



AValiação DA VIABILIDADE DO USO DE AREIA DE RESÍDUO DA CONSTRUÇÃO CIVIL EM DOSAGENS DE SOLO-CIMENTO AUTOADENSÁVEL

Souza, B.G (1); Callejas, I.J.A (2); Simione, F.C (3); Durante. L.C (4)

(1) UFMT- Universidade Federal de Mato Grosso – bruna-guima@outlook.com; (2); UFMT- Universidade Federal de Mato Grosso – ivancallejas1973@gmail.com.com (3) UFMT- Universidade Federal de Mato Grosso - fernandacavattiarq@gmail (4) UFMT- Universidade Federal de Mato Grosso – luciane.durante@hotmail.com

RESUMO

A reciclagem de Resíduos da Construção Civil é uma alternativa para minimizar o impacto ambiental, uma vez que se promove a conservação de matérias-primas não renováveis e minimizam-se o volume de resíduos dispostos em aterros e áreas irregulares. Este trabalho objetivou caracterizar misturas preliminares de solo-cimento autoadensável com incorporação de areia de resíduo da construção civil, buscando atender aos critérios mínimos de desempenho estabelecidos nas normas brasileiras. Seguiram-se as seguintes etapas metodológicas: (a) caracterização dos materiais utilizados nas misturas (solo e RCC); (b) desenvolvimento preliminar de três dosagens com teores de 0%, 50%, e 100% a fim de identificar o percentual ideal de incorporação de RCC nas misturas; e, (c) realização de ensaios de caracterização físicas e mecânicas no estado fresco (espalhamento) e endurecido (absorção de água e resistência à compressão simples). O espalhamento das misturas variou entre 430mm a 765mm, enquanto a absorção de água foi inferior a 20% na mistura com 100% de incorporação de RCC. Constatou-se que o teor ideal de incorporação do RCC está na faixa de 50% a 100%. Concluiu-se que a incorporação de RCC em misturas de solo cimento autoadensável apresenta potencial para a produção de paredes de vedação. Sugere-se complementação do estudo, visto que ainda há a necessidade de se testar outras porcentagens de substituição.

Palavras-chave: solo, resíduo de construção, solo-cimento autoadensável.

FEASIBILITY EVALUATION OF THE USE OF SAND CONSTRUCTION RESIDUE IN MIXTURES OF SELF-COMPACTING SOIL-CEMENT

ABSTRACT

Recycling Construction Waste (RCW) is an alternative to minimize environmental impact, since it promotes the conservation of non-renewable raw materials and the volume of waste disposed in landfills and irregular areas is minimized. This work objectified to characterize physically and mechanically mixtures of self-compacting soil-cement with the incorporation of construction residue, following the minimum performance criteria established in the Brazilian standards. The following methodological steps were followed: (a) characterization of the materials used in the mixtures (soil an RCW); (b) preliminary development of three dosages with 0%, 50% e 100% in order to identify the ideal percentage of incorporation of RCW in mixtures; and (c) conduction of physical characterization tests in the fresh state (slump flow) and hardened (water absorption and compressive strength). The slump flow of the mixtures varied from 430 to 765mm, while the water absorption was less than 20% in the blend with 100% incorporation of RCW. It has been found that ideal content of RCW incorporation is in the range of 50% to 100%. It was concluded that the incorporation of RCW self-compacting soil-cement in mixtures has potential for the production of vertical panels. It is suggested to complement the study, since there is still a need to test other substitution percentages.

Key-words: soil, waste construction, soil-cement self compacting.



1. INTRODUÇÃO

A indústria da Construção Civil além de consumir grandes quantidades de recursos não renováveis, utiliza energia de forma intensiva, emite grande quantidade de poluentes e caracteriza-se como o principal setor gerador de resíduos do mundo (PACHECO-TORGAL E LABRINCHA, 2013)⁽¹⁾.

A reciclagem desses resíduos é uma oportunidade de transformar despesas numa fonte de faturamento, ou pelo menos, reduzir as despesas com deposições irregulares e volumes de extração de matérias-primas (FREITAS, 2009)⁽²⁾.

A utilização do solo estabilizado com cimento ou cal, assim como a reutilização de resíduos provenientes da construção civil, vem sendo amplamente pesquisados na área de materiais e técnicas construtivas como alternativas aos tradicionais insumos utilizados na construção civil. A maioria destas pesquisas são voltadas para a confecção de tijolos ou blocos, por meio de técnicas de prensagem ou compactação do material, para fins de vedação (BARBOZA, 2014)⁽³⁾.

Por outro lado, existe a possibilidade da utilização do solo-cimento no estado plástico, com consistência parecida com a da argamassa, ou ainda, a sua utilização de forma semelhante ao concreto autoadensável. Este material recebe o nome de solo-cimento autoadensável (SCAA) e devido ao seu estado plástico, permite maior rapidez na produção e aplicação, já que seu adensamento ocorre por meio do seu peso próprio (SEGANTINI, 2000)⁽⁴⁾.

Desta forma, diante da necessidade de minimizar os impactos ambientais causados pelo setor da construção civil, busca-se estudar a potencialidade da utilização tanto de resíduos de solos oriundos do processo de escavação, que usualmente são dispostos em aterros ou em área ilegais, como de resíduos de areia de construção civil beneficiada em usinas de triagem.

Diante deste cenário, objetiva-se caracterizar física e mecanicamente misturas de solo-cimento autoadensável com incorporação de areia de resíduo da construção civil. Focou-se nas misturas preliminares de SCAA visando entender a interação e comportamento entre o solo, o RCC e o aditivo superplastificante.



2. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Materiais

3.1.1 Solo

O solo utilizado nessa pesquisa foi retirado de um depósito localizado na área da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), proveniente de escavações realizadas no perímetro da universidade (Figura 1).

Figura 1 - Depósito de solo proveniente de escavação



Fonte: Próprio autor

Para caracterização do solo, realizou-se o ensaios indicados na Tabela 1.

Tabela 1 - Normas para caracterização do solo

| Norma utilizada | Ensaio |
|---|--|
| NBR NM 6457 (ABNT, 2016) ⁽⁵⁾ | Ensaio de caracterização |
| NBR 52 (ABNT, 2009) ⁽⁶⁾ | Determinação da massa específica e massa específica aparente |
| NBR NM 7181 (ABNT, 2016) ⁽⁷⁾ | Análise Granulométrica |
| NBR NM 6459 (ABNT, 2017) ⁽⁸⁾ | Determinação do limite de liquidez |
| NBR NM 7180 (ABNT, 2017) ⁽⁹⁾ | Determinação do limite de plasticidade |

Fonte: Próprio autor



3.1.2 Cimento

O cimento utilizado foi CP II E 32, da marca Itaú, fabricado pela Votorantim. Esse cimento é o mais utilizado e encontrado no município de Cuiabá. Trata-se de um cimento composto, com adição de pozolana que pode ser utilizado em todas as fases da construção. É um produto regulamentado pela NBR 16697 (ABNT, 2018) ⁽¹⁰⁾.

3.1.3 Resíduo de Construção Civil

Os resíduos de areia reciclado foram obtidos na Usina de Reciclagem Eco Ambiental localizada no Município de Cuiabá – MT.

Para a utilização desse material foram realizados ensaios de caracterização, a fim de se atestar a potencialidade de utilização do material como agregado miúdo, nas dosagens do solo cimento autoadensável (Tabela 2).

Tabela 2 - Normas para caracterização do RCC

| Norma utilizada | Ensaio |
|---|---|
| NBR NM 26 (ABNT, 2009) ⁽¹¹⁾ | Amostragem |
| NBR NM 27 (ABNT, 2000) ⁽¹²⁾ | Redução da amostra de campo para ensaios de laboratório |
| NBR NM 52 (ABNT, 2009) ⁽¹³⁾ | Massa específica e massa específica aparente |
| NBR NM 248 (ABNT, 2003) ⁽¹⁴⁾ | Granulometria |
| NBR NM 30 (ABNT, 2001) ⁽¹⁵⁾ | Absorção de Água |

Fonte: Próprio autor

3.1.4 Aditivo

Utilizou-se o aditivo Sika ViscoCrete 5700, o qual tem sua composição química a base de policarboxilatos. É considerado um aditivo de 3ª geração (Tabela 3). Apresenta pega normal, sendo usualmente utilizado em concretos com alta resistência inicial, concreto de alto desempenho e concreto autoadensável.



Tabela 3 - Composição do superplastificante

| Dados Técnicos do Aditivo Sika ViscoCrete 5700 | |
|---|---|
| Base Química | Solução de policarboxilato em meio aquoso |
| Aspecto | Líquido Castanho |
| Densidade (g/cm ³) | 1,07 kg ± 0,02 kg/litro |
| PH | 45, ± 1,0 |
| Dosagem Recomendada | 0,30 a 1,5% sobre o peso de aglomerantes |

Fonte: Sika (2018)

3.1.5 Água

A água utilizada no desenvolvimento da pesquisa foi da rede de abastecimento urbano, realizado pela empresa Águas Cuiabá.

3.2 Método

A fim de se determinar a potencialidade da incorporação da areia de RCC nas misturas de solo cimento auto adensável, a pesquisa foi dividida em três etapas:

- a) Etapa 1: caracterização de todos os materiais a serem utilizados no desenvolvimento da pesquisa;
- b) Etapa 2: dosagem preliminar das misturas, bem como os teores de aditivo e a água.
- c) Etapa 3: realizaram-se ensaios para caracterização das misturas no estado fresco e no estado endurecido.

Detalham-se a seguir, as etapas acima relacionadas.

3.2.1 Definição das características de desempenho das misturas

A partir da revisão literatura sobre o tema e com base nos critérios de aceitabilidade presente na norma técnica de paredes monolíticas de solo-cimento convencional, utilizada em virtude da ausência de normativas sobre o solo-cimento autoadensável, e, complementarmente, na norma NBR 15823 (ABNT, 2017)⁽¹⁶⁾ de concreto autoadensável, que estabelece requisitos de classes de



espalhamento (índice de estabilidade visual), definiu-se os requisitos físicos e mecânicos de desempenho e aceitabilidade para as dosagens conforme Tabela 4.

Tabela 4 - Requisitos aplicados à mistura de referência de SCAA e aos demais visando a aplica em paredes monolíticas

| Norma | Resistencia à compressão | Espalhamento requerido | Absorção de água |
|-------------------------------|--------------------------|------------------------|------------------|
| Critério de Desempenho | ≥ 1,0 MPA | 660 – 750mm | ≤ 20% |

Fonte: Próprio autor

3.2.2 Definição das Composições das Misturas

A composição do traço de referência foi definida por meio de revisão sistemática da literatura sobre o tema. Como a pesquisa tem enfoque na produção de paredes monolíticas com baixa incorporação de energia, definiu-se para mistura de solo-cimento autoadensável de referência o menor teor de porcentagem de utilização de cimento, ou seja, 20% em massa dos materiais secos, seguindo com as porcentagens encontradas na revisão de literatura entre 20% a 30% em massa de materiais secos (BERTÉ e ALCANTARA, 2013⁽¹⁷⁾; MARTINS, 2014⁽¹⁸⁾; CLAVERIE, 2015⁽¹⁹⁾; MILANI e BARBOZA, 2016⁽²⁰⁾; FERNANDES, 2017⁽²¹⁾; SOUZA, PAZ e MILANI, 2016⁽²²⁾; LLAJARUNA, 2017⁽²³⁾). A proporção entre cimento/solo foi estabelecida em 1:5, em virtude de esta apresentar, de acordo com a bibliografia, resistência mecânica compatível com critério de desempenho estabelecido na Tabela 4.

Para estudar a influência da areia de RCC na mistura, a incorporação deste material foi realizada substituindo o solo da mistura de referência em intervalos de 50% e 100% de substituição em massa, mantendo-se constante o valor do aditivo nas misturas conforme indicado na Tabela 5. Desta forma, com a mistura denominada T1 apresenta 100% de massa de solo, a mistura T2 que apresenta 50% de areia de RCC e 50% de solo e a mistura T3 que apresenta 100% de RCC.

Como o aditivo permaneceu constante nas misturas, houve a necessidade de se variar a quantidade de água nas misturas visando alcançar o intervalo de espalhamento indicado na Tabela 4. O estudo de pré-dosagem indicou que na mistura com 100% areia de RCC foi necessário utilizar menos água para alcançar a fluidez almejada, enquanto aquela composta por 100% de solo-cimento necessitava de maior quantidade de água entre as misturas, em virtude da quantidade de finos presente no solo. Desta forma, diante do comportamento observado, à medida que se incorporou o RCC na mistura,



foi-se progressivamente reduzindo a relação água/cimento, o que influenciará diretamente os resultados de resistência à compressão (Tabela 5).

Tabela 5 - Definição das dosagens de solo-cimento auto adensável e com incorporação de areia reciclada de RCC.

| Mistura | Traço | Solo | Cimento | Água | Aditivo | RCC | Relação a/c |
|---------|-------|------|---------|------|---------|------|-------------|
| T1 | 1:5 | 1000 | 200 | 500 | 3,2 | - | 2,5 |
| T2 | 1:5 | 500 | 200 | 400 | 3,2 | 500 | 2,0 |
| T3 | 1:5 | - | 200 | 300 | 3,2 | 1000 | 1,5 |

Fonte: Próprio autor

A caracterização física e mecânica foi conduzida por meio dos ensaios indicados na Tabela 6, sendo necessário confeccionar 6 corpos de prova para cada mistura, totalizando 18 corpos de prova com dimensões de 100x200mm. Foi seguindo os seguintes procedimentos para obtenção das misturas:

a) Primeiramente foram colocados os materiais secos: solo, cimento, resíduos, e efetuada em seguida a sua homogeneização. Utilizou-se como recipiente para a confecção das misturas, um carrinho de mão.

b) Posteriormente, adicionou-se um terço da quantidade de água definida em cada traço, homogeneizando a massa durante 2 minutos;

c) Depois, foi adicionado ao segundo terço de água o aditivo, e misturado a massa por mais 3 minutos antes de colocar o terço final da água, o qual foi homogeneizada por mais 2 minutos.

d) Para cada ensaio realizado no estado fresco, a mistura era depositada de volta no recipiente para que fosse misturada, antes do preenchimento dos corpos de prova.



Figura 2 – Mistura dos materiais secos



Fonte: Próprio autor

Figura 3 - Consistência da mistura com 100% solo



Fonte: Próprio autor

Tabela 6 - Ensaios de caracterização das misturas

| | Normas utilizadas | Ensaio | Nº CP | Idade do ensaio |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------|------------------------|
| Estado Fresco | NBR 15823-2 (ABNT, 2017) | Espalhamento | - | Após mistura |
| Estado Endurecido | NBR 12025 (ABNT, 2012). | Resistência á compressão | 3 | 7 dias |
| | NBR 13555 (ABNT, 2012) | Absorção de água | 3 | 7 dias |

Fonte: Próprio autor

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

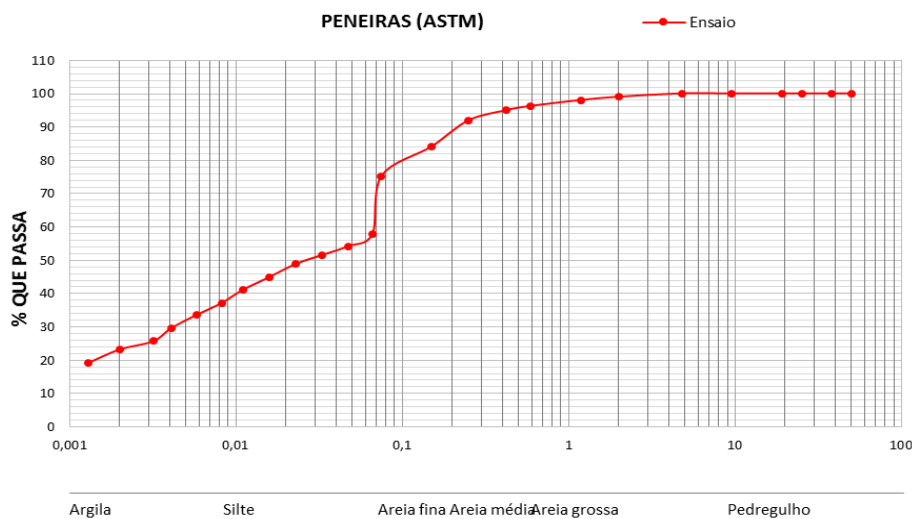
4.1 Caracterização do solo e da areia reciclada de RCC

4.1.1 Solo

O solo utilizado foi o Latossolo Vermelho Amarelo, caracterizado como areno-siltoso. Nota-se que o solo apresenta 100% de material passando na peneira com abertura de malha de 4,75mm, 53,2% de teor de finos passantes na peneira com abertura de malha de 75µm (o ideal seria entre 15% e 50%) (Figura 2), limite de liquidez menor que 45% e índice de plasticidade inferior a 18%, enquadrando-se em quase todas as recomendações normativas (Tabela 7). O solo se enquadra na classificação A-4 da Highway Research Board – HBR, tratando-se de um solo com finos, argilas e siltes.



Figura 2 - Distribuição granulométrica do solo Latossolo Vermelho Amarelo



Fonte: próprio autor

Tabela 7 - Características físicas do solo pesquisado

| Características físicas | Resultados | NBR 13553 (ABNT, 2005) |
|--|------------|------------------------|
| Massa Especifica saturada sup. Seca (g/cm ³) | 2,36 | N/A |
| Massa Especifica seca (g/cm ³) | 2,42 | N/A |
| Massa Especifica Aparente (g/cm ³) | 2,27 | N/A |
| Limite de Liquidez (%) | 33,3 | ≤ 45% |
| Limite de Plasticidade (%) | 24,6 | N/A |
| Índice de Plasticidade | 8,7 | ≤ 18% |
| Material que passa #4,8mm (%) | 100 | 100% |
| Material que passa #0,075 mm (%) | 53,2 | 50% |

Fonte: Próprio autor

Na Tabela 8 é possível observar as porcentagens das frações quanto à composição granulométrica do solo utilizado. Com exceção do critério do material passante na peneira de #0,075 mm, os demais requisitos normativos são atendidos pelo solo utilizado na pesquisa.



Tabela 8 – Frações granulométricas do solo (%)

| Fração | Porcentagem retida (%) |
|------------|------------------------|
| Pedregulho | 1,54 |
| Areia | 39,66 |
| Silte | 34,60 |
| Argila | 24,20 |
| Total | 100,00 |

Fonte: próprio autor

4.1.2 Caracterização da areia de RCC

Os resultados da caracterização física da areia reciclada podem ser visualizados na Tabela 9. Essa apresenta massa específica menor que o agregado natural, devido a sua baixa densidade. Além disso, deve-se atentar para a elevada capacidade de absorção de água do agregado reciclado, uma vez que esse fator pode comprometer a resistência e a durabilidade do produto final.

Esse comportamento em relação à absorção de água era previsto, tendo em vista que o RCC possui materiais em sua composição mais susceptíveis a absorção de água, como a cerâmica, gesso, cimento entre outros. Contudo, os resultados obtidos são aceitáveis de acordo com o especificado na NBR 15116 (ABNT, 2004) ⁽²⁴⁾, que estabelece valor menor ou igual a 17%.

Tabela 9 - Caracterização física da areia reciclada de RCC produzidos na recicladora.

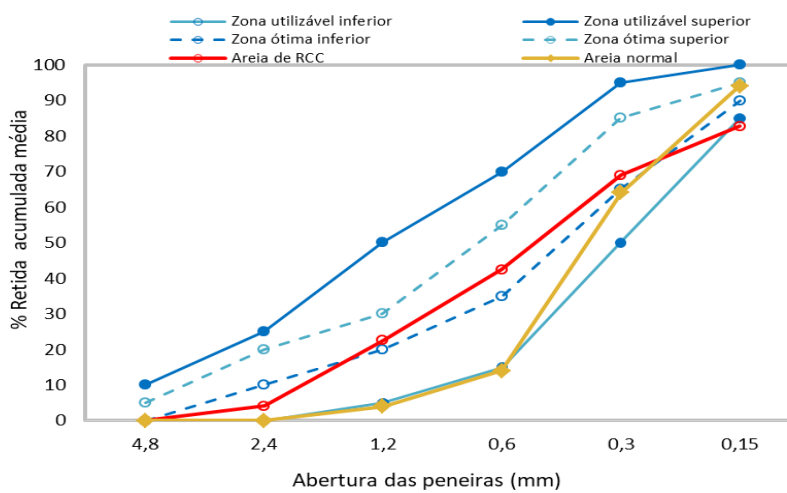
| Características físicas | Areia RCC | Areia Natural |
|--|-----------|---------------|
| Massa específica saturada superfície seca (g/cm ³) | 2,1 | 2,62 |
| Massa específica seca (g/cm ³) | 1,89 | - |
| Massa específica aparente (g/cm ³) | 2,39 | 2,63 |
| Absorção de água (%) | 11,06 | 0,35 |
| Modulo de finura | 2,48 | 1,76 |

Fonte: Próprio autor



A areia de RCC encontra-se dentro dos limites de distribuição granulométrica do agregado miúdo, pois se enquadra dentro da zona utilizável prevista na NBR 7211 (ABNT, 2009)⁽²⁵⁾ conforme pode ser observado na Figura 3. Nota-se que sua composição granulométrica apresenta melhor enquadramento do que a areia natural proveniente do Rio Cuiabá (normal).

Figura 3 – Curva granulométrica da areia de RCC



Fonte: próprio autor

4.2 Caracterização Física e Mecânica das Misturas

4.2.1 Estado fresco

A partir dos dados do diâmetro de espalhamento (Tabela 10), é possível perceber que a incorporação do RCC nas misturas T2 (50% RCC) e T3 (100% RCC) proporcionou maior coesão e maior trabalhabilidade às misturas. Este comportamento pode ter ocorrido devido a maior entrosamento das partículas nas misturas, já que a areia de RCC é bem graduada conforme Figura 3. O baixo espalhamento observado na mistura T1 (100% SOLO) se deve ao fato de esta ser composta apenas por solo, e por ser um material muito fino, corroborou para a redução observada do espalhamento, inclusive não atendendo o limite especificado para os traços dosados de 660 – 750mm.



Tabela 10 - Caracterização das dosagens no estado fresco

| Misturas | Diâmetro (mm) | % Material |
|----------|---------------|-------------------|
| T1 | 430 | 100% SOLO |
| T2 | 610 | 50% RCC/ 50% SOLO |
| T3 | 765 | 100% RCC |

Fonte: Próprio autor

Percebe-se que as misturas com menor quantidade de finos (T2) (híbrida) e (T3)(cimento+areia), as quais possuíam porcentagem de RCC em sua composição, contendo partículas com diferentes granulometrias, houve melhor entrosamento entre as partículas na mistura, proporcionando assim maior fluidez. Nota-se que, mesmo reduzindo o teor de água nestas misturas, que o diâmetro do espalhamento se elevou. Assim, é conveniente nos próximos estudos manter constante o fator água/cimento e alterar o teor de aditivo para manter o espalhamento o mais homogêneo possível entre as misturas.

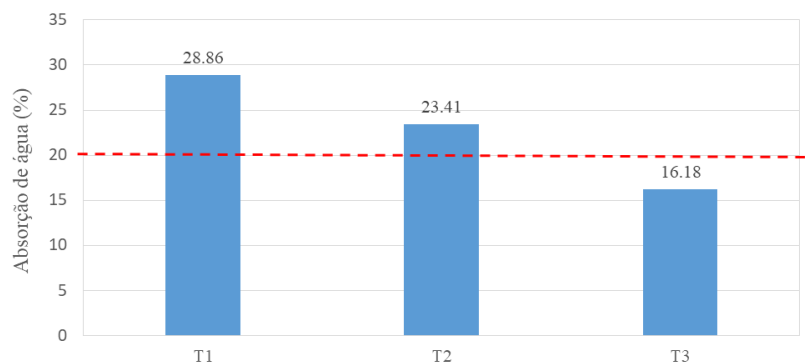
4.2.2 Estado Endurecido

4.2.2.1 Absorção de água

Observa-se que apenas a mistura T3 (100% RCC) apresentou índices de absorção de água dentro do limite estabelecido pela norma NBR 13555 (ABNT, 2012)⁽²⁶⁾, ou seja, inferior a 20% (Figura 4). As misturas T1 e T2 apresentou maior absorção do que o indicado em norma. Destaca-se que quanto menor a taxa de absorção de água pelas misturas, menor será sua suscetibilidade ao ataque por agentes agressivos. O fato da mistura T₃ está relacionado a menor quantidade de vazios gerados na mistura devido ao seu menor fator a/c mas também pelo fato de ser composta totalmente por areia reciclada.



Figura 4 - Resultado do ensaio de absorção de água (%)

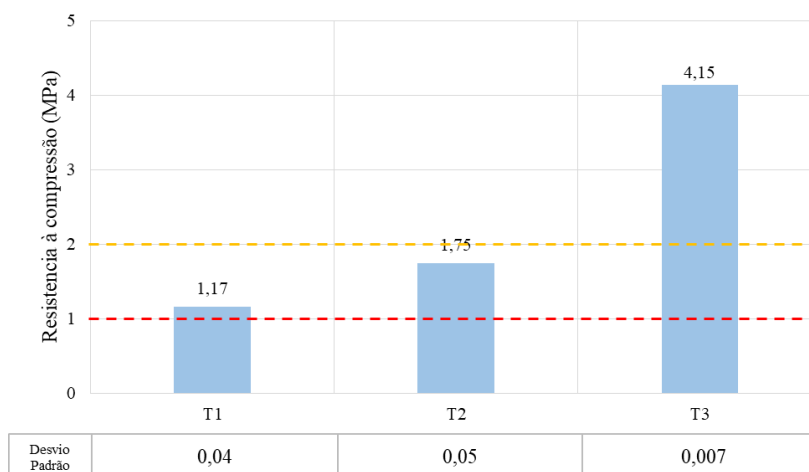


Fonte: Próprio autor

4.2.2.2 Resistência à compressão

Observa-se que todas as misturas atenderam o requisito mínimo de resistência estabelecido pela NBR 13553 (ABNT, 2005)⁽²⁷⁾, para paredes monolíticas de solo-cimento, ou seja, resistência superior a 1,0 MPa após sete dias de cura. No caso para a produção de tijolos de solo-cimento, a NBR 8491 (ABNT, 2012)⁽²⁸⁾ especifica resistência superior/igual a 2,0 MPa.

Figura 5 - Resistência à compressão axial das misturas de SCAA



Fonte: Próprio autor

Observou-se que, a partir da substituição de solo por RCC, houve aumento gradativo nos valores de resistência à compressão dos corpos de prova, em parte decorrente da redução do fator a/c na mistura, mas também pela retirada do solo e introdução do RCC. A mistura T3 (100%) foi a única que alcançou resistência à compressão superior a requerida pela NBR 8491 de 2,0 MPa.



5. CONCLUSÃO

Em relação a resistência mecânica, observou-se que é viável a substituição do solo pelo agregado reciclável, até 100% de substituição, já que a mistura T3 com 100% de RCC apresentou os melhores resultados. Quanto a absorção, observou-se que a substituição do solo pelo agregado reciclável ocasionou a diminuição da absorção por parte das misturas, o que é favorável para evitar patologias em possíveis utilizações desse material como paredes monolíticas.

Por meio da pesquisa pode-se concluir através dos estudos preliminares a viabilidade da utilização da incorporação de areia de RCC em misturas de solo-cimento autoadensável. Assim será conduzido um novo estudo agora com traços com incorporações intermediárias, ou seja, 25% e 75% de teores de incorporação de resíduo de areia, visando determinar aquele que atenda os requisitos físicos e mecânicos exigidos pelas normas brasileiras. Nesse estudo, o fator a/c será mantido constante, visando tornar as misturas comparáveis entre si. Variar-se-á o teor de aditivo visando manter o espalhamento o mais homogêneo possível nas misturas pesquisadas.

Assim, a incorporação de resíduos da construção civil apresenta potencial como material a ser utilizado para a confecção de paredes monolíticas de solo-cimento autoadensável, tendo em vista o seu enquadramento dentro dos requisitos estabelecidos pelas normas técnicas. Destaca-se que sob o aspecto ambiental, a incorporação é benéfica, pois reaproveita os resíduos oriundos da construção civil, além de reduzir a extração de novos recursos naturais (no caso o agregado de areia natural).

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. PACHECO-TORGAL, F.; LABRINCHA, J. A. The future of construction materials research and the seventh UN Millennium Development Goal: A few insights, *Construction and Building Materials*, v.40, pp. 729-737, 2013.
2. FREITAS, M. I. **Os resíduos de construção civil no município de Araraquara**. Dissertação de mestrado apresentada ao Centro Universitário, 2009. p. 89
3. BARBOZA, C. S. **Avaliação físico-mecânica do solo cimento auto adensável para fabricação de parede monolíticas**. Tese (Mestrado em Eficiência Energética e Sustentabilidade), Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, 2014.
4. SEGANTINI, A. A. S. **Utilização de solo – cimento plástico em estacas escavadas com trado mecânico em Ilha Solteira (SP)**. Tese (Doutorado), Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Campinas, São Paulo, 2000.
5. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 6457: Amostras de solo — Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização**. Rio de Janeiro, 2016.



6. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 52**: Agregado miúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009.
7. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 7181**: Solo -Análise granulométrica. Rio de Janeiro, 2017.
8. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6459**: Solo - Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro, 2017.
9. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 7180**: Solo - Determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro, 2016.
10. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11578**: Cimento Portland composto. Rio de Janeiro, 1991.
11. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 26** - Agregados – Amostragem. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.
12. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 27**- Agregados - Redução da amostra de campo para ensaios de laboratório. Rio de Janeiro: ABNT, 2000.
13. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 52** - Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.
14. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248** - Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.
15. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 30** - Agregado miúdo - Determinação da absorção de água. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.
16. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15823-2**: Concreto auto adensável Parte 2: Determinação do espalhamento, do tempo de escoamento e do índice de estabilidade visual - Método do cone de Abrams. Rio de Janeiro, 2017.
17. BERTÉ, S. D. D; ALCANTARA, M. A. M. Estudo do comportamento do solo-cimento auto-adensável. **REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 7, n. 2, p. 16-31, 2013.
18. MARTINS, A. P. de S. **Desenvolvimento, Caracterização Mecânica e Durabilidade de Compósitos Solo-Cimento Auto adensáveis Reforçados Com Fibras De Sisal**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ. Rio de Janeiro – RJ, 2014.
19. CLAVERIE, J. **Estudo da influência da cinza de casca de arroz e da cal nas propriedades do solo-cimento auto adensável**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, São Paulo, 2015.
20. MILANI, A. P. da S., BARBOZA, C. S. B., Contribuição ao estudo de propriedades do solo cimento autoadensável para fabricação de paredes monolíticas. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 16, n. 4, p. 143-153, out./dez. 2016.
21. FERNANDES, G. F. **Utilização do solo-cimento auto adensável na fabricação de blocos de alvenaria**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, São Paulo, 2017.
22. SOUZA, B. R.; PAZ, J. G. S.; MILANI, A. P. S., **Estudo da Viabilidade Técnica do Solo-Cimento Auto adensável para Fabricação de Paredes Monolíticas In Loco**. In: XVI Encontro Nacional De Tecnologia Do Ambiente Construído, São Paulo – SP, 2016.



23. LLAJARUNA, M. A. V. **Estudo do solo-cimento auto adensável para fabricação de tijolos de pó de mármore e resíduos de construção**. Dissertação Mestrado Engenharia Civil. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. 2017. 75 p.
24. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15116** – Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil e preparo de concreto sem função estrutural - Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.
25. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211** - Agregados para concreto - Especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.
26. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13555**: Solo-cimento - Determinação da absorção de água - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2012.
27. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13553**: Materiais para emprego em parede monolítica de solo-cimento sem função estrutural - Requisitos. Rio de Janeiro, 2012.
28. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8491** – Tijolo de solo cimento - Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.