Anais do 56º Congresso Brasileiro do Concreto
CBC2014
Outubro / 2014

@ 2014 - IBRACON - ISSN 2175-8182

APLICAÇÃO DE REJEITO DE MINERAÇÃO COMO AGREGADO PARA A PRODUÇÃO DE CONCRETO

Application of mining waste as aggregate for concrete production

Luiza Carvalho Franco(1);Diego Haltiery dos Santos(2);Paula Ponciano Gomes Rosa(3);Guilherme Jorge Brigolini Silva(4);Ricardo Fiorotti Peixoto(5)

(1) Mestrado em Engenharia Estrutural e de Materiais, UFOP
(2) Mestrado em Engenharia Estrutural e de Materiais, UFOP
(3) Técnica em Edificações - IFMG / OP
(4) Engenhaeiro Civil, Dsc. e co-orientador, Departamento de Engenharia Civil, UFOP
(5) Engenhaeiro Civil, Dsc. e orientador, Departamento de Engenharia Civil, UFOP
Campus Morro do Cruzeiro, s/n, Bauxita - Ouro Preto - Laboratórios da Escola de Minas - Laboratório de Materiais da Construção Civil / E-mail: luizafranco@ymail.com / Telefone: (31)88851222

Resumo

O impacto ambiental ocorrido pela exploração dos recursos minerais com consequente geração de resíduos sólidos, como o rejeito de minério de ferro, tem motivado reflexões a respeito da sustentabilidade para solucionar o gerenciamento oneroso e complexo desses resíduos por meio da aplicação de novas tecnologias de materiais, como o seu reaproveitamento como agregado para a construção. A indústria da construção civil, como um dos grandes responsáveis pelo consumo dos recursos naturais não renováveis, também precisa adotar nas suas atividades estratégias que sejam ambientalmente mais adequadas e produtos mais ecoeficientes. Tendo em vista a importância das questões econômicas e ambientais do processo de exploração mineral e do mercado da construção civil, este trabalho teve como finalidade verificar a aplicabilidade do rejeito de mineração, a lama de barragem de rejeito de minério de ferro, como agregados para construção civil. O rejeito estudado foi utilizado no seu estado bruto, sem a segregação da parte ferrosa. Foram conduzidos, preliminarmente, a caracterização químico-ambiental e ensaios de caracterização física relacionada à identificação das propriedades de interesse para a dosagem do concreto, segundo critérios e parâmetros estabelecidos pela normatização brasileira. A partir dos resultados obtidos, dimensionaram-se três classes de resistência mecânica dos traços experimentais com classes C20, C30 e C40 segundo faixas de interesse usuais para concretos com agregados miúdos naturais e artificiais. Foi analisado o comportamento mecânico do concreto com ensaios de resistência à compressão e tração na flexão. Segundo os trabalhos desenvolvidos e parâmetros analisados neste trabalho os resultados mostraram-se satisfatórios para tais dosagens que apontam para a viabilidade do emprego desse agregado miúdo artificial proveniente da reciclagem de rejeito de mineração na construção civil, contribuindo com o desenvolvimento de produtos de base tecnológica e minimização dos impactos das unidades geradoras.

Palavra-Chave: rejeito de minério de ferro; concreto; agregado miúdo; tecnologia de materiais; sustentabilidade.

Anais do 56º Congresso Brasileiro do Concreto
CBC2014
Outubro / 2014

@ 2014 - IBRACON - ISSN 2175-8182

Abstract

The environmental impact occurring from the exploration of mineral resources with consequent generation of solid waste, such as iron ore tailings, has motivated reflections on sustainability to address the costly and complex management of this waste through the application of new technologies for materials, as its reuse as aggregate for civil construction. The construction industry, as a major responsible for the consumption of non-renewable natural resources also need to adopt strategies in their activities that are environmentally appropriate and use eco-efficient products. Given the importance of economic and environmental issues in the mining process and the construction market, this study aimed to verify the applicability of mining waste (sludge tailings dam iron ore) as aggregates for construction. The waste studied was used in its raw state without segregation of the ferrous part. Preliminarily, were conducted the chemical-environmental and physical characterization tests related to the identification of the properties of interest for the estimation of concrete, according to the criteria and parameters established in the Brazilian Standardization. From the results obtained, there were dimensioned three classes of mechanical strength of the experimental traces with C20, C30 and C40 classes seconds bands usual interest for concrete with natural and artificial small aggregates. The mechanical behavior of concrete was analyzed with tests in compressive strength and traction in flexion. According to the work conducted and parameters analyzed in this study the results were satisfactory for such measurements that indicate the feasibility of using artificial small aggregates from the recycling of mining waste in construction, contributing to the development of technology based products and minimizing the impacts of the generating units.

Keywords: iron ore tailings, concrete, small aggregate, technology of materials, sustainability.

1 Introdução

O impacto ambiental gerado pela exploração dos recursos minerais é matéria de extrema importância na atualidade. Essa exploração afeta intensamente o meio ambiente. Em primeiro plano, ocasiona a degradação ambiental diretamente, e, de forma difusa contribui para o acúmulo de rejeitos nas barragens de contenção.

Conforme levantamento do IBRAM – Instituto Brasileiro de Mineração, a produção mineral brasileira passou de 10 bilhões de dólares em 1994 para 44 bilhões de dólares em 2013. E essa extração do minério, ao longo dos anos, tende a se ampliar, embora a atividade mineral tenha sofrido redução em suas expectativas em razão da crise internacional. O crescimento econômico e o processo de urbanização dos países emergentes com expressivas áreas territoriais, alta densidade demográfica e alto PIB (Produto Interno Bruto), como os BRICs (Brasil, Rússia, Índia e China), coincidentemente, vem provocando um aumento da demanda e dos preços internacionais das commodities (produtos primários, em estado bruto, de grande importância no mercado internacional), aumentando os investimentos e a produção no setor.

@ 2014 - IBRACON - ISSN 2175-8182

Destaca-se que no período de 1996 a 2005, a geração de rejeitos de mineração passou de 202 milhões de toneladas para 290 milhões de toneladas em 2005, um aumento de 1,4 vezes. Em percentuais, os minérios que mais contribuíram para a geração de rejeito foram o ferro (35,08%), o ouro (13,82%), o titânio (12,55%) e o fosfato (11,33%). Ao todo, estas substâncias somam mais de 70% da massa total de rejeitos gerada ao longo desses 10 anos (SILVA, VIANA, CAVALCANTE, 2011). Ainda, a partir de dados do Anuário Mineral Brasileiro (Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM, 2001) referente às 22 principais substâncias de Produção Mineral Brasileira, expressa pelo percentual de rejeito de mineração (produção bruta – produção beneficiada / produção bruta) temos um valor de mais de 20% para o ferro calculado em 2011.

Tendo em vista a importância das questões ambientais e do suprimento da demanda com relação ao consumo de recursos minerais, o presente artigo pretende contribuir para o atendimento a uma demanda oriunda da necessidade de desenvolvimento e sustentabilidade do processo de mineração. Estes resultados fundamentam-se em ações de reciclagem, tecnologia de materiais, desenvolvimento de produtos e estabelecimento de metodologias construtivas e processos executivos quais sejam aplicáveis à indústria da construção civil, de forma tecnicamente adequada, economicamente viável e ambientalmente correta.

2 Materiais e programa experimental

2.1 Materiais

Foram utilizados como materiais para os concretos experimentais o cimento CP V; como agregado miúdo natural (AM^n) a areia do Rio Fonseca localizado no distrito de Fonseca em Alvinópolis, Minas Gerais e o rejeito de barragem de minério de ferro (RBMF) que foi utilizado como adição de 0,5%, 5%, 10% e 50% às amostras e em substituição à areia com os mesmos percentuais; e a brita como agregado graúdo natural (AG^n). Além disso, foram produzidas dosagens com agregados naturais apenas como testemunho e análise comparativa dos resultados de concretos com e sem resíduos incluídos à sua composição. A Figura 1 apresentada a seguir, representa os materiais utilizados que, antes de sua utilização, foram previamente secos em estufa.

Figura 1 - Materiais utilizados

@ 2014 - IBRACON - ISSN 2175-8182

2.2 Caracterização física dos agregados

Com a finalidade de verificar a aplicabilidade do RBMF como agregados para construção civil, esse resíduo sólido, identificado como agregado miúdo artificial, foi utilizado no seu estado bruto, sem a segregação da fração ferrosa e caracterizado segundo granulométrica (NBR NM 248/2003); massa específica (NBR NM 53/2003); massa específica aparente (NBR NM 45/2006); e teor de umidade (NBR 9939/2011). A areia (AM^n) e a brita (AG^n) também foram submetidas às mesmas análises.

2.3 Caracterização ambiental

A amostra de rejeito de mineração identificada à Figura 5 foi analisada por empresa especializada para caracterização químico-ambiental. Utilizou-se como critério para classificação do resíduo sólido a interpretação dos dados obtidos de acordo com os parâmetros de solubilização e lixiviação constantes nos anexos F e G da NBR 10004/04.

2.4 Dosagem dos concretos

Para quantificação dos materiais utilizados nas dosagens utilizou-se método ABCP com auxílio de software especializado (SOARES, 2009); segundo protocolo desenvolvido para dosagem de concreto a partir de agregados de rejeito de mineração, comparativamente aos traços já utilizados para a fabricação de concreto com agregados naturais. Em função disso, foram propostos os seguintes modelos experimentais:

- Rejeito de mineração como adição ao concreto nas porcentagens de 0,5%; 5%; 10% e 50%, proporcionalmente ao agregado miúdo.
- Rejeito de mineração como substituição ao agregado miúdo natural nas porcentagens de 0,5%; 5%; 10% e 50%, proporcionalmente ao agregado miúdo.

As Tabelas 1, 2 e 3 apresentadas ilustram as dosagens para as classes de concreto C20, C30 e C40, respectivamente, em que foi considerado o Slump de 80 mm para todas as dosagens propostas.

Tabela 1 – Dimensionamento de dosagens C20

C20 - Adição				
Material (g)	Traço 1 (0,5%)	Traço 2 (5%)	Traço 3 (10%)	Traço 4 (50%)
Cimento	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0
Agregado miúdo	1500,0	1500,0	1500,0	1500,0
RBMF	7,50	75,00	150,00	750,00
Agregado graúdo	2500,0	2500,0	2500,0	2500,0
Água utilizada	2320	2240	2400	2560
A/C real	0,58	0,56	0,60	0,64
C20 - Substituição				
Material (g)	Traço 1 (0,5%)	Traço 2 (5%)	Traço 3 (10%)	Traço 4 (50%)
Cimento	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0
Agregado miúdo	1492,5	1425,0	1350,0	750,0
RBMF	7,50	75,00	150,00	750,00
Agregado graúdo	2500,0	2500,0	2500,0	2500,0
Água utilizada	2240	2320	2320	2400
A/C real	0,56	0,58	0,58	0,60

@ 2014 - IBRACON - ISSN 2175-8182

Tabela 2 – Dimensionamento de dosagens C30

C30 - Adição				
Material (g)	Traço 1 (0,5%)	Traço 2 (5%)	Traço 3 (10%)	Traço 4 (50%)
Cimento	1000	1000	1000	1000
Agregado miúdo	1000	1000	1000	1000
RBMF	5	50	100	500
Agregado graúdo	2000	2000	2000	2000
Água utilizada	2400	2300	2400	2500
A/C real	0,48	0,46	0,48	0,50
C30 - Substituição				
Material (g)	Traço 1 (0,5%)	Traço 2 (5%)	Traço 3 (10%)	Traço 4 (50%)
Cimento	1000	1000	1000	1000
Agregado miúdo	995	950	900	500
RBMF	5	50	100	500
Agregado graúdo	2000	2000	2000	2000
Água utilizada	2300	2400	2400	
A/C real	0,46	0,48	0,48	0,00

Tabela 3 – Dimensionamento de dosagens C40

C40 - Adição				
Material (g)	Traço 1 (0,5%)	Traço 2 (5%)	Traço 3 (10%)	Traço 4 (50%)
Cimento	1000	1000	1000	1000
Agregado miúdo	500	500	500	500
RBMF	2,5	25	50	250
Agregado graúdo	1500	1500	1500	1500
Água utilizada	2520	2520	2660	2940
A/C real	0,36	0,36	0,38	0,42
C40 - Substituição				
Material (g)	Traço 1 (0,5%)	Traço 2 (5%)	Traço 3 (10%)	Traço 4 (50%)
Cimento	1000	1000	1000	1000
Agregado miúdo	497,5	475	450	250
RBMF	2,5	25	50	250
Agregado graúdo	1500	1500	1500	1500
Água utilizada	2660	2660	2660	2940
A/C real	0,38	0,38	0,38	0,42

Como testemunho e análise comparativa foram propostas dosagens com agregado natural conforme apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 – Dimensionamento de dosagens com agregado natural

	Classe C20	***Classe C30***	***Classe C40***
Material (g)	Traço 0 Natural	Traço 0 (natural)	Traço 0 (natural)
Cimento	1000,0	1000	1000
Agregado miúdo	1500,0	1000	500
RBMF	0,00	0	0
Agregado graúdo	2500,0	2000	1500
Água utilizada	2320	2310	2660
A/C real	0,58	0,46	0,38

@ 2014 - IBRACON - ISSN 2175-8182

Para determinação do teor água/cimento fixou-se um abatimento de 8 cm. Os corpos de prova foram curados em câmara úmida por 3, 7 e 28 dias. Os mesmos foram retirados da câmara 24 horas antes dos ensaios de caracterização mecânica.

A Figura 2 a seguir ilustra alguns dos corpos de prova produzidos com diferentes concentrações de rejeito de mineração.

a) 5% de adição de rejeito de mineração

b) 10% de adição de rejeito de mineração

c) 50% de adição de rejeito de mineração

d) 5% de substituição de agregado miúdo por rejeito de mineração

e) 10% de substituição de agregado miúdo por rejeito de mineração

f) 50% de substituição de agregado miúdo por rejeito de mineração

Figura 2 – Corpos de prova produzidos

2.5 Resistência à compressão axial

Para cada classe de resistência foram ensaiados corpos de prova cúbicos de 40 x 40 x 40 mm para cada idade (3, 7, 28 dias) e para cada um dos traços propostos. Os corpos de prova foram obtidos por corte em via úmida por fio diamantado. A Figura 3 ilustra os procedimentos de ruptura que foram realizados conforme normatização 13279/2005.

Figura 3 – Corpo de prova já rompido na compressão

@ 2014 - IBRACON - ISSN 2175-8182

2.6 Resistência à tração na flexão

Para cada classe de resistência foram ensaiados 3 (três) corpos de prova prismáticos de 40 x 40 x 160 mm para as idades de ruptura de 3, 7 e 28 dias. Os corpos de prova foram rompidos no ensaio de tração na flexão conforme normatização 12142/1991, ilustrada na Figura 4, sendo o resultado a média entre eles considerando as análises estatísticas.

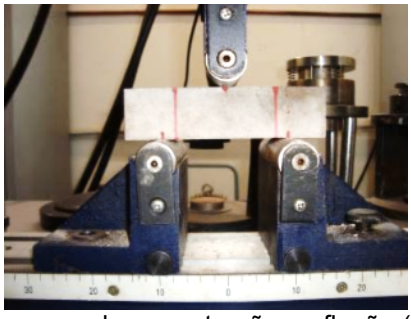

Figura 4 – Ruptura do corpo de prova tração na flexão (FRANCO et al. (2014))

3 Resultados

3.1 Caracterização física

3.1.1 Análise glanulométrica

Para as amostras de agregado natural e RBMF, foram realizadas as análises granulométricas, conforme NBR 7211/09. As Tabelas 5, 6 e 7 A apresentam a dimensão máxima característica (Dmáx) e módulo de finura (MF) do agregado miúdo natural, RBMF e do agregado graúdo.

Tabela 5 – Análise Granulométrica – Amostra agregado miúdo natural

Amostra natural – Agregado miúdo (0-4,8)	
Dimensão máxima (mm)	0,60
Módulo de finura	1,56

Tabela 6 – Análise Granulométrica – Amostra RBMF

Rejeito de mineração – Agregado miúdo (0-4,8)	
Dimensão máxima (mm)	0,30
Módulo de finura	0,61

Tabela 7 – Análise granulométrica – Amostra agregado graúdo

Amostra natural - Agregado graúdo (4,8 - 9,5)	
Dimensão máxima característica (mm)	12,5
Módulo de finura	5,77

O Gráfico 1, apresentado a seguir, ilustra as curvas para os agregado miúdos, natural e RBMF, e para o agregado graúdo.

@ 2014 - IBRACON - ISSN 2175-8182

Limites Granulométricos - Agregados Miúdos (Amostra Natural e Artificial) e Agregado Graúdo

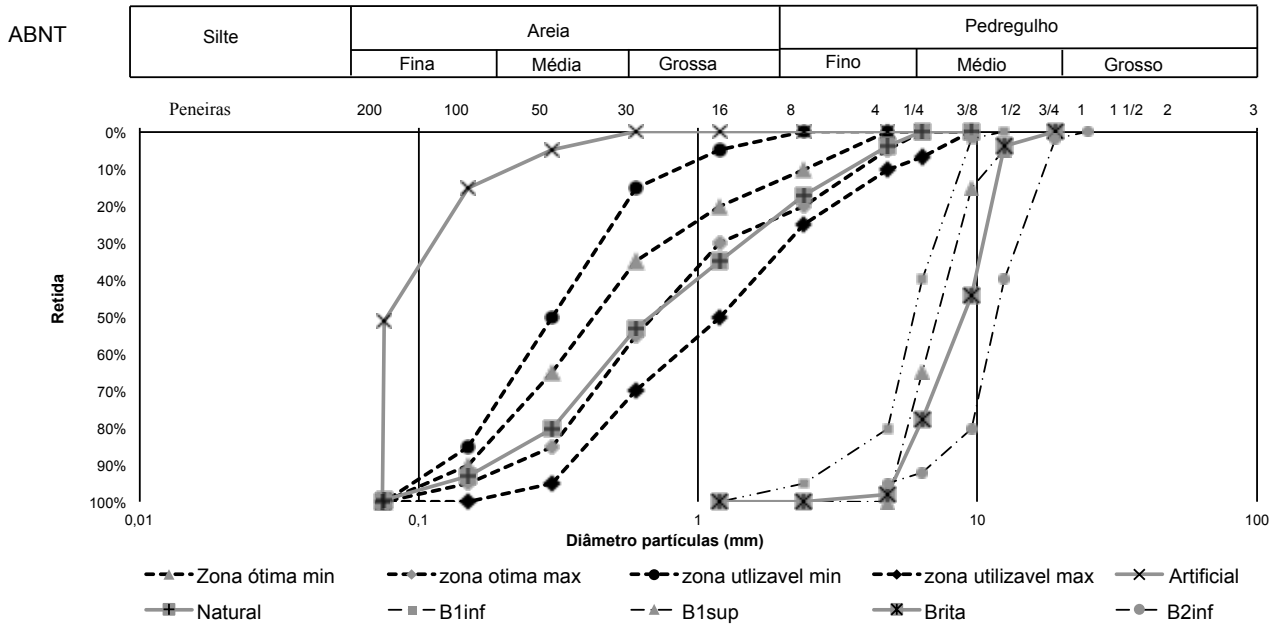

Gráfico 1 – Limites granulométricos - Agregados miúdos e graúdos

Conforme análise, o agregado miúdo natural apresentou distribuição granulométrica adequada, muito próxima à faixa ótima para agregados miúdos. O RBMF apresentou limites inferiores prescritos na norma, em função do processo de geração destes rejeitos e sua disposição em barragens. Resultados que demonstram ser o resíduos muito fino com curva fora das zonas utilizáveis para agregados miúdos.

O agregado graúdo apresentou-se como brita 1, com Dimensão Máxima Característica de 12,5mm e curva que se superpõe aos limites normativos para faixa granulométrica.

3.1.2 Massa específica

Resultados obtidos da análise, seguindo procedimentos da NBR NM 52/2009, demonstram valores superiores para a massa específica do RBMF relativamente à do agregado miúdo natural, fato que se justifica pela presença de partículas ferrosas do rejeito.

Para o agregado graúdo natural, seguindo os procedimentos da NBR NM 53/2009, foi apresentado um valor de 2,76g/cm³ de massa específica (MA) do agregado na condição saturado superfície seca e 2,80 g/cm³ de massa específica aparente (MAap).

Os resultados são apresentados no Gráfico 2.

@ 2014 - IBRACON - ISSN 2175-8182

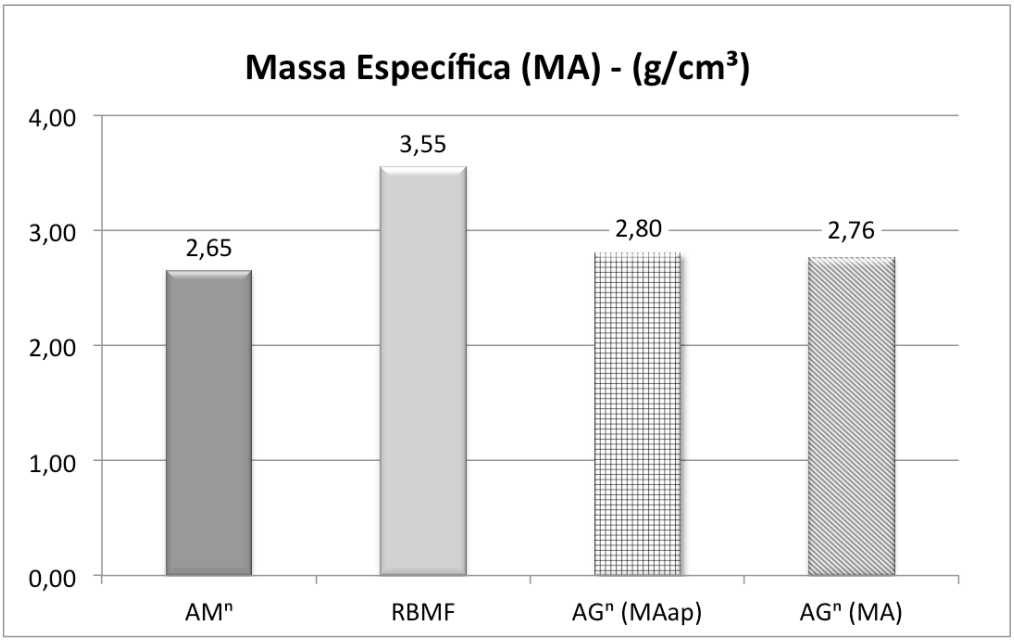

Gráfico 2 – Massa específica

3.1.3 Massa unitária

Resultados obtidos da análise, seguindo procedimentos da NBR NM 45/2006, mostraram que a massa unitária (MU) para o agregado miúdo natural e o agregado graúdo natural apresentam-se inferiores aqueles obtidos para RBMF, fato que se justifica pela presença de finos no rejeito. Os resultados são apresentados no Gráfico 3.

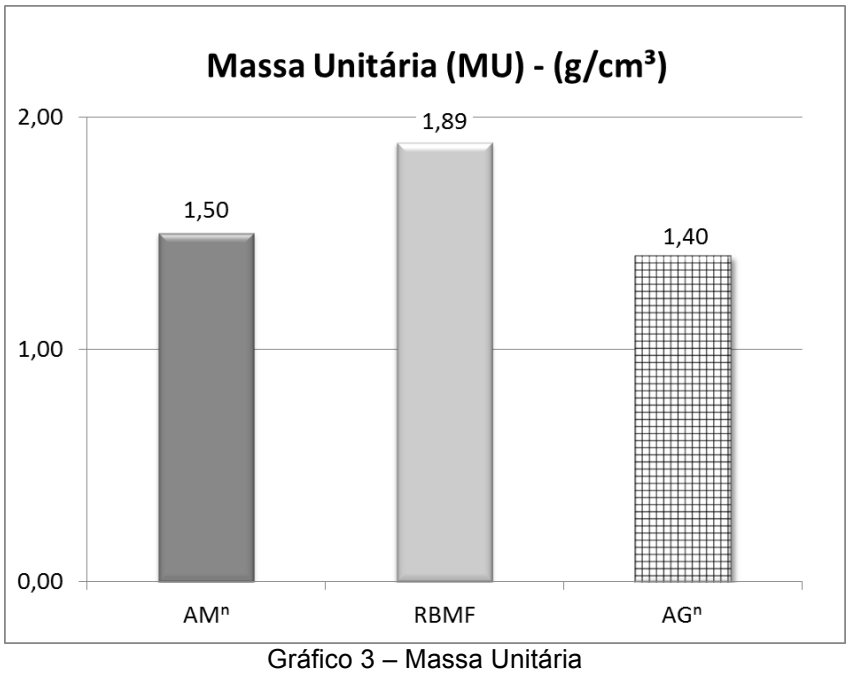

Gráfico 3 – Massa Unitária

@ 2014 - IBRACON - ISSN 2175-8182

3.1.4 Teor de umidade

Resultados obtidos da análise, seguindo procedimentos da NBR 9775/2011 para agregado miúdo e NBR 9939/2011 para agregado graúdo, mostraram que o teor de umidade (h) para o agregado miúdo natural e o agregado graúdo natural apresentam-se inferiores aqueles obtidos para RBMF, fato que se justifica pela presença de finos no rejeito. Os resultados são apresentados no Gráfico 4.

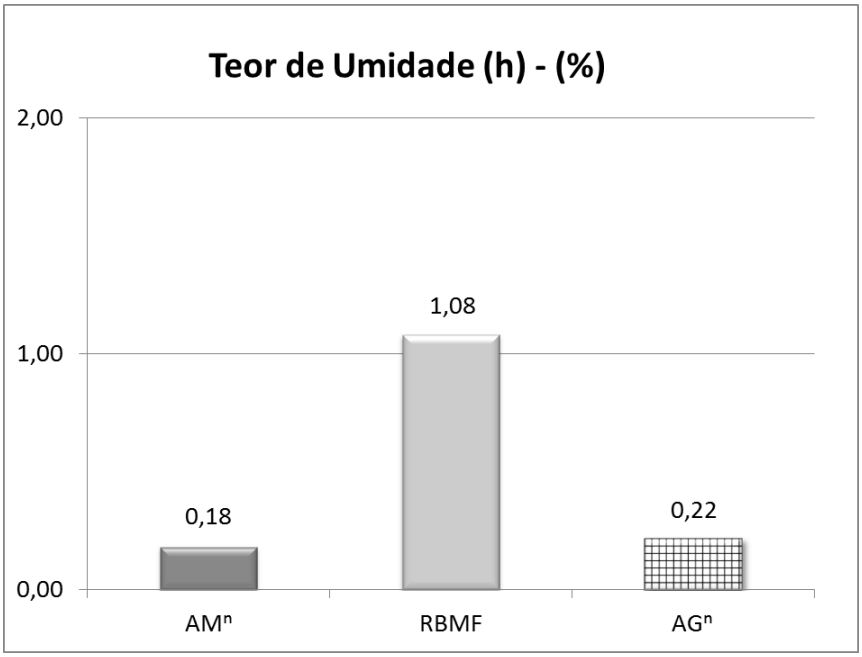

Gráfico 4 – Teor de umidade

3.2 Caracterização ambiental

O RBMF, conforme parâmetros de solubilização e lixiviação constantes nos anexos F e G da NBR 10004/04, classifica-se como Classe II A – Não inerte, (não perigoso e não inerte), por apresentar teor de ferro e de fenóis acima do limite permitido pelos parâmetros normativos.

3.3 Caracterização mecânica

3.3.1 Compressão

Os Gráficos 5, 6 e 7 apresentados a seguir, indicam resultados obtidos para a resistência à compressão uniaxial para concretos produzidos para diferentes classes de resistência segundo dosagens de C20, C30 e C40. A Tabela 8 indica a nomenclatura das siglas utilizadas para os tipos de corpo de prova.

@ 2014 - IBRACON - ISSN 2175-8182

Tabela 8 – Nomenclatura dos Traços

Nomenclatura	
TN	CP's Traço Natural
TRA	CP's Traço Rejeito Adição (Artificial)
TRS	CP's Traço Rejeito Substituição (Artificial)

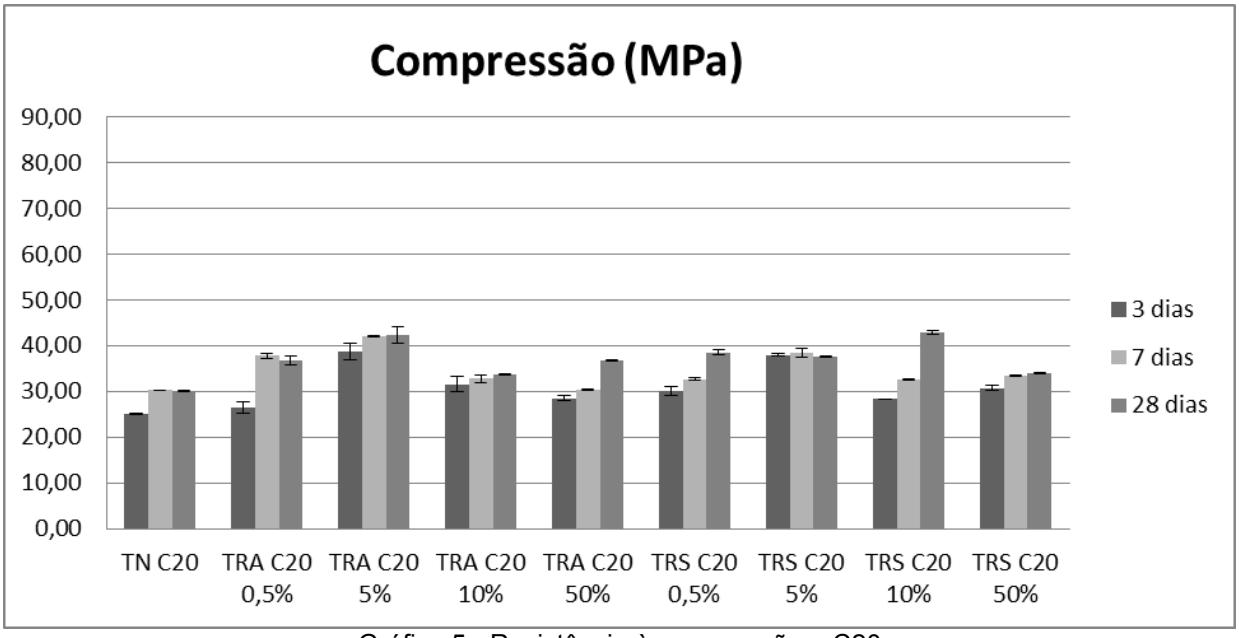

Gráfico 5 - Resistência à compressão – C20

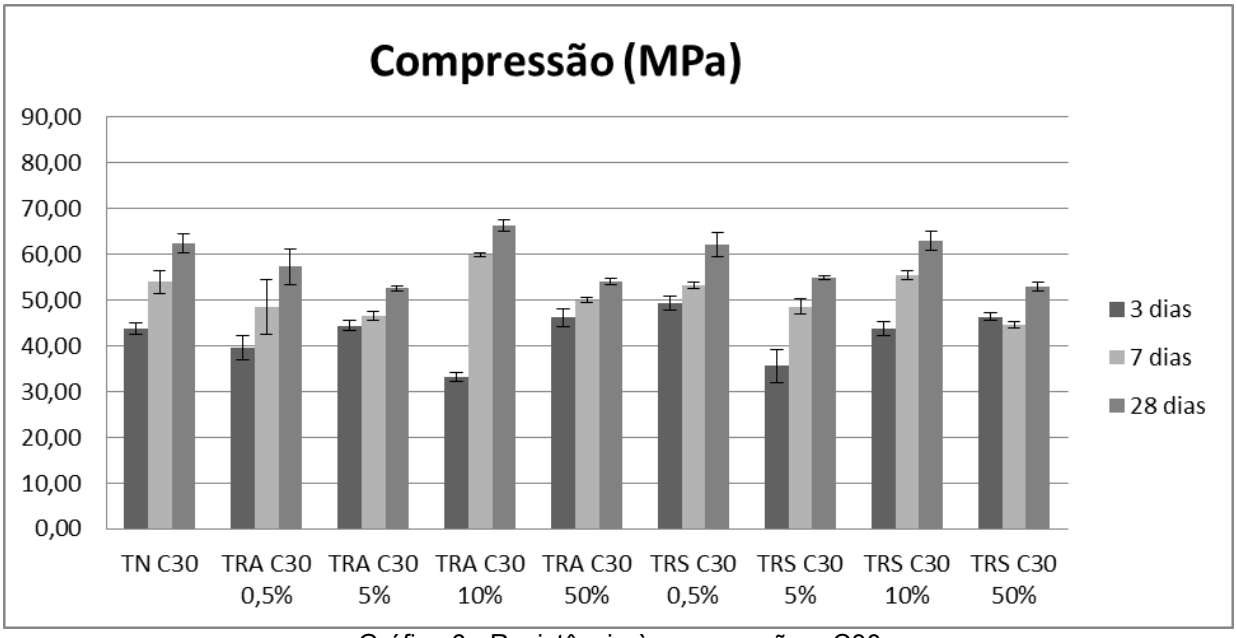

Gráfico 6 - Resistência à compressão – C30

@ 2014 - IBRACON - ISSN 2175-8182

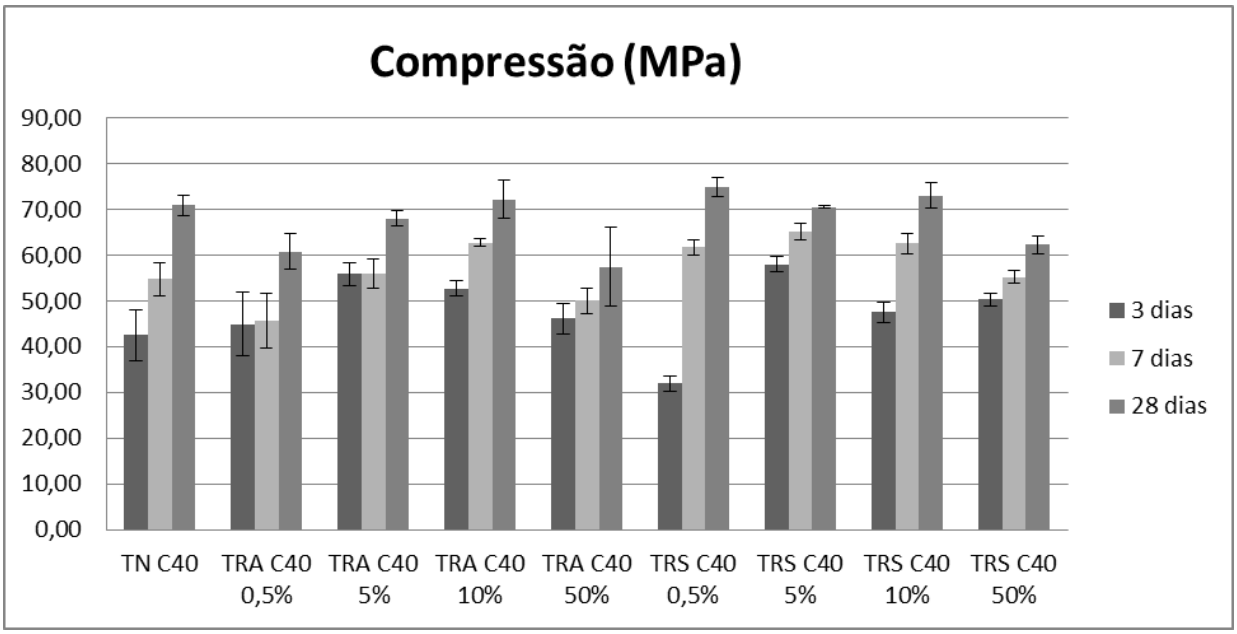

Gráfico 7 - Resistência à compressão – C40

Para concretos C20 a adição de RBMF melhorou a resistência mecânica à compressão de forma geral, provavelmente em função do efeito fíler induzido pela presença de finos em adição e em substituição. Destacando-se o teor de 5% como aquele que representou melhor desempenho à dosagem. Para concretos C30 e C40 a adição de RBMF, de forma geral, também melhorou a resistência mecânica à compressão, destacando-se o teor de 10% como aquele que representou melhor desempenho às dosagens.

Analisando estes resultados e outros estudos científicos, os resíduos de minério de ferro tornam-se adequados para o uso como finos para a produção de produtos para a construção civil. YELLISHETTY et al (2008) concluíram que as partículas finas de rejeito de minério de ferro de uma mina de ferro da Índia com granulometria menor que 4,75 mm são adequadas para uso na fabricação de tijolos. Já HUANG et al em 2013 fez um estudo de viabilidade para o uso de rejeito de minério em matrizes cimentícias e afirmou que a adição do mesmo, além de reduzir o consumo de energia entre 10-32% e as emissões de CO^2 entre 29-63% na produção de matrizes em comparação à amostras naturais, essas apresentaram uma resistência à compressão entre 46-57MPa. Ainda determinou que a resistência à compressão em 28 dias das amostras que continham partículas ultrafinas do rejeito de minério de ferro chegaram a 50 MPa, o que pode cumprir os requisitos de resistência de muitas aplicações.

Outros estudos no Brasil também apresentaram resultados satisfatórios quanto à utilização de rejeitos de mineração de ferro como agregados para a construção civil. Coelho (2008) fez a análise da utilização de rejeito de uma mina de ferro do Quadrilátero Ferrífero e afirmou que os rejeitos de mineração constituem agregados potencialmente interessantes como materiais de construção, desde que atendidas às premissas de melhoria de suas propriedades geotécnicas.

@ 2014 - IBRACON - ISSN 2175-8182

3.3.2 Tração na flexão

Os Gráficos 8, 9 e 10 apresentados a seguir, indicam os valores da resistência à tração na flexão para cada classe de concreto (C20, C30 e C40) e os seus respectivos tipos de corpo de prova e para cada idade.

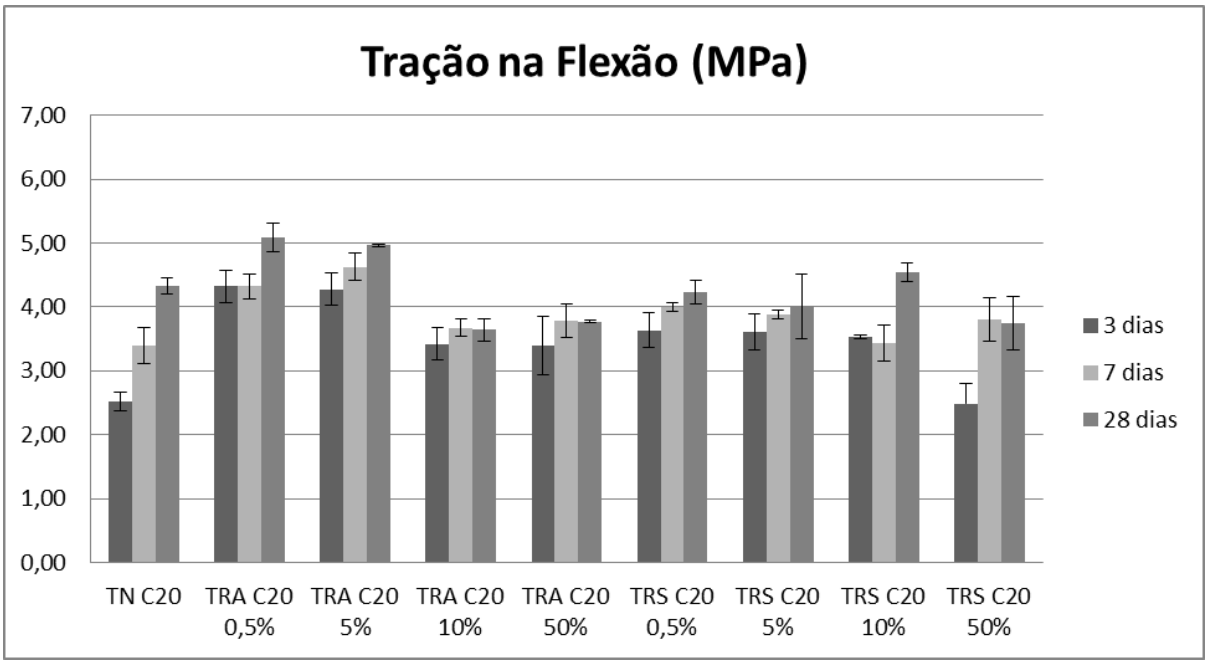

Gráfico 8 - Resistência à tração na flexão – C20

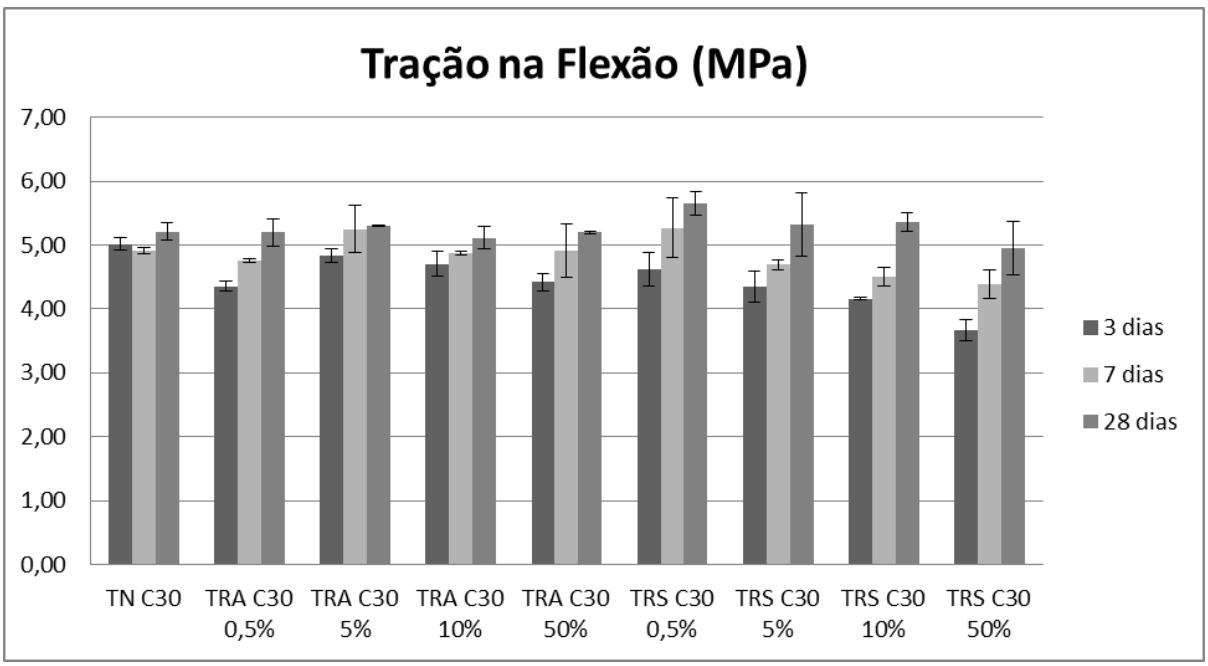

Gráfico 9 - Resistência à tração na flexão – C30

@ 2014 - IBRACON - ISSN 2175-8182

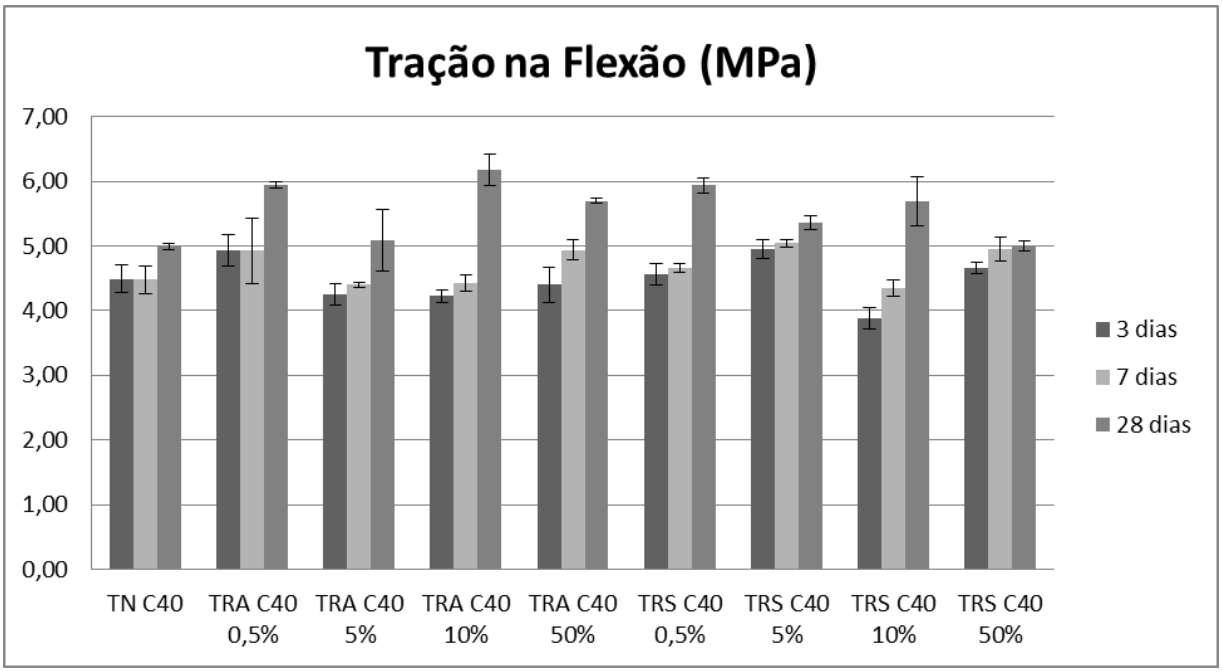

Gráfico 10 - Resistência à tração na flexão – C40

Comparativamente aos corpos de prova TN, a adição de RBMF, de forma geral, induz o melhor desempenho para resistência à tração na flexão para todas as dosagens. Isso se dá em função da redução dos poros pela presença de finos e, consequentemente, gerando uma matriz mais homogênea, ou seja, conferindo uma propriedade de isotropia ao concreto.

4 Conclusão

Os estudos desenvolvidos apontam para a viabilidade do emprego, em concreto, de agregados artificiais provenientes da reciclagem de rejeito de mineração, para uso na construção civil. A adição de RBMF mostrou-se mais viável que a substituição desse resíduo pelo agregado miúdo natural. Por ser um rejeito muito fino, verificou-se que a sua utilização torna-se favorável como fíler na medida em que há uma redução dos poros das matrizes, gerando uma composição mais homogênea e conferindo uma propriedade de isotropia ao concreto. O partido inicial do estudo foi avaliar o desempenho do rejeito em substituição ao agregado miúdo natural, porém verifica-se que conforme aumenta o teor de cimento das dosagens, ocorre menor expressão do efeito fíler com a presença do RBMF, proporcionalmente aos traços naturais. Para o concreto de resistência C20 a adição de RBMF em 5% apresentou o melhor desempenho mecânico, enquanto que para os concretos de resistência C30 e C40 a adição de RBMF em 10% demonstrou-se a mais favorável. Desta forma, os resultados alcançados permitiram avaliar que é possível usar o rejeito (RBMF) como matéria-prima de forma técnica e ambientalmente adequada para a redução dos impactos ambientais da mineração, e conferindo uma produção de concretos com melhores desempenhos mecânicos a partir do uso de um resíduo como fíler.

@ 2014 - IBRACON - ISSN 2175-8182

5 Agradecimentos

À FAPEMIG, CNPQ, UFOP, PROPEC – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Fundação Gorceix e ao Grupo RECICLOS pelo apoio e fomento concedidos. À MMX pela concessão de matérias primas, logística e apoio financeiro.

6 Referências

ABRÃO, P.C. (1987). **Sobre a Deposição de Rejeitos de Mineração no Brasil**. Simpósio sobre Barragens de Rejeitos e Disposição de Resíduos Industriais e de Mineração, REGEO'87, Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). Conjunto de normas.

BARRETO, M. L. **Mineração e desenvolvimento sustentável: desafios para o Brasil**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2001.

D'AGOSTINO, L. F. (2008). **Praias de Barragens de Rejeitos de Mineração: Características e Análise da Sedimentação**. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo, USP, São Paulo. 374p.

Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM. 2001. **Anuário Mineral Brasileiro**. República Federativa do Brasil. Ministério de Minas e Energia. Brasília, DF.

ISAIA, G. E., et al. **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**, IBRACON, 2007.

SILVA, A. P. M.; VIANA, J. P.; CAVALCANTE, A. L. B. **Resíduos Sólidos da Atividade de Mineração**. Caderno de Diagnóstico (Versão Preliminar). Plano Nacional de Mineração 2030. Brasília, 2011.

SOARES, A. F. F. **Software Especialista para Dosagem de Misturas Cimentícias**. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia de Produção Civil. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2009.

YELLISHETTY. M.; KARPE, V.; SUBHASH, K.N. **Reuse of iron ore mineral wastes in civil engineering constructions: A case study**. Elsevier: Resources, Conservation and Recycling. Índia, 2008.

HUANG, X.; RANADE, R.; VICTOR, C. LI, F. **Feasibility Study of Developing Green ECC Using Iron Ore Tailings Powder as Cement Replacement**. Journal Of Materials In Civil Engineering. Julho, 2013.