PROPRIEDADES DAS ARGAMASSAS COM A UTILIZAÇÃO DE ESCÓRIA DE ACIARIA BAOSTEEL SLAG SHORT FLOW

Tema: Tecnologia dos materiais.

Grupo[1]: 1

FELIPE A. AMANCIO[1], DOUGLAS A. LIMA[2], ALISSON R. O. DIAS[3], ANTÔNIO E. B. CABRAL[4]

[1,3]Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará/UFC, felipeaamancio@hotmail.com; *rodrigues_alisson@live.com*
[2]Universidade Federal do Ceará,UFC, *douglas.edif@gmail.com;*
[4]Prof Dr, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, PEC-UFC, *eduardo.cabral@ufc.br;*

RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo investigar as propriedades das argamassas produzidas com escória de aciaria BSSF em substituição a areia natural. O traço investigado foi de 1:1:6, tendo sido realizada a substituição em volume nos teores de 0%, 20%, 40%, 60% e 80%, e analisadas as propriedades nos estados fresco e endurecido. Pode-se constatar que as argamassas com escória de aciaria apresentaram um maior fator a/c, além de maior densidade, módulo de elasticidade dinâmico, coeficiente de capilaridade e índice de vazios. A argamassa de referência apresentou ainda retenção de água e resistência potencial de aderência superior ao das argamassas com escória de aciaria, entretanto, a argamassas com escória apresentaram valores de resistência mecânica e durabilidade satisfatórias.

Palavras-chave: Escória de aciaria BSSF, aderência à tração, argamassa de revestimento.

PROPERTIES OF MORTARS WITH BAOSTEEL SLAG SHORT FLOW STEEL SLAG

ABSTRACT

The present work aimed to investigate the properties of mortars produced with BSSF steel slag in substitution of natural sand. The mix investigated was 1:1:6, and the volume substitution was performed in the contents of 0%, 20%, 40%, 60% and 80%, performing the characterization tests of the mortars in the fresh and hardened state. It can be observed that the mortars with BSSF had a higher Water-cement ratio, density, dynamic modulus of elasticity, capillary coeficiente and voids. The reference mortar also demonstrated water retention and bond tensile strenght superior to mortars produced with steel slag, however, slag mortars presented satisfactory mechanical strength and durability values.

Key-words: BSSF steel slag, bond tensile strenght, mortar coating.

[1] **Grupo 1:** Oriundos de teses, dissertações e relatórios finais de projetos de pesquisa; ou **Grupo 2:** oriundos de disciplinas de pós graduação, iniciação científica, trabalhos de conclusão de curso (TCC), pesquisas aplicadas e outros.

1. INTRODUÇÃO

A produção de aço bruto no Brasil, no ano de 2017, foi na ordem de 34,4 toneladas, sendo o 9º maior produtor mundial. Apesar disso, a indústria metalúrgica produz anualmente grandes quantidades de escória, que representam um problema para a fábrica e para o meio ambiente [1]. Para cada tonelada de aço bruto produzido, estima-se uma geração de 130 kg a 200 kg de escória [2]. A necessidade de dar um destino adequado a esses resíduos gera custos de transporte, processamento, armazenamento, disposição final, e futuramente trará impactos ao meio ambiente [1,3,4,5]. Há autores [6,7,8] que consideram que a escória de aciaria possui boas características físicas, como alta resistência e durabilidade, sendo indicativo do potencial para ser utilizada como agregado na indústria da construção civil, porém, é recomendável fazer avaliação adequada prévia do material disponível para ser usado, por meio de ensaios apropriados.

As escórias de aciaria, em contraste com a escória de alto-forno, que é volumetricamente estável, contém óxidos hidratáveis (CaO e/ou MgO) que podem resultar em instabilidade volumétrica, no caso, provocando expansão [7, 9, 10]. Essa expansão de volume, que pode chegar até 10% é atribuída à hidratação a curto e longo prazos do teor de óxidos de cálcio e magnésio [11].

Diferentemente, a escória de aciaria BSSF, passa por um processo de granulação. A escória líquida produzida é transferida para um tambor de granulação, onde ele é tratado com água injetada com um tempo de permanência entre três e cinco minutos, o que reduz significativamente a quantidade de cal livre que não reagiu [12].

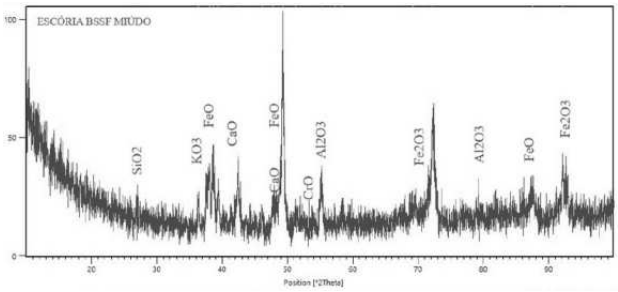
Portanto, faz-se necessário buscar o aproveitamento do resíduo da indústria siderúrgica no setor da construção civil, obtendo-se assim, redução nos custos dos produtos da construção, além de minimizar os impactos ambientais ocasionados pelo consumo exacerbado de areia na produção de argamassas e concretos. Neste sentido, o presente trabalho analisou as propriedades das argamassas de revestimento no estado fresco e endurecido, com a substituição em volume da areia natural por escória de aciaria BSSF nas proporções de 0%, 20%, 40%, 60% e 80% no traço 1:1:6 (cimento, cal e areia).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

A escória de aciaria BSSF utilizados neste estudo foi proveniente da Companhia Siderúrgica do Pecém, localizada no Estado do Ceará, Brasil. Por meio da difratometria de raios-x (Figura 1), pode-se constatar que existem picos cristalinos de FeO, Fe2O3, Al2O3, CaO, sem a presença de halo amorfo.

Figura 1 – Difratometria de raios-X



Foi realizado o ajuste da distribuição granulométrica da escória no intuito de igualar a granulometria com a da areia, conforme estabelece a ABNT NBR NM 248:2003 [13], evitando influência do tamanho dos grãos na trabalhabilidade e demais propriedades das argamassas. As demais características dos agregados estão descritas na Tabela 1. A cal utilizada foi do tipo hidratada CH-I e o cimento foi do tipo Portland CP V.

Tabela 1 – Caracterização do agregado natural e resíduo utilizados

Ensaio	Norma	Unid.	Areia natural	Escória
Dimensão máxima	ABNT NM 248:2003 [13]	mm	2,36	2,36
Módulo de finura	ABNT NM 248:2003 [13]	adim	2,52	2,52
Massa unitária	ABNT NBR NM 45:2006 [14]	g/cm³	1,41	2,08
Absorção de água	ABNT NBR NM 52:2009 [15]	%	1,3	2,1
Massa específica	ABNT NBR NM 52:2009 [15]	g/cm³	2,59	3,62

2.2 Método de pesquisa

A preparação de argamassas foi realizada conforme preconiza a NBR 16541:2016 [16]. A substituição da areia natural por escória foi realizada em volume, por meio das massas específicas, nos teores de 0%, 20%, 40%, 60% e 80% de substituição. Os traços unitários e o consumo de materiais por m³ estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Traços utilizados na pesquisa

Traço unitário em massa						Consumo de material por m³				
Traço	Teor (%)	Cimento (kg)	Cal (kg)	Areia (kg)	Escória (kg)	Cimento (kg)	Cal (kg)	Areia (kg)	Escória (kg)	Água (kg)
ARGR	0	1,00	0,40	4,70	0,00	296,8	118,7	1395,2	0,0	317,9
ARGV	20	1,00	0,40	3,76	1,31	296,0	118,4	1112,9	387,7	320,2

ARGQ	40	1,00	0,40	2,82	2,63	295,1	118,1	832,3	776,2	321,7
ARGS	60	1,00	0,40	1,88	3,94	293,6	117,4	551,9	1156,7	325,6
ARGO	80	1,00	0,40	0,94	5,26	292,1	116,9	274,6	1536,7	328,4

A consistência (fator a/c) foi determinada por meio do ensaio *flow table* segundo a ABNT NBR 13276:2016 [17] e fixada em 260 ± 5mm. A determinação da densidade foi realizada pelo método gravimétrico, conforme a NBR 13278:2005 [18] logo após a mistura. O teor de ar incorporado foi calculado a partir da densidade, quantidade de água e massa específica dos materiais. A retenção de água das argamassas foi determinada conforme prescreve a NBR 13277:2005 [19]. Por fim, para investigar o comportamento reológico das argamassas, foi realizado o ensaio de *squeeze-flow*, estabelecido pela NBR 15839:2010 [20], com a utilização de uma célula de carga de 2kN.

Os ensaios no estado endurecido foram realizados aos 28 dias, para avaliar as propriedades: resistência à compressão e tração, módulo de elasticidade dinâmico (considerando o coeficiente de Poisson igual a 0,20), densidade aparente e absorção de água por capilaridade, respectivamente estabelecidos pelas normas NBR 13279:2005 [21], NBR 15630:2008 [22], NBR 13280:2005 [23] e NBR 15259:2005 [24]. Foram realizados ainda os ensaios de índice de vazios, absorção de água e massa específica, conforme NBR 9778:2005 [25]. Por fim, foram confeccionados painéis de bloco cerâmico, com base em chapisco, traço em volume de 1:3 (cimento e areia grossa). Após 7 dias, foram revestidos com os traços estudados nas dimensões 50x50x2,5cm, e após 28 dias foram realizados os ensaios de aderência, seguindo a NBR 15259:2005 [26], permeabilidade pelo método do cachimbo com duração de 15 min e a análise da fissuração por meio da verificação visual, o qual foi realizado a contagem e soma das quantidades de fissuras em metros e dividido pela área do painel em m², obtendo-se assim o índice de fissuração do revestimento.

3. ANÁLISE DOS RESULTADOS

3.1 Estado fresco

A Tabela 3, apresenta a caracterização das argamassas quanto às propriedades no estado fresco. As argamassas com escória de aciaria apresentaram fator a/c superiores ao da argamassa convencional. Isto pode ser justificado pela maior absorção de água da escória, em comparação à areia natural, bem como a forma dos grãos. Estudos afirmam que esse fato é causado pela textura da superfície áspera e forma angular da escória de aciaria, se comparada com a forma mais cúbica do agregado natural [27].

Em relação à densidade das argamassas no estado fresco, houve crescimento significativo com o aumento do teor de substituição de areia por escória, chegando a um aumento de quase 20% em entre o traço de referência (ARGR) e o traço ARGO. O aumento se deve às

características dos materiais, tendo em vista que a massa específica da escória é maior que a da areia [28, 29, 30].

Quanto à reologia pelo *squeeze-flow*, conforme apresentado na Figura 2 constata-se que todas as argamassas apresentarem baixos valores de deslocamento, apesar de apresentarem o espalhamento adequada na mesa de consistência, na faixa de 260 ± 5mm. Destaca-se ainda que a argamassa de referência, que apresentou o menor fator a/c, foi a que demonstrou o melhor comportamento. Entretanto, todas as argamassas não apresentaram o estágio II (saltando do estágio I para o estágio III), o que caracteriza as argamassas de difícil aplicação, exigindo maiores esforços do operador em manusear a argamassa.

Figura 2 – Squeeze-flow das argamassas

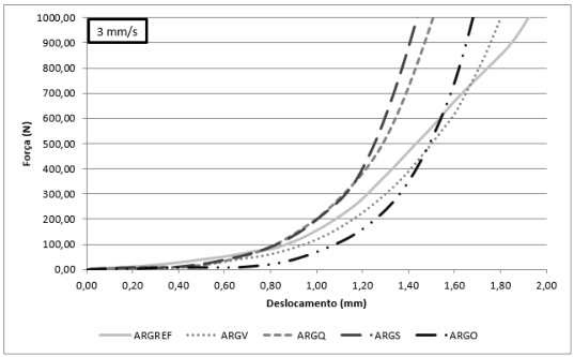


Tabela 3 – Propriedades no estado fresco

Traço	Densidade (kg/m³)	Relação a/c	Teor ar inc. (%)	Retenção de água (%)
ARGR	2048	1,071	4	91
ARGV	2142	1,082	4	84
ARGQ	2220	1,090	5	81
ARGS	2323	1,109	5	81
ARGO	2452	1,124	4	83

3.2 Estado endurecido

A Tabela 4 apresenta a caracterização das argamassas quanto às propriedades no estado endurecido, enquanto a Tabela 5 apresenta os resultados de Análise de Variância (ANOVA). O índice de vazios e o coeficiente de capilaridade das, ambos parâmetros de durabilidade, foram maiores nas argamassas com escória de aciaria, possivelmente devido ao maior fator a/c. O valor de vazios reflete nos valores de resistência mecânica, o qual maiores índices de vazios tendem a gerar argamassas com menores valores de resistência à compressão.

Tabela 4 – Propriedades no estado endurecido

Traço	Resistência à compressão	Resistência à flexão	Densidade de massa	Módulo dinâmico	Índice de vazios	Absorção de água total	Coeficiente de capilaridade
	Mpa	MPa	kg/m³	GPa	%	%	g/dm².min$^{1/2}$
ARGR	14,7	4,8	1,92	16,7	25,3	13	7
ARGV	15,7	4,7	2,06	22,5	25,4	13	7
ARGQ	13,8	2,9	2,11	23,2	25,9	13	10
ARGS	13,6	4,2	2,22	24,1	26,0	12	8
ARGO	13,8	4,7	2,30	20,3	26,7	12	10

Tabela 5 – Resumo da ANOVA para análise da influência da substituição nas propriedades estudadas

Propriedades	F	valor-P	Significância
Absorção	3,228	0,066591	Não significativo
Aderência	1,943	0,117454	Não significativo
Densidade aparente	63,71	0,000000	Significativo
Capilaridade	6,536	0,007485	Significativo
Módulo dinâmico	13,657	0,000464	Significativo
Índice de vazios	7,58	0,005877	Significativo
Resistência à compressão	6,031	0,000448	Significativo
Resistência à tração na flexão	8,323	0,000206	Significativo

Quanto aos resultados de resistência a tração na flexão, apesar do traço ARGR apresentar o maior valor de resistência, com exceção do traço ARGQ, entre os demais traços não existem diferenças significativas conforme o teste de Tukey de comparação de médias, apesar do fator a/c ser superior ao do traço ARGR. Já quanto a resistência à compressão, tem-se destaque para o traço ARGV, onde houve um aumento da resistência se comparado com o traço de referência. Isso é justificado pela forma multi-angular do agregado de escória, levando a um melhor atrito entre partículas e matriz [27].

Os resultados de resistência potencial de aderência das argamassas são apresentados na Figura 3. Observou-se que as argamassas com maiores teores de escória, apresentaram valores inferiores ao da argamassa de referência. Isso pode ser justificado pelo maior consumo de água nas argamassas com escória, bem como ao baixo deslocamento obtidos no squeeze-flow, o que dificultou o manuseio das argamassas. O mesmo fato foi contado por Santamaria-Vicario et al e Silva (2018) [29, 31].

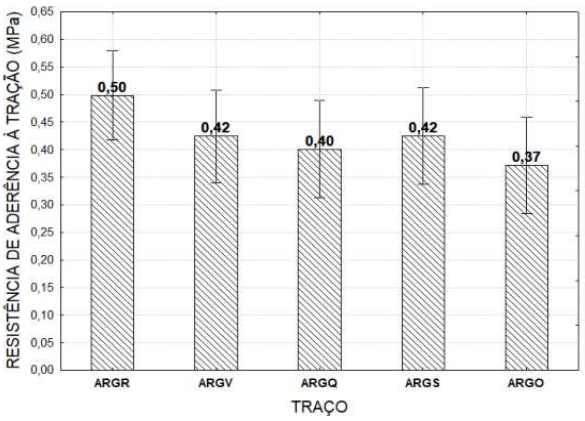
Apesar do valor quantitativo da argamassa de referência ser superior às demais argamassas, a análise de variância identificou que a substituição da areia natural por escória de aciaria não influencia nas propriedades de aderência das argamassas. Por fim, ressalta-se que todos os traços apresentaram resistência superior a 0,3 MPa, exigência para revestimentos externos conforme a NBR 13749:2013 [32].

Quanto ao módulo de elasticidade dinâmico, as argamassas com escória tiveram valores superiores aos da argamassa de referência. Em ensaios realizados em concretos com agregado natural e com agregados de escoria de aciaria constatou-se que a substituição da areia por escória ocasiona um aumento no módulo de elasticidade que pode ser de até 17% [1]. Todos os traços investigados, inclusive a referência, apresentaram um valor alto de módulo de elasticidade dinâmico, o que as torna suscetíveis à fissuração pela menor capacidade de deformação das argamassas. Com isto, todas as argamassas têm alta fissurabilidade, o que reflete os valores encontrados na Tabela 6. Tal fato se deve à quantidade de aglomerante na mistura, que acaba por torná-la mais rígida e a ausência de aditivos. As fissuras observadas nos painéis ocorreram nos primeiros sete dias após a execução do revestimento, devido a retração e ação das intemperes.

Tabela 6 – Índice de fissuração nas argamassas

Amostra	Índice de fissuração (m/m²)
ARGR	0,36
ARGV	0,3
ARGQ	0
ARGS	1,4
ARGO	0,692

Figura 3 – Resistência potencial de aderência a tração das argamassas



4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta pesquisa, para os materiais e metodologias adotadas, tem-se destaque para o teor de substituição de 20%, o qual apresentou valores de resistência mecânica similares ao da argamassa de referência. Nos ensaios de índice de vazios, capilaridade, absorção de água e permeabilidade pelo método do cachimbo, o mesmo teor apresentou desempenho igual ou melhor que o traço de referência, favorecendo assim a durabilidade do revestimento.

Além disso, as argamassas com escória de aciaria se mostraram menos trabalháveis e apresentaram um maior consumo de água para o mesmo espalhamento, isso pode ser explicado devido a maior absorção de água pela escória e pelo formato dos grãos. A densidade no estado fresco e endurecido das argamassas aumenta com o aumento o teor de escória, devido à maior massa específica do agregado. A retenção de água foi maior na argamassa de referência, sem escória de aciaria, o que melhora suas propriedades no estado endurecido.

Quanto ao comportamento reológico, as argamassas em estudo apresentaram baixo deslocamento, sendo o traço de referência a que apresentou o melhor resultado. A argamassa de referência apresentou menor valor de módulo de elasticidade dinâmico, coeficiente de capilaridade e índice de vazios, além de maior valor de resistência potencial de aderência a tração.

Destaca-se que apesar da influência da substituição da areia natural por escória nas propriedades das argamassas, com exceção da retenção de água, o qual a argamassa de referência apresentou melhor desempenho, as demais propriedades se enquadram na mesma classe proposta pela NBR 13281:2005 [33]. Por fim, recomenda-se realizar o ensaio de expansão normalizado pela ASTM C 151 de 1993, no intuito de investigar a durabilidade do revestimento.

5. REFERÊNCIAS

1. QASRAWI, H. The use of steel slag aggregate to enhance the mechanical properties of recycled aggregate concrete and retain the environment. **Construction and Building Materials.** v. 54 p. 298-304, 2014.

2. FARAONE, N. TONELLO, G. FURNALI, E. MASCHIO, S. Steelmaking slag as aggregate for mortars: Effects of particle dimension on compression strength. **Chemosphere** 77 (2009) 1152–1156.

3. AKINMUSURU, J. O. Potential beneficial uses of steel slag wastes for civil engineering purposes. **Resources, Conservation and Recycling**. 1991;5:73–80.

4. LOHANI, T. K.; PADHI, M.; DASH, K. P.; JENA, S. Optimum utilization of quarry dust as partial replacement of sand in concrete. **Internacional Journal of Applied Sciences and Engineering Research**, v. 1, n. 2, 391 -404, 2012.

5. CHEN,Z.; XIE,J.; XIAO,Y.; CHEN,J.; WU, S. Characteristics of bonding behavior between basic oxygen furnace slag and asphalt binder. **Construction and Building Materials** v. 64 p.60-66, 2014.

6. TOSSAVAINEN, M.; ENGSTROM,F.; YANG,Q.; MENAD,N.; LARSSON,M.L. BJORKMAN,B. Characteristics of steel slag under different cooling conditions. **Waste Management**. v. 27 p 1335-1344, 2007.

7. WANG, G. Determination of the expansion force of coarse steel slag aggregate. **Construction and Building Materials** v. 24 p. 1961-1966, 2010.

8. ABU-EISHAH S. I, EL-DIEB A. S, BEDIR M. S. Performance of concrete mixtures made with electric arc furnace (EAF) steel slag aggregate produced in the Arabian Gulf region. **Construction and Building Materials** 34(2012) 249–256.

9. KANDHAL,P.S.; HOFFMAN,G. Evaluation of steel slag fine aggregate in hot-mix asphalt mixtures. **Transportation Research Record**, v 1583,p.28-36,1997

10. WANG, G.; WANG, Y.; GAO,Z. Use of steel slag as a granular material: Volume expansion prediction and usability criteria. **Journal of Hazardous Materials**. v.184 p. 555-560, dezembro, 2010.

11. MIKHAIL, S.A.; TURCOTTE, A.M. Thermal behaviour of basic oxygen furnace waste slag. **Thermochimica acta** v. 263, pag. 87-94, outubro, 1995.

12. 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.

13. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248**: Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

14. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 45**: Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006.

15. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 52**. Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009.

16. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16541**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura para a realização de ensaios. Rio de Janeiro, 2016.

17. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13276**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2005.

18. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13278**: Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado. Rio de Janeiro, 2005.

19. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13277**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da retenção de água. Rio de Janeiro, 2005.

20. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15839**: Argamassa de assentamento e revestimento de paredes e tetos – Caracterização reológica pelo método squeeze-flow. Rio de Janeiro, 2010.

21. 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, 2005.

22. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15630**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação do módulo de elasticidade dinâmico através da propagação de onda ultrassônica. Rio de Janeiro, 2009.

23. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13280**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido. Rio de Janeiro, 2005.

24. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15259**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade. Rio de Janeiro, 2005.

25. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9778**: Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 2009.

26. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15259**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade. Rio de Janeiro, 2005.

27. LE, D. H.; SHEEN,Y. N.; BUI,Q. B.; An assessment on volume stabilization of mortar with stainless steel slag sand. **Construction and Building Materials** 155 (2017) 200-208.

28. CAMPOS, S. A. ; RAFAEL, M. F.C. ; CABRAL, A. E.B. . Evaluation of steel slag of Companhia Siderúrgica do Pecém replacing fine aggregate on mortars. **Procedia Structural Integrity**, v. 11, p. 145-152, 2018.

29. SANTAMARÍA-VICARIO, I.. RODRÍGUEZ,A. GONZÁLEZ,S.G; CALDERÓN,V. Design of masonry mortars fabricated concurrently with diferent steel slag aggregates. **Construction and Building Materials**. v. 95 p. 197-206, 2015.

30. SANTAMARÍA-VICARIO, I.. RODRÍGUEZ,A. GONZÁLEZ,S.G; CALDERÓN,V. Durability behavior of steelmaking slag masonry mortars. **Materials and design** v. 97 p. (2016) 307-315, 2016.

31. SILVA, W. K. D. da. Caracterização de escórias de aciaria e avaliação de seu uso na produção de argamassas de revestimento. 2018. 72p. **Trabalho de Conclusão de Curso** (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Civil, Fortaleza, 2018.

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

33. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13281**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos. Rio de Janeiro, 2005.