

BLOCOS DE CONCRETO COM AGREGADOS ALTERNATIVOS: POTENCIALIDADE DO EMPREGO DE AREIA DE DESCARTE DE FUNDIÇÃO, ISOLADORES ELÉTRICOS DE PORCELANA E REJEITOS DE CASCALHO

Marco Antonio Campos ¹, André Munhoz de Argollo Ferrão ², Fernando Augustos dos Anjos Fernandes ³, Antonio Marcos Cazela ³

¹ Doutor em Engenharia Civil, Engenheiro Civil, Pesquisador Colaborador Labore / FEC-UNICAMP. engenheiromarcoantonio@hotmail.com

² Doutor em Arquitetura e Urbanismo, Engenheiro Civil, Coordenador Labore, Professor Livre Docente FEC-UNICAMP. argollo@fec.unicamp.br

Laboratório de Engenharia de Empreendimentos da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas – Labore / FEC-Unicamp. Rua Saturnino de Brito, n° 224. Cidade Universitária Zeferino Vaz. Campinas - São Paulo-Brasil. CEP: 13083-889. Caixa Postal: 6143

³ Proprietário Artblocos. artblocos@artblocos.com.br.

Artblocos - Blocos de Concreto e Pisos Intertravado. Rodovia Dr. José Lanzi, n° 1645. Estiva Gerbi - São Paulo-Brasil. CEP 13857-000

Resumo: No Brasil o alto custo para o correto descarte de alguns materiais inservíveis aliado ao grande volume de rejeitos justifica o desenvolvimento de uma metodologia de reciclagem que permita a sua utilização na construção civil, beneficiando toda a cadeia produtiva e o meio ambiente. Os rejeitos de cascalho da extração de areia (RCA) quando moídos adquirem características similares ao pó-de-pedra, podendo ser utilizado na forma de agregado graúdo. A areia de descarte de fundição (ADF) e os isoladores elétricos de porcelana (IEP) são materiais com potencialidades de reaproveitamento em substituição ao agregado miúdo, areia comum. Na inicial estes resíduos são potencialmente indicados como matéria-prima em blocos de concreto. Portanto, após a moldagem experimental foram elaborados blocos de concretos contendo diferentes porcentagens de RCA com teores variados de ADF e de combinação de ADF e IEP comparando-os a traços com o agregado miúdo comum, areia. Os resultados dos ensaios de resistência característica à compressão, variando de 3,1 MPa a 4,6 MPa aos 28 dias de idade, mostram que estes blocos de concreto podem ser classificados com função estrutural. Pretende-se, com este trabalho, demonstrar que o rejeito de cascalho da extração de areia, a areia de fundição e os isoladores de porcelana podem ser utilizados

como agregados na confecção de blocos de concreto, difundindo uma metodologia de reciclagem destes resíduos, resultando em benefícios ambientais e econômicos para toda a cadeia produtiva envolvida.

Palavras-chave: Areia de fundição, Isoladores elétricos de porcelana, Rejeitos de cascalho, Bloco de concreto, Reciclagem.

PUT Concrete blocks with alternative aggregates: potential use of foundry waste sand, porcelain electrical insulators and gravel waste

Abstract: In Brazil, the high cost for the correct disposal of some waste materials combined with the large volume of tailings justifies the development of a recycling methodology that allows its use in civil construction, benefiting the entire production chain and the environment. When ground, the gravel waste from the sand extraction (RCA) acquires characteristics similar to stone powder, and can be used in the form of coarse aggregate. Foundry waste sand (ADF) and porcelain electrical insulators (IEP) are materials with potential for reuse to replace the fine aggregate, common sand. Initially, these residues are potentially indicated as raw material in concrete blocks. Therefore, after the experimental molding, concrete blocks with varying levels of ADF and a combination of ADF and IEP were prepared, comparing their features to those of the common aggregate, sand. The results of the tests for characteristic resistance to compression, that vary between 3.1 MPa to 4.6 MPa at 28 days of age, show that these concrete blocks can be classified with structural function. The aim of this work is to demonstrate that the foundry sand and porcelain insulators can be used as aggregates in the manufacture of concrete blocks, disseminating a methodology for recycling these residues, which results in environmental and economic benefits for the entire production chain that's involved.

Keywords: Foundry waste sand, Porcelain electrical insulators, Gravel waste, Concrete block, Recycling.

1. INTRODUÇÃO

A recente expansão imobiliária brasileira, com o financiamento de milhares de empreendimentos pelo governo federal, foi o cenário para o surgimento de novas e modernas técnicas de construção. Na etapa de alvenaria foi possível observar casos de construções com paredes monolíticas, com placas pré-moldadas de concreto ou argamassa armada e placas de drywall.

Entretanto, as técnicas tradicionais, caso da construção de alvenaria com blocos, continuaram a serem empregadas mas com a incorporação de novas tecnologias, materiais, processos e produtos para não perder mercado frente a estas novas técnicas construtivas.

Os blocos cerâmicos passaram por uma grande evolução no seu processo de produção e controle de qualidade. Atualmente há blocos cerâmicos com função estrutural empregados na construção de prédios de multipavimentos.

Para não perder mercado, os blocos de concreto também passaram por um processo de qualificação da mão-de-obra na produção, evolução do processo produtivo e principalmente em relação ao controle de qualidade.

O bloco de concreto é um produto difundido em todo o país devido principalmente a distribuição das unidades fabris e disponibilidade de matérias-primas. Por ser uma técnica de produção dominada e amplamente utilizada o concreto pode receber alguns materiais alternativos sem alterar significativamente suas propriedades mecânicas e de durabilidade.

Formado basicamente por agregados graúdo e miúdo, cimento e água mais aditivos os blocos de concreto são produzidos, quase que na sua totalidade com pó-de-pedra como agregado graúdo, sendo este um material este de baixo valor econômico e amplamente utilizado nas concreteiras, indústrias de pré-moldados e em asfaltos.

No campo das pesquisas acadêmicas encontram-se vários trabalhos referentes ao emprego de materiais alternativos na confecção de blocos de concreto. Em Buttler (2007) e Prado (2006) os blocos foram confeccionados com rejeitos de concretos. No trabalho de Fonseca (2002) os agregados eram provenientes de resíduos de construção e demolição, ao passo que em Campos (2018) isoladores elétricos de porcelana, finamente moídos foram considerados como adição ao cimento Portland, atuando como material pozolânico. Destaca que em todos estes trabalhos os blocos de concreto atenderam aos valores mínimos da norma NBR 6136 (2016) que é $F_{bk} \geq 2,0$ Mpa, pra um bloco de concreto sem função estrutural.

Os blocos de concreto são classificados por classe, conforme a NBR 6136 (2016) em função de sua resistência característica à compressão (F_{bk}), que determina a sua utilização (como,

e em quais condições o produto pode ser utilizado), devendo atender, quanto a seu uso, as classes descritas a seguir:

- Classe A: bloco de concreto com função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima ou abaixo do nível do solo: $F_{bk} \geq 8,0$ MPa;
- Classe B: bloco de concreto com função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo: $F_{bk} \geq 4,0$ MPa e $F_{bk} < 8,0$ MPa;
- Classe C: bloco de concreto com ou sem função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo: $F_{bk} \geq 3,0$ MPa;
- Classe D: bloco de concreto sem função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo: $F_{bk} \geq 2,0$ MPa.

A opção pela areia de descarte de fundição (ADF) como agregado alternativo miúdo em blocos de concreto deve-se ao fato desta conter areia, argila, carvão e material fino, que foram queimados a altas temperaturas e possuem conseqüentemente uma potencial atividade pozolânica que permite sua utilização na construção civil. A areia de fundição utilizada neste trabalho foi classificada pelo seu fornecedor, informando este a inexistência de metais pesados ou outros elementos químicos potencialmente contaminantes.

Compreendendo um descarte médio de aproximadamente 85% da geração de materiais fundidos, apenas no primeiro quadrimestre de 2018 o passivo brasileiro corresponde a aproximadamente 633.000 toneladas de ADF (ABIFA, 2018).

Trata-se de um passivo com valores representativos de problema ambiental para o seu descarte correto, pois os custos para envio aos aterros sanitários são elevados, e há vários tipos desta areia que diferem entre si devido aos seus constituintes e meios de geração. Uma metodologia adequada tanto para a classificação de seus constituintes como para a sua aplicação permite o uso destas areias de descarte de fundição na construção civil (CHEGATTI, 2016; ABIFA, 2018).

Mesmo com um volume pequeno de descarte anual, próximo a 25.000 toneladas ao ano se somadas as quantidades de peças substituídas e descartadas pelos controle de qualidade, isoladores elétricos de porcelana (IEP) tendem a ser um material considerado para a reciclagem devido a sua composição e potencialidade de atividade pozolânica. Entretanto, até o momento não possui uma metodologia de reciclagem difundida que absorva este volume anual gerado. (CAMPOS, 2018)

Soma-se ao volume de descarte de ADF os rejeitos de cascalho da extração de areia (RCA), que por apresentar quantidades variáveis para cada tipo e local da extração da areia não há até o momento, no Brasil, dados em relação ao seu volume gerado.

Com isso, uma substituição combinada de materiais alternativos com rejeitos de cascalho (RCA), areia de fundição (ADF) e isoladores de porcelana (IEP) na produção de blocos de concreto torna-se uma opção viável, visto que seus teores de combinação atendem a Curva Bresser de granulometria e principalmente contribuem para a diminuição dos passivos destes resíduos que são atualmente pouco reutilizados no Brasil.

Portanto, o objetivo geral deste trabalho foi elaborar blocos de concreto combinando a mistura de agregado graúdo formado por rejeitos de cascalho da extração de areia (RCA) e agregado miúdo proveniente de areia de descarte de fundição (ADF), isoladores elétricos de porcelana (IEP) combinado como areia de fundição, comparando-os a traços de blocos de concreto com agregado miúdo com areia comum (AC).

Os teores de materiais alternativos foram aqueles que apresentaram, nos traços experimentais, melhor trabalhabilidade e facilidade de moldagem dos blocos nas fôrmas. O tipo de bloco escolhido para moldagem foi o Estrutural Módulo 14 (M14) de classe estrutural e atendimento, mínimo, a Classe C aos 28 dias conforme a NBR 6136 (2016).

Em relação as cargas de ruptura todos os blocos atenderam ao valor mínimo da norma para a classe escolhida inicialmente, entretanto, os valores de resistência de alguns blocos permitiram classificá-los como Classe B que é um bloco de concreto com função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo, o que ilustra os benefícios quando da utilização combinada de materiais alternativos na produção de blocos de concreto.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais alternativos utilizados neste trabalho foram: Isoladores elétricos de porcelana (IEP), rejeitos de cascalho da extração de areia (RCA), areia de descarte de fundição (ADF). Como materiais convencionais tem-se o agregado miúdo comum, areia média (AC), e o cimento Portland tipo V de alta resistência inicial – CPV-ARI.

Os isoladores de porcelana utilizados nesta pesquisa foram decorrentes da moagem de peças descartadas pelo controle de qualidade da indústria cerâmica, portanto, não foram utilizados isoladores inservíveis e que tiveram fixado a parte metálica, contendo assim apenas o corpo cerâmico. Os rejeitos de cascalho da extração de areia foram provenientes da extração de

areia de um porto de areia na região de Mogi Guaçu, interior de São Paulo. A areia de descarte de fundição foi fornecida, classificada, peneirada e pronta para o uso, por um fabricante de motor e bomba hidráulica.

Com a definição destes materiais foram determinados os traços para moldagem dos blocos de concreto, conforme a Tabela 1. Os valores apresentados referem-se a capacidade do misturador mecânico para a moldagem de 21 blocos de concreto de 140 x 190 x 390 mm, bloco módulo M14. Todo o processo de mistura dos materiais, moldagem e vibração dos blocos foi realizado mecanicamente, sem nenhuma interferência humana e manual.

Tabela 1. Quantidade de materiais (kg) para cada traço de bloco de concreto M14.

Traços	Cimento	Agregado Graúdo RCA	Areia de fundição ADF	Areia Comum AC	Isolador de porcelana IEP	Água
13% ADF	16,0	256,0	36,0	-	-	20,0
19% ADF	16,0	238,0	54,0	-	-	20,0
25% ADF	16,0	220,0	72,0	-	-	20,0
13% AC	16,0	256,0	-	36,0	-	20,0
19% AC	16,0	238,0	-	54,0	-	20,0
25% AC	16,0	220,0	-	72,0	-	20,0
9% IEP	16,0	180,0	85,0	-	27,0	20,0
13% IEP	16,0	180,0	74,0	-	38,0	20,0
19% IEP	16,0	180,0	56,0	-	56,0	20,0

Fonte: Elaboração dos autores, 2020.

Todos os blocos foram mantidos ao abrigo do sol e intempéries durante todo o processo de cura do concreto até a data de ensaio. Nas primeiras 72 horas de cura os blocos permaneceram na câmara de cura, com condições favoráveis de saturação da umidade, sendo posteriormente armazenados em pallets ao ar livre, mas protegidos do sol e das intempéries.

Após a mistura mecânica de todos os materiais o concreto foi moldado em fôrmas metálicas através da prensagem e vibração, diminuindo os vazios do concreto. Atribui-se a este processo de prensagem do concreto e a baixa relação água / materiais secos a não expansão das partículas de areia de descarte de fundição, conforme foi relatado em outras pesquisas. (CAMPOS *et al*, 2018)

A Tabela 2 apresenta os teores, em porcentagem, da utilização combinada de areia de descarte de fundição (ADF) e rejeitos de cascalho da extração de areia (RCA), de areia comum (AC) e RCA, e de isoladores elétricos de porcelana (IEP) com ADF e RCA na produção de blocos de concreto M14.

Tabela 2. Porcentagem de combinação de agregados.

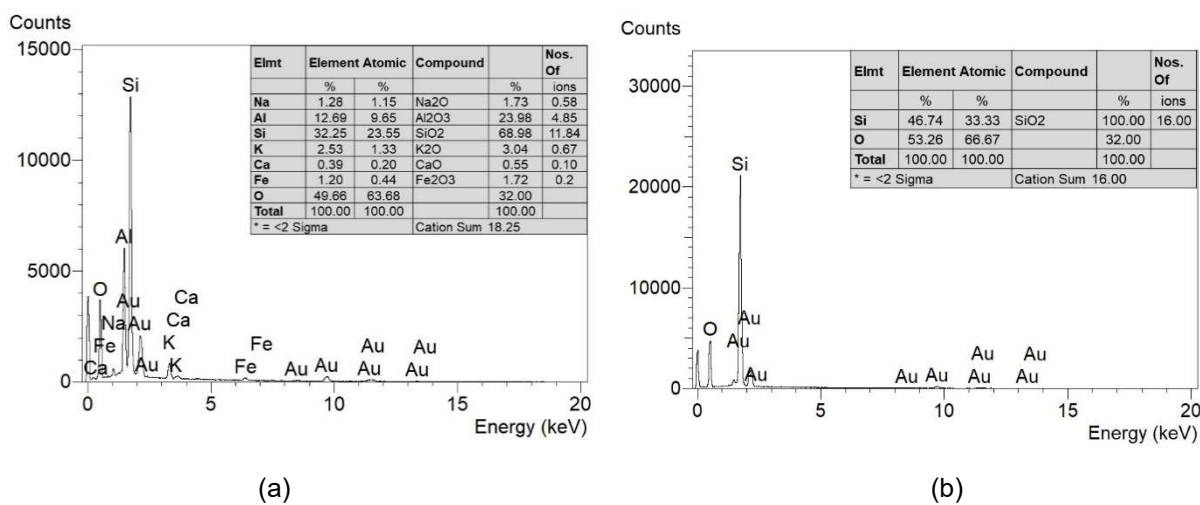
Traços	Rejeito de cascalho (RCA)	Areia de fundição (ADF)	Areia Comum (AC)	Isolador de Porcelana (IEP)
13% ADF	87	13	-	-
19% ADF	81	19	-	-
25% ADF	75	25	-	-
13% AC	87	-	13	-
19% AC	81	-	19	-
25% AC	75	-	25	-
9% IEP	62	28	-	10
13% IEP	62	25	-	13
19% IEP	62	19	-	19

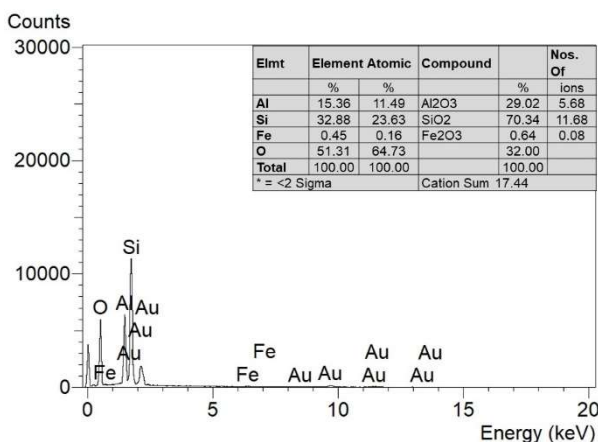
Fonte: Elaboração dos autores, 2020.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

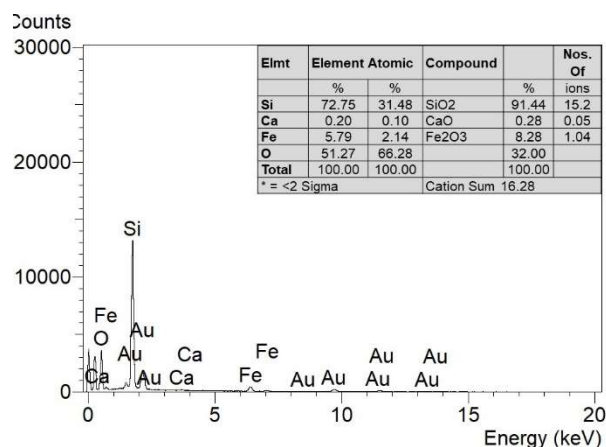
Os agregados alternativos utilizados neste trabalho foram caracterizados inicialmente em relação a sua composição através dos ensaios de MEV/EDS: Isoladores elétricos de porcelana (IEP), Figura 1 (a); Agregado miúdo comum, areia média (AC), Figura 1 (b); Agregado graúdo de rejeitos de cascalho da extração de areia (RCA), Figura 1(c); Agregado miúdo de areia de descarte de fundição (ADF), Figura 1 (d).

Figura 1. EDS Isolador de porcelana - IEP (a), Areia comum - AC (b), Rejeitos de cascalho da extração de areia - RCA (c), Areia de descarte de fundição - ADF (d).





(c)



(d)

Fonte: Elaboração dos autores, 2020.

Tabela 3. Propriedades agregados miúdos.

Ensaio	Areia média comum - AC	Areia de fundição - ADF	Isolador de porcelana - IEP
Composição Mineralógica	Inócuos: quartzo, minerais máficos	Areia de quartzo fina, moldagem de peças de ferro	Isoladores elétricos de porcelana: argila, feldspato e quartzo.
	Friáveis: fragmentos de rocha alterada		
Grau de Esfericidade	Alta	Alta	Alta
Grau de Arredondamento	Subarredondado	Arredondada	Subanguloso
Superfície do Grão	Fosco	Fosco	Fosco
Módulo de Finura	2,7	1,34	1,57
Dimensão Máxima (mm) – NBR 7211 (2009)	1,2	1,2	1,2
Massa Específica (g/cm³) – NBR NM 52 (2009)	2,6	2,33	2,43
Massa Unitária (g/cm³) - NBR NM 45 (2006)	1,48	1,52	1,41
Absorção de Água (%) - NBR NM 30 (2001)	0,19	0,5	0
Torrões de Argila e Materiais Friáveis (%) - NBR 7218 (2010)	0	0	0
Teor de Material Passante na Peneira 75 µm (%) - NBR NM 46 (2003)	2,85	4,08	4,75

Fonte: Elaboração dos autores, 2020.

Todos os agregados possuem grande quantidade do composto de silício (Si) combinado ao oxigênio (O) resultando no dióxido de silício, sílica (SiO₂) – essencial para a hidratação do

cimento e conseqüente aumento de resistência, quando em conjunto com o CaO (óxido de cálcio), presente no cimento, na formação do composto C-S-H (NEVILLE; BROOKS, 2013). Os agregados miúdos têm suas propriedades e características apresentadas na Tabela 3. A norma brasileira para blocos de concretos, NBR 6136 (2016), define a idade de 28 dias como o parâmetro principal para a realização dos ensaios de resistência à compressão, análise dimensional e permeabilidade. Portanto, neste trabalho realizaram-se ensaios para as propriedades de resistência à compressão e análise dimensional para a idade normatizada. Em relação a moldagem dos blocos de concreto e com a análise visual destaca-se que não há nenhuma diferença, a olho nu, quanto a mistura dos materiais, textura do concreto e aplicação da massa nas fôrmas para todos os traços ensaiados. Destaca-se também que o processo de moldagem e vibração de todos os blocos ensaiados foi realizado mecanicamente e igual aos blocos convencionais. Todos os blocos atenderam as recomendações das normas quanto a ter arestas vivas e não apresentar trincas, fraturas ou outros defeitos que possam prejudicar o seu assentamento ou afetar a resistência e a durabilidade da construção. Também não foi necessária a realização de qualquer reparo para ocultar defeitos eventualmente existentes nos blocos. Pela análise visual dos blocos também não é possível distinguir nenhuma diferença quanto ao acabamento e textura das paredes, cor do bloco. Antes de serem rompidos à compressão, todos os blocos de concretos, total de seis blocos de cada traço e idade ensaiada, passaram por verificação superficial e visual do seu aspecto. Os resultados constam na Tabela 4, onde verifica-se que nenhuma amostra apresentou não conformidade.

Tabela 4. Verificação superficial e visual.

Verificação	Número de não conformidades								
	13% ADF	19% ADF	25% ADF	13% AC	19% AC	25% AC	9% IEP	13% IEP	19% IEP
Trincas	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Paralelismo entre as faces	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Arestas vivas	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Materiais Orgânicos	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Elaboração dos autores, 2020.

Para cada traço foram ensaiados seis blocos de concreto, na idade de 28 dias, apresentando na Tabela 5 a média aritmética destes resultados. A partir da carga de ruptura dos blocos é calculada a resistência característica do bloco, F_{bk} , conforme a da NBR 15812-2 (2003). Com

os valores de Fbk o bloco é classificado pela NBR 6163 (2016) conforme sua classe de uso. A Figura 2 tem a representação gráfica dos valores desta resistência.

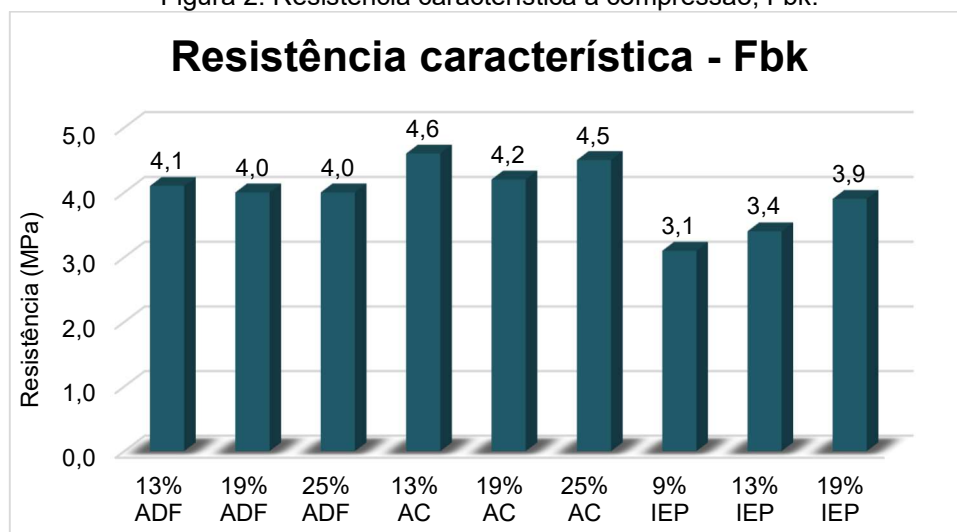
Tabela 5. Resistência característica à compressão, Fbk.

Traços	Resistência à Compressão Fbk (MPa) – 28 dias	Classificação NBR 6136
13% ADF	4,1	Classe B
19% ADF	4,0	Classe B
25% ADF	4,0	Classe B
13% AC	4,6	Classe B
19% AC	4,2	Classe B
25% AC	4,5	Classe B
9% IEP	3,1	Classe C
13% IEP	3,4	Classe C
19% IEP	3,9	Classe C

Fonte: Elaboração dos autores, 2020.

Por ser o agregado miúdo difundido na confecção de concreto, a areia comum, apresentou as maiores resistências característica à compressão aos 28 dias de idade. Não foi possível determinar uma relação direta entre o teor combinado de areia comum (AC) com os rejeitos de cascalho da extração de areia (RCA) e o resistência obtida, pois os resultados foram de 4,6 MPa para o traço 13% AC, resistência de 4,2 MPa para o bloco com 19% AC e de 4,5 MPa para o teor de 25% AC. De acordo com a NBR 6136 (2016) todos os bloco com areia comum são da Classe B, isto é, possuem função estrutural e podem ser utilizados em elementos de alvenaria acima do nível do solo.

Figura 2. Resistência característica à compressão, Fbk.



Fonte: Elaboração dos autores, 2020.

Para a utilização da areia de descarte de fundição – ADF e rejeitos de cascalho (RCA) os valores de resistência característica à compressão, na idade de 28 dias, foram similares entre si. No traço com 13% ADF a resistência foi de 4,1 MPa, para blocos com teores de 19% ADF e 25% ADF os resultados foram de 4,0 MPa. Estas cargas de resistência permitem classificar todos os blocos com areia de fundição, conforme a NBR 6136 (2016), como bloco de função estrutural para uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo, Classe B.

Utilizando o agregado graúdo de rejeitos de cascalho (RCA) e o agregado miúdo combinando isoladores elétrico de porcelana (IEP) e areia de fundição (ADF) os resultados obtidos no ensaio de resistência característica à compressão permitem identificar que o aumento do teor de porcelana resultou em elevação da resistência.

Aos 28 dias de idade os blocos de concreto com isoladores de porcelana apresentaram resistências de 3,1 MPa para o traço 9% IEP, de 3,4 MPa para o bloco 13% IEP e para o traço 19% IEP resistência de 3,9 MPa. Ao par destes valores e em conformidade com a NBR 6136 classificam-se os blocos com isoladores de porcelana como Classe C que são blocos de concreto com ou sem função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo.

Portanto, todos os traços atenderam ao escopo inicial do trabalho que era da produção de blocos de concreto com função estrutural, isto é, teriam que apresentar aos 28 dias de idade uma resistência característica à compressão maior que 3,0 MPa, sendo classificados na Classe C conforme a NBR 6136 (2016).

4. CONCLUSÕES

Qualquer que seja o método de aplicação de um resíduo ou de um material alternativo na construção civil já é uma atitude que merece a atenção de estudos e que deve ser incentivada. Quando se consegue integrar ao processo de produção um composto de materiais alternativos provenientes de resíduos que seriam descartados, onde o ciclo de vida é completo, desde o recolhimento do resíduo, seu processamento e posterior aplicação, todo este ganho é convertido para a sociedade, o meio ambiente e as indústrias envolvidas no processo, tanto as que incorporam estes rejeitos em seus produtos como as próprias emissoras desses resíduos.

A confecção de blocos de concretos com agregados formados por uma mistura de rejeitos de cascalho da extração de areia (RCA), como agregado graúdo, e areia de descarte de fundição (ADF) e isoladores elétricos de porcelana (IEP), como agregados miúdos, atingiu o objetivo inicial deste trabalho que seria a produção de blocos de concreto com fins estruturais.

Os rejeitos de cascalho da extração de areia constituem um material descartado nos portos de areia, de grandes dimensões (superiores a 25 mm), formato esférico, e textura lisa. Para as empresas extrativistas não é interessante o seu beneficiamento, mas quando moídos, estes podem adquirir granulometria e formato similares aos da brita comum, permitindo sua utilização.

A areia de fundição é um resíduo de difícil descarte, devido ao grande volume de produção e o alto custo de descarte. Porém, o seu uso na construção civil é viável devido ao elevado teor de sílica em sua constituição. A sílica, em especial aquela proveniente de subprodutos de altos fornos, classificada como sílica ativa, tem a propriedade de reagir com o cimento Portland conferindo melhorias nas propriedades pozolânicas de concretos, argamassas e seus subprodutos.

A composição dos isoladores elétricos de porcelana com argila, caulim e feldspato, queimadas a altas temperaturas, adquirem propriedades pozolânicas, quando moídos em granulometria similar aos agregados comuns, favorecendo o aumento de resistência do concreto. Portanto, a utilização destes três materiais alternativos é de início uma alternativa válida devido aos benefícios que podem conferir aos blocos de concreto.

Com a produção dos blocos de concreto contendo materiais alternativos estes atenderam os requisitos da NBR 6136 (2016) quanto à análise dimensional, pois suas as paredes longitudinais e transversais possuem espessura igual ou superior a 18 mm, e a resistência à compressão especificada na inicial, que seria para a produção de um bloco com função estrutural, isto é, resistência característica à compressão aos 28 dias, F_{bk} , superior a 3,0 MPa. Não há relação entre o teor combinado de areia de fundição e rejeito de cascalho ou entre areia comum e rejeito de cascalho com os valores de resistência característica à compressão obtidos nos blocos de traços ADF ou AC.

Para os blocos contendo isoladores de porcelana, traços IEP, o aumento do teor de porcelana resultou em aumento da resistência. Devido a potencialidade de atividade pozolânica da porcelana, os resultados foram inferiores aos obtidos nos demais traços. Recomenda-se portanto, novas dosagens combinadas de isoladores de porcelana e rejeito de cascalho, sem a incorporação de areia de fundição, para verificar o real efeito da porcelana na resistência.

O processo de produção dos blocos de concreto, via prensagem e vibração, combinada com a baixa relação água / materiais secos contribuíram para a não expansão das partículas de areia de descarte de fundição, conforme relatado em estudos anteriores, que poderia deformar a peça e impedir sua aplicação.

A potencialidade de economia gerada pelos blocos de concreto com estes resíduos é significativa, pois a ADF, o IEP e o RCA são, até o momento, repassados gratuitamente as empresas interessadas em reutilizá-los, não havendo a necessidade de aquisição das matérias-primas comumente utilizadas nos blocos, como o pó-de-pedra e a areia comum.

Por ser um trabalho pioneiro na combinação conjunta de rejeito de cascalho da extração de areia, areia de descarte de fundição e isoladores de porcelana em blocos de concreto, recomenda-se que se façam novos estudos em relação a outros teores destes agregados alternativos, em atendimento às curvas granulométricas de Besser, para que os blocos obtenham uma maior resistência e consequente melhor classe de uso.

Estes resíduos constituem um legado para próximas pesquisas visando a utilização de areia de fundição, isoladores de porcelana e rejeitos de cascalho não apenas em blocos de concretos, mas em concretos e argamassas comuns. Tais resíduos devem se somar a outros materiais alternativos beneficiando não apenas o setor da construção civil, mas toda a cadeia produtiva, pois há a utilização de resíduos antes descartados e principalmente a diminuição da poluição com a extração de materiais da natureza e seu beneficiamento industrial.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FUNDIÇÃO – ABIFA. **Indústria da Fundição: Expectativa de Mercado**. Abril de 2018. (2018)

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 6136 - Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Requisitos**. Rio de Janeiro, (2016).

_____. **NBR 7211 - Agregados - Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro, (2009).

_____. **NBR 7218 - Agregados - Determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis**. Rio de Janeiro, (2010).

_____. **NBR 15812-2 - Alvenaria estrutural - Blocos cerâmicos, Parte 2: Execução e controle de obras**. Rio de Janeiro, (2003).

_____. **NBR NM 30 - Agregado miúdo - Determinação da absorção de água.** Rio de Janeiro, (2001).

_____. **NBR NM 45 - Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios.** Rio de Janeiro, (2006).

_____. **NBR NM 46 - Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75 µm, por lavagem.** Rio de Janeiro, (2003).

_____. **NBR NM 52 - Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente.** Rio de Janeiro, (2009).

BUTTLER, A. M. **Uso de agregados reciclados de concreto em blocos de alvenaria estrutural.** Tese (Doutorado). Escolha de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Carlos. São Carlos, (2007).

CAMPOS, M. A. **Isoladores elétricos de porcelana na construção civil: Propriedades, pesquisa e aplicação.** Novas Edições Acadêmicas, (2018).

CAMPOS, M. A.; PASSOS, L.; ARGOLLO FERRÃO, A. M.; MORENO JUNIOR, A. L. **Areia de fundição e isoladores de porcelana como agregados alternativos em argamassas.** In: 23º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais. Anais 23º CBECiMat, Foz do Iguaçu-PR. (2018). Disponível em: <<https://docplayer.com.br/139449378-Areia-de-fundicao-e-isoladores-de-porcelana-como-agregados-alternativos-em-argamassas.html>>. Acesso em: 22 de abr. de 2021.

CHEGATTI, S. **Areias Descartadas de Fundição. Contexto, Gerenciamento e Impacto.** Editora Appris, (2016).

FONSECA, F. B. **Desempenho estrutural de paredes de alvenaria de blocos de concreto de agregados reciclados de rejeitos da construção e demolição.** Dissertação (Mestrado). Escolha de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Carlos. São Carlos, (2002). Disponível em: <<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-19012005-114956/pt-br.php>>. Acesso em: 22 de abr. de 2021.

NEVILLE, A. M.; BROOKS, J. J. **Tecnologia do Concreto.** Porto Alegre, Bookman, (2013).

PRADO, D. M. **Propriedades físicas e mecânicas de blocos estruturais produzidos com agregados reciclados de concreto.** Dissertação (Mestrado). Escolha de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Carlos. São Carlos, (2006). Disponível em: <<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-22062006-103918/pt-br.php>>. Acesso em: 22 de abr. de 2021.

OBSERVAÇÃO: Estudo muito relevante, com dados consistentes. Necessita de alguns ajustes conforme destacado nas observações. Algumas questões foram incluídas com o intuito de chamar a atenção para a inclusão da informação, sem questionar a validade do trabalho desenvolvido. Ótimo trabalho.