

UTILIZAÇÃO DE REJEITO DE BARRAGEM DE MINÉRIO DE FERRO COMO AGREGADO RECICLADO PARA ARGAMASSAS

WANNA CARVALHO FONTES ⁽¹⁾; ANA CRISTINA PIMENTA PEREIRA ⁽²⁾; PEDRO
APOLINÁRIO CHIBLI ⁽³⁾; LUCAS AUGUSTO DE CASTRO BASTOS ⁽⁴⁾; GUILHERME JORGE
BRIGOLINI ⁽⁵⁾; RICARDO ANDRÉ FIOROTTI PEIXOTO ⁽⁶⁾

(1) UFOP – Universidade Federal de Ouro Preto - wannarquit@gmail.com; (2) IFMG – Instituto Federal de Minas Gerais – aninhapimenta_2604@yahoo.com.br; (3) UFOP – Universidade Federal de Ouro Preto – pedrochibli@hotmail.com; (4) UFOP – Universidade Federal de Ouro Preto – bastoseng@yahoo.com; (5) UFOP – Universidade Federal de Ouro Preto – guilhermebrigolini@gmail.com; (6) UFOP – Universidade Federal de Ouro Preto – ricardofiorotti@em.ufop.br

RESUMO

Atualmente, a busca por soluções inovadoras e sustentáveis torna-se imprescindível diante do grande consumo de recursos naturais pelo setor da construção civil. Perante esta realidade, o presente trabalho aborda o uso do resíduo das barragens de rejeito de minério de ferro como agregados reciclados para produção de matrizes de argamassa para revestimento e assentamento de alvenarias, aplicadas em obras civis. Objetiva-se, assim, contribuir para a redução dos passivos ambientais representados por barragens, diminuindo proporcionalmente as possibilidades de ocorrência de desastres ambientais e os custos operacionais dessas estruturas. Neste contexto foi necessária a verificação da viabilidade técnica das argamassas propostas através da realização de ensaios laboratoriais, procedidos de acordo com a normalização brasileira. As argamassas foram submetidas a ensaios no estado fresco e endurecido. Foram também procedidas às análises ambiental e econômica, a fim de estimar as perspectivas de desempenho dos produtos obtidos.

Palavras-chave: Rejeito de minério de ferro, tecnologia de materiais, argamassas.

USE OF WASTE FROM IRON ORE DAM HOW TO ARTIFICIAL AGGREGATE MORTAR

ABSTRACT

In the last years, the search for innovative and sustainable solutions became essential after the great consumption of natural resources by the construction industry. Given this reality, this paper discusses the use of the waste iron ore tailing dams as artificial aggregates to produce arrays from settlement and plastering mortars, applied in civil works. The objective is to contribute to reducing environmental liabilities represented by dams, reducing proportionally the chances of the occurrence of environmental disasters as well the operating costs of these structures. In this context it was necessary to verify the technical feasibility of the mortars proposed through laboratory testing, proceeding according to Brazilian standards. The mortars were subjected to tests on fresh and hardened state. We also proceeded to the economic and environmental analysis in order to estimate the prospects of performance of the products obtained.

Key words: Reject iron ore, materials technology, mortars.

1. INTRODUÇÃO

Realça-se, a importância deste estudo tendo em vista que no campo de ação da mineração, grandes volumes de resíduos são gerados pelo processo de beneficiamento do minério, comumente dispostos de forma direta nas bacias de disposição, também conhecidas como barragens de rejeitos.

Apesar destes resíduos serem considerados passivos ambientais e ocuparem áreas de grandes proporções, essas barragens caracterizam por ser a principal forma de disposição dos rejeitos minerários. Somente no Estado de Minas Gerais existem 457 barragens de rejeito de mineração em operação. Entretanto recentes acidentes envolvendo barragens vêm despertando a atenção para estas estruturas, que crescem cada vez mais com o aumento da produção industrial.

Segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), a disposição final de resíduos no meio ambiente deve ser empregada somente como o último recurso. Neste sentido, as barragens de rejeito devem ser vistas como alternativas provisórias para o armazenamento e não como uma solução ambiental final para os resíduos sólidos oriundos da mineração. Contudo, o que se tem observado é que o processo de recuperação ambiental, fase de verdadeiros trabalhos de preparação para a devolução das áreas degradadas pela mineração à comunidade ou ao governo ou a particulares, nem sempre correspondem às expectativas almejadas perante os impactos sociais e ambientais gerados. Tais aspectos abordados levam a deduzir que um dos grandes desafios tecnológicos atuais da mineração de ferro no Brasil está relacionado, ao estudo de viabilidade do reaproveitamento dos resíduos sólidos contidos nessas barragens de rejeito.

Com intuito de reduzir as áreas degradadas pela mineração de ferro, o presente trabalho irá abordar o reaproveitamento do rejeito de minério de ferro como matéria-prima na produção de argamassas de revestimento e assentamento, utilizadas em obras civis, sendo que esta solução apresentou-se viável tanto do ponto de vista técnico, como do ponto de vista ambiental e econômico.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Materiais

O rejeito de barragem de minério de ferro (RBMF) utilizado como matéria prima para a produção de argamassas foi coletado de forma representativa, segundo critérios da NBR 6457/86⁽¹⁾. Após a coleta, no laboratório de Materiais de Construção Civil (LMC) – UFOP as amostras do rejeito in-natura (RBMF) foram secas, destorroadas, peneiradas e armazenadas em sacos plásticos hermeticamente fechados e identificados.

Este rejeito (RBMF) é constituído essencialmente pelos óxidos de silício, óxido de alumínio e óxido de ferro. A Tabela 1, apresentada a seguir, ilustra a composição química do rejeito em análise com as concentrações em percentual de massa dos óxidos.

Tabela 1 – Composição química do rejeito

Óxidos	Si O ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	P	Mn	P.P.C
Concentração média (%)						
2011	24,19	45,92	4,82	0,0	0,025	4,06

A areia natural utilizada como agregado nas argamassas é composta basicamente por óxidos de sílica. Areia de procedência das jazidas do Rio Piranga em Ponte Nova - MG. O cimento utilizado como aglomerante para produção das argamassas do trabalho experimental será o Cimento Portland CPIII 40 RS, NBR 5735/91⁽²⁾ e NBR 5737/92⁽³⁾. A escolha por este cimento ocorreu em virtude das características de endurecimento mais lentas, afim de que pudessem ser preservadas as características das argamassas em seu estado fresco, o maior tempo possível. A cal utilizada no experimento foi a Cal Hidratada CH I, tipo magnésiana, indicada para preparo de argamassa de emboço, reboco e assentamento de tijolos e blocos, de acordo com os requisitos da NBR 7175/03⁽⁴⁾.

2.2. Caracterização das amostras

O preparo das amostras de agregados naturais (areia) e agregados reciclados (RBMF) para a realização dos ensaios seguiu os métodos fixados pela normalização brasileira (ABNT). Foram procedidas análises físicas (teor de umidade - NBR 9939/01⁽⁵⁾; análise granulométrica - NBR NM 248/03⁽⁶⁾; massa específica - NBR NM 52/03⁽⁷⁾; massa aparente - NBR NM 45/06⁽⁸⁾ e substâncias nocivas - NBR 7218/10⁽⁹⁾).

Foram também procedidas às análises ambientais de lixiviação e solubilização nas amostras de agregados reciclados (RBMF) - NBR 10004/04⁽¹⁰⁾, com intuito de determinar sua classificação ambiental.

2.3. Produção da argamassa e moldagem

2.3.1. Dosagem das argamassas

Todo planejamento experimental foi fundamentado em análises comparativas, onde as matrizes cimentícias produzidas com agregados naturais foram tomadas como

referência. A produção das argamassas e a realização dos ensaios seguiram os métodos fixados pela normalização brasileira (ABNT), bem como internacionais (BS e ASTM).

As argamassas foram produzidas segundo proporção 1:3, BS 4551-05⁽¹¹⁾. Foram produzidos traços de referência com agregados naturais; cimento Portland CPIII 40 RS e cal hidratada CH I (TN1, TN2 e TN3) e traços com agregados reciclados (RBMF) com granulometria retida na peneira #200 (ASTM), em substituição total a areia, com cimento Portland CPIII 40 RS e cal hidratada CH I (T1, T2 e T3). Foram também produzidos traços com agregados naturais e cimento Portland CPIII 40 RS, porém nestes traços a cal hidratada CH I foi substituída por agregados reciclados (RBMF) com granulometria passante na peneira #200 (ASTM), segundo proporções 10%, 20%, 50% e 100% (T4, T5, T6 e T7).

O planejamento experimental para as dosagens propostas encontram-se detalhados na Tabela 2 apresentada a seguir.

Tabela 2 – Argamassas experimentais

Argamassa	Traço	Materiais
TN1	1: 3	cimento : areia
TN2	1: 3	cal hidratada : areia
TN3	1: 1: 6	cimento : cal hidratada : areia
T1	1: 3	cimento : rejeito de minério de ferro
T2	1: 3	cal hidratada : rejeito de minério de ferro
T3	1: 1: 6	cimento : cal hidratada : rejeito de minério de ferro
T4	1: 0,9: 0,1: 6	cimento : cal hidratada : rejeito de minério de ferro : areia
T5	1: 0,8: 0,2: 6	cimento : cal hidratada : rejeito de minério de ferro : areia
T6	1: 0,5: 0,5: 6	cimento : cal hidratada : rejeito de minério de ferro : areia
T7	1: 0: 1: 6	cimento : cal hidratada : rejeito de minério de ferro : areia

2.3.2. Moldagem dos corpos-de-prova

As moldagens dos corpos-de-prova cilíndricos e prismáticos foram realizadas respectivamente de acordo com NBR 13279/05⁽¹²⁾, quantidade conforme especificada

pelos resultados dos ensaios realizados no estado endurecido, de acordo com as idades estabelecidas pelo experimento. Os corpos-de-prova foram desmoldados em 24 horas e curados em câmara úmida à temperatura de 25°C e umidade relativa de 60%.

2.4. Caracterização das argamassas no estado fresco

Foram realizados nas argamassas, no estado fresco, ensaios de índice de consistência - NBR 13276/05⁽¹³⁾, retenção de água - NBR 13277/95⁽¹⁴⁾ e densidade de massa e teor de ar incorporado - NBR 13278/05⁽¹⁵⁾.

2.5. Caracterização das argamassas no estado endurecido

Foram realizados nas argamassas, no estado endurecido, ensaios de resistência à compressão e à tração na flexão - NBR 13279/05⁽¹²⁾ densidade de massa aparente - NBR 13280/05⁽¹⁶⁾. Nos ensaios de resistência à compressão e à tração na flexão, os corpos-de-prova foram rompidos após serem curados durante 3, 7 e 28 dias em câmara úmida.

2.6. Análise econômica das argamassas

A avaliação econômica dos traços das argamassas ocorreu através do somatório dos valores em R\$/kg dos materiais componentes (preço comercial, região metropolitana de Belo Horizonte - MG); onde posteriormente foi possível saber o valor de cada traço em R\$/tonelada.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

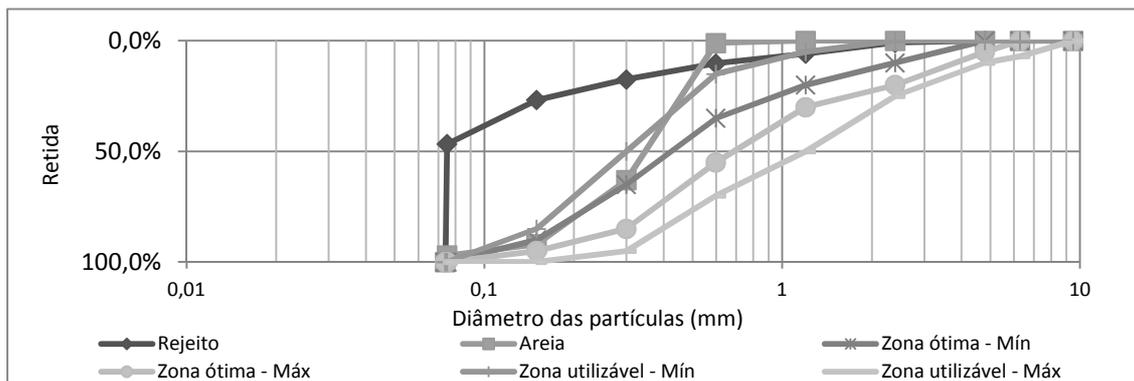
3.1. Análise ambiental

De acordo com os resultados obtidos das análises ambientais, lixiviação e solubilização, em concordância com os parâmetros de avaliação contidos na NBR 10004/04⁽¹⁰⁾, as amostras do rejeito (RBMF) foram classificadas como resíduo classe II A - não perigoso e não inerte⁽¹⁷⁾. Da mesma forma, a adição do resíduo classe II A (RBMF) a outros materiais como cimento, cal e areia, não altera a classificação ambiental das argamassas propostas⁽¹⁸⁾.

3.2. Análise granulométrica

A Figura 2 apresenta as distribuições granulométricas dos agregados, reciclado (RBMF) e natural (areia), segundo as zonas ótima e utilizável para agregado miúdo.

Figura 2 – Distribuições Granulométricas



Nota-se que a distribuição granulométrica do rejeito (RBMF) não se situa entre a zona utilizável, por tratar-se de um material muito fino, sendo mais de 50% de sua massa passante na peneira #200 (ASTM). O rejeito (RBMF) apresentou uma dimensão máxima de 2,4mm e a areia natural 0,6mm. Os módulos de finuras foram respectivamente 0,61mm e 1,56mm.

3.3. Teor de umidade

Através do ensaio realizado de acordo com a NBR 9939/01 ⁽⁵⁾, obteve-se o teor de umidade da areia de 0,183% e do rejeito (RBMF) de 1,081%. Pela análise desses dados é possível verificar que a porcentagem da umidade do rejeito (RBMF) é aproximadamente seis vezes superior a da areia, em função da grande presença de finos no rejeito (RBMF).

3.4. Densidade de massa

Através do ensaio realizado de acordo com a NBR NM 52/03 ⁽⁷⁾, obteve-se a densidade de massa da areia de 2,65 g/cm³, enquanto a do rejeito (RBMF) de 3,88g/cm³. Portanto, verifica-se que a densidade de massa do rejeito (RBMF) é 31,7% superior a da areia, provavelmente em função da alta porcentagem de ferro, entorno de 60%, contida no rejeito (RBMF).

3.5. Densidade de massa aparente

Através do ensaio realizado de acordo com a NBR NM 45/06⁽⁸⁾, obteve-se a densidade de massa aparente da areia de 1,502 g/cm³ e a do rejeito (RBMF) de 1,891 g/cm³. O valor da densidade de massa aparente do rejeito (RBMF) é 20,57% superior ao da areia em função da alta presença de óxido de ferro.

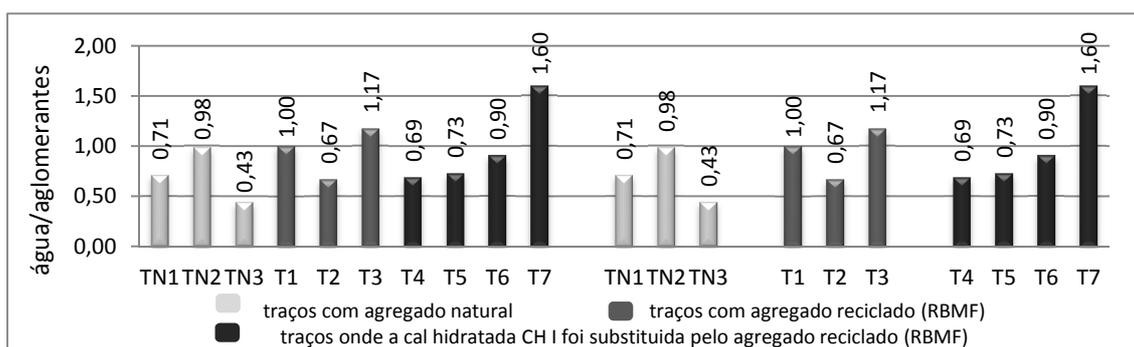
3.6. Substâncias nocivas

Através do ensaio realizado de acordo com a NBR 7218/10⁽⁹⁾, pode-se verificar que o rejeito (RBMF) apresentou uma concentração de 98% de torrões, enquanto a areia apresentou 0%. Este resultado demonstra a facilidade que o rejeito (RBMF) tem de formar aglomerações, isso devido ao seu alto índice de material fino e a sua alta capacidade higroscópica.

3.7. Índice de consistência

O índice de consistência das argamassas compostas com agregados natural e reciclado (RBMF), foi previamente estabelecido com um valor de 260 ±5mm de abertura, conforme recomendado pela NBR 13276/05⁽¹³⁾. Para este valor de consistência, obtiveram-se as relações água/aglomerantes (a/a), como mostra a Figura 3.

Figura 3 – Relação água/aglomerantes



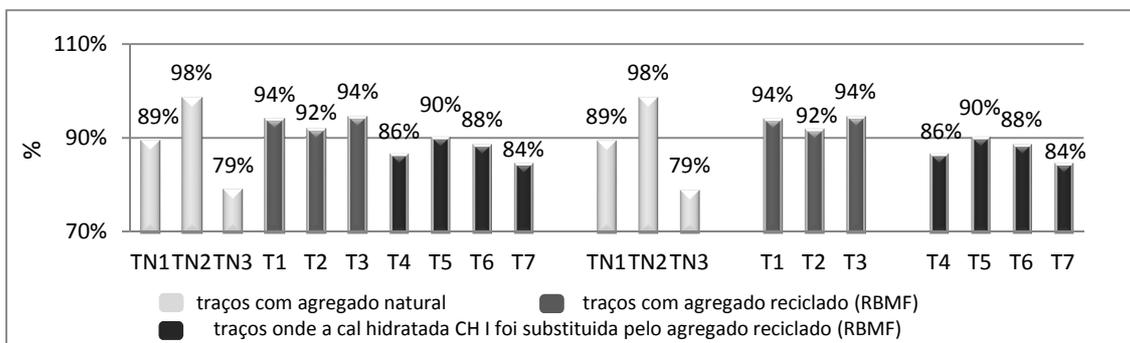
Os resultados obtidos permitiram considerar que os traços compostos com agregado reciclado (RBMF), T1 e T3, consomem maiores quantidades de água comparativamente aos traços naturais, TN1 e TN3, isso devido à granulometria bastante fina do rejeito (RBMF). Porém este comportamento foi diferente entre os traços TN2 e T2, devido à propriedade aglutinante do rejeito (RBMF). Nos traços onde

a cal foi substituída proporcionalmente pelo rejeito (RBMF), T4 a T7 perceber-se que o aumento na relação água/aglomerantes foi correspondente ao aumento da substituição.

3.8. Retenção de água

Através dos ensaios realizados de acordo com a NBR 13277/95⁽¹⁴⁾, obtiveram-se os valores de retenção de água das argamassas conforme apresentados na Figura 4.

Figura 4 – Retenção de água

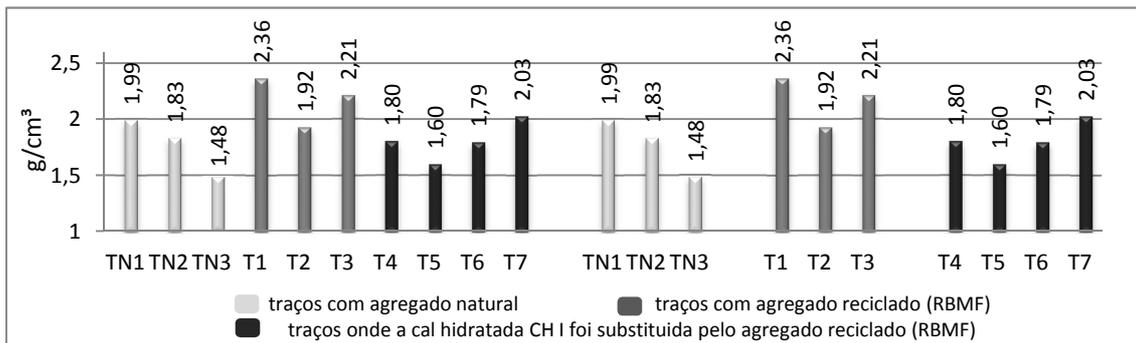


Através destes resultados é possível analisar que os traços compostos com agregado reciclado (RBMF) em substituição ao agregado natural, T1 e T3, apresentaram valores de retenção de água superiores aos dos traços naturais, TN1 e TN3. Contribuição importante, pois conforme Maciel et al. (1998) uma maior retenção de água de amassamento da argamassa, ao entrar em contato com uma superfície de maior poder de absorção, representa maior estabilidade e disponibilidade de água para hidratação do cimento⁽¹⁹⁾. Nos traços onde a cal foi substituída proporcionalmente pelo rejeito (RBMF), de T4 a T7, observa-se que as porcentagens de água retida foram superiores comparadas com a do traço natural - TN3, mesmo tendo sido o rejeito (RBMF) e a cal classificados segundo a mesma granulometria, os traços com maior teor de cal apresentaram maiores porcentagens de retenção de água, devido à propriedade higroscópica da cal.

3.9. Densidade de massa no estado fresco

Através dos ensaios realizados de acordo com a NBR 13278/05⁽¹⁵⁾, obtiveram-se os valores de densidade de massa no estado fresco das argamassas conforme apresentados na Figura 5.

Figura 5 – Densidade de massa no estado fresco

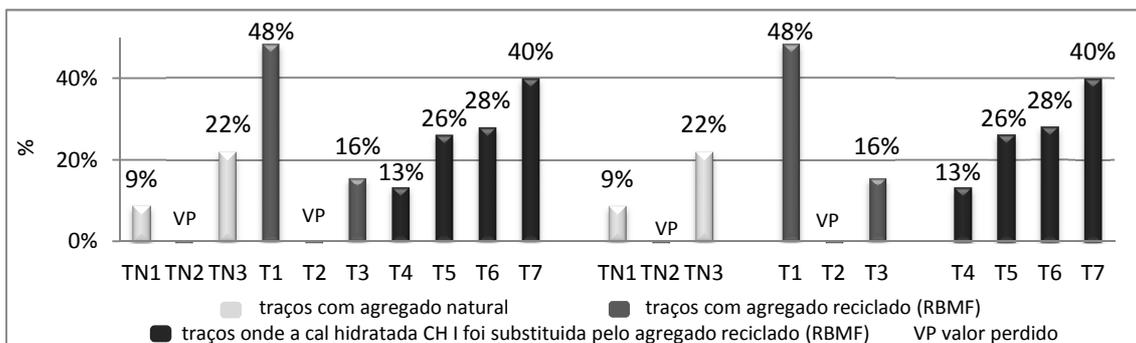


De acordo com os resultados, os traços com presença do rejeito (RBMF) apresentaram uma densidade de massa mais elevada que os traços naturais, isto devido ao alto valor da densidade de massa do resíduo (RBMF).

3.10. Teor de ar incorporado

Através dos ensaios realizados de acordo com a NBR 13278/05⁽¹⁵⁾, obtiveram-se os valores referentes às porcentagens de teor de ar incorporado das argamassas conforme apresentados na Figura 6.

Figura 6 – Teor de ar incorporado

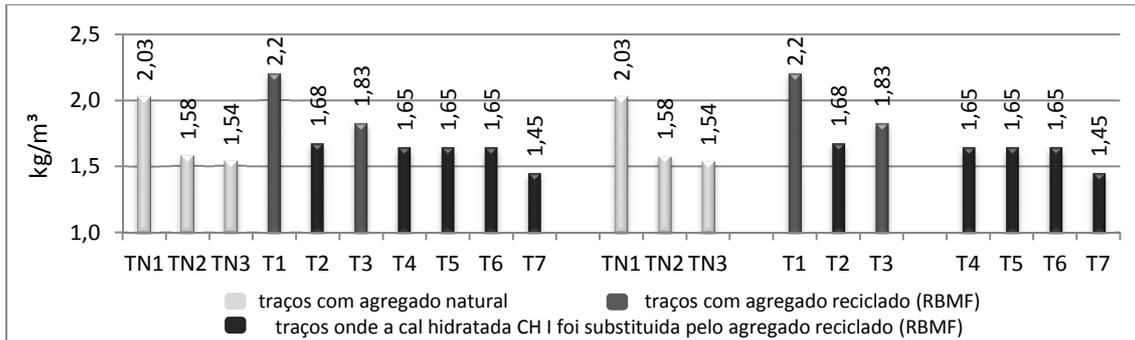


Pela análise dos teores de ar incorporado das argamassas percebe-se que de TN1 para T1 houve um aumento considerável na porcentagem de ar incorporado, enquanto de TN3 para T3 houve um decréscimo na porcentagem de ar incorporado. Comparativamente, em relação aos teores de ar incorporado de TN3, T4, T5, T6 e T7 percebe-se que quanto maior a quantidade de ligante contida no traço, menores foram às porcentagens de ar incorporado.

3.11. Densidade de massa no estado endurecido

Através dos ensaios realizados de acordo com a NBR 13280/05⁽¹⁶⁾, obtiveram-se os resultados de densidade de massa no estado endurecido das argamassas conforme apresentados na Figura 7.

Figura 7 – Densidade de massa no estado endurecido

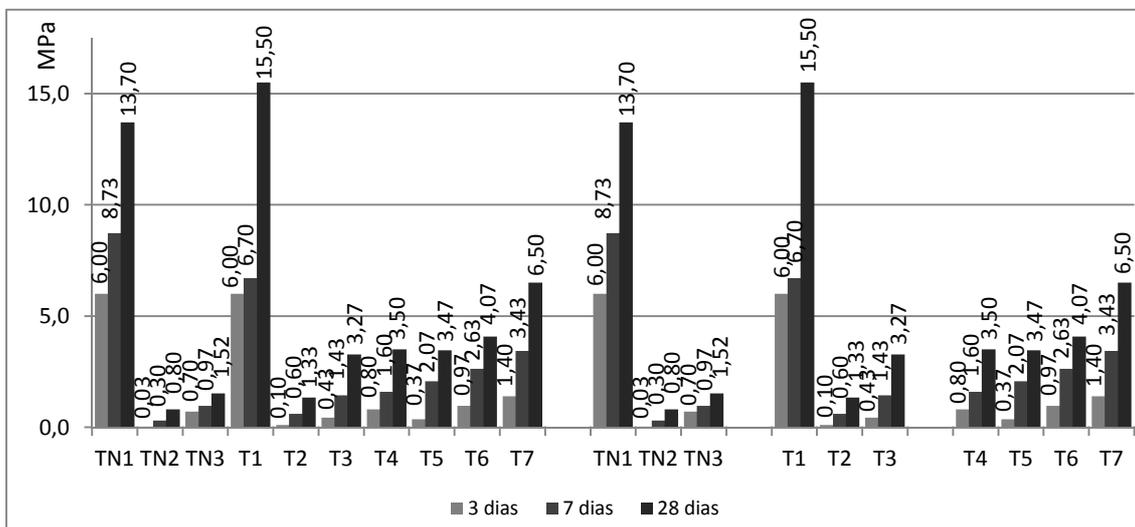


Estes resultados indicam que as argamassas compostas com rejeito (RBMF) são bem mais densas do que as convencionais, devido à alta densidade de massa do material e a ausência de ar incorporado, mesmo para os traços com cal.

3.12. Resistência à compressão

Através dos ensaios realizados de acordo com a NBR 13279/05⁽¹²⁾, obtiveram-se os resultados referentes à resistência à compressão das argamassas conforme apresentados na Figura 8.

Figura 8 – Resistência à compressão

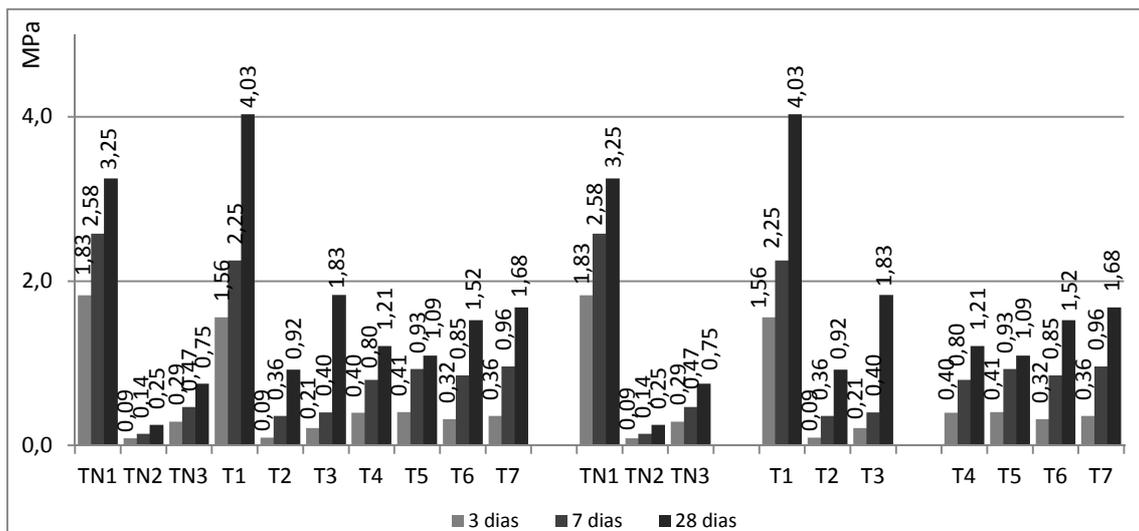


De acordo com estes resultados, os traços compostos com rejeito (RBMF) apresentaram um bom comportamento quanto à compressão, sendo a resistência pouco menor comparada aos traços naturais, em ensaios relacionados às idades de 3 e 7 dias. Porém o resultado foi consideravelmente maior na idade de 28 dias em todas as argamassas. Analisando somente os traços com rejeito (RBMF), pode-se concluir que quanto maior for à relação cimento/rejeito, maior será a resistência à compressão.

3.13. Resistência à tração na flexão

Através dos ensaios realizados de acordo com a NBR 13279/05⁽¹²⁾, obtiveram-se os resultados referentes à resistência à tração na flexão das argamassas conforme apresentados na Figura 9.

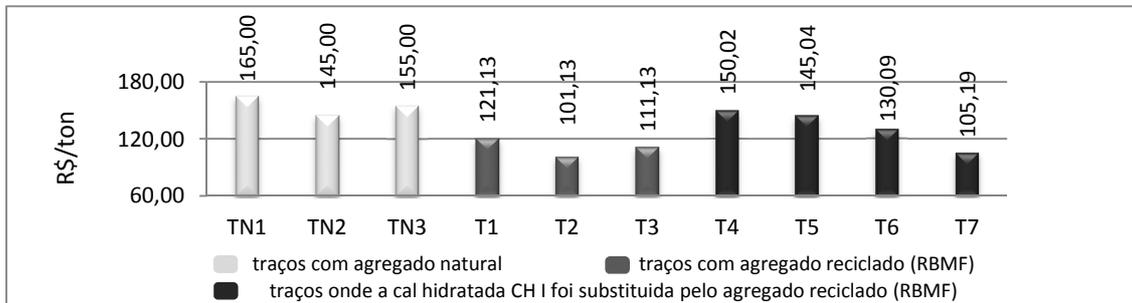
Figura 9 – Resistência à tração na flexão



Assim como na compressão, os traços compostos com rejeito (RBMF) apresentaram um bom comportamento quanto à tração na flexão. Esses mesmos traços tiveram a resistência à tração na flexão um pouco menor do que os traços naturais, nos ensaios relativos às idades de 3 e 7 dias. Porém obtiveram um resultado superior aos 28 dias em todas as argamassas. Analisando somente os traços de resíduo, pode-se concluir que quanto maior for à relação cimento/rejeito, maior será a resistência à tração.

3.14. Análise econômica das argamassas

Figura 1 – Análise econômica



Pela análise dos valores dos traços das argamassas percebe-se que houve um decréscimo dos traços com agregados reciclados em relação aos com agregados naturais, sendo este decréscimo de 26,6% de T1 para TN1, 30,2% de T2 para TN2 e 28,3% de T3 para TN3.

Quanto aos traços onde o rejeito (RBMF) foi usado em substituição total à cal, percebe-se que houve um decréscimo de 32,1% de T7 para TN3. Nos traços onde a substituição ocorreu de forma gradual, os valores foram proporcionalmente reduzidos.

4. CONCLUSÕES

Os resultados apresentados para o rejeito (RBMF) relacionam-se aos trabalhos preliminares de investigação, sendo ainda necessários estudos mais detalhados e específicos do tema. Ainda assim, considera-se que o rejeito in-natura (RBMF) não seja o material ideal para a produção de argamassas especializadas, porém os resultados alcançados permitiram avaliar que é possível usá-lo como matéria-prima de forma técnica e ambientalmente adequada para a redução dos impactos ambientais da mineração, com a produção de argamassas com agregados reciclados. A viabilidade econômica é alcançada pela produção das argamassas com o material residual da mineração (custo baixo) e pela diminuição dos gastos relacionados aos impactos ambientais gerados, bem como diminuição dos custos de manutenção das barragens de contenção.

O comportamento mecânico das argamassas compostas com rejeito (RBMF) apresentou-se superior, principalmente a idade de 28 dias, às argamassas produzidas com agregados naturais, tanto para compressão, quanto para tração na flexão. As argamassas produzidas com agregado reciclado (RBMF) e com agregados naturais apresentaram a mesma trabalhabilidade, embora as argamassas com agregado reciclado (RBMF) contivessem proporções maiores de água, menores teores de ar incorporado e maiores densidades de massa no estado fresco e endurecido, em função da elevada massa específica do rejeito (RBMF).

5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos o apoio e fomento concedidos pela FAPEMIG, UFOP, PROPEC, RECICLOS e Fundação Gorceix.

6. REFERÊNCIAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6457**: Amostras de solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. Rio de Janeiro, 1986.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5735**: Cimento Portland de alto-forno. Rio de Janeiro, 1991.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5737**: Cimentos Portland Resistentes a Sulfatos. Rio de Janeiro, 1992.
4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 7175**: Cal Hidratada para argamassas – Requisitos. Rio de Janeiro, 2003.
5. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9939**: Agregados – Agregados - Determinação do teor de umidade total, por secagem. Rio de Janeiro, 2001
6. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR NM 248**: Agregados - Determinação da Composição Granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.
7. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR NM 52**: Agregado graúdo - Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro, 2003.
8. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 45**: Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 1982.
9. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 7218**: Agregados - Determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis. Rio de Janeiro, 2010.

10. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**: Resíduos sólidos – classificação. Rio de Janeiro, 2004.
11. British Standards Institution. **BS 4551** Mortar. Methods of test for mortar. Chemical analysis and physical testing, New York, 2005.
12. 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.
13. 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.
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 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.
16. 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.
17. FRANCO, Vanessa Cristina. **Relatório de ensaio: Análise Ambiental**. São Paulo: AGÊNCIA PATROCINADORA; 2010. Nº 014346.
18. STIEF, Júnia Nunes de Paula. **Análise das deformações, por extensometria, em concreto armado convencional e com agregados de escória de aciaria**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil do CEFET-MG. Belo Horizonte, 22 de maio de 2009
19. MACIEL, Luciana Leone. BARROS, Mércia M. S. Bottura. SABBATINI, Fernando Henrique. **Recomendações para Execução de Revestimentos de Argamassa para paredes de vedação internas e externa e tetos**. São Paulo, 1998.