

**CLUSTER:** ConstruTech & Indústria 4.0

**CURSO:** Engenharia Civil

## **AVALIAÇÃO DA COALESCÊNCIA DA ESPUMA DE CONCRETO CELULAR ESPUMÍGENO COM ADIÇÃO DE CINZA VOLANTE**

Matheus Alexandre Pfluck<sup>1</sup>; Thaísa Leal da Silva<sup>2</sup>; Rodrigo de Almeida Silva<sup>3</sup>; Richard Thomas Lermen<sup>4</sup>

1 Mestrando do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil (PPGEC). IMED. pfluckmatheus@hotmail.com

2 Docente do Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo (PPGARQ). IMED. thaisa.silva@imed.edu.br

3 Docente do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil (PPGEC). IMED. rodrigo.silva@imed.edu.br

4 Docente do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil (PPGEC). IMED. richard.lermen@imed.edu.br

### **1 INTRODUÇÃO**

O concreto celular espumígeno (CCE), classificado de uma maneira mais ampla como concreto leve, destaca-se por apresentar uma estrutura porosa por meio da incorporação de espuma à sua matriz cimentícia, podendo ser adicionado a estes materiais finos tais como, cinzas volantes ou sílica ativa (RAMAMURTHY; KUNHANANDAN; RANJANI, 2009). Conseqüentemente, a densidade do concreto celular espumígeno varia de 200 a 2000 kg/m<sup>3</sup>, sendo, consideravelmente inferior aos valores de 2200 a 2500 kg/m<sup>3</sup> que tipicamente são associados aos elementos de concreto (DOMENICO, 2014).

Segundo Falliano et al. (2018), o CCE tem as seguintes características peculiares: 1) propriedades leves, facilitando o transporte da fábrica para o local de construção; 2) menor peso específico; 3) boa relação custo-benefício e 4) sustentabilidade ambiental, quando são utilizados materiais reciclados em substituição ao agregado, como por exemplo resíduo de construção civil (RCC) (FAVARETTO et al., 2017) ou cinza volante e sílica ativa (KURAD et al., 2017).

Além disso, outras propriedades contribuem para o crescente uso de concreto celular espumígeno na indústria da construção civil estando relacionadas às suas

Excluído: .



propriedades físicas: 1) Propriedade térmica aprimorada, especialmente quando empregado em baixa densidade (YANG et al., 2014); 2) melhor isolamento ao fogo (FALLIANO et al., 2018); 3) boa proteção acústica (KIM et al., 2012); e 4) trabalhabilidade melhorada (RAMAMURTHY et al., 2008). Apesar das forças de compressão diminuírem quase que proporcionalmente com a diminuição da densidade, é possível obter um desempenho razoavelmente aceitável ao se modificar a matriz cimentícia quando incorporadas partículas finas como por exemplo cinza volante, ou sílica ativa.

Normalmente, para usos mais comuns, o teor de ar incorporado pela espuma pode variar entre 40 e 80%, o que fragiliza e deixa o concreto expandido com uma estrutura celular porosa (BRADY; JONES; WATTS, 2001; FALLIANO et al., 2018; NARAYANAN; RAMAMURTHY, 2000). Tal formação provoca bolhas de ar com tamanho de 0,1 a 1,5 mm de diâmetro, o que inicialmente não teria nenhum problema em relação à permeabilidade. No entanto, a coalescência destas bolhas no meio pode produzir vazios mais consideráveis, principalmente na parte superior ou em contato com as fôrmas, que poderiam ser prejudiciais à durabilidade do concreto (BRADY; JONES; WATTS, 2001).

Portanto, este trabalho propõe desenvolver e avaliar uma espuma de concreto celular pré-formada com adição de cinza volante buscando diminuir a sua coalescência, através da diluição de um espumígeno proveniente de ácidos graxos de coco.

## 2 METODOLOGIA

A presente pesquisa consiste na avaliação da eficiência do emprego de cinza volante visando reduzir à coalescência de espumas pré-formadas.

Para o emprego final no CCE é necessário definir a diluição final a ser usada, sendo testada a Dietanolamida de Ácidos Graxos de Coco (Amida 90%) em diferentes proporções, variando de 1:10 até 1:60, para conseguir entender o comportamento da espuma sem adição da cinza volante e com a adição dela. Adotando os mesmos procedimentos descritos por Pedro (2017).

A preparação da espuma foi feita utilizando a Amida 90, sendo feita a sua diluição em água potável, a qual foi preparada com agitador mecânico em alta velocidade.

Excluído ;



### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Figura 1, sendo da esquerda para direita a diluição de Amida 90% de 1:10, de 1:20, de 1:30 e de 1:40.

Após serem concluídos os ensaios e definida a diluição da espuma para o traço a ser ensaiado com a adição das cinzas foi feito um teste preliminar com as cinzas volantes, sendo este realizado de duas maneiras, a primeira sendo adicionado as cinzas antes da agitação e agitado pelo tempo de 5 minutos, e a segunda feita uma pré-espuma pelo tempo de 3 minutos e feito a conclusão da agitação por mais 2 minutos.

Figura 1 - Ensaio de Diluição de Amida 90%.

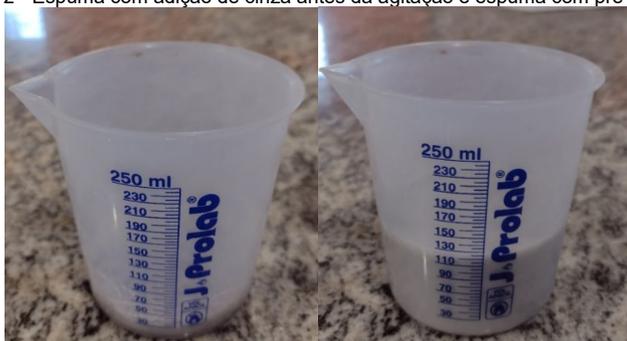


Fonte: Autores (2020).

Os resultados indicam que a diluição mais apropriada foi de 1:40 gerando uma espuma de 0,071 g/cm<sup>3</sup> ficando próximo aos valores descritos por Ferreira (1987).

O primeiro recipiente apresentado na Figura 2 mostra o que aconteceu na primeira mistura com a adição da cinza antes de qualquer agitação e o segundo recipiente da Figura 2 mostra como ficou a segunda amostra.

Figura 2 - Espuma com adição de cinza antes da agitação e espuma com pré-mistura



Antes da Agitação

Adição com pré-agitação

Fonte: Autores (2020).



Na Figura 3, é apresentado um comparativo entre a espuma sem a cinza e a espuma com cinza adicionada depois de uma pré-agitação. Nesse comparativo é possível perceber que a espuma sem cinza apresenta uma densidade menor, devido ao seu maior volume. Foi possível notar, durante o ensaio, que a espuma feita com cinzas diminui o seu volume rapidamente se comparada a outra, após 30 min ela tinha virado líquido.

Figura 3 - Espuma sem e com Cinza Volante



Fonte: Autores (2020).

#### 4 CONSIDERAÇÕES [FINAIS]

Nos resultados é apresentado um comparativo entre a espuma sem a cinza e a espuma com cinza adicionada depois de uma pré-agitação. Nesse comparativo é possível perceber que a espuma sem cinza apresenta uma densidade menor, devido ao seu maior volume. Foi possível notar, durante o ensaio, que a espuma feita com cinzas diminui o seu volume rapidamente se comparada a outra, em 30 min ela já tinha virado líquido.

A adição da cinza volante se mostrou insuficiente para aperfeiçoar a espuma pré-formada em sua coalescência, podendo se usar a cinza para substituir agregados no CCE. Como trabalhos futuros, outros materiais poderão ser utilizados, como nano partículas de magnetita, a fim de aperfeiçoar a formação da espuma.

Excluído: ¶



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRADY, K. JONES, M. RODERICK. WATTS, G. R. Specification for foamed concrete. Crowthorne, UK: 2001.

FALLIANO, Devid et al. Experimental investigation on the compressive strength of foamed concrete: Effect of curing conditions, cement type, foaming agent and dry density. *Construction and Building Materials*, v. 165, p. 735–749, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.12.241>

FAVARETTO, Patrícia et al. Characterization and use of construction and demolition waste from South of Brazil in the production of foamed concrete blocks. *Applied Sciences (Switzerland)*, v. 7, n. 10, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/app7101090>

FERREIRA, Oswaldo Aguiar Rocha; TEZUKA, Yasuko P. P. São Paulo. *Concretos leves: o concreto celular espumoso*. [S. l.: s. n.]

KIM, H. K.; JEON, J. H.; LEE, H. K. Workability, and mechanical, acoustic and thermal properties of lightweight aggregate concrete with a high volume of entrained air. *Construction and Building Materials*, v. 29, p. 193–200, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.08.067>

KUNHANANDAN NAMBIAR, E. K.; RAMAMURTHY, K. Fresh state characteristics of foam concrete. *Journal of Materials in Civil Engineering*, v. 20, n. 2, p. 111–117, 2008. Disponível em: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0899-1561\(2008\)20:2\(111\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0899-1561(2008)20:2(111))

KURAD, Rawaz et al. Effect of incorporation of high volume of recycled concrete aggregates and fly ash on the strength and global warming potential of concrete. *Journal of Cleaner Production*, v. 166, p. 485–502, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.07.236>

NARAYANAN, N.; RAMAMURTHY, K. Structure and properties of aerated concrete: a review. v. 22, p. 321–329, 2000.

PEDRO, Rudimar. *PRODUÇÃO DE BLOCOS DE CONCRETO CELULAR USANDO ESPUMÍGENO DE ÁCIDOS GRAXOS DE COCO E RESÍDUOS DE PEDRAS ROLADAS DE ÁGATA*. Orientador: REJANE MARIA CANDIOTA TUBINO. 2017. 82 p. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.

YANG, Keun-hyeok et al. Properties and sustainability of alkali-activated slag foamed concrete. *Journal of Cleaner Production*, v. 68, p. 226–233, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.12.068>

