

SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DE AREIA POR CINZA PESADA EM CONCRETO CONVENTIONAL

MÁXIMO ARMAND UGON GUTIÉREZ¹; GABRIEL TERRA FERON²; WACTOR SELL TIMM²; ALENCAR IBEIRO DE OLIVEIRA²; BEATRIZ DIANE DE OLIVEIRA SOUZA²; GUILHERME HÖEHR TRINDADE³

¹Universidade Federal de Pelotas – maximoarmandugon@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – gabriel.feron@gmail.com – wactortimm@hotmail.com – alencar_ibeiros@hotmail.com – biadiane584@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas – guihoehr@hotmail.com

1. INTRODUÇÃO

Para sustentar o progresso alcançado graças às extensas atividades industriais, muita energia e recursos naturais renováveis e não renováveis são necessários (KNIESS, 2005). Em 2003, no Brasil cerca de 6,8% da energia elétrica era produzida a partir de termelétricas que usam o carvão mineral como fonte de energia. No resto do mundo, este valor sobe para 24,1% (GOLDEMBERG; LUCON, 2007).

A queima do carvão gera resíduos que não tinham destinação específica. Nas termelétricas em geral cerca de 50% do carvão mineral torna-se cinza, podendo ser dividida em cinza pesada e cinza volante. A divisão entre estas depende do equipamento que é utilizado (SILVEIRA; ROCHA; CHERIAF, 2004). Recentemente, devido à maior atenção a sustentabilidade e conservação do meio ambiente, estudos surgiram com intuito de viabilizar a aplicação e reaproveitamento destes resíduos. Uma das formas para fazê-lo é aplicando na construção civil, setor mais importante para a utilização destas cinzas (SABEDOT et. al., 2011)

Conforme apontado por Pozzobon (1999), a cinza pesada, conhecida na língua inglesa como *bottom ash*, é mais pesada e possui granulometria mais grossa que a cinza leve, sendo obtida no fundo das fornalhas e gaseificadores, podendo ser retirada através de um fluxo de água. Ainda segundo o autor, a cinza pode ser aproveitada de três formas:

- Como constituinte do concreto;
- Como componente do cimento;
- Como matéria-prima na fabricação de Cimento Portland.

Assim, o presente trabalho pretende avaliar a influência na resistência a compressão e exsudação causada pela substituição parcial do agregado miúdo pela cinza pesada em concreto de classe igual ou superior a C25 (25 Mpa), conforme classificação da NBR 8953 - 2015.

2. METODOLOGIA

O presente estudo baseou-se na análise comparativa entre um traço de concreto convencional, traço de referência (TR), e a substituição no mesmo de agregado miúdo de granulometria média por Cinza Pesada (CP), *in natura*, na proporção de 15%. O teor de substituição adotado baseou-se em recomendações da NBR 16697/2018 - *Cimento Portland – Requisitos*.

Com intuito de obter resultados precisos o trabalho dividiu-se em três fases. Primeiramente foi realizada a caracterização física (Brita 0 e 1, areia média

e grossa, cimento e CP) e química (cimento e CP) com objetivo de facilitar e auxiliar o processo de dosagem. Foi utilizada brita de origem granítica e areia de leito, o cimento escolhido foi o CPV – ARI em decorrência da ausência no mesmo de adições pozolânicas. A CP utilizada tem origem na usina termoelétrica Presidente Médici, localizada na cidade de Candiota – RS. O material passou por um processo de secagem em estufa à 80°C, além disto, foi avaliada a massa específica segundo NBR 16605/2017 - *Cimento Portland e outros materiais em pó – determinação da massa específica*, sua granulometria segundo NBR NM 248/2003 – *Determinação da composição granulométrica e seu índice de atividade pozolânica* segundo NBR 5752/2014 - *Índice de atividade pozolânica*.



Figura 1 - Cinza pesada *in natura*

Visando avaliar a influência da inclusão deste componente, e tendo em consideração que não existe uma metodologia de dosagem para concretos com substituições de materiais por CP, em segundo lugar, buscou-se adaptar o método de dosagem do IBRACON, metodologia já consolidada. Ambos os traços iniciaram com uma relação água aglomerante (a/ag) de 0,45 e um consumo de cimento maior ou igual a 280 kg/m³, com fim de preservar a semelhança entre os traços em relação a suas propriedades visuais (segregação e trabalhabilidade) se fez necessária a utilização de aditivos químico superplastificante além da correção da quantidade de água de amassamento.

A terceira fase do estudo consistiu na avaliação das propriedades no estado fresco e endurecido dos traços produzidos. Os parâmetros comparados foram a exsudação, predisposição da água de amassamento vir a superfície do concreto no estado fresco, e a resistência a compressão axial aos 7 e 28 dias segundo recomendações e procedimentos da NBR 7215/1996 - *Determinação da resistência à compressão*.

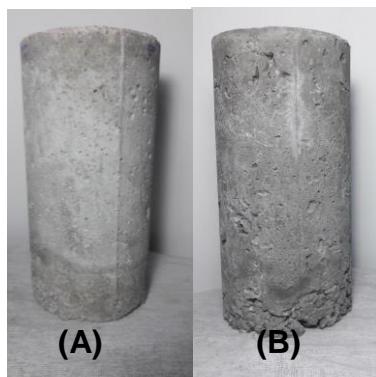


Figura 2 - (A) Traço de referência, (B) 15% de substituição.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Mantendo-se constante a relação (a/ag) em um valor de 0,45 foi produzido o traço de referência. A mistura enquadrou-se na classe de trabalhabilidade S-50 segundo NBR 7212/2012 - Execução do concreto dosado em central, além disto, apresentou uma resistência a compressão axial de 39,39 MPa aos 7 dias e de 43,84 MPa aos 28 dias. Como citado anteriormente o consumo de cimento da mistura foi mantido em uma proporção baixa (aproximadamente 280kg/m³) com intuito de diminuir o custo de produção do material visando a viabilidade de implementação no mercado. Além disto, o material apresentou-se homogêneo e sem sinais de exsudação.

No que diz respeito ao traço que conta com substituição os valores encontrados para estas variáveis apresentam-se na Tabela 1 a seguir:

SUBSTITUIÇÃO	SLUMP	EXSUDAÇÃO	RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO MÉDIA	
			7	28
15%	S-50	NÃO	36,32	45,87

Tabela 1 - Resumo do traço com substituição.

Em relação a variável resistência a compressão apresentaram desvio padrão variando na faixa de 0,33 a 2,48 MPa e coeficiente de variação de 0,008 a 0,054.

O traço onde ocorreu a substituição apresenta uma tendência de utilização de uma maior quantidade de aditivo superplasticificante para atingir a classe de Slump desejada.

No que diz respeito ao desempenho do traço com adição de CP a substituição de 15% do agregado miúdo apresentou uma resistência de 45,87 MPa aos 28 dias, valor acima do traço de referência, o que demonstra que a substituição pode favorecer a mistura para este teor. A Figura 3 a seguir apresenta os resultados de forma comparativa:

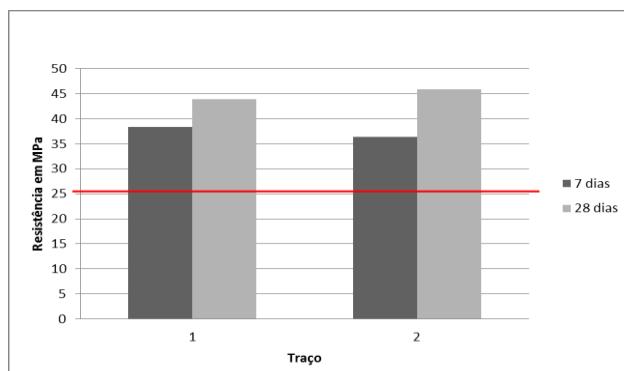


Figura 3 - Resultados de resistência a compressão axial média aos 7 e 28 dias.

O traço de referência teve um crescimento no valor de resistência média de 14,2% ao longo de 28 dias e a substituição de 15% um crescimento de 26,3%.

4. CONCLUSÕES

A substituição da areia por Cinza Pesada resultou em uma melhora na trabalhabilidade da mistura, além disto, percebeu-se que neste tipo de

substituição a coesão não é influenciada significativamente pela adição de água e aditivo superplastificante.

A diferença entre as resistências médias aos 28 dias chegou a 2,03 MPa, o traço com CP aos 28 dias pode ser considerado como concreto para fins estruturais, pois chegou ao valor mínimo da Classe C-25 da NBR 6118/2014 - *Projeto de estruturas de concreto – procedimento*, para ser considerado estrutural, considerando a classe de agressividade II para a construção em ambientes urbanos.

Para realização de um concreto com cinza pesada se faz necessário um correto estudo de materiais assim como de dosagem já que a sua utilização pode decorrer numa diminuição da resistência do material.

Com base nos resultados deste trabalho é possível aferir que com uma dosagem adequada e controle tecnológico dos materiais seria possível utilizar a cinza pesada *in natura* como substituição da fração areia para teores de aproximadamente 15%.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16605: Cimento Portland e outros materiais em pó – determinação da massa específica, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16697: Cimento Portland – Requisitos, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7212: Execução do concreto dosado em central – procedimentos, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7215: Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8953: Concreto para fins estruturais – Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 30: Agregado miúdo – determinação da absorção de água, 2000.

GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. Energia e meio ambiente no Brasil. **Estudos avançados**. São Paulo, v. 21, n. 59, p. 7-20, 2007.

KNIESS, C. T. **Desenvolvimento e caracterização de materiais cerâmicos com adição de cinzas pesadas de carvão mineral**. 2005. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade Federal de Santa Catarina.

POZZOBON, C. E. **Aplicações tecnológicas para a cinza do carvão mineral produzida no Complexo Termelétrico Jorge Lacerda**. 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina.

SABEDOT, S. et al. Caracterização e aproveitamento de cinzas da combustão de carvão mineral geradas em usinas termelétricas. In: **Anais do III Congresso de Carvão Mineral**. 2011.

SILVEIRA, J. P.; ROCHA, J. C.; CHERIAF, M. Desenvolvimento de blocos de concreto com uso das cinzas de termelétricas. In: **I conferência latino-americana de construção sustentável X encontro nacional de tecnologia do ambiente construído**. São Paulo, 2004.