

ARGAMASSAS DE ESCÓRIA DE ACIARIA PARA ASSENTAMENTO DE ALVENARIAS E REVESTIMENTOS

DEIVISSON PEREIRA DE PAULA ⁽¹⁾; DIEGO HALTIERY DOS SANTOS ⁽²⁾; EIGI MUNIS
OKADA ⁽³⁾; BÁRBARA PONCIANO DE SOUZA ⁽⁴⁾; WANNA CARVALHO FONTES ⁽⁵⁾;
RICARDO ANDRÉ FIOROTTI PEIXOTO ⁽⁶⁾

(1) Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - ricardofiorotti@em.ufop.br;
(2) Universidade Federal de Ouro Preto - haltiery@yahoo.com.br; (3) Universidade
Federal de Ouro Preto - eigi.m.okada@hotmail.com; (4) Universidade Federal de Ouro
Preto - barbaraponciano@yahoo.com.br; (5) Universidade Federal de Ouro Preto -
wannarquit@gmail.com; (6) Universidade Federal de Ouro Preto -
ricardofiorotti@em.ufop.br;

RESUMO

A pesquisa propõe reduzir os impactos ambientais provocados pelo setor siderúrgico através do reaproveitamento da escória de aciaria na produção de argamassa de assentamento em substituição aos agregados naturais. Com esse propósito, foram conduzidas análises para caracterização física e química da escória segundo critérios normativos. O programa experimental desenvolvido teve como objetivo resultados comparativos das argamassas nos estados fresco e endurecido, para o traço 1:3 (aglomerante: agregado miúdo), entre argamassas compostas com areia e escória. Sendo assim, os resultados mostraram um potencial para o emprego da escória em argamassas de assentamento, proporcionado principalmente pela boa retenção de água e resistência à compressão. A utilização da escória viabiliza, para os parâmetros estudados neste trabalho, o uso como material constituinte de argamassas de assentamento, em substituição aos materiais naturais, contribuindo com o meio ambiente e constituindo, ainda, oportunidade para o desenvolvimento e emprego de novos materiais e produtos de base tecnológica.

Palavras-chave: argamassa de assentamento; construção civil; escória de aciaria; siderurgia.

MORTAR STEEL SLAG FOR SETTLEMENT OF MANSORY AND COATINGS

ABSTRACT

The research proposes reduce the environmental impacts caused by steel sector through the recycling of steel slag in the production of mortar in replace of natural aggregates. For this purpose, analyzes were conducted to determine the physical and chemical characteristics of the slag according discretion standards. The experimental program developed had with object comparative results of mortars in fresh and hardened states, to 1:3 ratio (binder: aggregate) between mortar composed of sand and slag. Thus, results showed a potential for the use of slag in mortars, mainly proportionate for good water retention and compressive strength. The use of slag enables, for the parameters studied in this work, as constituent material the use of mortars, to replace natural materials, contributing to the environment and constitutes also an opportunity for the development and use of new materials and products technology-based.

Key-words: mortar, civil construction, slag, steel mill.

1. INTRODUÇÃO

Na atualidade, o crescente apelo à conscientização ambiental tem forçado as empresas a buscarem soluções alternativas aos recursos e métodos utilizados nas etapas de sua produção. Apesar do enorme esforço da indústria em minimizar a produção de resíduos, não é possível eliminá-los totalmente em alguns processos produtivos. Sendo assim, torna-se necessária sua disposição adequada e até mesmo o seu emprego em processos de reciclagem.

Segundo PEIXOTO ⁽¹⁾, o setor siderúrgico é um dos que provoca maior impacto ambiental, sendo grande gerador de resíduos, normalmente estocados em depósitos de rejeitos. A correta destinação e utilização desses resíduos, além de colaborar na redução da poluição e do consumo de recursos naturais, podem apresentar

significativas vantagens econômicas para a indústria, através do desenvolvimento de novos produtos, tecnologias e materiais.

Segundo dados do IBGE ⁽²⁾, a construção civil é um dos setores que demandam maior consumo de recursos naturais utilizados como insumos nos processos produtivos. Só o consumo de areia no estado de Minas Gerais chega 30,9 milhões de toneladas ao ano enquanto a média nacional aproxima-se dos 300 milhões de toneladas por ano. Para a sua utilização são necessárias diversas atividades de extração mineral geradoras de impactos ambientais sendo de grande importância a proposição de novas alternativas para consumo.

A produção de argamassa, a partir da substituição dos agregados naturais por resíduo de siderurgia, tornar-se um atrativo, ambiental e econômico, visto que a siderurgia não utiliza a escória de aciaria para as finalidades propostas neste trabalho. O uso da escória pode, ainda, representar possibilidade de redução de volume para os depósitos de rejeito além de ser atrativa, pois os agregados naturais são fontes não renováveis.

Considerando a geração de rejeitos e o consumo de materiais naturais, este trabalho pretende contribuir para a sustentabilidade dos setores de siderurgia e construção civil, sugerindo produção de argamassas produzidas integralmente com escória de aciaria em substituição aos agregados naturais.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Materiais

2.1.1. Escória de aciaria LD¹

O material utilizado como agregado, na produção de argamassas de cimento Portland e argamassas mistas deste experimento, foi obtido do pós-processamento de escórias de aciaria LD brutas, fornecidas por uma unidade siderúrgica do estado de Minas Gerais. As amostras não naturais foram submetidas ao processo especializado para recuperação da fração metálica, restando como agregado apenas a fração não metálica.

¹ As escórias de aciaria LD são escórias geradas por conversores a oxigênio, que não exigem fonte de calor externa, segundo processo LD (Linz-Donawitz).

O material, coletado de forma representativa, foi enviado ao laboratório de materiais de construção LMC-UFOP em tambores plásticos de 200 l, lacrados e identificados. As amostras foram coletadas de forma representativa, segundo NBR NM 27/2000 ⁽³⁾.

A Figura 1, apresentada a seguir, ilustra o protocolo experimental para separação das frações metálicas e não metálicas, que fundamenta o processo especializado de pós-processamento das escórias para produção de agregados para construção civil.

Figura 1 – Escória de aciaria LD

a. Processo de separação



b. Areia de escória



2.1.2. Areia

A areia natural foi proveniente da bacia hidrográfica do Rio das Velhas em Belo Horizonte no estado de Minas Gerais. Optou-se por esta areia pela disponibilidade e possibilidade de replicação aos resultados desta pesquisa.

As amostras foram preparadas e reduzidas segundo as recomendações da ABNT NBR NM 26/2000 ⁽⁴⁾ e ABNT NBR NM 27/2000 ⁽³⁾. Na caracterização do material foram realizados os ensaios de granulometria conforme a ABNT NBR NM 248/2003 ⁽⁵⁾, massa específica prescrita pela norma ABNT NBR 9776/1987 ⁽⁶⁾, massa unitária segundo a ABNT NBR 7251/1982 ⁽⁷⁾ e teor de material pulverulento de acordo com a norma ABNT NBR NM 46/2003 ⁽⁸⁾.

2.1.3. Cimento Portland

O cimento adotado nesta pesquisa foi o cimento Portland CP III 40 RS devido à disponibilidade e facilidade de reposição destes materiais na região central do estado de Minas Gerais.

2.1.4. Cal

Para a produção das argamassas deste experimento utilizou-se cal hidratada CH I devido à disponibilidade e facilidade de reposição destes materiais na região além da possibilidade de replicação aos resultados.

2.1.5. Caracterização Química da Cal e da Escória

Para produção das argamassas, utilizou-se, como ligante, a cal hidratada CH I do tipo magnésiana ($0,65 \leq \text{CaO} \leq 0,90$). A Tabela 1, a seguir, apresenta a composição química da cal hidratada.

Tabela 1: Composição química da cal hidratada

Tipo	Composição (%)							
	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	S	SO ₃	P.P.C
Cal hidratada CH I	1,77	72,37	0,36	0,16	0,39	0,08	0,21	24,51

A escória de aciaria tem como características marcantes ser composta de muitos óxidos como CaO, MgO, SiO₂ e Al₂O₃ apresentando alto teor de cal livre e ausência de atividade hidráulica. A Tabela 2 a seguir, apresenta os valores médios para a composição química da escória bruta.

Tabela 2: Composição química média da escória de aciaria

Tipo	Composição (%)					
	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	Fe	MgO	MnO
Aciaria LD	10,87	41,73	2,15	29,46	8,79	4,53

2.2. Métodos

2.2.1. Definição dos traços

Foi adotado para o programa experimental traço com agregado natural em peso: 1:3 (1:2:9) representando cimento: cal: areia natural, respectivamente, e denominado neste trabalho como TA1. Embora com dosagens diferentes, os traços citados apresentam uma mesma relação entre a quantidade de ligantes e de agregados utilizados.

Além do traço com agregado natural, foram produzidos quatro traços experimentais (cimento: escória de aciaria) em peso: 1:3 ; 1:6 ; 1:9 e 1:11, recebendo nomenclatura

de TE1, TE2, TE3 e TE4, respectivamente. Nestes traços os agregados naturais foram totalmente substituídos por agregados de escória de aciaria. Os traços com escória não foram produzidos com adição de cal devido à composição química da escória de aciaria LD já apresentar teores de CaO superiores a 40%.

2.2.1.1. Dosagem das argamassas

Para a dosagem dos traços foi adotado o método de dosagem BRITISH STANDARDS BS 4551/2003 ⁽⁹⁾ onde foram realizados ensaios de caracterização de todos os materiais constituintes. Para determinação do fator água/cimento, utilizou-se índice de consistência conforme padrões estabelecidos à ABNT NBR 8798/1985 ⁽¹⁰⁾.

2.2.1.2. Moldagem das argamassas

Os corpos de prova foram produzidos em moldes cilíndricos (5,0x5,0x10 cm) e prismáticos (4,0x4,0x16,0 cm), moldados segundo índice de consistência determinado, desformado após 48h e mantidos em câmara úmida à temperatura de 25° e umidade de saturação 100%, até as idades de 3, 7 e 28 dias, respectivamente.

2.2.2. Caracterização dos agregados

A norma ABNT NBR NM 248/2003 ⁽⁵⁾ prescreve o método de determinação da composição granulométrica dos agregados miúdos. Este método foi adotado para obter a granulometria da areia natural e escória de aciaria, utilizados como agregado miúdo na composição das argamassas testadas. Para a construção das curvas granulométricas utilizou-se como referência as zonas de utilização e zona ótima prescritas na norma NBR 7211/2005 ⁽¹¹⁾.

O módulo de finura e a dimensão máxima característica do agregado são obtidas juntamente com o ensaio de granulometria referenciados nas mesmas normas acima citadas.

O teor de material pulverulento foi determinado segundo procedimentos da norma ABNT NBR NM 46/2003 ⁽⁸⁾.

Para a determinação da massa específica unitária, utilizou-se o procedimento prescrito na ABNT NBR 9776/1987⁽⁶⁾ e para a determinação da massa unitária o procedimento prescrito na ABNT NBR 7251/1982⁽⁷⁾.

2.2.3. Caracterização das argamassas

A determinação do teor de água de cada traço foi obtida a partir do método da mesa de fluxo. O teor de água foi ajustado de modo a se obter um índice de consistência compatível com as exigências da ABNT NBR 8798/1985⁽¹⁰⁾, fixado em 230 ± 10 mm.

Para a determinação do índice de consistência, foi realizado o ensaio de acordo com a ABNT NBR 13276/2005⁽¹²⁾, que consiste na média de três medidas diametrais em pontos distintos após o espalhamento do molde tronco-cônico original de argamassa expresso em milímetros.

O teor de ar incorporado e a densidade de massa no estado fresco foram obtidos através de determinação conforme a ABNT NBR 13278/2005⁽¹³⁾.

A capacidade de retenção de água nos traços testados foi obtida através da realização de ensaio conforme a ABNT NBR 13277/2005⁽¹⁴⁾.

A resistência à compressão foi determinada nas idades de 3, 7 e 28 dias, segundo ABNT NBR 13279/2005⁽¹⁵⁾. O método de ensaio define a moldagem de quatro corpos de prova cilíndricos 50 x 100 mm por idade, com argamassa recém preparada. A moldagem dos corpos de prova seguiu as recomendações da ABNT NBR 7215/1996⁽⁷⁾. Os corpos de prova permaneceram 48 horas nos moldes, antes de serem desformados. Após a desforma, foram condicionados em câmara úmida até as idades para determinação da resistência à compressão. Os corpos de prova foram capeados com enxofre e rompidos com taxa de carregamento constante de 0,5 mm/min com auxílio do dispositivo RILEM para compressão axial.

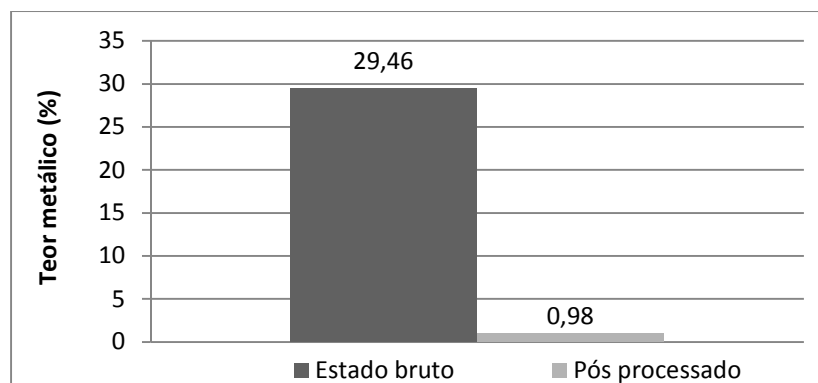
A determinação da densidade de massa no estado endurecido foi realizada segundo os procedimentos da ABNT NBR 13280/2005. O método de ensaio utiliza três corpos de prova, que devem ser curados até a idade de 28 dias. São determinadas a altura (h),

largura (l) e comprimento (c) de cada corpo de prova, em duas posições diferentes obtendo um valor médio. A massa dos corpos de prova (m) também é registrada.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado obtido, e ilustrado na Figura 2, demonstra que o protocolo experimental utilizado para a separação das frações metálicas e não metálicas é eficiente. Este processo especializado é indicado para um pós-processamento das escórias de aciaria a serem utilizadas na produção de agregados para construção civil. Segundo PEIXOTO⁽¹⁶⁾, a redução dos teores de FeO a valores inferiores a 5% produzem matrizes de cimento estáveis.

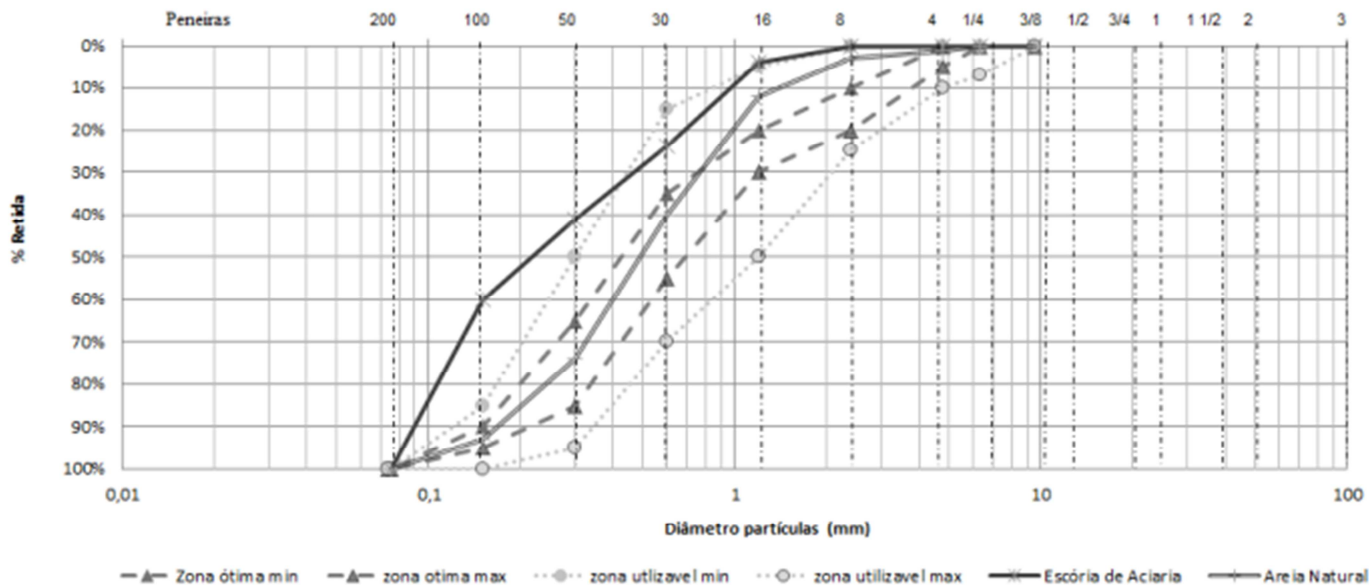
Figura 2 – Teor metálico na escória de aciaria LD



3.1. Caracterização dos agregados

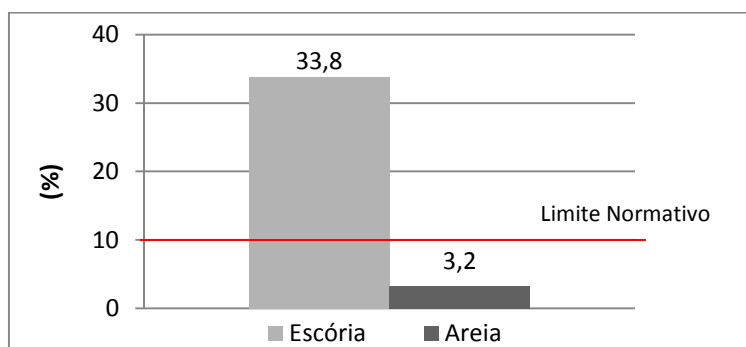
O agregado miúdo produzido com a escória de aciaria apresenta uma porcentagem superior a 60% do material retido nas peneiras inferiores a 300 mm de abertura. Esse fato implica numa região fora das faixas prescritas pela norma NBR 7211/2005⁽¹¹⁾. As porcentagens retidas relativas às peneiras acima de 300 mm de abertura se adequam aos limites da referida norma. A areia natural analisada apresentou curva bem graduada atendendo aos limites prescritos na norma em todos os pontos. As curvas granulométricas da escória de aciaria e da areia natural são apresentadas na Figura 3 juntamente com as zonas de utilização e ótima prescritas na norma NBR 7211/2005⁽¹¹⁾.

Figura 3 – Distribuição granulométricas dos agregados miúdos



A escória de aciaria LD e a areia natural utilizada apresentaram módulo de finura igual a 1,29 e 2,23, respectivamente. Em relação ao teor de material pulverulento a escória de aciaria apresentou um valor, aproximadamente, dez vezes maior que o valor obtido para a areia natural. O módulo de finura obtido da escória de aciaria somado ao excesso de material pulverulento nos agregados provoca um aumento no consumo do fator água/cimento destinado ao preparo da argamassa. Um consumo de água elevado é um forte indicativo do excesso de retração com probabilidade elevada de surgimento de fissuras e trincas⁽¹⁷⁾. A Figura 4 ilustra os resultados obtidos para o teor de material pulverulento na escória de aciaria e areia natural.

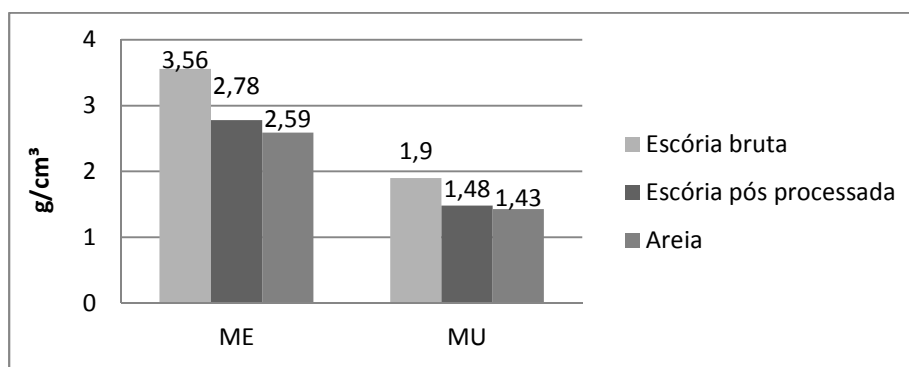
Figura 4 – Teor de material pulverulento



Os agregados naturais e artificiais pós processados apresentam valores próximos para a massa específica e massa unitária, enquanto os valores de massa unitária e massa

específica para escória de aciaria bruta apresenta valores superiores quando comparados com a escória pós processada e areia natural. Esses resultados já indicam a necessidade de um processo especializado para separação das frações metálicas presente na escória de aciaria LD. Os resultados obtidos para massa específica e massa unitária dos agregados miúdos artificiais de escória de aciaria e naturais são apresentados na Figura 5.

Figura 5 – Massa Específica (ME) e Massa Unitária (MU) dos agregados miúdos

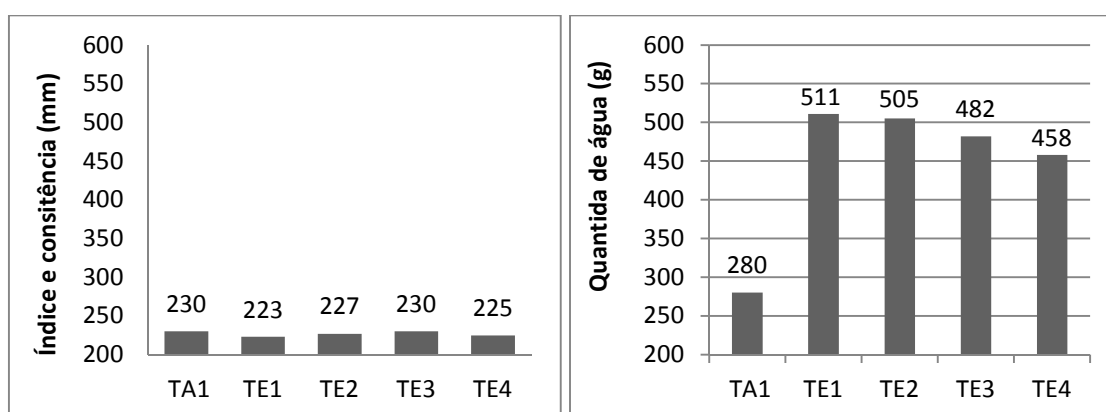


3.2. Caracterização das argamassas

3.2.1. Índice de consistência

Para a produção de argamassas com índice de consistência próximos foi necessário utilizar, em média, 75% de água a mais nas argamassas com escória de aciaria. Fato que se justifica em função do módulo de finura e da concentração de materiais pulverulentos. O teor de água foi ajustado a cada traço, variando conforme as quantidades de seus materiais constituintes, cujos resultados são mostrados na Figura 6.

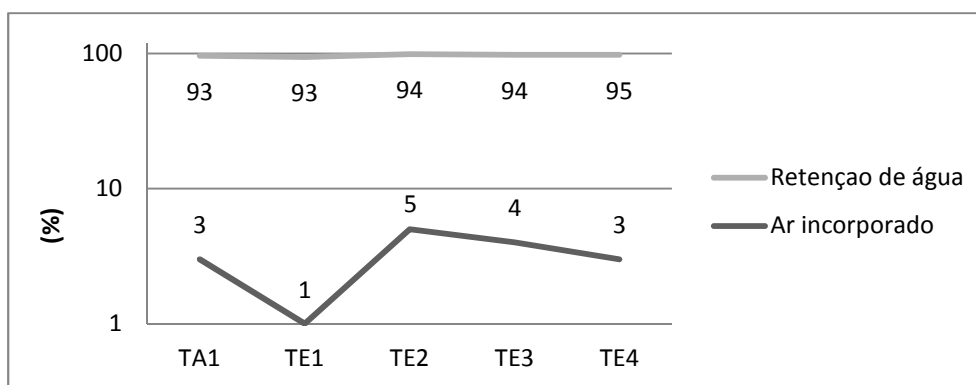
Figura 6 – Índice de consistência e quantidade de água das argamassas



3.2.2. Teor de ar incorporado e capacidade de retenção de água

Quando há aumento da incorporação de ar, ocorre à diminuição da massa específica, devido à presença de microbolhas de ar no interior da mistura. O percentual de ar incorporado relaciona-se ainda com o aumento da trabalhabilidade, visto que traços com maior teor de ar incorporado consomem menor quantidade de água para dado índice de consistência. Os resultados do teor de ar incorporado e capacidade de retenção de água das argamassas serão apresentados na Figura 7 a seguir.

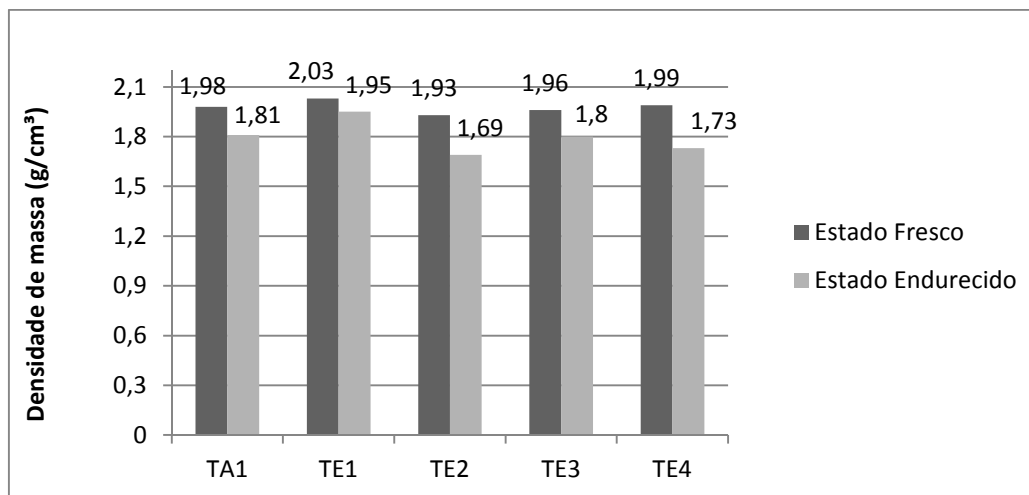
Figura 7 – Teor de ar incorporado e retenção de água das argamassas



3.2.3. Densidade de massa

A densidade de massa no estado fresco e no estado endurecido das argamassas produzidas com escória de aciaria apresentaram, em média, valores próximos dos resultados obtidos com areia natural. Os resultados são apresentados na Figura 8.

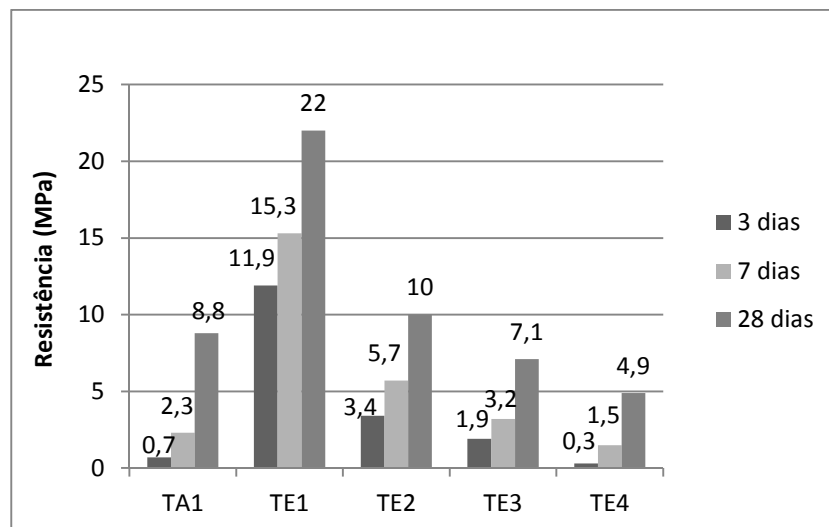
Figura 8 – Densidade de massa no estado fresco e no estado endurecido



3.2.4. Resistência à compressão

O traço TE4, produzido com escória de aciaria LD, apresentou resultado, para todas as idades, inferiores aos outros traços produzidos com escória e com areia natural. Para a idade de 7 dias os traços produzidos com escória TE1, TE2 e TE3 apresentaram valores superiores aos valores obtidos com argamassas produzidas com areia natural mesmo sendo produzidos com teores inferiores de cimento 1:6 e 1:9, respectivamente. Na idade de 28 dias somente os traços TE1 e TE2 apresentaram valores superiores na resistência à compressão quando comparados com a resistência das argamassas produzidas com areia natural observado, também, os menores teores de cimento. Na Figura 9 são apresentados os resultados do ensaio de resistência à compressão para os traços analisados.

Figura 9 – Resistência à compressão das argamassas



4. CONCLUSÕES

O processo de separação magnética especializado, proposto neste trabalho, é capaz de produzir agregados com teores de metálicos inferiores a 1%, em escala laboratorial.

O agregado produzido com escória de aciaria, com diâmetro médio inferior a 0,6 mm, encontra-se fora das faixas estabelecidas pela NBR para agregado miúdo, demonstrando presença de finos.

Com indicação de percentual de material pulverulento a escória de aciaria apresentou um teor de 33,8 %, valor superior ao limite normativo de 10%, enquanto a areia natural apresentou índice de material pulverulento igual a 3,2 %. O alto valor obtido

pode ser justificado pelo processo de produção deste agregado proveniente da britagem da escória.

A recuperação da fração metálica presente na escória de aciaria reduz sua massa específica de $3,56 \text{ g/cm}^3$ para $2,78 \text{ g/cm}^3$. Valores que refletem na variação da massa unitária de $1,9 \text{ g/cm}^3$ para $1,48 \text{ g/cm}^3$.

Para a produção de argamassas com a mesma consistência, foi preciso adicionar maior quantidade de água nos traços produzidos com escória de aciaria. Esse aumento decorre da granulometria mais fina da escória e pela presença de pulverulentos.

Percebe-se que há um discreto aumento nos valores de retenção de água para argamassas com cal, como era previsto que acontecesse. Essa discreta diferença relaciona-se com o excesso do teor de finos da escória e com menor teor de ar incorporado. Mesmo reduzindo o teor de cimento, a argamassa de escória mantém mesma retenção de água em função da presença de finos.

Os valores para densidade de massa comprovam os resultados obtidos para porcentagem de ar incorporado tendo as maiores massas específicas correlatas aos menores teores de ar incorporados.

Os traços com escória, 1:3 e 1:6, apresentaram maiores resistências mecânicas enquanto os traços 1:9 e 1:11 apresentaram resistências inferiores ao traço com agregado natural. O ganho de resistência mecânica dos traços com escória relaciona-se com a presença de finos e com maior densidade de massa para o estado endurecido.

Outros estudos ainda precisam ser desenvolvidos para melhor caracterização das argamassas produzidas com escória, relativamente ao seu comportamento em aplicação, aderência, durabilidade, tração na flexão, como alternativa sustentável para a produção de insumos para a construção civil.

4.1. Análise global

A fim de contribuir com estudos para utilização de resíduos sólidos industriais como matéria prima para matrizes de cimento na construção civil, e, de acordo com os resultados experimentais obtidos em laboratório, verifica-se a viabilidade técnica do uso da escória de aciaria como agregado na composição de argamassas. A utilização criteriosa da escória de aciaria LD viabiliza, para os parâmetros estudados neste trabalho, o uso como material constituinte de argamassas de assentamento de alvenarias nas aplicações correntes da construção civil, em substituição aos materiais

naturais, contribuindo com o meio ambiente e constituindo, ainda, oportunidade para o desenvolvimento e emprego de novos materiais e produtos de base tecnológica.

5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos o apoio e fomento concedidos pelas FAPEMIG, CNPQ e UFOP; ao Grupo Arcelor Mital Brasil e ao RECICLOS e Fundação Gorceix.

6. REFERÊNCIAS

1. PEIXOTO, Ricardo André Fiorotti, PADULA, F. R. G, FRANÇA, M. B. B, KAMADA, C. E. **Estudo da viabilidade técnica e econômica para a utilização de escória de aciaria na fabricação argamassa para alvenarias.** Congresso Construção. Universidade de Coimbra. Coimbra 2007.
2. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/>, acessado em 2001.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 27.** Agregados - redução da amostra de campo para ensaios de laboratório. Rio de Janeiro, 2000.
4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 26.** Agregados – amostragem. Rio de Janeiro, 2000.
5. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248.** Agregados - determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.
6. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9776.** Agregados - determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman. Rio de Janeiro, 1987.
7. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7251.** Agregado em estado solto - determinação da massa unitária. Rio de Janeiro, 1996.
8. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 46.** Agregados - determinação do material fino que passa através da peneira 75 micrometro, por lavagem. Rio de Janeiro, 2003.
9. BRITISH STANDARDS. **BS 4551/2003** – Methods of testing mortars, screeds and plasters. 1998.
10. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8798.** Execução e controle de obras em alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto. Rio de Janeiro, 1985.

11. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211**. Agregado para concreto – especificação. Rio de Janeiro, 2005.
12. 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.
13. 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, 2005.
14. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13277**. Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da retenção de água – método de ensaio. Rio de Janeiro, 2005.
15. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13279**. Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à compressão – método de ensaio. Rio de Janeiro, 2005.
16. PEIXOTO, Ricardo André Fiorotti, et al. **Agregados de escória de aciaria para matrizes de cimento Portland**. Relatório projeto de pesquisa – Arcelor Mittal – CEFET/MG, 2012.
17. LARA, D., et al. **Dosagem das Argamassas**. In: I Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas. Goiânia, 1995. Anais. pág. 63-72