

## **AVALIAÇÃO DE CONCRETOS PRODUZIDOS COM SUBSTITUIÇÃO DO AGREGADO MIÚDO NATURAL POR AGREGADO RECICLADO FINO**

**SILVA, Celiane Mendes da<sup>1</sup>;**  
**BUARQUE, Luan Rodrigo Bezerra<sup>2</sup>;**  
**SILVA, Carlos André Rocha da<sup>3</sup>;**  
**GONZAGA, Giordano Bruno Medeiros<sup>4</sup>.**

<sup>1</sup> Graduando, UNIT, Maceió-AL (celianems@hotmail.com).

<sup>2</sup> Graduando, UNIT, Maceió-AL (luanrb97@outlook.com).

<sup>3</sup> Graduado, UFAL, Maceió-AL (carlos.fisufal@hotmail.com).

<sup>3</sup> Doutor, UFAL, Maceió-AL (giordanogonzazga@yahoo.com.br).

**Resumo.** *O presente trabalho objetiva a substituição parcial do agregado miúdo natural por agregado reciclado. Os agregados oriundos de RCD foram coletados numa usina de reciclagem da cidade de Maceió/AL, de forma a serem utilizados diretamente na produção dos concretos visando a viabilização do uso deste material de forma mais abrangente, sem necessitar de mão-de-obra especializada em obras. Foram produzidos 4 traços com substituição de areia natural por areia reciclada nas proporções de 0%, 25%, 50% e 75%. De cada traço elaborado, foram moldados corpos de prova a serem ensaiados quanto a resistência à compressão axial nas idades de 7, 14 e 28 dias. Percebeu-se que quanto maior foi a porcentagem de substituição do agregado menor foi a trabalhabilidade dos concretos, pois os agregados mais porosos também possuem um elevado índice de finos, influenciando em sua resistência. Contudo, alguns concretos com a referida substituição apresentaram níveis de resistência bem próximos aos seus traços de referência. Por fim, concluiu-se que a substituição do agregado natural por agregado reciclado de RCD influi positivamente nas propriedades do concreto, mostrando-se uma eficaz alternativa ao uso da matéria-prima convencional e apresentando um caminho para a reinserção do mesmo na cadeia produtiva de mercado.*

**Palavras-chave:** *Alternativa, RCD, Reaproveitamento.*

## **1 INTRODUÇÃO**

O concreto, precedido da água, é o material mais utilizado no mundo e desde as primeiras construções o tal exerce papel preponderante nas mais diversas aplicações em que se tem seu uso. Entretanto, a utilização deste material em larga escala, requer também um alto fornecimento da matéria prima que o compõe que é basicamente formada por água, cimento e agregados miúdo e graúdo.

De acordo com VALVERDE (2001, p. 1), devido ao consumo do concreto em alta escala, observa-se também que os agregados da construção civil (areia e brita) são os insumos minerais mais consumidos no mundo, sendo que sua produção corresponde a cerca da metade do consumo mundial de minerais.

Com relação a isso, levanta-se uma problemática devido ao fato de que estes insumos em sua maior parte são extraídos da natureza e caracterizados como agregados naturais, pois são utilizados na forma como se encontram.

Atualmente, tem-se empreendido várias iniciativas para minimizar a geração e melhorar a gestão do resíduo de construção e demolição (RCD) visando a maximização de benefícios econômicos e ambientais e enfatizando a reciclagem crescente para o reuso destes materiais (PEDROZO, 2008).

Nesse sentido, o presente artigo visa apresentar o reaproveitamento do agregado reciclado de RCD como agregado miúdo no concreto, em substituições parciais, analisando sua influência no comportamento do concreto em seus estados fresco e endurecido.

## **2 MATERIAIS E MÉTODOS**

Na produção dos concretos, utilizou-se do cimento CP II F - 32 por ser um aglomerante de fácil acesso na região e de larga utilização em obras da construção civil, visto que o intuito do trabalho é de apresentar a viabilidade do uso do agregado de RCD sem pré-tratamentos específicos. No intuito de favorecer a trabalhabilidade das massas cimentícias, foi também empregado um aditivo plastificante concentrado para argamassas (VEDALIT/VEDACIT) tendo como composição básica o resinato de sódio.

Quanto aos agregados utilizados, a areia natural e o agregado graúdo foram também obtidos da localidade. Já a areia reciclada foi coletada no setor de reciclagem da empresa responsável pelo aterro sanitário da cidade de Maceió/AL, a qual realiza a coleta e beneficiamento do resíduo que é utilizado em obras de base e sub-base de pavimentação do município.

Os ensaios executados realizaram-se no Centro Tecnológico de Engenharia e Arquitetura (CTEA) do campus, do qual se utilizou de toda a aparelhagem destinada para determinação das características dos agregados e propriedades mecânicas dos concretos.

Inicialmente, a determinação da dosagem dos concretos foi obtida pelo método IPT/EPUSP, onde foi definido o teor de argamassa seca ideal para o concreto sendo de 53%. Logo após, determinou-se o traço utilizando-se da Lei de Lyse e obtendo o valor de 0,51 para a relação água/cimento por meio da reta de abatimento, a qual em função do aumento do teor de agregado reciclado na mistura, necessitou ser ajustada.

Foram produzidos 4 traços com substituição do agregado miúdo natural por agregado reciclado fino nos teores de 0, 25, 50 e 75%. Para a determinação das quantidades a serem dosadas em cada percentual de substituição, os cálculos foram realizados com base na massa específica do agregado natural.

Esse procedimento foi adotado devido ao fato de que o RCD possui uma variedade de materiais em sua composição, referente ao grande leque de materiais de construção existentes na construção civil possuindo, conseqüentemente, massas específicas diferentes.

Num primeiro momento foram determinadas as características dos agregados, visto que a composição dos agregados provenientes de RCD é bastante variável e pode-se afirmar que sua composição varia por região do Brasil, por cidade e até mesmo por caçamba de resíduo coletada. Devido a isto, vê-se que as propriedades desses agregados tendem a apresentar grande variabilidade.

Realizou-se a análise das características do concreto tendo como ponto de partida as relacionadas ao seu desempenho mecânico, a saber, sua consistência e resistência à compressão.

A cada traço produzido realizava-se o ensaio de abatimento do tronco de cone, abordado na ABNT NBR NM 67 (1998), para a investigação da influência do aumento de teor do agregado reciclado na trabalhabilidade do concreto.

O processo de moldagem dos corpos de prova foi baseado na ABNT NBR 5738 (2015), onde se utilizou de uma balança eletrônica, com precisão de 0,1g, para separação dos materiais para posterior mistura, a qual foi feita em processo totalmente mecânico através de betoneira com capacidade de 45kg por betonada.

No entanto, percebeu-se durante o procedimento de dosagem que a taxa de absorção do agregado oriundo de RCD é bastante elevada devido ao seu alto índice de finos, o que ocasionou a absorção de parte da água de amassamento do concreto. Diante disso, para compensar o efeito da absorção da areia reciclada, realizou-se a correção da água de amassamento no momento do preparo das misturas com um aumento percentual de 14%.

Foram moldados 36 corpos de prova cilíndricos de concreto, com dimensões ( $\phi=50$  mm e  $h=100$  mm), realizando-se adensamento manual conforme a ABNT NBR 5738 (2015). Os corpos de prova foram ensaiados quanto a resistência à compressão axial, propriedade mecânica preponderante ao estudo realizado. As idades de referência para a realização dos ensaios foram de 7, 14 e 28 dias, onde foram rompidos 3 corpos de prova para cada traço em suas respectivas idades de cura.

O procedimento de cura utilizado foi a cura saturada com cal sendo os corpos de prova imersos totalmente em água. Os corpos de prova tiveram sua preparação de base e topo por retífica, com o intuito de se obter o melhor encaixe do corpo de prova com os pratos do equipamento para a realização do ensaio de resistência a compressão atendendo a ABNT NBR 5739 (2018).

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Através dos ensaios realizados para determinação das características dos agregados e no que se refere às propriedades mecânicas do concreto, obteve-se os resultados apresentados e explanados a seguir.

#### **3.1 Agregados**

Na tabela seguinte, estão demonstrados os valores obtidos das propriedades estudadas como a massa específica e unitária, valores referentes a determinação da composição granulométrica e sua classificação conforme as normatizações vigentes.

Tabela 1. Propriedades dos agregados miúdos. Fonte: Autores (2019)

<i>Propriedade</i>	<i>Agregado natural</i>	<i>Agregado reciclado</i>	<i>Norma</i>
<i>Massa específica (g/cm<sup>3</sup>)</i>	2,62	2,48	NBR 9776
<i>Massa unitária (Kg/dm<sup>3</sup>)</i>	1,42	1,318	NBR 7251
<i>% material com D&lt;0,075mm</i>	0,52	1,48	NBR NM 46
<i>D<sub>máx</sub> (mm)</i>	4,75	4,75	NBR NM 248
<i>Módulo de finura</i>	2,34	2,38	
<i>Zona granulométrica</i>	Ótima	Ótima	NBR 7211

Analisando-se a Tabela 1, pode-se concluir que mesmo os valores de massa específica e massa unitária possuem variações, os índices de módulo de finura e a classificação da zona granulométrica foram bem próximos, o que se deve ao fato de que o RCD é composto em sua maioria por produtos advindo de agregados convencionais. Mas, devido à alta variabilidade de materiais em sua composição, como os cerâmicos, cimentícios, resíduos de gesso e madeira etc., percebe-se que a massa específica tende a ser variável.

Com relação ao percentual de material passante com diâmetro menor que 0,075mm, obtido através da curva granulométrica, comprova-se o fato de que o agregado reciclado possui um maior teor de finos (1,48%) em comparação ao agregado natural (0,52%).

### 3.2 Concreto

Acerca dos resultados obtidos através da análise dos estados fresco e endurecido do concreto, em função do aumento do teor de substituição do agregado miúdo natural por agregado reciclado, se discorrerá a seguir.

#### 3.2.1 Estado fresco

A partir das análises do ensaio de abatimento do tronco de cone, realizado a cada traço produzido, obteve-se os valores constantes no Quadro 1.

Quadro 1. Relação da consistência do concreto com produtos utilizados na dosagem. Fonte: Autores (2019)

<b>Traço</b>	<b>Relação a/c</b>	<b>% aditivo</b>	<b>% correção da água</b>	<b>Abatimento (mm)</b>
<b>0%</b>	0,51	0,2	-	6,5
<b>25%</b>	0,51	0,2	-	7
<b>50%</b>	0,51	0,6	14%	6
<b>75%</b>	0,51	0,6	14%	6

Relacionou-se os dados de consistência com a quantidade de aditivo utilizada, o percentual de água corrigido em função da absorção do agregado e a manutenção da relação água cimento da dosagem, no intuito de representar os efeitos que tais técnicas provocaram na produção dos concretos.

Pode-se observar que tanto o traço de referência quanto aquele com substituição de 25% do agregado natural por reciclado obtiveram consistências boa e muito boa, visto que o abatimento fixado como referência foi de  $7 \pm 1$  mm. No entanto, ao ponto que se aumentou o teor de substituição do agregado reciclado no concreto, especificamente a partir do teor de 50%, houve um decaimento da trabalhabilidade do concreto o que acarretou em dificuldades de adensamento.

### 3.2.2 Estado endurecido

Através do ensaio para aferição da resistência mecânica dos concretos produzidos, obteve-se os resultados constantes do gráfico abaixo.

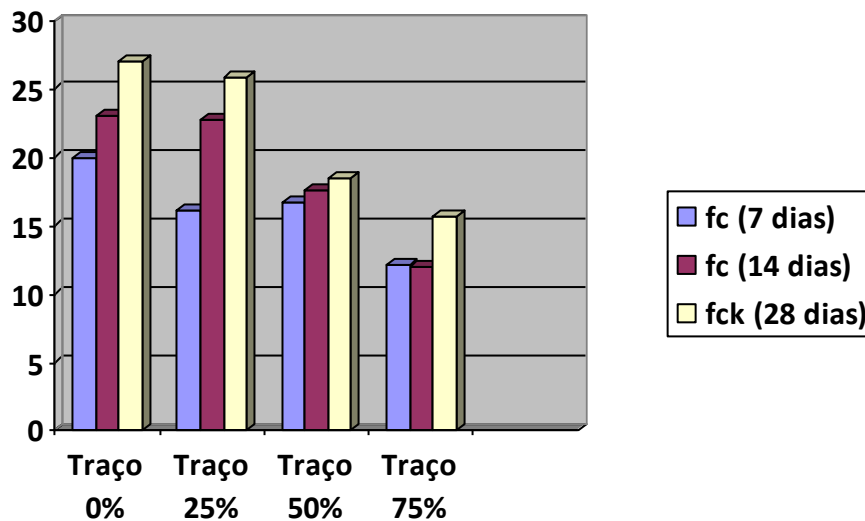


Figura 1 - Resistências médias dos traços elaborados para cada idade de cura. Fonte: Autores (2019)

A partir da análise do gráfico pode-se constatar que não houve aumento significativo no curso das idades de 7 e 14 dias para o traço de 75% devido as dificuldades encontradas no adensamento para este traço, fato que evidencia a não significância da produção de um concreto com totalidade de agregados reciclados.

Porém, o traço com 25% de substituição de areia natural por areia reciclada foi bastante vantajoso apresentando uma resistência maior que 25Mpa aos 28 dias e com aumento contínuo de resistência em função da idade de cura

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em vista do exposto, conclui-se que a incorporação de materiais granulares reciclados de construção e demolição, em substituição ao agregado miúdo natural em matrizes cimentícias de concretos provocam alterações em seu comportamento. Com os resultados obtidos no presente trabalho pode-se notar que ao ponto que se eleva o percentual de agregado reciclado no concreto sua trabalhabilidade é comprometida, e, em consequência disto, conclui-se que os métodos para correção da absorção da água de amassamento são indispensáveis.

No entanto, observou-se que estes resíduos podem substituir os agregados apresentando um alto potencial de utilização. Com relação a isto, tem-se os resultados obtidos no teor de 25% de substituição de areia natural por areia reciclada, no qual obteve-se propriedades desejáveis e ainda contribuindo com uma diminuição de da quantidade de areia natural no concreto. Este valor, analisando-se em larga escala, reduziria uma quantidade significativa do consumo de agregados minerais, acarretando também na redução da extração mineral.

De modo geral, pode-se constatar que não há implicações relevantes que impeçam o uso do RCD em substituição do agregado miúdo natural. Dessa forma, em vista dos impactos ambientais causados pela elevada demanda de extração da areia natural, deve-se intervir com urgência o uso deste material tendo o RCD como alternativa imediata e eficaz para sua substituição.

## **REFERÊNCIAS**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. “**Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75 µm, por lavagem**”. NBR NM 46, Rio de Janeiro, 2003.

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

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. “**Concreto — Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova**”. NBR 5738, Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. “**Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos - Método de ensaio**”. NBR 5739, Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. “**Agregados para concreto – Especificação**”. NBR - 7211, Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. “**Agregados no estado solto – Determinação da massa unitária**”. NBR 7251, Rio de Janeiro, 2008

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. “**Agregados - Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco de Chapman**”. NBR 9776, Rio de Janeiro, 1987.

PEDROZO, R.F.E. **Influência da substituição do agregado miúdo natural por agregado reciclado fino em propriedades de argamassas e concretos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 2008.

VALVERDE, F. M. **Agregados para a construção civil: Balanço Mineral Brasileiro**. São Paulo: Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para a Construção, p.1, 2001.