de cada um dos CP, é apresentado no painel da máquina de compressão o valor máximo de força aplicada antes da ruptura, que permitiu o cálculo da resistência à compressão através da seguinte equação (2):

$$f_c = \frac{4xF}{\pi D^2} \quad (2)$$

Em que:

- $f_c$ : é a resistência à compressão (MPa);
- $F$ : é a força máxima alcançada (N);
- $D$ : é o diâmetro do corpo de prova (mm).

Para complementar a caracterização do solo através da curva granulométrica, foi realizada, ainda, a identificação do coeficiente de não uniformidade (Cnu) e do coeficiente de curvatura (Cc), expressos pelas equações (3) e (4), respectivamente, e depois classificados conforme os Quadros 3 e 4.

$$Cnu = \frac{D60}{D10} \quad (3)$$

$$Cc = \frac{D30^2}{D10 \times D60} \quad (4)$$

Onde:

Cnu: coeficiente de uniformidade;

Cc: coeficiente de curvatura;

D: diâmetro da peneira nas porcentagens de 10%, 30% e 60% do material que passa.

**Quadro 3 - Não uniformidade do solo.**

<b>Uniforme</b>	Cnu < 5
<b>Mediamente Uniforme</b>	5 < Cnu ≤ 15
<b>Desuniforme</b>	Cnu > 15

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Quadro 4 - Graduação do solo.**

<b>Solo bem graduado</b>	1 ≤ Cc ≤ 3
<b>Solo mal graduado</b>	Cc < 1 ou Cc > 3

Fonte: Elaborado pelo autor.

### 3. RESULTADOS

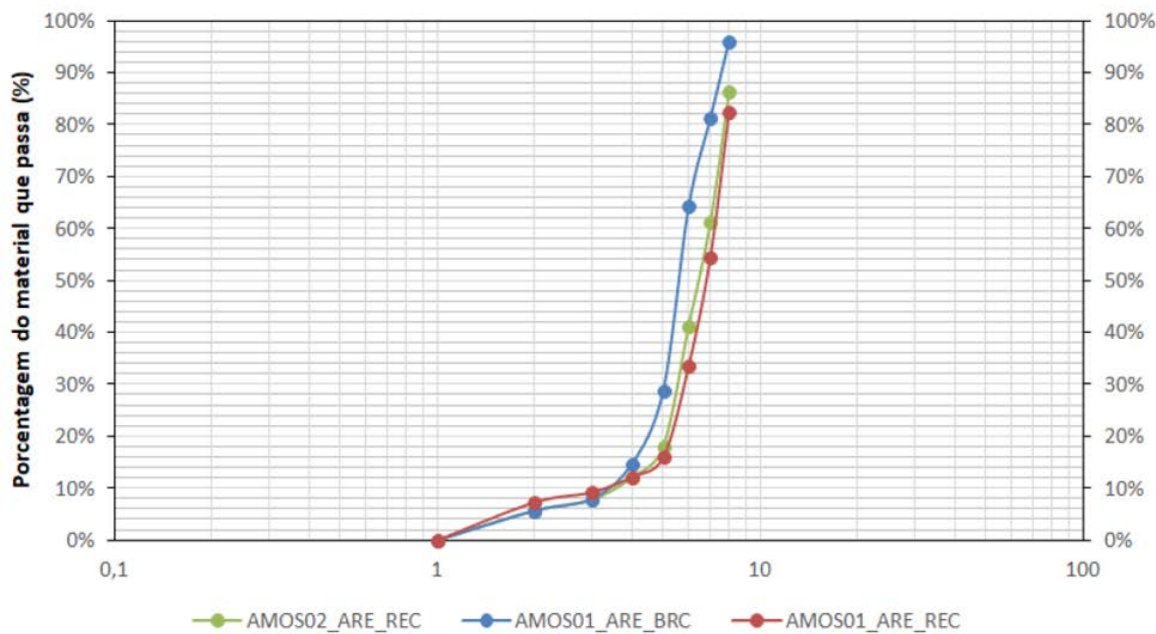
#### 3.1 Ensaio de granulometria

Após o término do ensaio de granulometria com as três amostras de areia, os valores das massas retidas foram tabelados e, posteriormente, calculadas suas porcentagens retidas e acu-



muladas. Para complementar a análise e facilitar os cálculos posteriores, foi elaborado o gráfico da curva de granulometria das amostras de areia, representado pela Figura 1 abaixo.

**Figura 1** - Gráfico da curva de granulometria das amostras de areia.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Através desse gráfico, foram retirados os valores dos diâmetros das peneiras do material que passa, utilizados para o cálculo dos coeficientes de não uniformidade ( $C_{nu}$ ) e de curvatura ( $C_c$ ), apresentado, na Tabela 1.

**Tabela 1** - Resultado dos coeficientes de não uniformidade e curvatura.

AMOSTRA	$C_{nu}$	$C_c$	Classificação
AMOS01 ARE BRC	2,60	1,01	Solo bem uniforme e bem graduado
AMOS01 ARE REC	3,75	1,77	Solo bem uniforme e bem graduado
AMOS02 ARE REC	2,68	1,11	Solo bem uniforme e bem graduado

Fonte: Elaborado pelo autor.

Diante dos resultados obtidos na realização do ensaio de granulometria para as três amostras de areia, pode-se observar que o módulo de finura da amostra de areia natural é classificado como grossa, tendo um solo uniforme e bem graduado. A primeira amostra de areia reciclada apresenta um módulo de finura classificado como fina, mas também apresenta um solo uniforme e bem graduado. A segunda amostra de areia reciclada apresenta um módulo de finura classificada como média, tendo um solo uniforme e bem graduado.

### 3.2 Confeção dos corpos de prova

No processo de produção do concreto utilizando a amostra de areia natural, foi fixado um fator de água/cimento (A/C) igual a 0,6. Com esse traço (traço 0), foi possível obter um concreto com uma boa consistência, o qual, após o ensaio de *Slump Test* apresentou um *slump* de 4 cm, possibilitando a confecção dos CP com facilidade, sendo que, após as 24 horas, foram colocados para a cura até o dia do ensaio de compressão.

Seguindo o mesmo processo de produção para a primeira amostra de areia reciclada feita com o traço 1 e mantendo o mesmo fator A/C durante a mistura dos materiais na betoneira, não foi possível obter o concreto, apenas agregados úmidos. Em decorrência desse fato, foram acrescentados 360g de água, chegando, portanto, em um fator de A/C de 0,7.

Após o tempo de mistura, ainda não foi possível obter o concreto. Entretanto, formaram-se várias esferas de concreto com diâmetros de aproximadamente 1,5 cm a 3,5 cm. Em cada uma dessas esferas havia uma ou duas britas, como podemos observar nas Figuras 2 e 3.

**Figura 2** - Esferas de concreto no interior da betoneira.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 3 - Tamanho das esferas de concreto.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Esse fenômeno peculiar ocorreu devido à composição da areia reciclada, a qual apresentava um grande teor de grãos finos e argilosos vindos de materiais cerâmicos (blocos cerâmicos, telhas, tijolos etc.) que foram moídos para sua produção, além do fato de que, segundo Thomas et al. (2013), o concreto produzido com agregado reciclado necessita de mais água para obter a mesma trabalhabilidade que o concreto convencional. Em decorrência disso, no processo de produção do concreto, a argamassa envolveu separadamente a brita, formando as esferas.

Após 24 horas, as esferas já estavam endurecidas e foram colocadas em um recipiente com água para a cura. Notou-se que, ao introduzir as esferas no recipiente, um pouco do material argiloso foi liberado em contato com a água, mas mantendo sua integridade e formato estáveis.

Ainda utilizando a primeira amostra de areia reciclada, o concreto agora foi feito com o traço 2, que contém 72g de aditivo superplastificante em sua dosagem, e foi mantido o mesmo fator A/C.

Após o tempo de mistura, obteve-se um concreto com uma consistência um pouco menos fluida, apresentando um *slump* de 1 cm no ensaio de *Slump Test*. No momento da confecção dos CP, houve uma pequena dificuldade no adensamento do concreto, sendo necessário aumentar a intensidade dos golpes com a haste para que ela pudesse penetrar no concreto. Depois de moldados, passando as 24h de cura inicial, os CP foram colocados para a cura na câmara úmida até o dia do ensaio de compressão.

Tendo realizado a confecção dos CP utilizando a primeira amostra de areia reciclada com os traços 1 e 2, pegou-se a segunda amostra de areia reciclada para a produção do concreto.

Utilizando o traço 1 com a segunda amostra de areia reciclada, no fim do tempo de mistura não foi possível obter o concreto. Os agregados se apresentavam apenas úmidos, pois necessitavam de mais água do que o concreto convencional. Em decorrência desse fato, foram adicionados 360g de água, chegando em um fator de A/C de 0,7. No entanto, não houve uma mudança significativa na aparência do concreto, apenas uma pequena quantidade superficial apresentava consistência e havia virado concreto, sendo possível moldar somente um CP.

Na produção de concreto com o traço 2, utilizando a segunda amostra de areia reciclada, obteve-se um concreto com uma consistência um pouco menos fluida, apresentando um *slump* de 1,5cm.

No momento da confecção dos CP, houve uma pequena dificuldade no adensamento do concreto, assim como na primeira amostra, sendo necessário aumentar a intensidade dos golpes com a haste. Após a moldagem e passadas as 24 horas, os CP foram colocados para a cura até o dia do ensaio de compressão.

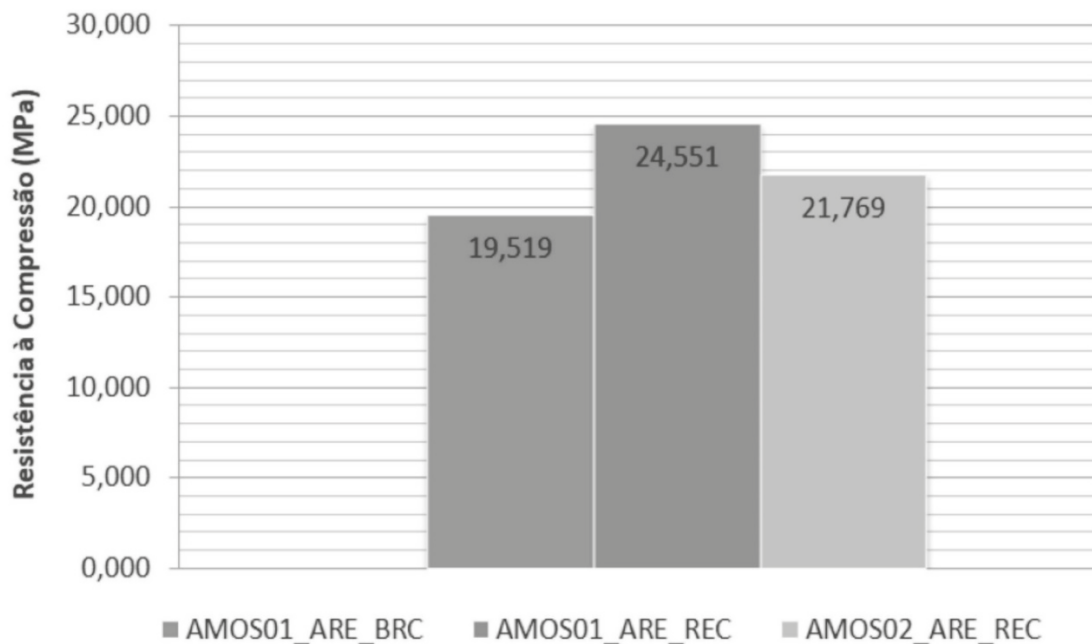
### 3.3 Ensaios de resistência a compressão dos corpos de prova

Antes do ensaio de resistência à compressão, notou-se que alguns CP apresentavam pequenos defeitos que surgiram durante o processo de moldagem devido à consistência do concreto. Esses defeitos foram anotados e identificados antes do ensaio.

Após a conclusão do ensaio de resistência à compressão, os resultados obtidos junto com o valor da massa, a massa específica, a dimensão e o valor da resistência à compressão dos CP de cada uma das amostras.

Para a análise dos dados obtidos, foi elaborado um gráfico com a média dos CP de cada amostra, sendo desconsiderado para a análise o único CP (CP01\_REC\_NAT) produzido com a segunda amostra de areia reciclada feito com o traço 1. Podemos observar esses dados através da Figura 4.

Figura 4 - Média da resistência à compressão dos CP para cada amostra.



Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4. DISCUSSÃO

Diante da análise dos dados, podemos perceber que a dosagem (traço 0) utilizada com a amostra de areia natural permitiu um concreto com uma resistência média de 19,5 MPa. Utilizando a areia reciclada com o aditivo superplastificante, foi possível obter um concreto com uma resistência um pouco superior, sendo que, na primeira amostra, obteve-se uma resistência de aproximadamente 24,5 MPa e, na segunda amostra de areia reciclada, uma resistência de aproximadamente 21,7 Mpa. Em porcentagem, temos um aumento de resistência à compressão em comparação com a amostra de areia natural de 25,8% e 11,53%, respectivamente. Segundo Tavakoli e Soroushian (2013), o concreto de areia reciclada pode ter sua resistência alterada conforme o fator A/C. Esses mesmos autores chegaram à conclusão de que, para um fator maior de A/C, a resistência do concreto será menor, e para um fator menor de A/C, a resistência do concreto será maior.

Neste experimento, temos o mesmo fator de A/C para ambas as amostras, porém ele é insuficiente para a produção do concreto utilizando a areia reciclada sem o aditivo, em que se pode afirmar que o fator A/C é menor do que ele precisa. Ao adicionar o aditivo superplastificante, cujos benefícios incluem a redução de até 40% do volume água, foi possível a obtenção do concreto, permanecendo com o mesmo fator A/C (sendo menor do que ele precisava). Somado às propriedades benéficas do aditivo, foi possível obter um concreto com uma excelente resistência à compressão, superando a resistência do concreto produzido com a amostra de areia natural.

## 5. CONCLUSÕES

Pôde-se observar que a areia reciclada, na maioria das vezes, apresenta resistência e composição para o uso na produção de concreto. Temos que salientar que os cuidados e preocupações com o uso desse material têm certo fundamento, visto que nos deparamos com uma amostra do material com um teor de argila muito alto, inviabilizando a produção de um concreto de boa qualidade. Como a composição dos materiais depositados nas caçambas (areia, pedras, argamassa, concreto etc.) não tem suas proporções controladas, temos características diferentes em cada amostra, o que pode colocar em risco a produção de um concreto com esse material. Confirmamos as recomendações do uso de areia reciclada somente para argamassas e concretos não estruturais.

É possível obter excelentes agregados reciclados que podem ser utilizados para várias atividades dentro do setor da construção civil. Uma forma de obter esse material de maneira mais consistente seria a separação dos materiais descartados para que sejam triturados separadamente e misturados em proporções controladas. Um trabalho que passaria por uma redução das equipes de trabalho e dos profissionais envolvidos na construção civil.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil – 2016. Abrelpe, 2016. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2016.pdf>>. Acesso em: 23 mar. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAIS TÉCNICAS. NBR 5738 Concreto- Procedimento para moldagem e cura corpos de prova. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAIS TÉCNICAS. NBR 5739 Concreto- Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAIS TÉCNICAS. NBR 6457 Amostras de solo - Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAIS TÉCNICAS. NBR 7211 Agregados para concreto - Especificação. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAIS TÉCNICAS. NBR 10004 Resíduos Sólidos - Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAIS TÉCNICAS. NBR 15112 Resíduos da construção civil e resíduos volumosos - Áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAIS TÉCNICAS. NBR 15113 Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15114 Resíduos sólidos da construção civil - Áreas de reciclagem- Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15115 Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Execução de camadas de pavimentação - Procedimentos. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 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.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 26 Agregados - Amostragem. Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 33 Concreto - Amostragem de concreto fresco. Rio de Janeiro, 1998.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 248 Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

BRASILEIRO, L. L.; MATOS, J. M. E. Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil. Teresina, p. 12, 2015.

CABRAL, A. E. B.; MOREIRA, K. M. V. Manual sobre os Resíduos Sólidos da Construção Civil. SINDUSCON CE. Fortaleza, agosto de 2011. Disponível em: <<http://www.sinduscon-ce.org/ce/downloads/pqvc/Manual-de-Gestao-de-ResiduosSolidos.pdf>> Acesso em 20 mar. 2018.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 307. 2002. Disponível em: <[https://www.unifesp.br/reitoria/dga/images/legislacao/residuos2/CONAMA\\_RES\\_CONS\\_2002\\_307.pdf](https://www.unifesp.br/reitoria/dga/images/legislacao/residuos2/CONAMA_RES_CONS_2002_307.pdf)>. Acesso em: 22 mar. 2018.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 1. 1986. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>>. Acesso em 10 out. 2018.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 348. 2004. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=449>>. Acesso em: 15 out. 2018.

FREITA, C. L. V. Reciclagem de resíduo de construção civil (RCD): um estudo de caso na usina de beneficiamento de Petrolina-PE. *Revista de gestão Social e ambiental*. Petrolina, v. 10, n. 1, p. 93-109, jan./ abr. 2016. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/profile/Viviani\\_Santos/publication/316306180\\_pdf?origin=publication\\_detail](https://www.researchgate.net/profile/Viviani_Santos/publication/316306180_pdf?origin=publication_detail)>. Acesso em: 29 set. 2018.

LEITE, M. B. Avaliação de Propriedades Mecânicas de Concretos Produzidos com Agregados Reciclados de Resíduos de Construção e Demolição. 2001. 290 f. Tese (Doutor em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2005. Disponível em: <[http://www.lume.ufrgs.br/bitstream\\_id/45864/000292768.pdf](http://www.lume.ufrgs.br/bitstream_id/45864/000292768.pdf)>. Acesso em: 14 mar. 2018.

MADYISE, T. Case studies of environmental impacts of sand mining and gravel extraction for urban development in Gaborone. 2013. 120 f. Dissertação (Master of Science) – Environmental Management, University of South Africa, Gaborone, 2013. Disponível em: <[http://uir.unisa.ac.za/bitstream/handle/10500/13896/dissertation\\_madyise\\_t.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://uir.unisa.ac.za/bitstream/handle/10500/13896/dissertation_madyise_t.pdf?sequence=1&isAllowed=y)>. Acesso em: 01 mar. 2018.

MARQUES NETO, J. C. Gestão dos resíduos de construção e demolição no Brasil. São Carlos: Rima, 2005.

SUKESH, C. et al. Partial replacement of sand with quarry dust in concrete. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, v. 2, ed. 6, p. 254-258, maio 2013. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/68dc/47118f3de37abf6065ac87f46a-6952b39ba7.pdf>>. Acesso em: 08 mar. 2018.