XV SBTA Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas
Porto Alegre/RS - 11 a 13 de junho de 2025

ANÁLISE DA CONSISTÊNCIA DE ARGAMASSAS COM ESCÓRIA DE ACIARIA BSSF

Analysis of the consistency of mortars with BSSF steelwork slag

THAYNÁ DA SILVA NERI RIPARDO[1], ELLEN MIRLEY MEDEIROS TORRES[2], PEDRO HENRIQUE NOGUEIRA GARCIA[3], ANTÔNIO EDUARDO B. CABRAL[4], HELOÍNA NOGUEIRA DA COSTA[5], IANA FREITAS BEZERRA[6]

[1] Mestranda, Universidade Federal do Ceará, thaynaneri@alu.ufc.br
[2] Mestranda, Universidade Federal do Ceará, ellen.torres@alu.ufc.br
[3] Doutorando, Universidade Federal do Ceará, pedro.nogueira.garcia@gmail.com
[4] Professor, doutor, Universidade Federal do Ceará, eduardo.cabral@ufc.br
[5] Professora, doutora, Universidade Federal do Ceará, heloina@ufc.br
[5] Graduanda, Universidade Federal do Ceará, iana.bezerra@alu.ufc.br

RESUMO

A produção de aço gera coprodutos como a escória BSSF, cuja aplicação na construção civil pode reduzir impactos ambientais. Este estudo analisa argamassas com substituição parcial da areia por escória BSSF, avaliando suas propriedades no estado fresco por meio dos ensaios de mesa de consistência, penetração de cone e *squeeze-flow*. Os resultados indicam redução da consistência, aumento da densidade a partir de 20% e redução do teor de ar. O *squeeze-flow* demonstrou boa deformabilidade da argamassa para aplicação. Assim, a escória BSSF se mostra viável em argamassas, exigindo ajustes para otimizar seu desempenho em obra.

Palavras-chave: Escória. BSSF. Estado fresco. Argamassa.

ABSTRACT

Steel production generates co-products such as BSSF slag, whose application in civil construction can reduce environmental impacts. This study analyzes mortars with partial replacement of sand with BSSF slag, evaluating their properties in the fresh state through consistency table, cone penetration and *squeeze-flow tests*. The results indicate a reduction in consistency, an increase in density from 20% and a reduction in air content. *Squeeze-flow* demonstrated good deformability of the mortar for application. Thus, BSSF slag proves to be viable in mortars, requiring adjustments to optimize its performance on site.

Key-words: Slag. BSSF. Fresh state. Mortar.

Como citar:
RIPARDO, T.S.N.; TORRES, E.M.M.; GARCIA, P.H.N.; CABRAL, A.E.B.; COSTA, H.N.; BEZERRA, I.F. Análise da consistência de argamassas com escória de aciaria BSSF. In: XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 2025, Porto Alegre. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2025.

INTRODUÇÃO

Apesar da importância econômica, a indústria siderúrgica gera grandes quantidades de escórias no processo de produção do aço, trazendo um problema ambiental que demanda destinação dos subprodutos gerados. Nesse contexto, a escória de aciaria, um desses coprodutos siderúrgicos, por possuir comportamento expansivo, necessita de processos de estabilização para a inclusão em produtos da construção civil. Dessa forma, buscando-se resolver a problemática, criou-se um processo denominado BSSF (do inglês *Baosteel Slag Short Flow* – Fluxo Curto de Escória da Baosteel), onde, durante a geração da escória, seu resfriamento é feito por meio de jatos de água e forças mecânicas são utilizadas para trituração.

No processo de granulação da BSSF, a escória líquida é levada a um tambor de granulação, tratada com água injetada em tempo de permanência de três a cinco minutos, o que reduz de maneira significativa a quantidade de cal livre que não reagiu [1], resultando em um material de característica vítrea, granulado e com baixas quantidades de cal livre [1, 2]. Dessa forma, produz-se uma escória livre de expansão [2, 3]. Tal novidade tecnológica, dessa forma, realiza o resfriamento e estabilização de grandes montantes de material em tempo inferior quando comparado ao tratamento convencional, tornando o processo promissor.

Nesse sentido, a ArcelorMittal Pecém, localizada no Estado do Ceará - Brasil, é a única empresa siderúrgica no Ocidente que incluiu esse processo na sua linha de produção do aço. Dessa forma, há poucos trabalhos sobre a escória em argamassas de revestimento e concretos, o que tem demandado estudos. Destarte, a conscientização sobre a importância das questões ambientais e pesquisa por novas soluções combinando com o crescimento econômico e preservação do patrimônio natural [4, 5] tem gerado a busca pelo uso de materiais alternativos, assim, a construção civil tem procurado materiais de menor custo e impacto ambiental reduzido e é uma das indústrias mais interessadas no aproveitamento desse tipo de resíduo.

Diante disso, a exploração de recursos naturais, como a areia utilizada na produção de argamassas, traz vários danos ao meio ambiente, como desmatamento e remoção do solo [6]. Além disso, sua disponibilidade, respeitando propriedades satisfatórias para serem empregados na construção civil, tem se tornado escassa. Dessa forma, o aproveitamento do subproduto da indústria siderúrgica no setor da construção civil é necessário, pois, além de trazer redução de custos dos produtos, reduz danos ambientais gerados pelo consumo e extração de areia na produção de argamassas.

A avaliação da trabalhabilidade das argamassas é fundamental para garantir sua qualidade e desempenho na aplicação, sendo influenciada diretamente pela consistência, que determina a fluidez do material [7]. A trabalhabilidade afeta a aderência ao substrato, a facilidade de espalhamento e o tempo de manuseio, impactando a produtividade da mão de obra e a durabilidade do revestimento [8]. A caracterização da consistência permite ajustes na formulação, otimizando sua compatibilidade com diferentes condições de aplicação. No caso de argamassas com escória BSSF, essa análise é essencial para compreender seu comportamento reológico e viabilizar seu uso na construção civil. Assim, este estudo investiga as propriedades do estado fresco de argamassas de revestimento com escória BSSF,

substituindo parcialmente a areia natural nos teores de 0%, 10%, 20% e 30%, em volume, no traço 1:4 (cimento: agregado).

PROGRAMA EXPERIMENTAL

Será apresentado um estudo experimental com o objetivo de avaliar as propriedades de consistência de argamassas sem e com *Baosteel Slag Short Flow* (BSSF) através dos seguintes ensaios: densidade de massa e teor de ar incorporado [9], mesa de consistência [10], penetração de Cone [11] e reometria por *squeeze-flow* [12].

CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

Nesta pesquisa, utilizou-se o cimento Portland CP II E-32, do Grupo Votorantim Cimentos. A Tabela 1 apresenta suas características físicas, químicas e mecânicas, conforme especificado pela fabricante.

Tabela 1 – Ensaios químicos e físicos CP II E-32.

Ensaios químicos teores (%)	Média	Limites máximos de Norma
PF	6,97	≤8,5
Na_2O	0,19	NE
K20	0,99	NE
MgO	3,82	NE
SO3	3,34	≤4,5
RI	3,75	≤5
Ensaios físicos	**Média**	**Limites máximos de Norma**
Finura #200 (%)	1,6	≤12
Finura #325 (%)	7,4	NE
Blaine (cm^2/g)	3711	≥2600
Água de consist. (%)	27,5	NE
Tempo de pega (início) (min)	201	≥60
Tempo de pega (fim) (min)	260	≤600
Expansibilidade A quente (mm)	0,3	≤5,0
Massa específica		N/A

Resistência à compressão 1 dia (MPa)		NE
Resistência à compressão 3 dias (MPa)	20,3	≥10
Resistência à compressão 7 dias (MPa)	26	≥20
Resistência à compressão 28 dias (MPa)	35	≥32 ; ≤49

Fonte: Adaptado Votorantim Cimentos, 2024.

A água utilizada foi proveniente do sistema de abastecimento público. A areia natural foi obtida na Região Metropolitana de Fortaleza (RMF) e disponibilizada pelo Grupo DK. Em relação à escória de aciaria do tipo Baosteel Slag Short Flow (BSSF), foi fornecida pela ArcelorMittal Pecém. A areia e o resíduo foram secos em estufa a 105 ± 5°C até atingir massa constante.

Diante do fato que na dosagem dos traços de argamassas com escória BSSF, as substituições serão realizadas na areia, foi feita a comparação da curva granulométrica dessa com a da areia. Sabendo que o tamanho e a forma dos grãos dos agregados podem influenciar no arranjo da mistura, buscou-se minimizar as diferenças entre eles para que a análise se concentrasse exclusivamente na influência do tipo de agregado sobre a consistência das argamassas.

Nesse contexto, foi feita análise da forma dos grãos da escória BSSF utilizando o sistema Aggregate Image Measurement System (AIMS). No ensaio, o parâmetro de forma 2D avalia a configuração das partículas em imagens bidimensionais, variando de 0 a 20, onde valores próximos de zero indicam formato mais próximo ao de um círculo perfeito. Já a angularidade quantifica as variações ao longo das bordas das partículas, com valores entre 0 e 10.000. Nesse critério, um círculo perfeito apresenta um gradiente de angularidade extremamente baixo, tendendo a zero.

Na Tabela 2 é apresentado o perfil de concentração dos grãos para a classificação de forma 2D e de angularidade da escória BSSF.

Tabela 2 - Classificação de forma 2D e angularidade da BSSF.

Parâmetro	**Concentração (%)**			
Forma 2D	Circular	Semicircular	Semialongado	Alongado
	27,0%	31,7%	34,2%	7,1%
Angularidade	Arredondado	Subarredondado	Subangular	Angular
	14,1%	43,9%	27,7%	14,3%

Fonte: Autores (2025).

De acordo com esse parâmetro, os grãos da BSSF são classificados como semialongado, devido a maior concentração de grãos nessa faixa. Em relação à angularidade, os grãos são

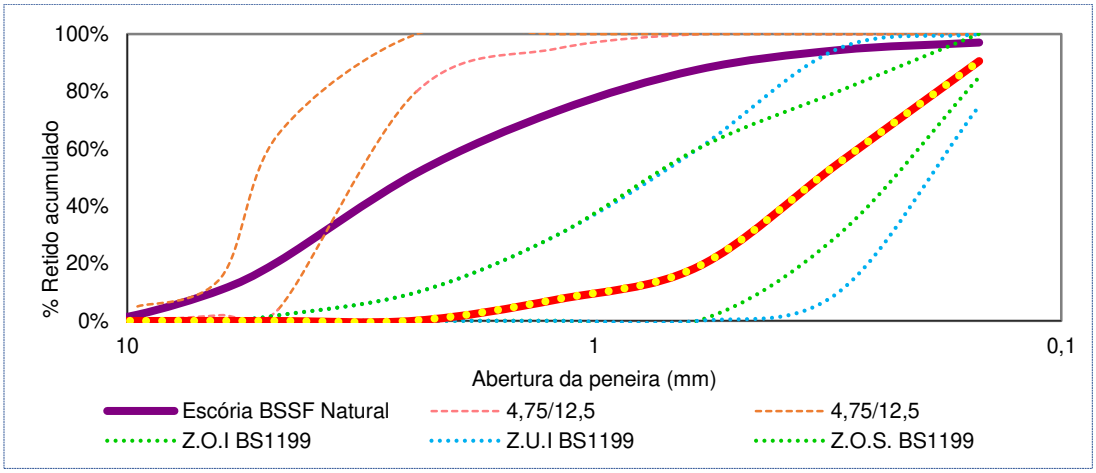
classificados como subarredondados devido sua maior faixa de concentração estarem nesse aspecto.

Com o intuito de deixar a escória o mais próximo possível da areia, realizou-se o processo de britagem e moagem da BSSF em britador de mandíbulas e moinhos de bolas, enquadrando-se sua granulometria à da areia natural.

A Figura 1 traz a curva granulométrica da areia e da escória BSSF antes e após processo de moagem. As linhas tracejadas definem o intervalo recomendado pela Norma Britânica [13] para areias naturais, agregado miúdo utilizado na produção de argamassas de revestimento, tendo em vista que a Norma Brasileira define somente intervalos para agregado miúdo utilizado em concreto. A areia mostrou-se estar dentro das faixas estabelecidas pela BS 1199 [13]. Em relação à curva granulométrica da BSSF, as linhas tracejadas mostram os limites tanto de areias utilizadas em argamassa (de acordo com a Norma Britânica) [12] quanto limites estabelecidos para agregados graúdos.

Após o procedimento de moagem da escória, a curva granulométrica do agregado moído coincidiu com a da areia natural.

Figura 1 – Curva granulométrica da areia e da BSSF.



Fonte: Autores (2025).

Em relação às características das propriedades dos agregados, a Tabelas 3 apresenta os ensaios de análise de impureza orgânica, teor de material pulverulento, absorção, massa específica e massa unitária.

Tabela 3 – Ensaios de caracterização areia e escória BSSF.

Propriedade	AREIA	BSSF	Valor limite	Norma de ensaio
Impurezas orgânicas	Satisfatório	Não se aplica	Satisfatório	NBR 17053:2022
Teor de material pulverulento	4,6%	0,83%	<5%	NBR NM 46:03
Absorção	1%	1,9%	Não se aplica	NBR 16916:2021
Massa específica	2590 kg/m³	3350,0 kg/m³	Não se aplica	NBR 16916:2021
Massa unitária	1530,4 kg/m³	1849,8 kg/m³	Não se aplica	NBR 16916:2021

Fonte: Autores (2025).

Nesse contexto, no ensaio de impureza orgânica, a solução da areia apresentou coloração mais clara que a referência especificada em Norma, indicando um resultado satisfatório. Para a escória de aciaria do tipo BSSF, não há uma referência específica para a realização desse ensaio, tornando sua aplicação inviável pelo mesmo procedimento adotado para a areia. Quanto ao teor de material pulverulento, a areia mostrou-se conter quantidade quantidade de finos superior à da escória. Quando se observa a absorção, massa específica e unitária da escória BSSF, verifica-se que essas tem valores superiores quando comparada à da areia.

Em relação à composição do aditivo, foi utilizado somente um, este possui éter de celulose (retentor de água) e o incorporador de ar, que reduz a densidade, aumenta o volume e reduz a possibilidade de trincas do emboço, reboco.

As argamassas foram misturadas no reômetro planetário *Pheso* com geometria Attritor. Posteriormente ao processo de mistura, a argamassa foi submetida aos ensaios de densidade da massa e o teor de ar incorporado [9], mesa de consistência [10], penetração de cone [11] e *squeeze-flow* [12].

- Densidade da massa e o teor de ar incorporado

Verificou-se a densidade de massa e teor de ar incorporado nas argamassas conforme NBR 13278 [9].

- Mesa de consistência

A análise de consistência das argamassas do presente estudo teve início pelo ensaio da mesa de consistência regido pela NBR 13276 [10].

- Penetração de cone

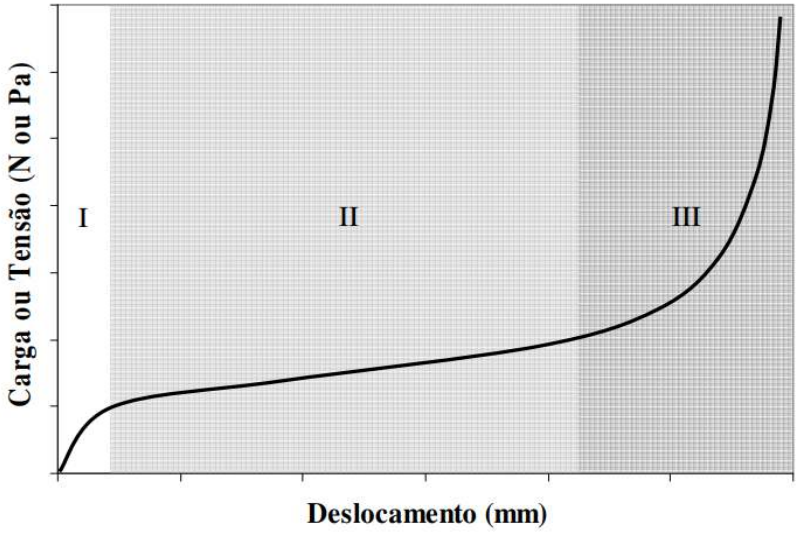
Buscando aprofundar a análise de consistência realizou-se o ensaio de penetração de cone e o ensaio *squeeze-flow*.

- *Squeeze-flow*

A reometria por *squeeze-flow* foi feita seguindo os procedimentos normativos existentes [12] e estudos bibliográficos [14]. Dessa forma, aplicou-se compressão às amostras de argamassa

utilizando uma placa superior (punção) com diâmetro igual ao da amostra, que foi pressionada sobre uma placa inferior (base) com diâmetro pelo menos duas vezes maior. Durante o teste, as amostras foram comprimidas entre as placas, e a deformação resultante foi observada para avaliar o comportamento de fluidez do material sob a compressão aplicada. Por meio do Excel, foi gerado uma curva que pode ser analisada conforme a Figura 2.

Figura 2 – Estágios do perfil típico de deformação, pelo *squeeze-flow*.



Fonte: CARDOSO; PILEGGI; JOHN (2010).

A Figura 2 apresenta os três estágios característicos do ensaio de *squeeze-flow.* No primeiro estágio, denominado elástico, ocorrem pequenas deformações à medida que a carga é progressivamente aumentada, com o material se comportando predominantemente como um sólido. Além disso, a faixa de deslocamento e a intensidade dos estágios variam conforme a composição da argamassa. O segundo, estágio plástico, há deformação elongacional e de cisalhamento, com maiores deformações sem grande alteração de força. Já na última fase, estágio de embricamento, vê-se um aumento expressivo de carga para se obter maiores deformações, que pode ser notado principalmente na velocidade de 0,1 mm/s, apresentando o comportamento reológico dos materiais em simulação a sua aplicação, onde há maior cisalhamento e restrição geométrica.

ESTUDO DO TRAÇO

No presente trabalho foram avaliados quatro tipos de argamassas: M0, M10, M20, M30 que se diferenciam pelos teores de substituições em volume de areia natural por escória BSSF em, respectivamente, 0%, 10%, 20% e 30%. A Tabela 4 apresenta as proporções dos traços analisados. Buscou-se analisar as propriedades no estado fresco quanto à consistência analisando se a alteração na composição das argamassas influenciava os resultados obtidos pelos diferentes métodos e se a análise entre esses métodos apresentaram resultados similares.

Tabela 4 – Composição das argamassas (kg/m³).

Mistura	Cimento(kg)	Areia(kg)	BSSF(kg)	Aditivo(kg)
M0	200	800	0	0,33
M10	200	720	103,47	0,33
M20	200	640	206,95	0,33
M30	200	560	310,42	0,33

Fonte: Autores (2025).

A relação água/cimento de 0,8 foi mantida constante em todos os traços.

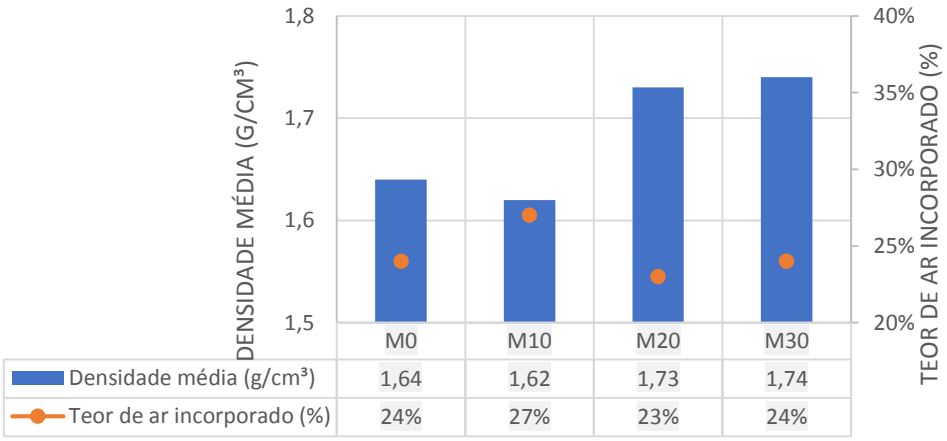
APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

A Figura 3 mostra os resultados dos ensaios de densidade média e teor de ar incorporado conforme a NBR 13278. Conforme visto nas caracterizações dos agregados no estado anidro, as massas específicas da areia e BSSF são de respectivamente, 2,59 g/cm³ e 3,35 g/cm³, destarte, espera-se que a medida que há substituição de areia por BSSF, a argamassa apresente maior densidade média. Nesse contexto, o teor de ar incorporado exerce influência direta sobre a densidade de massa das argamassas no estado fresco e é dado pela quantidade de ar aprisionado nelas [15].

Dessa forma, no teor de ar incorporado encontrado por meio do ensaio, verifica-se que a amostra M10 apresentou maior teor e as demais amostras apresentaram teores próximos à mistura de referência.

A densidade média diminuiu 1,61% na amostra M10, em comparação à M0, essa variação é considerada leve e pode ser atribuída a alguma interferência mínima de pesagem, assim, pode-se considerar que quando houve substituição de 10% da areia natural por BSSF, se teve densidade similar à argamassa de referência (M0). Ao analisar as outras misturas, entretanto, observou-se uma variação progressiva em M20 e M30, que apresentaram aumento da densidade média, justificado pela massa específica da escória ser maior que a da areia e a quantidade de substituição de areia por BSSF ter aumentado.

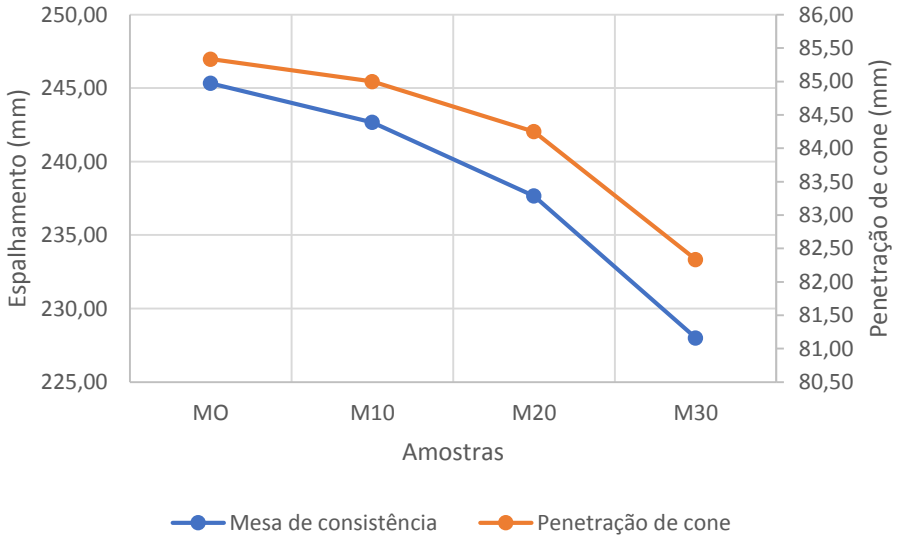
Figura 3 – Ensaios de densidade e teor de ar incorporado - NBR 13278:2005.



Fonte: Autores (2025).

Conforme estudos realizados com escória de aciaria, o aumento do teor de substituição do agregado natural por escória resulta na menor fluidez das argamassas no estado fresco, o que interfere no ensaio *flow table* [16]. Este fato pode ser justificado pela angulosidade e textura das partículas de escória bem como pela maior absorção de água quando comparada com a areia. A Figura 4 demonstra este comportamento a partir da semelhança das curvas de ambos ensaios.

Figura 4 – Ensaios de mesa de consistência e penetração de cone.



Fonte: Autores (2025).

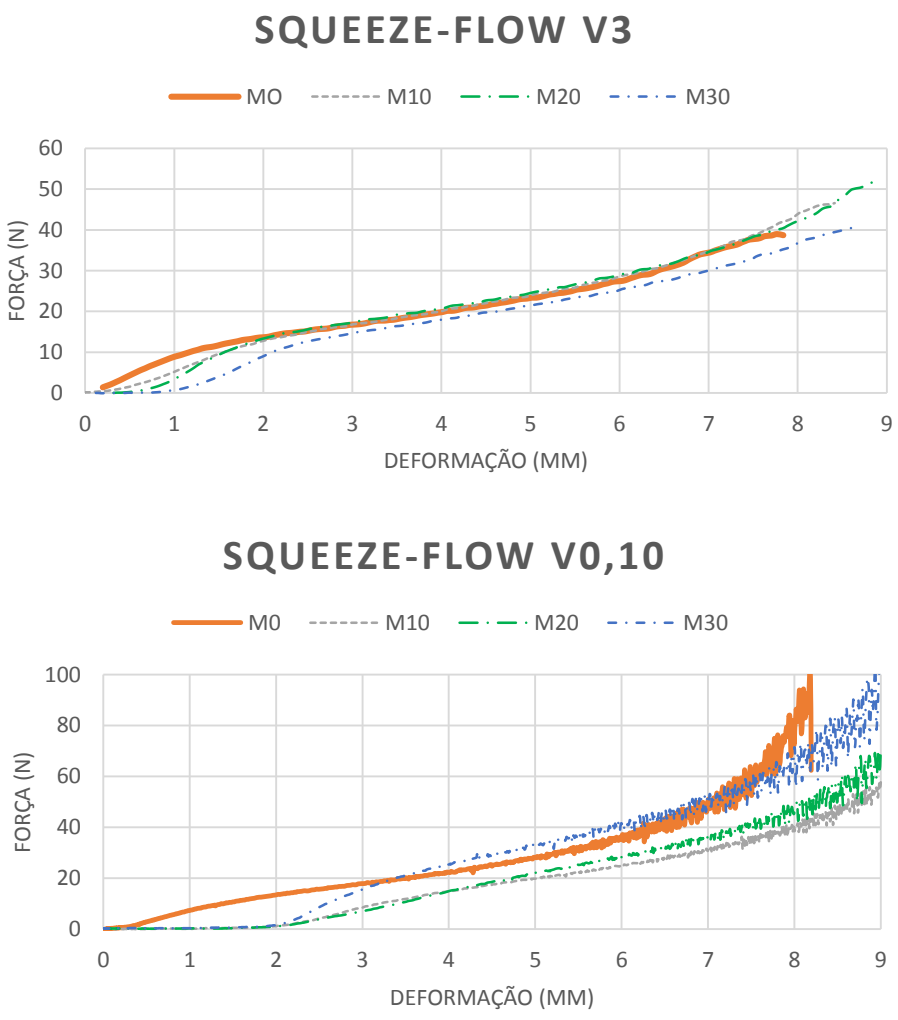
Pode-se observar que os menores índices de consistência foram medidos para as argamassas M20 e M30 que apresentaram os maiores valores de densidade de massa respectivamente 1,73 g/cm³ e 1,74 g/cm³, conforme apresentado na Figura 6. Este comportamento justifica-se porque à medida em que aumenta-se o teor de substituição do agregado natural pela escória

BSSF em volume, por a densidade da escória ser maior que a da areia, a massa do sistema irá aumentar e a quantidade de pasta disponível para lubrificar esse sistema tende a diminuir, aumentando o atrito interno e diminuindo a fluidez das misturas [17].

O ensaio *squeeze-flow* analisa o comportamento das argamassas em relação a sua mudança na geometria em decorrência da exposição em diferentes velocidades, permitindo variar a taxa de solicitação e magnitude das deformações, para simular fenômenos. A velocidade de deslocamento de 0,1 mm/s simula fenômeno em situações práticas, já velocidades superiores, entre 1 e 3 mm/s, avaliam o material sob uma condição diferente de solicitação que ele normalmente está exposto [14].

Destarte, o *squeeze-flow* foi realizado no intervalo de tempo de 10 min e 15 min após a mistura, a uma velocidade de 3,0 mm/s e 0,1mm/s respectivamente. Recomenda-se a finalização do ensaio quando a amostra chega a um deslocamento máximo de 9 mm ou carga máxima de 1 kN, para avaliar o comportamento da argamassa a deformações maiores, de dimensão aproximada dos agregados [14]**.** A Figura 5 apresenta os resultados.

Figura 5 – Resultados para V= 3 mm/s e V= 0,10 mm/s.



Fonte: Autores (2025).

No início do ensaio, devido acomodação inicial dos grãos da argamassa antes que a carga seja efetivamente registrada no equipamento, justifica-se o atraso no início do carregamento, observado após 1 ou 2 mm de deslocamento em algumas curvas. Esse comportamento é mais comum em materiais com partículas menos coesas ou com maior teor de vazios [17]. Nesse contexto, conforme a Figuras 5, os resultados obtidos para o ensaio sob a velocidade constante de 3 mm/s mostram que as argamassas M0, M10 e M30 não conseguiram obter altas deformações, sendo rompidos antes de atingir a deformação de 9 mm, enquanto o M20 teve um melhor desempenho. Já para o ensaio com velocidade constante de 0,10 mm/s, observou-se que as argamassas M10 e M20, com substituições parciais de escória de aciaria BSSF, atingiram deformações maiores ainda quando submetidas a uma carga inferior, podendo ser mais adequada para aplicações que exigem maior deformabilidade sem comprometer a resistência, como revestimentos de paredes e pisos. Enquanto isso a M0 chegou 100 kN sem alcançar os 9 mm de deformação, já o M30, alcançou a deformação de 9 mm quando submetido a uma carga de 100 kN.

A menor deformação nas argamassas sugere maior dificuldade na aplicação, exigindo mais esforço para espalhamento e nivelamento, impactando no tempo de execução e consumo de mão de obra. Dessa forma, a substituição parcial da areia por escória pode influenciar o comportamento reológico da argamassa, possivelmente devido à alteração na interação entre os grãos e na lubrificação interna do sistema, o que impacta diretamente sua capacidade de deformação e resistência ao fluxo.

Analisando as Figuras 2 e 5, verifica-se o comportamento das argamassas nas diferentes fases de deformação. A argamassa M0 exige cargas mais elevadas para o deslocamento inicial, o que é observado especialmente na velocidade 0,1 mm/s, sugerindo uma inversão do comportamento plástico para enrijecimento precoce, devido à sua maior consistência. No gráfico que apresenta o ensaio para a velocidade de 3 mm/s não é possível visualizar tão bem essa última fase para o M0, pois a amostra foi “rompida”, interrompendo o ensaio, antes de chegar a altas deformações. A velocidade explorada neste ensaio é apenas teórica, não apresentando um comportamento similar na prática, situação essa que é explorada melhor, por sua vez, na velocidade de 0,1 mm/s.

CONCLUSÕES

Buscando analisar argamassas com substituição parcial da areia por escória BSSF, avaliando suas propriedades no estado fresco, chegou-se às seguintes conclusões:

- A medida que a areia natural é substituída por BSSF, conforme os ensaios *flow table* e penetração de cone, as argamassas reduzem sua consistência, o que pode ser justificado pela angulosidade e textura das partículas de escória, além de sua maior absorção de água quando comparada com a areia.

No ensaio *squeeze-flow:*

- O traço sem substituição apresentou menor valor de deslocamento comparado aos outros traços.
- Todas as argamassas apresentaram estágio de deslocamento plástico amplo, devido à presença de aditivo em sua composição.
- No estágio de deslocamento plástico a argamassa sofre mais deformações sem grande aumento da força, tornando comportamento apropriado para aplicação.

Em relação à densidade e teor de ar incorporado:

- A partir de 20% de substituição de areia por escória BSSF, a densidade da argamassa aumenta consideravelmente. Dessa forma, argamassas produzidas com escória de aciaria tornam-se mais densas, o que pode ser justificado por sua massa específica ser maior que a da areia.
- Altos teores de substituição podem influenciar negativamente tanto a produtividade do operário quanto a qualidade do revestimento, devido ao aumento da densidade.
- A partir do teor de substituição de 20%, há tendência de diminuição do teor de ar incorporado com o aumento da substituição de areia por escória de aciaria.
- O uso de aditivo incorporador de ar, teve influência significativa nos valores de teor de ar incorporado.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Estruturas e Construção Civil (PEC), ao Laboratório de Materiais e Construção Civil (LMCC) da Universidade Federal do Ceará – UFC, à ArcelorMittal, empresa que fomentou e financiou o presente estudo, à DURAPLIK pela doação de insumos, carta traço, auxílio durante o estudo desenvolvido e à APODI pela disponibilização, ajuda na moagem da BSSF e auxílio técnico durante o processo.

REFERÊNCIAS

[1]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.

[2] LIU, Y., WANG, X. Application of the BSSF molten steel slag processing technology in POSCO. **Baosteel Technical Research**; Shanghai. v. 5, ed. 2, pp. 20-23, 2011.

[3] LI, G., GUO, M. Current Development of Slag Valorisation in China. **Waste Biomass Valor**, v. 5, pp. 317-325, 2014.

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

[5] BRITO, P.D., VEIGA, J.R. Mortars Made with Fine Granulate from Shredded Tires. **Journal of Materials in Civil Engineering**. V. 25(4), pp. 519-529, 2013

[6] CHAVES, M.A., SANTOS, B.E. Uso de imagens CBERS na identificação de áreas de extração de areia na Região Metropolitana de Salvador – BA **XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Florianópolis, Brasil, 21 a 26 abril de 2007. INPE.

[7] GIORDANI, C.; MASUERO, A. Blended mortars: influence of the constituents and proportioning in the fresh state. **Construction And Building Materials**, [S.L.], v. 210, p. 574-587, jun. 2019. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.02.077.

[8] CARASEK, H. Argamassas. **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais, São Paulo, IBRACON**, p. 892-944, 2010.

[9]ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). 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, 2005.

[10]ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR **13276**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2016.

[11]AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). ASTM **C780**: Standard Test Methods for Preconstruction and Construction Evaluation of Mortars for Plain and Reinforced Unit Masonry. ASTM, 2023.

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

[13]BRITISH STANDARDS INSTITUTION. BS 1199: Specifications for building sands from natural sources, London, 2014.

[14] CARDOSO, F.A.; PILEGGI, R.G.; JOHN, V. M. *Squeeze-flow* aplicado a argamassas de revestimento: Manual de utilização. **Boletim técnico da Escola Politécnica da USP**, v. 1, p. 1-29, 2010.

[15] NAKAKURA, E. H.; CINCOTTO, M. A. Análise dos requisitos de classificação de argamassas de assentamento e revestimento. In: BT/PCC/359 – **Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP,** Departamento de Engenharia de Construção, São Paulo, 2004.

[16] 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** v.155, pp. 200-208, 2017.

[17] CARASEK, H.; ARAÚJO, R. C.; CASCUDO, O.; ANGELIM, R. Parâmetros da areia que influenciam a consistência e a densidade de massa das argamassas de revestimento. **Matéria** (Rio de Janeiro), [S.l.], v. 21, n. 3, p. 714-732, jul. 2016.