CBPAT 2020 ANAIS
CONGRESSO BRASILEIRO DE PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES
DE 15 A 17 DE ABRIL | FORTALEZA - CE
http://dx.doi.org/10.4322/CBPAT.2020.318
ISBN 978-65-86819-05-2

AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE TÉCNICA DA APLICAÇÃO DE ESCÓRIA DE ACIARIA COMO AGREGADO MIÚDO NA PRODUÇÃO DE ARGAMASSA PARA REVESTIMENTO

SILVA, WANNER KELLY DAMASCENO
Profissão: Engenheira Civil
Instituição: Universidade Federal do Ceará
Estado: Ceará; País: Brasil
e-mail: kellydamasc@gmail.com

AMANCIO, FELIPE ALVES
Profissão: Mestre em Engenharia Civil
Instituição: Universidade Federal do Ceará
Estado: Ceará; País: Brasil
e-mail: felipeaamancio@hotmail.com

DIAS, ALISSON RODRIGUES DE OLIVEIRA
Profissão: Mestre em Engenharia Civil
Instituição: Universidade Federal do Ceará
Estado: Ceará; País: Brasil
e-mail: rodrigues_alisson@live.com

CABRAL, ANTÔNIO EDUARDO BEZERRA
Profissão: Professor Doutor DEECC-UFC
Instituição: Universidade Federal do Ceará
Estado: Ceará; País: Brasil
e-mail: eduardo.cabral@ufc.br

RESUMO

A indústria siderúrgica produz significativo volume de resíduos, sendo geradas 20,88 milhões/ton de rejeitos siderúrgicos no Brasil em 2017. O presente estudo tem por objetivo avaliar a viabilidade técnica da substituição parcial de agregado miúdo por escória de aciaria BSSF *(Baosteel Slag Short Flow)* para produção de argamassa de revestimento, havendo o aproveitamento desse material alternativo. Foi realizada a caracterização química, física e mineralógica da escória para posterior produção das argamassas mistas na proporção de 1:1:6, em volume, para quatro traços com teores de 0%, 10%, 20% e 30% de escória BSSF em substituição ao agregado natural. No estado fresco, analisou-se o índice de consistência, o teor de ar incorporado e a densidade de massa. No estado endurecido, foram produzidos corpos de provas prismáticos, avaliando-se a resistência à compressão axial e à tração na flexão aos 28 dias; foram executados painéis, em alvenaria, com dimensões de 50x50x2cm para análise da resistência de aderência à tração. Os resultados foram averiguados através da análise de variância, ANOVA, sendo constatados resultados favoráveis à aplicação de escória BSSF para produção de argamassa para revestimento no teor de 10%, apresentando propriedades semelhantes às argamassas convencionais.
Palavras-chave: escória de aciaria; aproveitamento; material alternativo; argamassa para revestimento, sustentabilidade.

ABSTRACT

The steel industry produces a significant amount of waste. In 2017, 20.88 million/tons of steel waste were generated in Brazil. The aim of this study is to evaluate the technical feasibility of partial replacement of fine aggregate for BSSF (Baosteel Slag Short Flow) steel slag in production of coating mortar, taking advantage of this alternative material. A chemical, physical and mineralogical characterization of steel slag was conducted for a subsequent production of mixed mortars in the proportion of volume 1:1:6 for mixes with 0%, 10%, 20% and 30% of BSSF steel slag content, replacing the natural aggregate. In the fresh state was evaluated the consistency index, the level of incorporated air and the mass density. In the hardened state, prismatic specimens were produced, where were evaluated the resistance of axial compression and flexion traction at 28 days; masonry panels with dimensions of 50x50x2cm were produced for evaluate traction aderency resistance. The results were verified through analysis of variance, ANOVA. As a result, the use of BSSF steel slag for coating mortar production were favorable to mixes with replacement level of 10%. Showing similar properties of conventional mortars.
Keywords: steel slag; use; alternative material; mortar for coating; sustainability.

ISBN 978-65-86819-05-2

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a geração de resíduos e coprodutos diretos, sendo estes as escórias, as lamas, os pós, as carepas, representou 20,88 milhões de toneladas em 2017. Assim, a produção de agregados siderúrgicos foi da ordem de 607 kg por tonelada de aço bruto nacional, onde foram produzidos 42% de escória de alto-forno, 27% de escória de aciaria e o restante representado por finos, pós, lamas, dentre outros coprodutos. Também, no referido ano, 92% do agregado siderúrgico de alto forno foram vendidos ao mercado, principalmente para a produção de cimento, enquanto apenas 36% da escória de aciaria foram vendidas e 23% do volume produzido deste coproduto foram utilizados internamente, tendo como principal aplicação a execução de base para pavimentação de estradas e vias (IABr, 2018).

Castelo Branco (2004) evidencia os diversos usos de escória de aciaria como material para a construção civil, tais como matéria prima para produção de cimento, devido à composição química do resíduo siderúrgico se assemelhar ao clínquer gerado na produção do cimento Portland; agregado para concreto, onde se indicou o aumento da resistência à compressão e durabilidade à abrasão; componentes de base e sub-base de pavimentos; agregado para misturas asfálticas; construção de lastro de leitos de ferrovias; aterros e contenções; dentre outras aplicações.

Na construção civil, o agregado siderúrgico substitui parcialmente a areia e/ou a brita, a depender da competitividade regional com os agregados naturais, sendo a utilização comum em pavimentação, concreto e confecção de tijolos e blocos (GEYER, 2001). Para o concreto, os agregados reciclados são utilizados como adições e/ou agregados, tendo em vista a necessidade de a escória ser reajustada quimicamente e ser submetida a períodos de cura, visando minimizar o efeito expansivo que as mesmas apresentam.

França et al. (2013) analisaram os parâmetros de resistência à compressão axial, resistência à tração na flexão e resistência de aderência à tração para argamassas com aplicação de escória de aciaria elétrica, averiguando que as amostras com agregado siderúrgico possuem resistências mecânicas e de aderência à tração superiores à argamassa produzida com agregado miúdo natural, além de resultados equivalentes para trabalhabilidade.

O sistema intitulado como *Baosteel Slag Short Flow* é pioneiro, não somente no Brasil, mas em todo Ocidente, sendo uma tecnologia desenvolvida pelas indústrias siderúrgicas sul-coreanas e chinesas (IABr, 2018). Através desse processo foi possível resfriar a escória mais rapidamente e reciclá-la, sendo a mesma fundida a altas temperaturas em um recipiente rotativo. O resíduo é solidificado e, posteriormente, triturado em pequenas partículas. A escória líquida gerada é transferida para um tambor de granulação, onde é realizada a injeção de água com um tempo de permanência entre três e cinco minutos, e posterior separação magnética (SOUZA, 2016), sendo gerada uma escória de qualidade superior às demais. Devido à tecnologia desenvolvida pelo processo BSSF, torna-se possível destinar o resíduo às indústrias cimenteiras, indicando o controle da característica expansiva e ampliando a utilização da escória de aciaria na construção civil.

O objetivo do presente estudo é avaliar a viabilidade técnica da substituição parcial de agregado miúdo por escória desenvolvida através do processo BSSF (*Baosteel Slag Short Flow*) para produção de argamassa para revestimento.

2. PROGRAMA EXPERIMENTAL

A Figura 1 esquematiza o programa experimental desenvolvido para esta pesquisa.

ISBN 978-65-86819-05-2

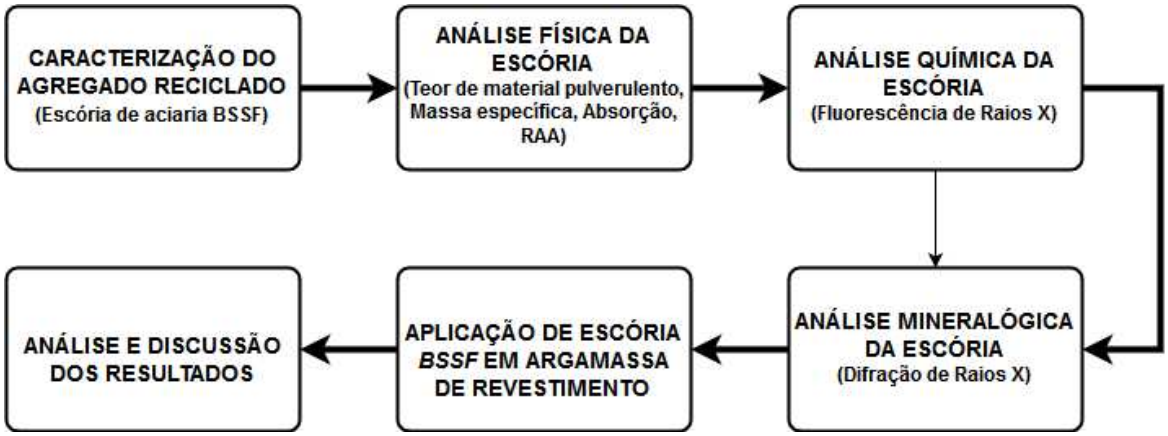


Figura 1: Esquema geral do método adotado

2.1 Materiais

Foi utilizado o cimento CP V ARI, tendo em vista que o mesmo apresenta baixo teor de adições, reduzindo as variáveis que por ventura venham a interferir nas propriedades analisadas. A cal hidratada utilizada no presente estudo foi a CH I, tendo em vista o melhor desempenho desta categoria de cal segundo suas características químicas e físicas observadas na norma NBR 7175 (ABNT, 2003). Salienta-se que as classes de cal hidratada mais comercializadas no mercado cearense são as cales CH I e CH III, no entanto a última é menos nobre, com maior limite para o teor de material carbonático (CO_2), residual do processo de fabricação e que pode ocasionar redução da capacidade ligante do material, portanto apresentando mais impurezas.

O agregado miúdo natural utilizado para produção da argamassa em estudo foi proveniente do rio Curu, localizado na bacia de São Luís do Curu/CE. Foram executados os ensaios para caracterização da areia segundo normas da ABNT. Foi utilizado o agregado siderúrgico proveniente do processo BSSF desenvolvido no Ceará pela Companhia Siderúrgica do Pecém.

2.2 Métodos

Inicialmente, a escória de aciaria BSSF foi caracterizada como agregado miúdo, com DMC de 1,18 mm e módulo de finura de 2,26, tendo em vista a representatividade desta fração na amostra coletada, em detrimento da pequena quantidade de material graúdo. Foram realizados os ensaios de determinação do material pulverulento, massa específica, absorção, reatividade álcali-agregado (RAA), fluorescência e difração de raios X; visando caracterizar as amostras em suas propriedades físicas, químicas e mineralógicas.

Após a caracterização do agregado reciclado, foram produzidas argamassas mistas de revestimento com o traço usual em obras na proporção de cimento, cal hidratada e areia úmida 1:1:6, recomendado para fachadas externas, tendo em vista a agressividade inerente a exposição do revestimento ao meio. Foram realizados quatro traços com teores de 0%, ou seja, o valor referência; 10%; 20% e 30% de escória com substituição, em volume, do agregado miúdo natural.

Os ensaios de caracterização do agregado reciclado foram executados conforme prescrito em normas técnicas brasileiras. Foram utilizados os equipamentos Difratômetro para amostras policristalinas modelo XPert Pro MPD – Panalytical, este para execução do ensaio de difração de raios X; Fluorescência de raios-X ZSXMini II – Rigaku para quantificação de óxidos; Máquina universal de ensaio DL-30000 EMIC, para testes de compressão e tração; e demais instrumentos normatizados.

Para a argamassa mista no estado fresco, foram averiguadas as características de trabalhabilidade através da determinação do índice de consistência segundo a NBR 13276 (ABNT, 2016). A densidade de massa e o teor de ar incorporado foram obtidos segundo a NBR 13278 (ABNT, 2005), a qual, para determinação do teor de ar incorporado, faz-se necessário o valor da densidade de massa teórica, obtido através da relação entre a massa seca e a densidade de massa de cada componente de acordo com a NBR 16605 (ABNT, 2017).

ISBN 978-65-86819-05-2

No estado endurecido, foram executados os ensaios de resistências à tração na flexão e à compressão axial na idade de 28 dias de cura segundo os critérios indicados na NBR 13279 (ABNT, 2005). A determinação da resistência de aderência à tração foi obtida através do seguimento às especificações apresentadas na norma NBR 13528 (ABNT, 2010) na idade de 28 dias de cura, onde foram executados quatro painéis nas dimensões 50x50x2cm sobre alvenaria de vedação como substrato à aplicação da argamassa analisada, conforme apresentado na Figura 2.

Salienta-se que, para este ensaio, foram executados 12 corpos de prova por traço em estudo, por tanto totalizando 48 amostras, distribuídas de forma aleatória e com espaçamento mínimo de 50 mm das extremidades. A aplicação da argamassa para revestimento dos painéis deu-se de forma manual, utilizando colher de pedreiro.

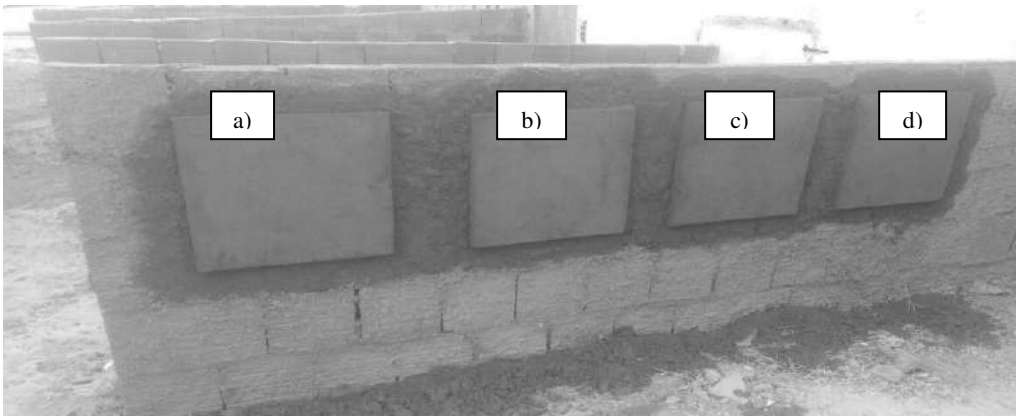


Figura 2: Painéis executados para o ensaio de resistência de aderência à tração: a) Traço de referência; b) Traço com 10% do agregado reciclado; c) Traço com 20% do agregado reciclado; d) Traço com 30% do agregado reciclado

A argamassa em estudo foi executada como revestimento de camada única, composto por emboço e tendo o acabamento de superfície chapiscado, de acordo com as especificações atribuídas na norma NBR 13749 (ABNT, 2013). Utilizou-se espessura de 20 mm, atendendo aos limites estabelecidos para execução de revestimento em paredes internas (espessura de 5 a 20 mm) e externas (espessura de 20 a 30 mm) segundo a referida norma. Os resultados obtidos através dos ensaios realizados foram averiguados segundo a Análise de Variância (ANOVA), tendo-se como cenários a não diferenciação significativa das amostras, sendo esta a hipótese nula (H0), e, como hipótese alternativa (H1) tem-se a diferença estatisticamente significativa entre as amostras para a variável estudada.

As argamassas mistas produzidas foram misturadas de forma mecânica através de argamassadeira de bancada, evitando assim a formação de bolhas de ar.

3. RESULTADOS

Os resultados de caracterização da escória de aciaria BSSF e da aplicação desta em argamassas mistas em porcentagens de substituição de 10%, 20% e 30% de agregado siderúrgico, avaliando-se a trabalhabilidade e a resistência das mesmas, comparando as argamassas com teores de substituição à argamassa de referência; seguem abaixo.

3.1 Caracterização do agregado reciclado

3.1.1 Caracterização física

A tabela 1 apresenta os resultados obtidos para os ensaios realizados visando à caracterização física da escória de aciaria BSSF.

Tabela 1 – Resultados obtidos para caracterização física do agregado reciclado BSSF

Propriedade	Valor obtido
Teor de material pulverulento (%)	1,3
Massa específica (g/cm³)	3,86
Absorção (%)	2,1
Reatividade Álcali-Agregado (%)	0

ISBN 978-65-86819-05-2

Para o teor de material pulverulento, constatou-se que a escória avaliada apresentou valor abaixo do limite estabelecido na norma NBR 7211 (ABNT, 2005) para a porcentagem de material pulverulento em concretos submetidos ao desgaste superficial (3%) e em concretos protegidos do desgaste superficial (5%). O teor de material pulverulento deve ser o menor possível, tendo em vista que sua presença aumenta significativamente a superfície específica dos grãos, requerendo, assim, maior quantidade de água no traço, o que ocasiona correções no consumo de cimento, para não mudar a relação água/cimento, ou resistências menores devido à maior porosidade da argamassa.

Observou-se que a massa específica da escória de aciaria BSSF é 47% superior ao valor encontrado para o agregado miúdo natural, sendo este 2,62 g/cm³. Quanto à absorção do agregado reciclado, verificou-se que este é 525% superior à absorção da areia (0,4%), identificando a estrutura porosa dos grãos de escória BSSF.

Para a reatividade álcali-agregado, o qual apresenta a porcentagem de expansão de barras de argamassa contendo o agregado reciclado avaliado em 30 dias, portanto pelo método acelerado, verificou-se que a escória BSSF é classificada como potencialmente inócuos (grau R0), apresentando reatividade desprezível para os elementos estruturais.

3.1.2 Caracterização química

Os resultados da Fluorescência de Raios-X (FRX) estão apresentados na Tabela 2, a qual indica a composição química em porcentagem de massa de óxidos, salientando-se que o espaço não preenchido indica inexistência do composto para o agregado reciclado em questão.

Tabela 2 – Composição química obtida através da Fluorescência de Raios-X para óxidos

Composto Químico	Porcentagem existente (%)
Fe_2O_3	52,98
CaO	33,46
SiO_2	5,84
MnO	5,09
P_2O_5	1,01
TiO_2	0,63
Al_2O_3	0,63
Cr_2O_3	0,21
Co_2O_3	0,12
K_2O	0,04
SO_3	

Observa-se que a composição da escória BSSF é, predominantemente, constituída por hematita (Fe_2O_3) e pelo óxido de cálcio (CaO), fator justificado devido à incorporação de cal e fundentes no processo de sopro combinado de oxigênio e adições para produção do aço em uma aciaria LD.

3.1.3 Caracterização mineralógica

Durante a análise mineralógica, é primordial a identificação dos componentes do agregado em estudo, assim, foi realizado o ensaio de Difração de Raios-X (DRX) pelo método de refinamento de Rietveld, sendo identificadas fases cristalinas e fases amorfas. O resultado obtido foi tratado através do software Xpert Highscore Plus e a Figura 3 apresenta o difratograma identificado para a escória de aciaria BSSF.

ISBN 978-65-86819-05-2

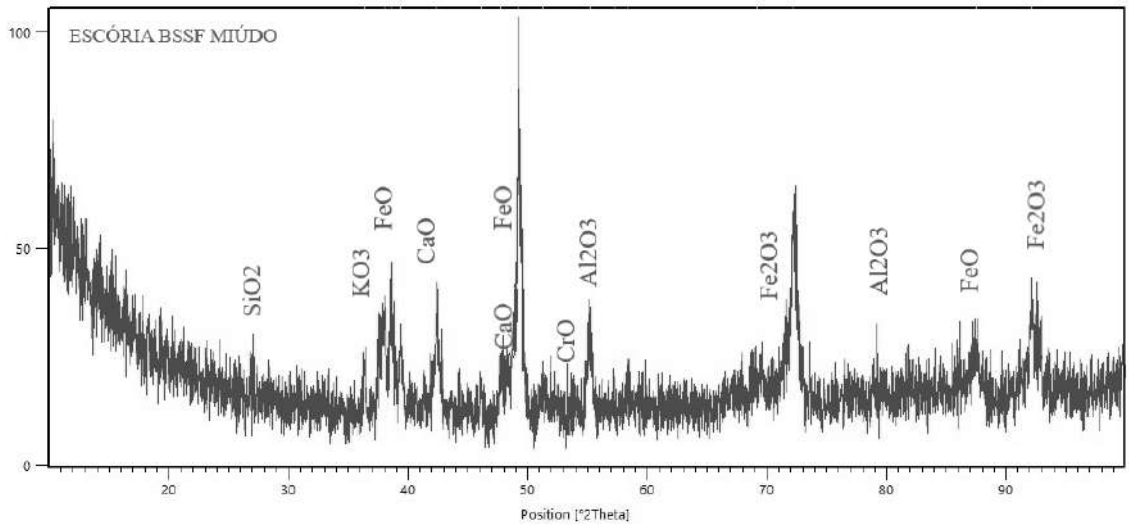


Figura 3: Difratograma do agregado miúdo reciclado BSSF

Não foram observadas fases amorfas no difratograma apresentado, tendo em vista que a presença de material amorfo em quantidade significativa modifica a linha de base do difratograma, tornando-a não linear. Observa-se a presença de ruído intenso devido à existência de múltiplos picos, indicando os compostos cristalinos.

3.2 Argamassa em estado fresco

3.2.1 Índice de consistência

Por tentativa e erro, foi encontrado o fator água/cimento para cada porcentagem de substituição de escória, portanto para cada traço avaliado, onde o parâmetro limitante trata-se do espalhamento médio de 260±5 mm conforme a norma NBR 13276 (ABNT, 2016). A Tabela 3 a seguir mostra o consumo de cada material seco para 1 m³ de argamassa, bem como o consumo de água.

Tabela 3 – Consumo de materiais, incluso água, referente à 1 m³ de argamassa

Teor de Escória (%)	Cimento (Kg/m³)	Cal (Kg/m³)	Areia (Kg/m³)	Escória (Kg/m³)	Água (l/m³)	Fator a/c
0	292,90	117,16	1396,10	0,00	325,12	1,11
10	292,05	116,82	1252,82	205,29	327,09	1,12
20	285,38	114,15	1088,19	401,20	342,46	1,20
30	283,76	113,50	946,77	598,39	346,19	1,22

Assim, foram obtidos os fatores água/cimento para cada traço, onde se identifica que quanto maior a substituição de agregado miúdo natural por escória BSSF, maior o consumo de água, tendo em vista a elevada absorção do agregado reciclado em comparação à areia.

3.2.2 Teor de ar incorporado e Densidade de massa

Observou-se que quanto maior o teor de substituição de escória na argamassa mista, maior a densidade de massa, fator este justificável, tendo em vista que a massa específica da escória avaliada é 47% maior que a massa específica do agregado miúdo natural. Já em relação ao teor de ar incorporado, verificou-se que os teores de 20% e 30% apresentaram menor índice para essa propriedade em comparação aos valores obtidos para a argamassa de referência, bem como para argamassa com 10% de escória, conforme explanado na Tabela 4. Foi realizada a análise estatística (ANOVA) através do Software *Statistica 7.0*, sendo constatado que não há diferença significativa, para tais propriedades, entre os grupos analisados.

ISBN 978-65-86819-05-2

Tabela 4 – Valores obtidos para o teor de ar incorporado e densidade de massa no estado fresco

Teor de Escória (%)	Densidade de Massa (Kg/m³)	Teor de Ar Incorporado (%)
0	2029	5
10	2094	5
20	2143	4
30	2194	4

3.3 Argamassa em estado endurecido

3.3.1 Resistência à tração na flexão

Foram avaliados três corpos de provas prismáticos, aos 28 dias, para execução deste ensaio, conforme preconiza a NBR 13279 (ABNT, 2005), onde os valores médios obtidos para cada teor de escória BSSF encontram-se na Tabela 5.

Tabela 5 – Resultado médio para a resistência à tração na flexão aos 28 dias

Teor de Escória (%)	Resistência Média à Tração na Flexão (MPa)	Desvio Padrão Amostral
0	4,1	1,1
10	3,9	0,8
20	3,5	0,8
30	4,4	1,1

Através da análise estatística ANOVA, averiguou-se que, para a idade de 28 dias, o teor de escória de aciaria BSSF não influencia a propriedade de resistência à tração na flexão, sendo a diferença entre os grupos não significativa, visto que o resultado é estatisticamente significante quando o p-valor observado é menor que o nível de significância de 0,05. Portanto, para a propriedade avaliada, observa-se que as argamassas mistas com substituição de agregado miúdo natural por escória de aciaria BSSF em porcentagens de 10%, 20% e 30% apresentam comportamento equivalente à argamassa convencional.

Quanto à resistência a tração na flexão, as argamassas utilizando agregado miúdo de escória de aciaria apresentaram valores similares ou superiores se comparado as argamassas com areia natural (OZTURK ET AL., 2018).

3.3.2 Resistência à compressão axial

Novamente de acordo com a NBR 13279 (ABNT, 2005), foram analisados seis corpos de provas prismáticos em idade de 28 dias de cura ao ar, para a verificação da resistência à compressão axial, onde os valores médios obtidos para cada teor de escória de aciaria encontram-se na Tabela 6.

Tabela 6 – Resultado médio para resistência à compressão axial aos 28 dias

Teor de Escória (%)	Resistência Média à Compressão Axial (MPa)	Desvio Padrão Amostral
0	14,60	0,88
10	13,45	0,50
20	12,21	1,19
30	12,90	1,22

Observou-se que as argamassas mistas com 10% e 30% de escória BSSF indicaram diferença não significativa entre si, bem como entre 0% e 10%; 20% e 30%. Tem-se, assim, que a argamassa para revestimento com 10% de escória BSSF apresenta equivalência à argamassa mista convencional, ou seja, à argamassa com 0% de agregado reciclado, onde este apresentou maior resistência à compressão axial.

A redução da resistência à compressão se deve ao maior fator água-cimento das argamassas com escória.

ISBN 978-65-86819-05-2

3.3.3 Resistência de aderência à tração

As resistências médias para cada traço com o respectivo desvio padrão estão apresentadas na Tabela 7.

Tabela 7 – Resultado médio para a resistência de aderência à tração aos 28 dias

Teor de Escória (%)	Resistência Média de Aderência à Tração (MPa)	Desvio Padrão Amostral
0	0,28	0,10
10	0,28	0,11
20	0,27	0,12
30	0,22	0,08

Nos resultados obtidos observou-se que todas as argamassas mistas são aptas para uso em revestimento de paredes internas com acabamento em pintura, visto que foram obtidos, para todos os traços, valores acima do estabelecido para tal limite de resistência de aderência à tração média (0,20 MPa). A partir da análise de variância, verificou-se que o aumento do teor do agregado siderúrgico até 30% não leva a uma diminuição significativa nas médias, portanto foi identificado que não há influência do teor de escória sobre a propriedade avaliada. No entanto, observa-se que o teor ótimo de substituição de areia por agregado siderúrgico BSSF é de 10%, segundo indicado pela resistência à compressão axial aos 28 dias.

ISBN 978-65-86819-05-2

4. CONCLUSÃO

A partir do estudo desenvolvido pode-se concluir que:

I. A escória de aciaria BSSF apresenta porcentagem nula de expansão para barras de argamassa contendo o agregado reciclado avaliado em 30 dias, para o ensaio de determinação da Reatividade Álcali-Agregado. Esta foi classificada como potencialmente inócuo, grau R0, apresentando reatividade desprezível para os elementos estruturais;

II. Para argamassa mista no estado fresco, observou-se que quanto maior o teor de escória BSSF, maior o consumo de água e maior a densidade de massa;

III. No estado endurecido, observou-se que o teor de escória não influencia na resistência à tração na flexão. Para a resistência à compressão axial, foi obtida diferença significativa entre os grupos avaliados, apresentando maior resistência para o traço de referência. Na avaliação da resistência de aderência à tração foi constatado que as argamassas mistas são adequadas para revestimento em paredes internas com acabamento em pintura, onde o teor de substituição das escórias analisadas não leva a uma diminuição significativa nas médias obtidas;

IV. A partir das análises expostas, pode-se concluir que a escória de aciaria BSSF tem viabilidade técnica para ser utilizada como agregado miúdo em substituição ao agregado natural na execução de revestimentos argamassados. Para garantia de uma resistência à tração na flexão, compressão axial e de aderência à tração similares à argamassa de referência, recomenda-se a substituição de até 10% de areia por escória BSSF, sendo este o teor ótimo indicado, pois, a partir dessa porcentagem, observou-se um maior decréscimo na resistência à compressão axial aos 28 dias.

ISBN 978-65-86819-05-2

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7211: **Agregados para concreto - Especificação.** Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13278: **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado.** Rio de Janeiro: ABNT, 2005. 4 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13279: **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão.** Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13276: **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação do índice de consistência.** Rio de Janeiro: ABNT, 2016. 2 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7175: **Cal hidratada para argamassas – Requisitos.** Rio de Janeiro: ABNT, 2003. 4 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16605: **Cimento Portland e outros materiais em pó — Determinação da massa específica.** Rio de Janeiro: ABNT, 2017. 4 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13528: **Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Determinação da resistência de aderência à tração.** Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13749: **Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Especificação.** Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

CASTELO BRANCO, V. T. F. **Caracterização de misturas asfálticas com o uso de escória de aciaria como agregado.** 2004. 135 f. Dissertação de M. Sc, Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE/UFRJ, Engenharia Civil, Rio de Janeiro.

FRANÇA, M. B. B. F.; SANTOS, D. H.; PEREIRA, P. P.; SOUZA, B. P.; FONTES, W. C.; PEIXOTO, R. A. F. Argamassas de escória de aciaria elétrica para assentamento de alvenarias e revestimentos. **Anais do X Simpósio brasileiro de tecnologia das argamassas.** Fortaleza, 2013.

GEYER, R. M. T. **Estudo sobre a potencialidade de uso das escórias de aciaria como adição ao concreto.** 2001. 170p. Tese de D.Sc., UFRGS, Porto Alegre, RS.

INSTITUTO AÇO BRASIL. Aço Brasil: 2018. **Relatório de sustentabilidade.** Disponível em: <http://acobrasil.org.br/sustentabilidade/>. Acesso em: 02 dez. 2018.

OZTURK, M.; AKGOL, O.; SEVIM, U. K.; KARAASLAN, M.; DEMIRCI, M.; UNAL, E. **Experimental work on mechanical, electromagnetic and microwave shielding effectiveness properties of mortar containing electric arc furnace slag**. Construction and Building Materials v165 p. 58-63, 2018.

SOUZA, T. V. P. **Caracterização de escória de conversor a oxigênio obtida no processo BSSF antes e após tratamento hidrometalúrgico.** 2016. 62 f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Materiais) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.