

## APROVEITAMENTO DE REJEITO DA EXTRAÇÃO DE MINÉRIO DE FERRO NA FABRICAÇÃO DE ARGAMASSAS

Mateus Junior da Silva Pinto<sup>1</sup>

Marilene Vieira de Souza<sup>2</sup>

### Reaproveitamento, Reutilização e Tratamento de Resíduos.

#### *Resumo*

A atividade minerária produz vários impactos negativos ao meio ambiente, dentre eles a alta geração de resíduos que na maioria das vezes são dispostos em barragens de rejeitos e não possui um valor comercial. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o aproveitamento de rejeito de minério de ferro na produção de argamassas em substituição a areia e em adição ao cimento *Portland*. Ao todo foram moldados 20 corpos-de-prova de argamassas com variados traços nos quais foram submetidos a ensaios mecânicos com a intenção de verificar a resistência à compressão de cada um. Os resultados encontrados demonstraram que o uso do rejeito de minério de ferro obteve uma resistência a compressão melhor que o traço referência sendo então tecnicamente viável e ambientalmente recomendado.

Palavras-chave: Argamassa; Minério de ferro; Rejeito de mineração; Resistência à compressão.

## INTRODUÇÃO

A exportação de minério de ferro tem seu destaque no mercado econômico brasileiro, ocupando o primeiro lugar na lista de exportações dentre os minerais explorados em território nacional, no qual corresponde a aproximadamente 80% das rendas geradas pela exportação de minérios nos pais (IBRAM, 2016).

---

<sup>1</sup> Engenheiro Civil, Agrícola e Ambiental, Especialista em Engenharia Ambiental e Engenharia de Segurança do Trabalho, Mestrando em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela UFMG. E-mail: mateusjr.eng@gmail.com

<sup>2</sup> Engenheira Civil e Administradora. E-mail: marile.eng.civil@gmail.com

Associado a importância para o mercado econômico a extração do minério de ferro impressiona no que se refere ao aspecto ambiental. Um elemento importante a ser destacado na contribuição a degradação ao meio ambiente está relacionado à gestão da quantidade de rejeito produzido pelo processo de aproveitamento do minério, para os quais a principal destinação ocorre por meio da barragem de rejeito.

Durante o processo de beneficiamento do minério de ferro são gerados resíduos que não possuem concentração de minerais de interesse satisfatoriamente alto para que possa possuir um valor econômico considerável.

Em decorrência das tragédias ocasionadas com o rompimento de barragens de rejeito de mineração e a necessidade de disposição ambientalmente adequada, esses resíduos estão sendo amplamente estudados de maneira que possam ser reaproveitados em outros setores industriais.

Tal preocupação ocasiona a constante busca por uma destinação útil a esses resíduos por parte das empresas interessadas em preservar o meio ambiente, assim também como aos órgãos de controle e instituições de pesquisas.

Nesse cenário a utilização de rejeitos como materiais de construção constituintes em obras civis aparece como uma oportunidade de conciliar a qualidade ambiental, juntamente à economia e fonte adicional de renda. (ARISTIMUNHO; BERTOCINI, 2012).

Segundo Coelho (2008) o aproveitamento de rejeito de mineração proporciona potencial de ganhos econômicos. Os rejeitos de minério de ferro constituem material de grande interesse para o emprego na construção civil desde que analisadas às características geotécnicas. De acordo com o autor, as características químicas dos rejeitos são bem próximas dos materiais utilizados na fabricação de peças cerâmicas, sendo então uma possibilidade de uso. Ainda pode-se utilizar o rejeito na fabricação do cimento, substituindo o ferro adicionado na fabricação deste.

Pesquisas realizadas no Brasil também destacam os resultados satisfatórios na utilização de rejeitos de minério de ferro como elementos na construção civil. Coelho (2008) ao estudar o resíduo de uma mina de ferro situada na região do quadrilátero ferrífero em Minas Gerais concluiu que os rejeitos de mineração constituem como agregados de interesse como materiais de construção, desde que sejam atendidas às premissas de

melhoria de suas características geotécnicas.

Chen *et al* (2011) verificaram a possibilidade de aproveitamento de rejeitos de minério de ferro, argila e cinzas de uma usina térmica na fabricação de tijolos ecológicos. Os autores concluíram que o uso do rejeito se mostrou eficaz, podendo utilizar até 84% de rejeitos em relação ao peso total dos compostos.

Com a finalidade de possibilitar aproveitamento desse rejeito o presente trabalho teve como objetivo avaliar, do ponto de vista técnico, a resistência à compressão de corpos-de-prova de argamassas com a adição e a substituição do agregado miúdo por rejeito da extração de minério de ferro de uma mina localizada na cidade de Brumadinho – MG.

## METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho aconteceu em duas etapas, na primeira foi realizada uma revisão bibliográfica do tema tendo como base artigos publicados em bases científicas nacionais e internacionais. A segunda etapa consistiu na elaboração dos corpos-de-prova de argamassa que foram submetidos a ensaios de compressão seguindo a NBR 7215 – Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão – Método de Ensaio, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1996)

### Etapa Experimental

O experimento foi realizado no laboratório de construção civil do Centro Universitário Una de Betim durante todo o mês de setembro de 2019.

### Materiais e Equipamentos Utilizados

Para a condução do ensaio experimental foram necessários vários materiais tais como areia adquirida em um depósito de material de construção e que atendeu as prescrições da NBR 7214 – Areia normal para cimento – Especificações (ABNT,2015),

cimento e óleo mineral para facilitar a desmontagem dos corpos de prova e água.

Além dos materiais também foi utilizado equipamentos para auxiliar na preparação e montagem dos corpos-de-prova como molde de aço ABNT de forma cilíndrica e rosqueado, soquete, balança de precisão e misturador mecânico.

### Procedimentos dos Ensaio e Moldagem dos Corpos de Prova

O rejeito de mineração utilizado foi proveniente de uma mineradora situada no município de Brumadinho – MG. A areia e o cimento foram adquiridos em um depósito de material de construção da cidade de Betim.

Os corpos-de-prova foram moldados de acordo com a variação nas proporções de cimento, areia e rejeito da extração de minério de ferro.

Adotou-se um traço de referência (Testemunha) que serviu como base de comparação para todos os outros traços de argamassas. O primeiro grupo de corpos-de-prova foi executado substituindo parcialmente a areia por rejeito de mineiro de ferro como demonstrando na tabela 1.

Tabela 1 – Traço utilizado em cada tratamento de acordo com a substituição da areia por rejeito de minério de ferro.

<b>Tratamento</b>	<b>Traço em massa (C:A:REJ)</b>	<b>Relação Água/Cimento</b>
Referência	1 : 3 : 0	0,6
Subst. 25% da areia	1 : 2,25 : 0,75	0,6
Subst. 50% da areia	1 : 1,5 : 1,5	0,6
Subst. 75% da areia	1 : 0,75 : 2,25	0,6
Subst. 100% da areia	1 : 0 : 3	0,6

No segundo grupo de corpos-de-prova foi utilizado o traço 1:3 (cimento:areia) para todos os tratamentos seguidos da adição de rejeitos de minério de ferro conforme a tabela 2.

Tabela 2 – Traço utilizado em cada tratamento de acordo com adição de rejeito em relação ao cimento.

<b>Tratamento</b>	<b>Traço em massa (C:A:REJ)</b>	<b>Relação Água/Cimento</b>
Referência	1 : 3 : 0	0,6
Adição 4% de rejeito	1 : 3 : 0,04	0,6
Adição 7% de rejeito	1 : 3 : 0,07	0,6
Adição 11% de rejeito	1 : 3 : 0,11	0,6
Adição 15% de rejeito	1 : 3 : 0,15	0,6

As moldagens dos corpos de provas foram realizadas seguindo a NBR 7215. Após a moldagem todos os corpos-de-prova foram colocados em uma câmara úmida por um período de 24 horas. Finalizado esse período os mesmos foram desmoldados e inseridos câmara úmida até serem submetidos ao ensaio de compressão.

Ao todo foram moldados 20 corpos de prova sendo dois para cada tratamento, nos quais foram submetidos ao ensaio de compressão (Figura 2) aos 7 dias e 28 dias conforme a NBR 7215.

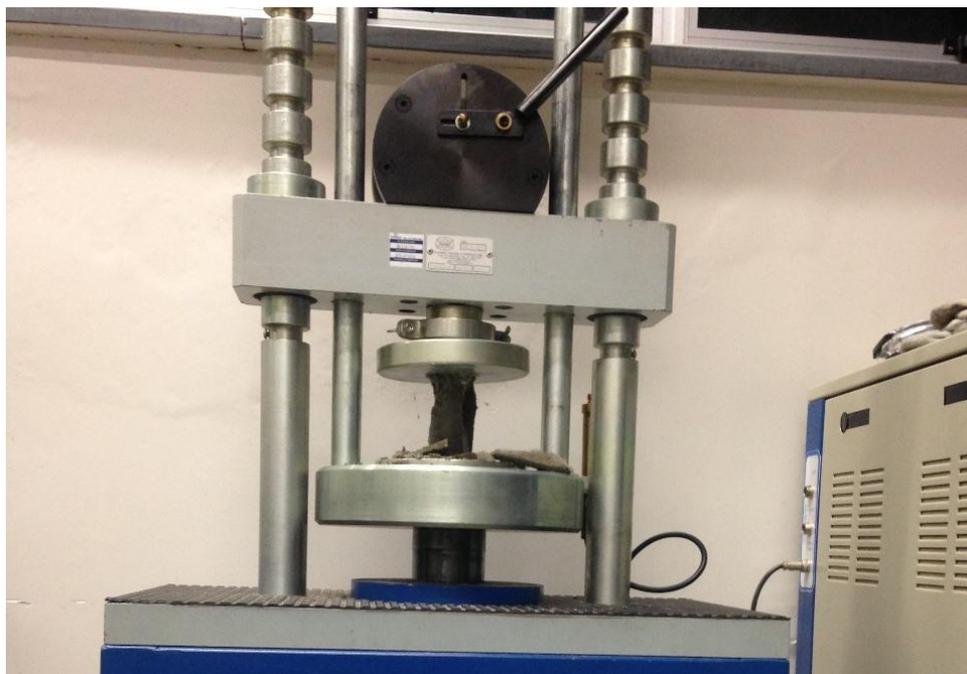


Figura 1: Rompimento dos corpos de prova.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 3 demonstra os resultados das resistências a compressão aos 7 e 28 dias da referência e das substituições de 25%, 50%, 75% e 100% de areia por rejeito de minério de ferro. Através da Figura 3 é possível verificar que todas as substituições de areia por rejeito apresentaram um bom comportamento à compressão, sendo superiores quando comparados a referência, dando um destaque maior às substituições de 75% e 100% que ao fim de 28 dias quase atingiram, respectivamente, 31 e 32 MPa.

Tabela 3: Resistência à compressão em relação à substituição de areia por rejeito de minério de ferro.

Tratamento	Resistência à compressão em MPa	
	7 dias	28 dias
Referência	15,71	20,84
Subst. 25% da areia	16,06	22,82
Subst. 50% da areia	19,75	27,45
Subst. 75% da areia	22,07	30,80
Subst. 100% da areia	22,89	31,94

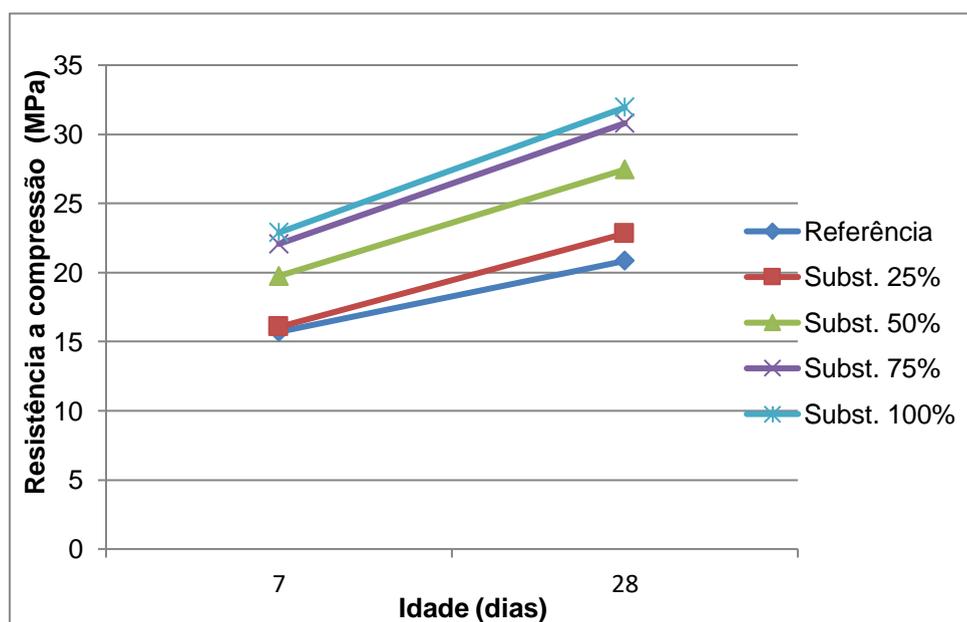


Figura 2: Resistência à compressão da referência e das substituições de areia.

Analisando os traços com substituição da areia por rejeito de minério de ferro, pode-se verificar que quanto maior for a relação cimento/rejeito, maior será a resistência à compressão.

Fontes (2013) utilizando rejeito de barragem de minério de ferro como agregado reciclado para argamassas de revestimento e assentamento concluiu que quando maior for a substituição de areia por rejeito de minério de ferro maior é a resistência à compressão do corpo de argamassa aos 28 dias, corroborando com este trabalho.

Aristimunho e Bertocini (2012) ao utilizar a lama de minério de ferro em forma de pó na presença de cimento *Portland* também concluíram que quanto maior a fração de rejeito em relação à areia maior será a resistência à compressão das argamassas.

A Tabela 4 apresenta os resultados das resistências à compressão aos 7 e 28 dias da referência e das adições de 3%, 7%, 11% e 15%.

Tabela 4: Resistência à compressão em relação às adições de rejeito de minério de ferro.

Tratamento	Resistência à compressão em MPa	
	7 dias	28 dias
Referência	14,96	21,03
Adição 4% de rejeito	13,21	20,23
Adição 7% de rejeito	14,08	21,88
Adição 11% de rejeito	14,52	23,44
Adição 15% de rejeito	15,87	24,63

Observando a Figura 4 pode-se constatar que houve uma pequena variação de resistência à compressão entre a referência e as adições, sendo que somente a adição de 15% de rejeito foi superior à testemunha quando os corpos de prova foram rompidos aos 7 dias. A resistência à compressão aos 28 dias foi superior à referência para as adições de 7%, 11% e 15%.

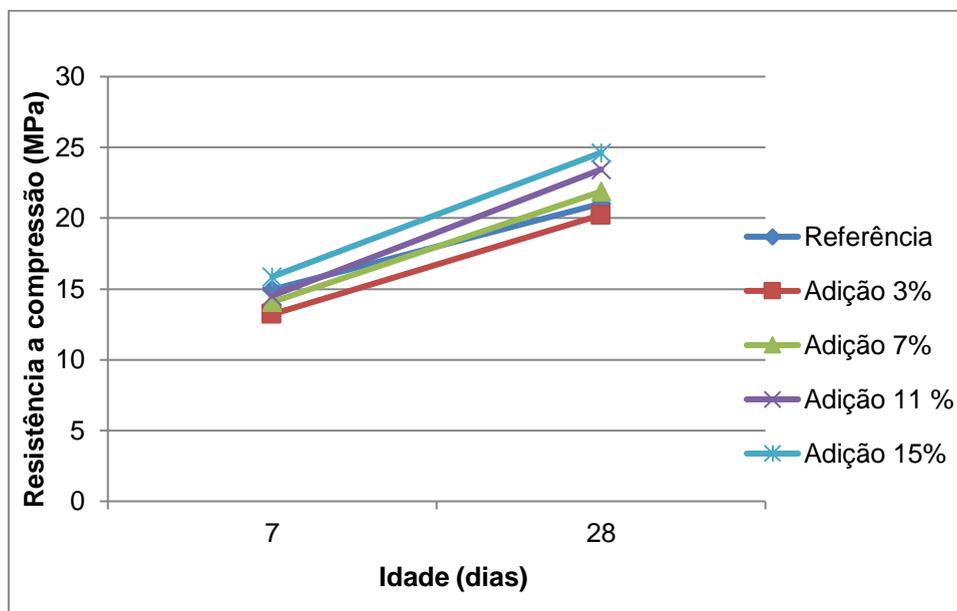


Figura 3: Resistência à compressão da referência e das adições de 3%, 7%, 11% e 15% de rejeito em relação ao cimento *Portland*.

Em relação ao aspecto visual durante os ensaios percebeu-se que a adição de uma pequena quantidade de rejeito de minério de ferro alterava a coloração dos corpos de prova (Figura 5) para um tom marrom/avermelhado. Segundo Aristimunho e Bertocini (2012) do ponto de vista estético, a coloração quando se adiciona o rejeito é uma característica interessante, pois “quebra” a tonalidade acinzentada predominante dos materiais à base de cimento *Portland*.

Os autores destacam que esta particularidade pode denotar um ganho econômico, visto que a uso de produtos químicos sintéticos para pigmentação aumenta o valor das argamassas e elementos de concreto.



Figura 4: Coloração das argamassas de acordo com a quantidade de areia substituída.

## CONCLUSÕES

O comportamento mecânico das argamassas compostas com rejeito de minério de ferro apresentou valores superiores em relação às argamassas produzidas somente com o agregado natural.

Quanto maior a substituição de areia por rejeito maior é a resistência à compressão da argamassa. A substituição de 100% da areia foi a que obteve a maior resistência aos 7 e aos 28 dias sendo recomendadas para aplicação em pisos e pavimentos.

A resistência mecânica das adições de rejeito em relação ao cimento de 7%, 11% e 15% foram superiores a referência, porém se comparados à substituição total da areia por rejeito todas as três são inferiores.

Os resultados alcançados permitiram concluir que é possível utilizar esse tipo de rejeito como matéria-prima na construção de forma técnica e ambientalmente adequada para a diminuição dos impactos negativos causados pelas atividades de mineração, além

disso, o aproveitamento do rejeito diminui o impacto causado pela extração de areia, diminuindo o uso de recursos naturais e de energia.

## REFERÊNCIAS

ARISTIMUNHO, P. B.; BERTOCINI, S. R.. Aplicação de lama de minério de ferro em forma de pó na presença de cimento portland. **RIEM-IBRACON Structures and Materials Journal**, v. 5, n. 2, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7214**. Areia normal para ensaio de cimento – Especificação. Rio de Janeiro, 2015.

\_\_\_\_\_. **NBR 7215**. Cimento Portland: determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1996.

CHEN, Y. et al. *Preparation of eco-friendly construction bricks from hematite tailings*. **Construction and Building Materials**, v. 25, n. 4, p. 2107-2111, 2011.

COELHO, E. F. F. **Estudo do comportamento mecânico de rejeitos de minério de ferro reforçados com fibras sintéticas**. 2008. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto.

FONTES, W. C. **Utilização do rejeito de barragem de minério de ferro como agregado reciclado para argamassas de revestimento e assentamento**. 2013. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto.

IBRAM. **Gestão e Manejo de Rejeitos da Mineração**. Instituto Brasileiro de Mineração. 1.ed, Brasília. 2016.