

Produção de Solo-Cimento Auto-Adensável utilizando resíduo de PET

Soil-Cement Production Self-compacting using PET residue

Producción del suelo-cemento autocompactante utilizando residuo de PET

Felipe de Almeida Spósito

Mestrando em Engenharia Civil e Bolsista CAPES, UNESP/FEIS, Brasil
felipsposito@gmail.com

Marcelo Bortoletto

Mestrando em Engenharia Civil e Bolsista CAPES, UNESP/FEIS, Brasil
Marcelobortoletto05@gmail.com

Guilherme Augusto Nascimento Amorim

Mestrando em Engenharia Civil e Bolsista CAPES, UNESP/FEIS, Brasil
gui.amorim10@gmail.com

Rodrigo Garozi da Silva

Mestrando em Engenharia Civil e Bolsista CAPES, UNESP/FEIS, Brasil
garozirodrigo@gmail.com

Marco Antonio Morais de Alcântara

Professor Doutor em Engenharia Civil – INSA de Toulouse - França, UNESP/FEIS, Brasil
alcantar@dec.feis.unesp.br

RESUMO

Nos dias atuais, a busca por novos materiais no setor da construção civil é significativa a fim de alcançar patamares de sustentabilidade e, como também analisar os desempenhos destes novos compósitos. Este presente trabalho avalia a viabilidade da utilização do resíduo de PET na produção do Solo-Cimento Auto-Adensável (SCAA). Para isto realizou-se ensaios no estado fresco, com o propósito de averiguar a trabalhabilidade, viscosidade, a presença de segregação e exsudação, a partir de ensaios de espalhamento, ensaio do funil e ensaio de segregação por peneiramento. Verificou-se também o comportamento do SCAA com resíduo de PET no estado endurecido, a partir dos ensaios de resistência à compressão axial e resistência à tração por compressão diametral e ensaio de absorção, utilizando Corpos de Prova cilíndricos 5 x 10 cm, a fim de avaliar a resistência mecânica do novo compósito e a quantidade de água que o mesmo absorve. Os resultados encontrados no presente trabalho mostraram que o SCAA utilizando resíduo de PET apresentou comportamento não desejável em seu estado fresco, quando substituído 5 e 10% pelo resíduo, relatando a presença de exsudação na mistura. Em relação à resistência mecânica, a substituição de 5 e 10% pelo resíduo provocou uma diminuição de 61,00 e 67,50% na mistura, respectivamente. Quanto ao ensaio de absorção conforme o aumento de substituição da mistura pelo resíduo diminuiu a quantidade de água absorvida.

PALAVRAS-CHAVE: Solo-Cimento Auto-Adensável. PET. Sustentabilidade.

ABSTRACT

Nowadays, the search for new materials in the civil construction sector is significant in order to reach sustainability levels, as well as to analyze the performances of these new composites. This work evaluates the feasibility of the use of the PET residue in the production of the self compacting cement soil (SCCS). In order to verify the workability, viscosity, the presence of segregation and exudation, from the spreading tests, the funnel test and the sieve segregation test. It was also verified the behavior of SCCS with PET residue in the hardened state, from the tests of resistance to axial compression and tensile strength by diametral compression and absorption test, using cylindrical proof corps 5 x 10 cm, in order to evaluate the mechanical strength of the new composite and the amount of water it absorbs. The results found in the present work showed that the SCCS using PET residue presented undesirable behavior in its fresh state when 5 and 10% was replaced by the residue, reporting the presence of exudation in the mixture. In regarding to the mechanical resistance, the substitution of 5 and 10% by the residue caused a decrease of 61.00 and 67.50% in the mixture, respectively. As for the absorption test as the increase in substitution of the mixture for the residue decreased the amount of water absorbed.

KEYWORDS: Self compacting cement soil. PET. Sustainability.

RESUMEN

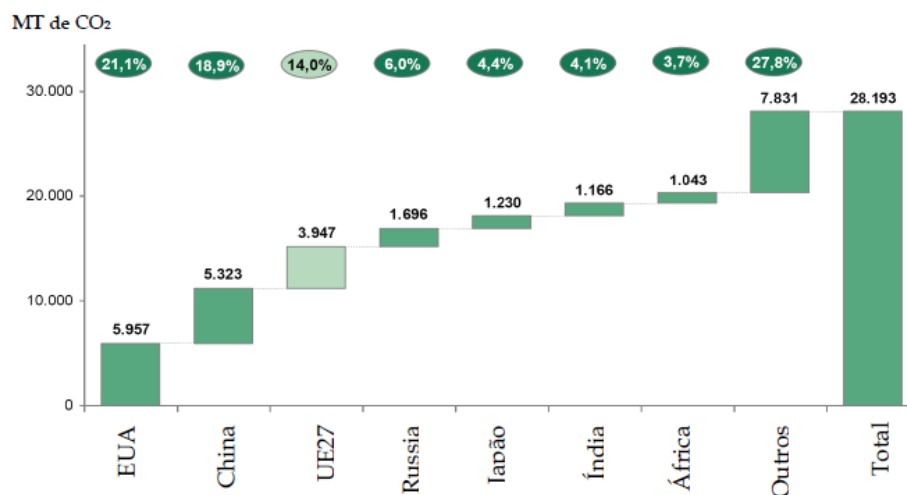
En los días actuales, la búsqueda de nuevos materiales en el sector de la construcción civil es significativa a fin de alcanzar niveles de sostenibilidad y, como también analizar los resultados de estos nuevos compuestos. Este presente trabajo evalúa la viabilidad de la utilización del residuo de PET en la producción del suelo-cemento autocompactante (SCAC). Para ello se realizaron ensayos en estado fresco, con el propósito de averiguar la trabajabilidad, viscosidad, la presencia de segregación y exudación, a partir de ensayos de dispersión, ensayo del embudo y ensayo de segregación por cribado. Se verificó también el comportamiento del SCAC con residuo de PET en el estado endurecido, a partir de los ensayos de resistencia a la compresión axial y resistencia a la tracción por compresión diametral y ensayo de absorción, utilizando cuerpos de prueba cilíndricos 5 x 10 cm, a fin de evaluar la resistencia mecánica del nuevo compuesto y la cantidad de agua que el mismo absorbe. Los resultados encontrados en el presente trabajo mostraron que el SCAC utilizando residuo de PET presentó comportamiento no deseable en su estado fresco, cuando sustituido 5 y 10% por el residuo, relatando la presencia de exudación en la mezcla. En cuanto a la resistencia mecánica, la sustitución de 5 y 10% por el residuo provocó una disminución de 61,00 y 67,50% en la mezcla, respectivamente. En cuanto al ensayo de absorción conforme el aumento de sustitución de la mezcla por el residuo disminuyó la cantidad de agua absorbida.

PALABRAS CLAVE: Solo-cemento autocompactante. PET. Sostenibilidad.

1. INTRODUÇÃO

A utilização de materiais de fontes não renováveis pelo setor da Engenharia Civil vem ganhando constantemente a atenção dos ambientalistas, uma vez que as extrações destes recursos causam sérios impactos ambientais. A problemática que envolve a extração dos recursos naturais está correlacionada ao gasto de energia gerada pelo procedimento de obtenção do material como um todo, desde a extração até o fornecimento ao consumidor. Para esta obtenção há necessidade de consumo de recursos de origens fósseis, hídricas, nuclear para a geração de eletricidade que é destinada para a operação de maquinários de extração, transporte e setor industrial e para qualquer um dos módulos a geração de poluentes ambientais é inevitável. De acordo com a Figura 1 as emissões de gases do efeito estufa por meio de consumo de energia para obtenção de materiais exibe um destaque para os países desenvolvidos, em que os Estados Unidos da América e a China emitiram juntos um total de 11280 MT de CO₂, cerca de 40% do total de CO₂ emitido.

Figura 1: Emissões de CO₂ por meio de consumo de energia



Fonte: TORGAL e JALALI, 2010.

Portanto a fim de amenizar os impactos ambientais, pela necessidade de evitar o consumo de energia, pesquisas com materiais alternativos vem sendo desenvolvidas na área da construção civil, tais como, concreto geopolimérico, concreto com substituição de agregados por materiais residuários e o solo-cimento.

O solo-cimento apresenta uma alternativa interessante como material alternativo no setor da Construção Civil, este podendo ser empregado na pavimentação, em vedações, em edificações e utilizado em fundações de edificações aplicado em estado plástico e auto-adensável (FERNANDES, 2017). Diversas pesquisas visam como melhorar as características do solo-cimento na construção civil, principalmente na questão de resistência e durabilidade. A possibilidade de melhorar estes fatores de resistência e durabilidade é utilizando o solo-cimento auto-adensável

(SCAA), no qual requer menos energia para a sua aplicação, visto que seu adensamento é devido à ação de seu próprio peso, promovendo uma economia em sua utilização (SEGANTINI e ALCANTARA, 2010). O SCAA é produzido com os mesmos materiais utilizados na fabricação do solo-cimento convencional, no entanto, recebe a adição de aditivos plastificantes e superplastificantes com o propósito de aumentar a fluidez da mistura, apresenta uma maior quantidade de cimento em comparação ao solo-cimento convencional e pode eventualmente ter adição de finos para melhorar as características em seu estado fresco e endurecido (FERNANDES, 2017).

No estudo de Berté e Alcântara (2013) os autores realizaram um estudo experimental do SCAA no estado fresco e endurecido, para analisar as características do SCAA em diferentes misturas. Nas misturas, variaram as proporções de cimento (20; 25 e 30%), água (36; 39 e 42%) e aditivo (0,4; 0,6 e 0,7%). Nos resultados obtidos pelos autores, com o aumento de cimento ocorre uma diminuição no diâmetro de espalhamento da mistura, assim como o aumento da porcentagem de água provoca o aumento do diâmetro de espalhamento. Em relação a resistência à compressão axial conforme o aumento da quantidade de cimento, percebeu-se uma redução dos valores de absorção de água e maiores valores de resistência à compressão axial. Os autores chegaram em resultados promissores com resistência à compressão, no qual atingiram valores acima de 6 MPa.

Alcântara, Custódio e Vizhalil (2015) analisaram o comportamento do SCAA com adição de cinza de casca de arroz, com o objetivo de estudar a influência da cinza no SCAA no estado fresco e endurecido. Os autores realizaram os ensaios de espalhamento "Slump-Flow", ensaio de escoamento confinado "V-funil", ensaios de resistência à compressão axial e diametral e ensaio de absorção de água. As porcentagens de cinzas adicionadas foram de 0%, 5%, 7,5% e 10% em relação à massa de cimento. Os autores observaram que com o aumento de cinza, menores são os valores de diâmetro de espalhamento e vazão mássica, este último obtido pelo ensaio de "V-funil". Em decorrência disto, a mistura proporcionou uma maior viscosidade e coesão interna na mistura, diminuindo assim a segregação, exsudação e a fluidez da mistura. No que diz respeito à resistência mecânica aos 28 e 56 dias de cura, a cinza promoveu um ganho de resistência mecânica em relação à mistura sem a cinza. Aos 28 dias de cura e aos 56 dias, a resistência mecânica do SCAA com a cinza aumentou 30,8% e 19,17% em relação à mistura sem a cinza, respectivamente. Quanto ao ensaio de absorção a mistura com adição de 7,5% de cinza de casca de arroz obteve menores valores de absorção com 22,76% e 22,96% aos 28 e 56 dias de cura, respectivamente.

Sob o mesmo ideal que Alcântara, Custódio e Vizhalil (2015) realizaram seus experimentos, uma nova possibilidade de introdução no meio da mistura do SCAA seria o resíduo de garrafa PET (Politereftalato de Etileno). A garrafa PET é um material que tem finalidade de armazenar líquidos, com propriedades de resistência à impactos mecânicos e resistência química. Visto que o PET é um material não biodegradável, ou seja, leva anos para se auto decompor, pode causar aumento do volume de aterros e lixões, contaminação de rios, danos ao ecossistema aquático, como também propicia locais para a procriação de vetores de doenças quando não destinados um fim de maneira correta a este material. Além disto, a quantidade do material fabricada é

uma questão alarmante. De acordo com a Figura 2 a quantidade de PET fabricado no Brasil cresceu em larga escala na última década, chegando a patamares maiores que 800 mil toneladas em 2016.

Figura 2: Quantidade de PET fabricado no Brasil



Fonte: Associação Brasileira da Indústria do PET, 2013.

Dessa forma, a fim de garantir uma destinação correta ao PET, vislumbra-se incorporá-lo no meio do SCAA e avaliar as propriedades que o material oferece ao mesmo compósito, como também inferir a sua capacidade como um material alternativo de construção civil.

2. OBJETIVOS

Avaliar a aplicabilidade do resíduo de garrafa PET na produção do SCAA, verificando o comportamento do SCAA no estado fresco e endurecido, com o propósito de dar uma nova finalidade à um resíduo que está sendo gerado em grande escala e possibilitando a utilização de um material alternativo na produção do SCAA.

3. METODOLOGIA

3.1 MATERIAIS

3.1.1 Areia

A Areia Média Natural foi utilizada como agregado na presente pesquisa, a mesma foi proveniente, do Porto Nossa Senhora Aparecida e Pedreira Três Irmãos, de Andradina – SP. Este foi submetido aos seguintes ensaios de caracterização, de acordo com a ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT):

- Composição granulométrica, pela NBR NM 248 (ABNT, 2001).
- Massa específica e massa específica aparente, pela NBR NM 52 (ABNT, 2009).
- Absorção de água, pela NBR NM 30 (ABNT, 2001).
- Massa unitária e volume de vazios, pela NBR NM 45 (ABNT, 2006).
- Massa específica e massa específica aparente e absorção de água, seguindo as recomendações da NBR NM 53 (ABNT, 2009).

3.1.2 Cimento

O aglomerante escolhido foi o cimento CP-II-Z-32. Este atende as especificações da NBR 11578 (ABNT, 1997), como também apresenta pozolana em sua composição, na ordem de 6 a 14% e 94% de clínquer.

3.1.3 Solo

O solo utilizado na presente pesquisa é um argissolo, extraído da jazida do município de Ilha Solteira. Este foi submetido ao ensaio de granulometria, prescrito pela NBR 7181 (ABNT, 2018).

3.1.4 PET

O resíduo PET foi fornecido pela empresa Global PET de São Carlos - SP para o Laboratório de Engenharia Civil, UNESP - FEIS. Sua característica física é constituída de partículas com formatos irregulares, com cor transparente, passantes na peneira 4.8 mm, possuindo um peso específico de 1,35 g/cm³.

3.1.5 Aditivo

O aditivo utilizado na pesquisa foi o Sika ViscoCrete 20HE. Este é um aditivo superplastificante de pega acelerada de terceira geração, permitindo uma redução de água na mistura, e garantindo uma melhoria na coesão interna na mistura sem que a mesma apresente segregação ou exsudação.

3.1.6 Água

A água utilizada na pesquisa foi proveniente do abastecimento público do município de Ilha Solteira – SP.

3.2 MÉTODOS

3.2.1 Definição dos traços

O traço estabelecido utilizou-se a proporção 5 e 10% do volume de PET pela massa do solo. O teor de aditivo e água foi mantido constante em 3% e 2, respectivamente em relação ao cimento. A porcentagem de água/materiais secos (solo, cimento, PET e areia) nos traços com 0, 5 e 10% variou em 28,68%, 28,55% e 28,42%, respectivamente. A composição dos materiais utilizados para cada amostra está descrita na Tabela 1.

Tabela 1: Composição dos materiais utilizados na mistura

| Teor de Substituição | Solo (Kg) | Cimento (Kg) | PET (ml) | Areia (Kg) | Água (Kg) | Aditivo (g) |
|----------------------|-----------|--------------|----------|------------|-----------|-------------|
| 0% | 7,5 | 1,5 | - | 1,46 | 3,00 | 45 |
| 5% | 7,125 | 1,5 | 312,5 | 1,46 | 3,00 | 45 |
| 10% | 6,750 | 1,5 | 625 | 1,46 | 3,00 | 45 |

Fonte: Próprio autor.

3.2.2 Mistura

Após a pesagem dos materiais, iniciou-se o processo de mistura do SCAA. Primeiramente, acrescentou os materiais secos na betoneira: solo, cimento, areia e PET e foram misturados durante um minuto. Em seguida, com a percepção da homogeneização dos materiais secos, foram adicionados dois terços da água e misturados por mais um minuto. Posteriormente, foram adicionados o aditivo e o restante da água e misturados por mais um minuto. Após o processo de homogeneização da mistura, iniciou-se os ensaios no estado fresco. A Figura 3 mostra o aspecto da mistura durante o processo de homogeneização.

Figura 3: Aspecto da mistura durante o processo de homogeneização



Fonte: Próprio autor.

3.2.3 Ensaaios

Ensaio de espalhamento “Slump Flow”

O ensaio de espalhamento seguiu a NBR 15823 – 2 (ABNT, 2017), tendo como principal objetivo avaliar a consistência do material, através do espalhamento do mesmo pelo tronco de cone.

Ensaio do funil

O ensaio do funil realizado é similar ao que a NBR 7681 – 2 (ABNT, 2013) estabelece, tendo como principal propósito analisar o fluxo de queda da mistura. O resultado é expresso em g/s.

Ensaio de segregação por peneiramento

O ensaio realizado é análogo ao que é apresentado em AFGC-2000. O principal objetivo deste ensaio é analisar a quantidade do material passante na peneira de abertura de 5 mm.

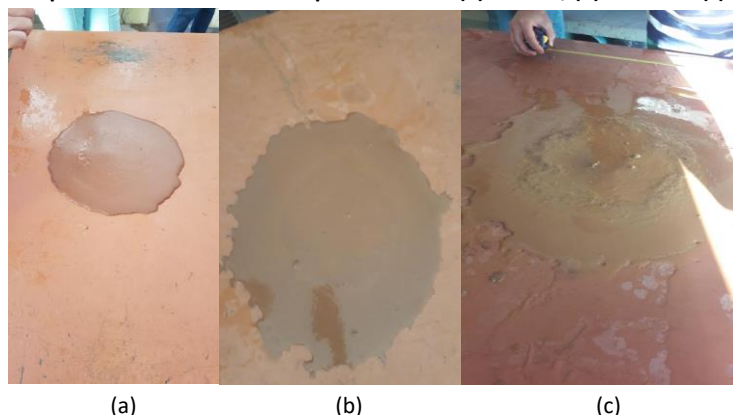
Ensaio de resistência à compressão axial e diametral e absorção de água

O ensaio de resistência à compressão axial e diametral foi realizado conforme a NBR 12025 (ABNT, 2012) e NBR 7222 (ABNT, 2011), respectivamente. Foram moldados corpos de prova cilíndricos de 5 x 10 cm. A idade estabelecida para o ensaio foi de 28 dias. Os dados de resistência à compressão foram calculados considerando a média, o desvio padrão e coeficiente de variação. Após o tempo de cura, procedeu ensaios de absorção conforme a NBR 13555 (ABNT, 2012), com idade de 28 dias.

4 RESULTADOS**4.1 Caracterização dos Materiais**

A Figura 4 apresenta os resultados do ensaio de composição granulométrica dos materiais, tais como: Solo, areia e PET.

Figura 5: Aspecto final do ensaio de espalhamento – (a) 0% PET; (b) 5% PET e (c) 10% PET



Fonte: Próprio autor.

Tabela 2: Ensaio no estado fresco

| Teor de Substituição | Ensaio de Espalhamento (cm) | Ensaio do funil – Vazão mássica (g/s) | Ensaio de segregação por peneiramento (Kg) - (%) |
|----------------------|-----------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------------------|
| 0% | 31 | 407,62 | 1,88 - 94 |
| 5% | 41* | 385,29 | 1,78 - 89 |
| 10% | 42* | 524,00 | 1,69 - 84,5 |

* Presença de exsudação.

Fonte: Próprio autor.

Considerando os ensaios de resistência à compressão axial, a mistura com 5% e 10% de resíduo de PET resultaram em 21,50% e 12,70% inferiores à mistura sem o resíduo, respectivamente. Em relação às misturas com resíduo de PET houve um acréscimo de 11,21% do SCAA de 10% para o de 5%. Em consideração ao desvio padrão percebeu-se uma significativa variância das misturas. A Tabela 3 apresenta os resultados da resistência à compressão axial do SCAA aos 28 dias de cura.

No que diz respeito ao ensaio de resistência à tração por compressão diametral conforme o aumento da porcentagem substituída a resistência à tração diminuiu gradativamente. A mistura com 5% e 10% de resíduo de PET resultaram em 61,00% e 67,50% inferiores à mistura sem o resíduo, respectivamente. Em consideração ao desvio padrão percebe-se a baixa variância das misturas, o que representa uma boa homogeneidade das misturas. A Tabela 4 apresenta os resultados da resistência à tração por compressão diametral do SCAA aos 28 dias de cura.

Quanto ao ensaio de absorção conforme o aumento da incorporação de resíduo há uma notória queda na quantidade de água absorvida, promovendo assim uma redução da quantidade de

vazios na mistura. A Tabela 5 apresenta os resultados obtidos no ensaio de absorção de água aos 28 dias de cura.

Tabela 3: Resistência à compressão aos 28 dias

| Teor de Substituição | Resistência à compressão média (MPa) | Desvio Padrão | Coefficiente de Variação (%) |
|----------------------|--------------------------------------|---------------|------------------------------|
| 0% | 2,78 | ±0,68 | 24,46 |
| 5% | 2,19 | ±0,05 | 2,27 |
| 10% | 2,43 | ±0,84 | 34,52 |

Fonte: Próprio autor.

Tabela 4: Resistência à tração por compressão diametral aos 28 dias

| Teor de Substituição | Resistência à tração média (MPa) | Desvio Padrão | Coefficiente de Variação (%) |
|----------------------|----------------------------------|---------------|------------------------------|
| 0% | 0,45 | ±0,09 | 19,61 |
| 5% | 0,18 | ±0,08 | 43,59 |
| 10% | 0,15 | ±0,04 | 18,49 |

Fonte: Próprio autor.

Tabela 5: Ensaio de absorção aos 28 dias

| Teor de Substituição | Absorção de água (%) | Desvio Padrão |
|----------------------|----------------------|---------------|
| 0% | 23,15 | ±1,02 |
| 5% | 21,87 | ±0,89 |
| 10% | 21,45 | ±0,50 |

Fonte: Próprio autor.

5. CONCLUSÕES

Com base nos resultados adquiridos na Tabela 3 nesse presente trabalho, pode-se concluir que a incorporação do resíduo de PET reduz a resistência mecânica da mistura do SCAA em 21,50% e 12,70% na resistência à compressão axial e 61,00% e 67,50% na resistência à tração por compressão diametral, quando comparado à mistura de controle.

Em consideração ao ensaio de absorção de água, a mistura com 5 e 10% de resíduo obtiveram valores de 5,33% e 7,34% menores em relação à mistura sem incorporação de resíduo, admitindo-se com o aumento da incorporação de resíduo de PET reduz a quantidade de água absorvida.

Em relação aos ensaios no estado fresco, as misturas com 5 e 10% de resíduo de PET diminuíram o diâmetro de espalhamento, em comparação à mistura de controle, porém apresentaram exsudação em ambas as misturas. Em consideração aos resultados obtidos no ensaio de segregação por peneiramento, conforme o aumento de resíduo, a porcentagem passante do material diminuiu, devido à interação físico-química o que levou a uma maior floculação do material.

Em vista dos resultados obtidos, o uso do resíduo de PET no SCAA, provou ser muito interessante para as devidas aplicações do compósito, todavia há uma necessidade de um estudo futuro para tentar amenizar o efeito da exsudação e segregação da mistura.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo suporte financeiro, aos laboratoristas da UNESP/FEIS (Universidade Estadual Paulista / Faculdade de Engenharia Ilha Solteira), pela disposição e auxílio.

7. REFERÊNCIAS

ALCANTARA, Marco Antônio de Moraes; CUSTÓDIO, Miriam da Silva; VIZHALIL, Paul Mathew. O solo-cimento auto-adensável com adição de cinzas de casca de arroz como aditivo auxiliar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CONCRETO, 57., 2015, Bonito. **Anais Bonito: Ibracon**, 2015. p. 1 - 16.

Associação Brasileira da Indústria do PET (ABIPET). **Indústria do PET no Brasil**. Disponível em: <http://www.abipet.org.br/uploads/File/Market%20Overview%202013.pdf> Acesso em: 19 maio 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. **NBR 11578, Versão Corrigida**: Cimento Portland composto - Especificação. Rio de Janeiro, 1997. 5 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. **NBR 15823-2**: Concreto autoadensável Parte 2: Determinação do espalhamento, do tempo de escoamento e do índice de estabilidade visual - Método do cone de Abrams. Rio de Janeiro, 2017. 5 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. **NBR NM 248**: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003. 6 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. **NBR NM 30**: Agregado miúdo - Determinação da absorção de água. Rio de Janeiro, 2001. 3 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. **NBR NM 45**: Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006. 8 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. **NBR NM 52**: Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009. 6 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. **NBR NM 53**: Agregado graúdo - Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro, 2009. 8 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12025**: Solo-cimento — Ensaio de compressão simples de corpos de prova cilíndricos — Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2012. 2 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13553**: Materiais para emprego em parede monolítica de solo-cimento sem função estrutural — Requisitos. Rio de Janeiro, 2012. 3 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7222**: Concreto e argamassa — Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2011. 5 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7681-2**: Calda de cimento para injeção Parte 2: Determinação do índice de fluidez e da vida útil — Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2013. 4 p.

ASSOCIATION FRANÇAISE DE GENIE CIVIL (AFGC). **Bétons Autoplaçants, Recommandations Provisoires**. PARIS, 2000, NP.

BERTÉ, Susana Dalila Dolejal; ALCANTARA, Marco Antônio de Moraes. Estudo do comportamento do solo-cimento auto-adensável. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, Goiânia, v. 7, n. 2, p. 37-52, 25 nov. 2013. Disponível em: <revistas.ufg.br/index.php/reec/index>. Acesso em: 4 jan. 2015.

FERNANDES, Gustavo Fantini. **UTILIZAÇÃO DO SOLO-CIMENTO AUTO-ADENSÁVEL NA FABRICAÇÃO DE BLOCOS DE ALVENARIA**. 2017. 106 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Júlio de Mesquita Filho - Unesp, Ilha Solteira, 2017.

SEGANTINI, Antonio Anderson Silva; ALCANTARA, Marco Antonio. de Moraes. Solo-cimento e solo-cal. In: INSTITUTO BRASILEIRO DE CONCRETO - IBRACON (Org.). **Materiais de construção civil e princípios básicos de ciência e engenharia de materiais**. 2. ed. São Paulo: IBRACON, 2010. v. 2, p. 863-891.

TORGAL, F. P.; JALALI, S.. **A sustentabilidade dos materiais de construção**. 2. ed. Barbudo: Tecminho, 2010. 460 p.