

UTILIZAÇÃO DO RESÍDUO DOS FORNOS DE CERÂMICA PARA A PRODUÇÃO DE CONCRETOS DE CIMENTO PORTLAND

MURILO H. L. DE SOUZA¹, JOÃO V. FAZZAN², WILSON J. DA SILVA³, CARLOS H. ROSSI⁴

¹ Aluno do Curso Técnico em Edificações Integrado ao Ensino Médio, Bolsista PIBIC-EM, IFSP, Câmpus Avançado Ilha Solteira, muriloedificacoesifsp@gmail.com.

² Professor Orientador - Área da Construção Civil - IFSP - Câmpus Avançado Ilha Solteira, jvfazzan@ifsp.edu.br.

³ Diretor Geral e Professor da Área da Construção Civil - IFSP - Câmpus Avançado Ilha Solteira, wilsonsilva@ifsp.edu.br.

⁴ Professor da Área da Construção Civil - IFSP - Câmpus Avançado Ilha Solteira, rossi@ifsp.edu.br.

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 3.01.01.01-8 Materiais e Componentes de Construção

Apresentado no

10º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP
27 e 28 de novembro de 2019- Sorocaba-SP, Brasil

RESUMO: Atualmente, a geração de resíduos e a exaustão das reservas naturais têm sido motivo de preocupação para a sociedade no que diz respeito à preservação ambiental e à qualidade de vida. Ao mesmo tempo em que o setor da construção civil vem aprimorando as aplicações do cimento Portland nos diversos tipos de obras, o setor de cerâmica vermelha no Brasil enfrenta grandes desafios para a manutenção e aprimoramento do seu parque industrial. Sendo assim, o objetivo deste projeto é avaliar a viabilidade da utilização do resíduo gerado nos fornos das fábricas de cerâmicas (AFC) da região de Ilha Solteira – SP, para a produção de concretos estruturais. A partir de ensaios granulométricos e de empacotamento das misturas, foram moldados corpos de prova com diferentes porcentagens de resíduo em substituição parcial à massa de agregado miúdo, compreendido entre 0% e 30%. A caracterização mecânica das amostras foi feita a partir dos ensaios de resistência mecânica à compressão axial, resistência à tração por compressão diametral e módulo de elasticidade, além do ensaio de absorção de água. Em geral, o teor de 15% de substituição de areia média natural por AFC proporciona melhores propriedades mecânicas e de durabilidade dos concretos produzidos.

PALAVRAS-CHAVE: resíduo dos fornos de cerâmica; concretos; propriedades mecânicas.

USE OF CERAMIC FURNACE WASTES FOR THE PRODUCTION OF PORTLAND CEMENT CONCRETES

ABSTRACT: Currently, the generation of waste and depletion of nature reserves have concerned society for environmental preservation and quality of life. At the same time as the construction industry has been improving as Portland cement applications in various types of constructions, the red ceramic sector in Brazil has great challenges in maintaining and improving its industrial park. Thus, the objective of this project is to evaluate the feasibility of using the ceramic furnace wastes (AFC) in the region of Ilha Solteira - SP, for the production of structural concretes. From granulometric tests and packing of mixtures, specimens were molded with different percentages of residue in partial replacement of mass of aggregate, between 0% and 30%. The mechanical characterization of the specimens was made from the tests of compressive strength, tensile strength, modulus of elasticity and water absorption. In general, 15% replacement of natural medium sand by AFC provides better mechanical properties and durability of the concrete used.

KEYWORDS: ceramic furnace wastes; concretes; strength properties.

INTRODUÇÃO

A conscientização sobre a importância do meio ambiente com equilíbrio tem motivado o ser humano na criação de novas alternativas. Com a oferta de materiais sustentáveis, vários profissionais da construção têm investido em adotar essas tecnologias para uma gestão mais sustentável.

Segundo dados da Câmara Brasileira de Construção Civil (CBIC, 2018), de 2004 a 2010, a construção nacional cresceu 42,41% e, com isso, a produção de cimento também aumentou. No período janeiro a maio de 2017, as vendas de cimento no mercado interno brasileiro totalizaram 21,6 milhões de

toneladas (SNIC, 2018). Além disso, o consumo mundial está previsto em 5 bilhões de toneladas em 2050 (ENGENHARIA, 2016). Nesse contexto, quando se trata da aplicação de agregados reciclados na construção civil, se o processo de produção destes em sua versão tecnológica mais simples está consolidado no Brasil, o mesmo não pode ser dito do seu emprego.

Nos últimos anos, a utilização de resíduos industriais de tijolos cerâmicos como substituto parcial dos agregados e cimento para argamassas e concretos tem sido objeto de estudo. O tipo de argila utilizado torna-se importante, pois define as composições químicas e mineralógicas dos resíduos. Com relação ao processo de produção, o tempo de residência, a temperatura de calcinação e a uniformidade da temperatura no interior dos fornos podem afetar as particularidades dos resíduos (OLIVEIRA, 2012). Além disso, é necessário buscar o empacotamento dos agregados, seguindo uma distribuição contínua, que apresente o menor volume de vazios possível (TUTIKIAN, ISAIA E HELENE, 2011).

O objetivo geral deste projeto é propor o estudo da viabilidade da utilização do resíduo gerado nos fornos de cerâmicas para a produção de concretos de Cimento Portland, por meio de ensaios mecânicos e de durabilidade.

MATERIAL E MÉTODOS

O agregado miúdo utilizado foi classificado como areia média natural, com diâmetro máximo de 2,36 mm e massa específica absoluta de 2,62 g/cm³. O agregado graúdo utilizado foi classificado como brita 1 de origem basáltica, com diâmetro máximo de 19 mm e massa específica absoluta de 2,93 g/cm³.

O cimento escolhido foi o CP II Z 32 - Cimento Portland Composto, comercialmente vendido na região noroeste do Estado de São Paulo. O material apresenta massa específica absoluta de 3,12 g/cm³ e aparente de 1,09 g/cm³.

Os resíduos foram fornecidos pela Cerâmica Urubupungá Ltda., localizada no município de Pereira Barreto-SP. As cinzas obtidas foram produzidas por meio da produção de tijolos em Fornos de seção circular, conhecido como abóbada. O material coletado no fundo dos fornos passou por um processo de queima a 850°C. Após a coleta do resíduo dos fornos de cerâmica *in natura*, realizou-se o peneiramento utilizando um peneirador granulométrico de agregados miúdos. Sendo assim, o material classificado como “areia dos fornos de cerâmica” (AFC) foi obtido pelo descarte da parcela de material retida na peneira de abertura 1,2 mm, sendo utilizado o material passante nas peneiras de 0,6 mm, 0,3 mm, 0,15 mm e 0,075 mm. A Figura 1 mostra o resíduo em seus diversos estados.

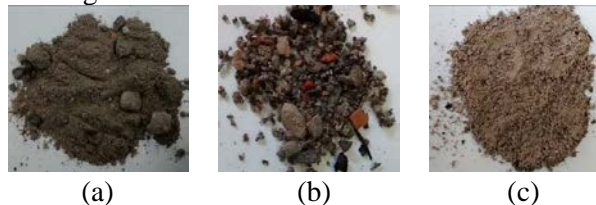


FIGURA 1. Resíduos dos Fornos de Cerâmica *in natura* (a); Material descartado após peneiramento (b) e Areia obtida após o processo de peneiramento (c).

Na definição dos métodos de dosagem, utilizou-se o método da Massa Compactada Unitária (MUC_m) proposto por O’Reilly Díaz (1998) para a obtenção do teor de argamassa das misturas. Para as misturas, foi obtida uma proporção, em massa, de 49,8% de agregados miúdos para 50,2% de agregados graúdos, que corresponde ao Teor de Argamassa de 54,6%.

Foram confeccionados corpos de prova Controle, apenas com cimento Portland, areia média natural, brita 1 e água, e corpos de prova com substituição parcial em massa de areia natural por AFC nas proporções de 15% e 30%. O consumo de água dos concretos foi definido com base no valor do abatimento do tronco de cone (*Slump Test*), definido em 10 ± 1 cm.

A Tabela 1 abaixo mostra a proporção de materiais utilizados na pesquisa.

TABELA 1. Dosagem dos Concretos para os traços controle, 15% e 30% de AFC.

Traços	Materiais (kg/m ³)					
	Cimento	AFC	Areia	Brita 1	Água	A/C
Controle	342,0	----	873,0	991,0	202,0	0,60
15% AFC	342,0	130,9	742,1	991,0	202,0	0,60
30% AFC	342,0	261,9	611,1	991,0	202,0	0,60

Após a retirada do concreto da betoneira, realizou-se o ensaio de Abatimento do Tronco de Cone, conforme as recomendações da NBRNM 67 (ABNT, 1998). Moldaram-se os corpos de prova com as dimensões de 10 cm de diâmetro por 20 cm de altura, seguindo as recomendações da NBR 5738 (ABNT, 2016). No dia seguinte, os CP's foram desmoldados e levados para a câmara úmida para permanecerem em processo de cura até o dia agendado para cada um dos ensaios.

A determinação da resistência à compressão axial foi efetuada aos 7 e 28 dias de acordo com a NBR 5739 (ABNT, 2018), com a realização do capeamento dos CP's por meio de um composto de enxofre e pozolanas. O ensaio de resistência à tração por compressão diametral foi executado conforme prescrições da norma NBR 7222 (ABNT, 2011), sendo os ensaios realizados aos 7 e 28 dias de cura. Concomitantemente com o ensaio de resistência à compressão axial, se executou o ensaio de módulo de elasticidade, conforme está prescrito na norma NBR 8522 (ABNT, 2008).

O ensaio de absorção de água foi realizado de acordo com a norma NBR 9778 (ABNT, 2009).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A finura da AFC foi avaliada, por meio da distribuição granulométrica no estado *in natura* e após o processo de peneiramento. Além disso, são indicadas as granulometrias da areia média e da brita 1, conforme ilustra a Figura 2.

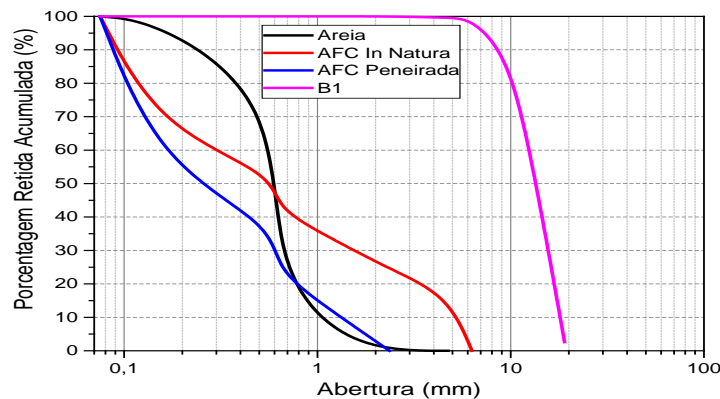


FIGURA 2. Distribuição granulométrica da Areia Média Natural, Brita 1 e AFC

Para o resíduo dos fornos da cerâmica *in natura*, sua granulometria condiz com a faixa granulométrica definida pela areia média. Em relação à AFC *in natura*, a cinza peneirada apresentou uma distribuição de grãos mais uniforme, ao mesmo tempo em que seu tamanho foi reduzido em função da exclusão do material retido nas peneiras de 4,8 mm, 2,4 mm e 1,2 mm.

A Figura 3 mostra os dados de resistência à compressão axial, visando fornecer uma resistência característica à compressão (f_{ck}) mínima de 20 MPa aos 28 dias de idade.

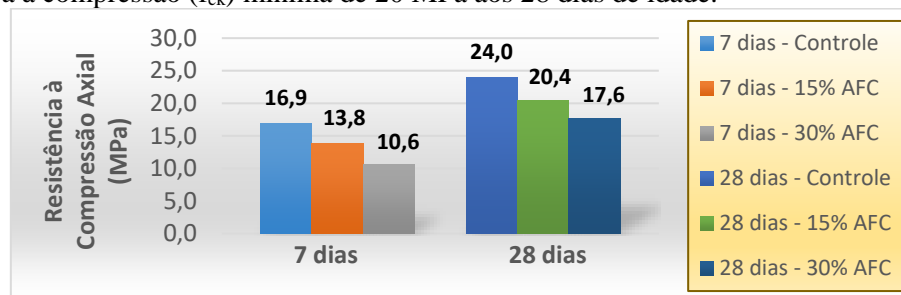


FIGURA 3. Resistência à Compressão de concretos para os traços controle, 15% e 30%, aos 7 e 28 dias de cura.

De maneira geral, observa-se que a substituição de areia média por AFC resultou em uma redução na resistência à compressão dos concretos. Essa diferença é pouco menos expressiva quando são verificadas idades mais avançadas das misturas. Para os 7 dias de cura, foram constatadas reduções de resistência em 18,3% e 37,3% para os traços com 15% e 30% de substituição de areia por AFC, respectivamente, e reduções de 15,0% e 25,8% para os mesmos traços com 28 dias de cura.

A resistência média com 30% de AFC não chega a atingir 20 MPa aos 28 dias de idade. Entretanto, pode mostrar a viabilidade para a produção de traços que exijam resistência próxima à 20 MPa aos 28 dias de idade.

A Figura 4 abaixo mostra os valores de resistência à tração dos traços empregados.

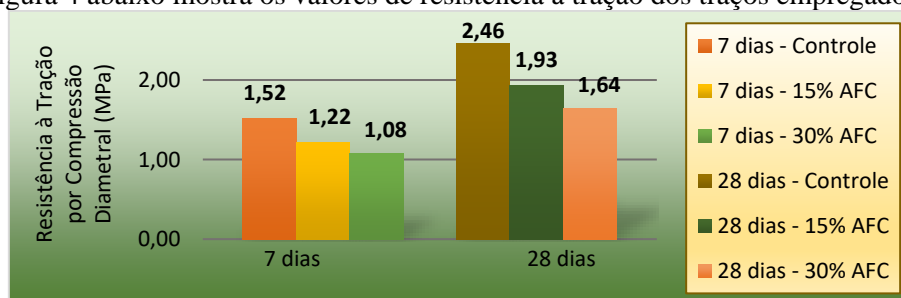


FIGURA 4. Resistência à Tração de concretos para os traços controle, 15% e 30%, aos 7 e 28 dias de cura.

Para ambas a misturas, os valores de resistência à tração se comportam de maneira bastante habitual, com aumento gradual das resistências à medida em que se aumenta o tempo de cura. As misturas com adição de AFC mostram redução nos valores de tração, sendo este efeito ainda mais pronunciado para misturas com 30% de AFC. Isso mostra o efeito físico de preenchimento da AFC, evidenciando que os efeitos cimentícios podem ser pouco expressivos para este tipo de material.

A relação entre as resistências está compreendida em torno de 10%, mostrando uma correlação lógica entre as misturas com diferentes relações a/c. De fato, Metha e Monteiro (2008) menciona que a relação f_t / f_c é da ordem de 10% a 11% para concretos de baixa resistência.

A Figura 5 mostra os valores de módulo de elasticidade dos traços empregados.

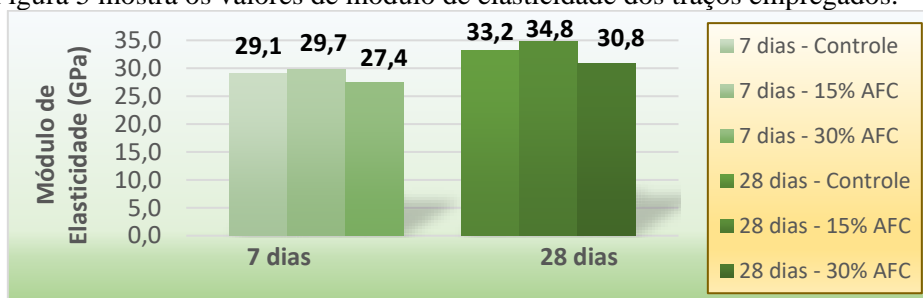


FIGURA 5. Módulo de Elasticidade de concretos para os traços controle, 15% e 30%, aos 7 e 28 dias de cura.

O módulo de elasticidade de concretos sem e com adição de AFC aumentam conforme existe aumento nos valores de resistência à compressão. Além disso, a inserção de AFC provoca redução dos valores de módulo para maiores teores de material alternativo. Por outro lado, as misturas com 15% de AFC proporcionaram aumento dos valores de módulo, da ordem de 4,8%.

Diversos materiais alternativos podem ser considerados como microagregados, que melhoram a densidade da pasta de cimento. Isto é benéfico com respeito à resistência mecânica, resistência à propagação de fissuras e rigidez (APONTE, 2010).

O ensaio de absorção de água foi feito aos 28 dias de cura (Tabela 2) para analisar os efeitos de porosidade influenciada pela inclusão da AFC.

TABELA 2. Absorção de água aos 28 dias de cura para os traços controle, 15% e 30% de AFC.

Absorção de Água (%)	Traço		
	Controle	15% AFC	30% AFC
Média	5,1	4,7	5,9

Os dados mostram que os traços com 15% de AFC apresentam menor porcentagem de absorção, da ordem de 7,8%. Entretanto, pode ser observado que a inclusão de resíduo trouxe um aumento da ordem de 15,7% nos valores de absorção. Para o primeiro caso, fica evidente o caráter fino do material, garantindo melhor capacidade de empacotamento das misturas em função do seu efeito microfíler. Por outro lado, o segundo caso mostra que o aumento do consumo de um material cerâmico fino dentro de uma mistura de concreto pode estar associado ao aumento do teor de absorção de água.

CONCLUSÕES

O objetivo deste trabalho é avaliar a viabilidade da utilização do resíduo gerado como areia dos fornos das cerâmicas (AFC) em concretos, em relação à massa de areia média natural substituída.

A granulometria do material estudado como AFC está compreendida na zona de utilização da areia fina e média natural. Além disso, observa-se que a substituição de areia média por AFC resultou em uma redução na resistência à compressão e tração. Essa diferença é menos expressiva quando são verificadas idades mais avançadas das misturas e para teores de 15% de AFC.

É evidente que a inclusão de 15% de AFC tende a produzir misturas com menor porcentagem de absorção. A rigidez dos concretos foi alterada com a inclusão da AFC, de modo que menores teores resultaram em maior rigidez das misturas.

Para a proporção de 15% de AFC, são observadas melhores capacidades mecânicas e de durabilidade dos concretos, mostrando seu caráter como agregado e que, associado ao alto grau de finura, pode garantir melhor capacidade de empacotamento das misturas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Pró-Reitoria de Pesquisa, Inovação e Pós-Graduação (PRP) do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP) pela bolsa de Iniciação Científica PIBIC-EM concedida, além da empresa Cerâmica Urubupungá Ltda., pela doação dos resíduos dos fornos de cerâmica.

REFERÊNCIAS

APONTE, D. F. Un estudio de la eficacia cementante de las cenizas volantes. Universitat Politècnica de Catalunya, PhD thesis, Barcelona, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBRNM 67: concreto – determinação da consistência pelo abatimento o tronco de cone. Rio de Janeiro, 1998. 8 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 5738: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 5739: concreto - ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos concreto. Rio de Janeiro, 2018. 9 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 7222: argamassa e concreto - determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2011. 5 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 8522: concreto - determinação dos módulos estáticos de elasticidade e de deformação e da curva tensão deformação. Rio de Janeiro, 2008. 16 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 9778: argamassa e concreto endurecidos – determinação da absorção de água por imersão, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 2009. 4 p.

CBIC - Câmara Brasileira da Indústria da Construção. INFORMATIVO ECONÔMICO CONSTRUÇÃO CIVIL: DESEMPENHO E PERSPECTIVAS. Disponível em:

<http://www.cbicdados.com.br/media/anexos/05_Balanco_2011.pdf>. Acesso em: 30 out. 2018.

ENGENHARIA, Blog. Novo método de produção de cimento diminui em 40% a emissão de CO₂. Disponível em: <<http://www.blogdaengenharia.com/>> Acesso em 26 set. 2018.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. Concreto: microestrutura, propriedades e materiais. 3. ed. São Paulo: IBRACON, 2008. 674 p.

OLIVEIRA, ANGELINA DO NASCIMENTO. Estudo da substituição parcial do cimento portland por resíduo de cerâmica vermelha. Mossoró, 2012. Monografia (Graduação Ciência e tecnologia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido. 62 f.

O'REILLY DÍAZ, VITERVO. Método de dosagem de concreto de elevado desempenho. São Paulo: Pini, 1998. 122 p.

SNIC. Sindicato Nacional da Indústria de Cimento. Disponível em: <<http://www.snic.org.br/>> Acesso em: 10 out. 2018.

TUTIKIAN, B. F.; ISAIA, G. C.; HELENE, P. Concreto de alto e ultra-alto desempenho. In: ISAIA, Geraldo Cechella. Concreto: Ciência e Tecnologia. São Paulo: Ibracon, 2011. Cap. 36.