

ANÁLISE DA VIABILIDADE DA UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE MINERAÇÃO COMO AGREGADOS EM PROJETOS DE BARRAGENS DE CONCRETO

Nubia Gomes Barbosa¹, Lucas Corrêa Caetano², Cleber Decarli de Assis³

¹Estudante do Curso Superior de Engenharia Civil – IFTO. e-mail: <nubia.barbosal@estudante.ifto.edu.br>

²Estudante do Curso Superior de Engenharia Civil – IFTO. Bolsista do CNPq. e-mail: lucascorreac10@hotmail.com

³Professor do Curso Superior de Engenharia Civil – IFTO. e-mail: decassis@ifto.edu.br

Resumo: A indústria siderúrgica durante o processo de fabricação do aço gera co-produtos que são descartados de forma irregular por não dispor de uma destinação ambientalmente adequada. Como alternativa para o aproveitamento desses materiais, são aplicadas atualmente técnicas de beneficiamento cujo o objetivo é produzir agregados reciclados para estruturas de concreto. Os agregados reciclados são mais aplicados em obras de pavimentação rodoviária e para a produção do concreto compactado a rolo, no entanto sua aplicação é indicada também para obras de barragens. Diante do exposto, o objetivo desse trabalho é analisar a viabilidade técnica da utilização de agregados reciclados provenientes da atividade de mineração para a produção do concreto compactado a rolo destinado aos projetos de barragens. Desta forma buscou-se identificar as propriedades dos materiais através de ensaios laboratoriais. A partir dos resultados levantados observa-se que a aplicação do resíduo de mineração mostrou-se promissora, apontando resultados similares aos agregados convencionais

Palavras-chave: Concreto compactado a rolo. Agregado reciclado. Resíduo de mineração. Projeto de barragens.

1 INTRODUÇÃO

A construção civil é apontada como uma das principais indústrias responsáveis pelo desenvolvimento socioeconômico, entretanto, assume uma considerável parcela referente aos impactos negativos provocados ao meio ambiente, principalmente pelo aspecto da exploração dos recursos naturais. O consumo desses recursos vem aumentando em virtude da utilização dos materiais de construção, voltados à produção de agregados para concreto. As indústrias metalúrgicas e siderúrgicas geram grande quantidade de resíduos durante a produção do aço e das ligas metálicas, impondo a necessidade de alternativas para o gerenciamento ambientalmente adequado desses materiais. A reciclagem dos resíduos para a produção de agregados é indicada para obras de pavimentação asfáltica e para compor o talude de uma barragem, todavia requer desempenho similar aos agregados convencionais, tanto em relação às características físicas como às características mecânicas, as quais são avaliadas por meio de ensaios de caracterização. No projeto de barragem é frequentemente utilizado o concreto compactado a rolo no qual trata-se de um concreto que apresenta na sua composição uma baixa relação a/c e que por meio do processo de compactação mecânica atinge resistência similar aos concretos convencionais, apresentando entretanto como vantagem a rapidez do processo e o menor custo. O objeto de análise desta pesquisa é a utilização da escória de ferroníquel proveniente da atividade de mineração, cuja a finalidade é a substituição parcial do agregado miúdo no

concreto compactado a rolo destinado ao projeto de barragem. Diante desse contexto, o trabalho busca analisar a viabilidade técnica da aplicação do resíduo de mineração na produção do concreto compactado a rolo. Esse estudo será fundamentado através da comparação entre as informações obtidas por meio dos ensaios de caracterização dos agregados reciclados e convencionais. A pesquisa busca mitigar os impactos ambientais e propor uma alternativa tecnicamente viável, contribuindo para a redução da disposição inadequada desse material.

2 METODOLOGIA

O programa experimental abrange os ensaios laboratoriais referentes à caracterização dos agregados convencionais e agregados reciclados provenientes da atividade de mineração. O estudo foi realizado por meio da coleta e caracterização dos agregados.

2.1 Coleta dos materiais

Os resíduos de mineração foram coletados no município de Barro Alto, localizado no interior do estado de Goiás. A escória, objeto de estudo desse trabalho, foi obtida na etapa de redução da produção do minério de níquel. No local coletado, em Barro alto, a escória de ferroníquel é armazenada em estoques sob pilhas únicas, não havendo a separação em lotes, conforme mostrado na figura 1. Para esse estudo foram coletados aproximadamente 60 kg do material.

Figura 1: Depósito de ferroníquel



Fonte: Santos (2013)

2.2 Caracterização dos agregados

Essa etapa teve como intuito identificar as características dos agregados para serem avaliadas nas análises técnicas deste trabalho. Devido apresentarem granulometria fina, não houve a necessidade

de realizar o processo de beneficiamento do material para a produção dos agregados, sendo submetidos apenas ao processo de peneiramento, pois foram considerados no estudo os agregados passantes na peneira #4.75 mm. As figuras a seguir mostram os agregados que foram utilizados na produção do concreto. A análise da composição do agregado reciclado será obtida através de estudos realizados por BRANT (1997).

Figura 2: (a) Agregados Convencionais; (b) resíduo de mineração



Fonte: Autor (2019)

No quadro abaixo estão contidas as relações das normas que foram atendidas para a realização de cada ensaio.

Quadro 1: Ensaio de caracterização

Ensaio	Agregado	Norma
Granulometria	Miúdo Convencional	NM 248/2013
	Mineração	
Massa Específica	Miúdo Convencional	NBR NM 9776/1987
	Mineração	DNER ME 093/94
Massa Unitária	Miúdo Convencional	NM 45/2006
	Mineração	
Compactação	Mineração	NBR 7182/2016
Índice de Vazios	Miúdo Convencional	NM 45/2006
	Mineração	
Absorção de Água	Miúdo Convencional	NM 30/2001
	Mineração	

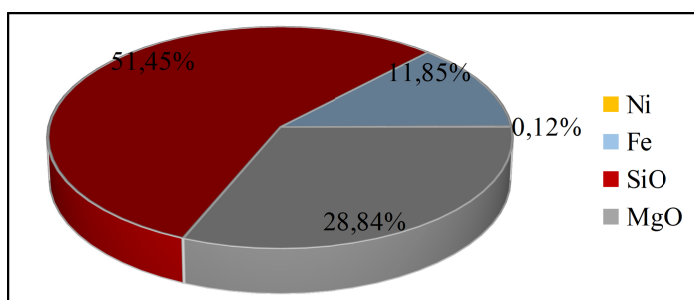
Fonte: Autor (2019)

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Composição dos resíduos coletados

O resíduo da atividade de mineração foi obtido através do processo de redução do ferroníquel, e conforme mostrado no gráfico 1 possui na sua composição altos teores de sílica, magnésio e ferro e apresenta pequenas concentrações de níquel.

Gráfico 1: Composição do resíduo de ferroníquel



Fonte: Autor (2019)

A caracterização química do resíduo de mineração de ferroníquel utilizado neste trabalho foi feita por BRANDT (1997), no qual realizou estudos referentes à lixiviação e a solubilização da amostra bruta. Diante dos resultados obtidos é possível inferir a presença de materiais tóxicos/perigosos na sua composição, no entanto esses valores são inferiores aos limites estabelecidos na norma. Além disso, aponta-se que o material não é passível aos processos de lixiviação e solubilização.

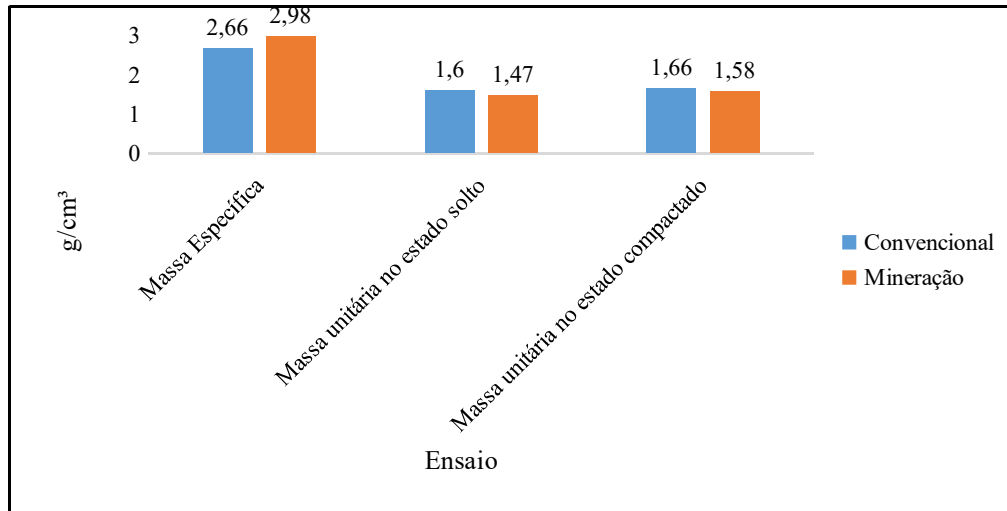
3.2 Caracterização dos agregados

3.2.1 Massa específica e massa unitária

O ensaio de massa específica para os agregados convencionais foi realizado seguindo as determinações da NBR 9776 (ABNT, 1987), enquanto que para os agregados de mineração foi adotado o DNER ME 093/994. Os procedimentos para o ensaio de massa unitária seguiram os critérios da NBR NM 45 (ABNT, 2002).

Percebe-se que a partir do gráfico 3 que a massa específica do agregado convencional é inferior ao agregado reciclado. No entanto, conforme o gráfico, as massas unitárias apresentadas para os agregados reciclados são inferiores ao do agregado convencional.

Gráfico 3: Massa específica e massa unitária

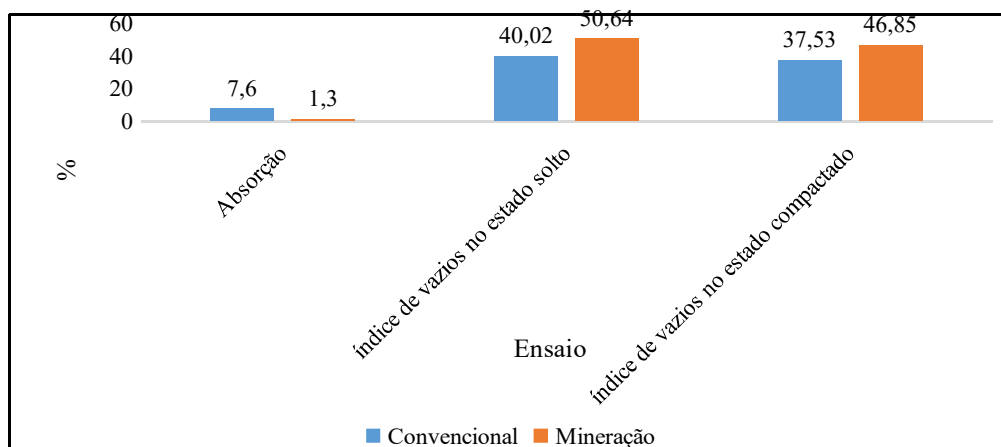


Fonte: Autor (2019)

3.2.2 Índice de Vazios e absorção de água

O índice de vazios dos agregados foi obtido por correlações contidas na NBR NM 53, relacionando a massa específica do agregado, da água e a massa unitária dos agregados no estado solto e compactado. O ensaio de absorção dos agregados miúdos foi realizado conforme estabelecido na NM 30 (ABNT, 2001). O gráfico 4 apresenta os resultados obtidos no ensaio.

Gráfico 4: Absorção de água e índice de vazios



Fonte: Autor (2019)

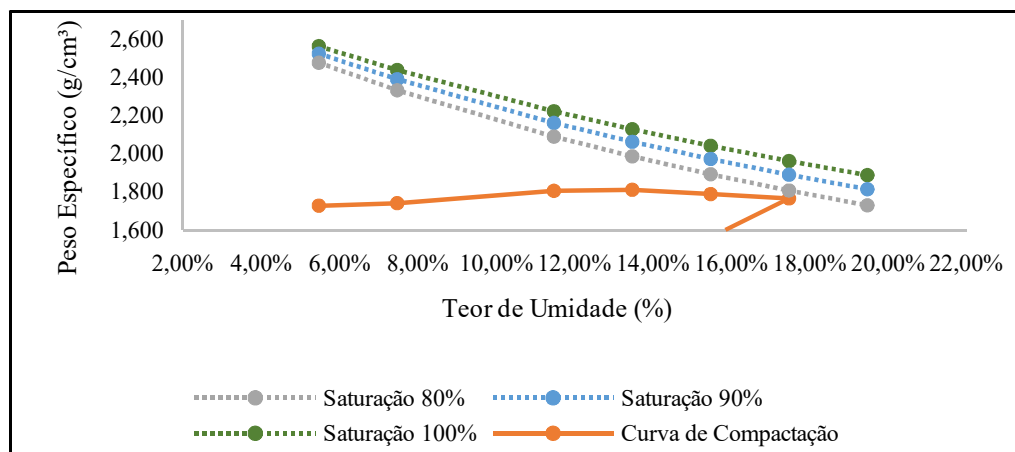
A partir dos resultados mostrados acima nota-se que os agregados convencionais possuem

menores índices de vazios do que os agregados reciclados, mostrando-se assim mais favorável em relação a esse aspecto.

3.2.3 Compactação

Para este ensaio foi aplicada a energia normal de compactação, conforme os procedimentos descritos na NBR 7182 (ABNT, 2016). A partir do gráfico 5 é possível inferir que o resíduo de mineração atinge a umidade ótima com o teor de umidade de 13,58% e com a massa específica seca máxima de 1,812 g/cm³. Ao analisar a curva de saturação percebe-se que a amostra situa-se próxima à saturação com teor de 80%.

Gráfico 5: Curva de compactação e saturação



Fonte: Autor (2019)

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o intuito de proporcionar o aproveitamento dos resíduos provenientes da atividade de mineração, o estudo buscou analisar a viabilidade da utilização do resíduo como agregado para o concreto compactado a rolo destinado aos projetos de barragens, avaliando o seu desempenho, quando submetido a diferentes análises laboratoriais. Através dos resultados obtidos por meio do programa experimental mencionado anteriormente, é possível inferir as seguintes considerações:

- Os agregados reciclados apresentam características físicas distintas aos agregados convencionais. No ensaio de granulometria, para os agregados de mineração alguns pontos da curva granulométrica situaram-se fora do limite superior da zona utilizável, bem como nenhum dos materiais enquadraram-se na zona ótima estabelecida pela NBR 7211 (ABNT, 2005).
- Em relação à massa específica, o agregado reciclado apontou um valor superior ao agregado convencional, enquanto que para a massa unitária os agregados reciclados indicaram valores superio-

res.

5 REFERÊNCIAS

ANDREOLI, Cleverson V. **Resíduos Sólidos: Origem, Classificação E Soluções Para Destinação Final Adequada**. Disponível em Acesso em 22 de jan. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 45: Agregados – Determinação da Massa Unitária e do Volume de Vazios**. Rio de Janeiro. 2006. 8p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 52: Agregado Miúdo – Determinação da Massa Específica e Massa Específica Aparente**. Rio de Janeiro. 2009. 6p..

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248: Agregados – Determinação da Composição Granulométrica**. Rio de Janeiro. 2003. 6p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7182: Solo – Ensaio de Compactação**. Rio de Janeiro, 2016. 9p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004: Resíduos Sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro, 2004. 71p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15116: Agregados Reciclados de Resíduos Sólidos da Construção Civil – Utilização em Pavimentação e Preparo de Concreto sem Função Estrutural – Requisitos**. Rio de Janeiro. 2004. 12p.

BRASIL. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Lei no 12.305, de 2 de agosto de 2010. Presidência da República, Departamento da Casa Civil. Brasília, 2010.

CAPELLO, Giuliana. **Entulho vira matéria prima: agregados reciclados chegam aos canteiros das construtoras, adquiridos de empresas especializadas ou gerados na própria obra**. *Téchne*: Pini, São Paulo, v. 14, n. 112, p.32-35, jun. 2006.

CAPUTO, Homero Pinto. **Mecânica dos Solos e Suas Aplicações**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1998. 219 p.

FARO, Vítor Pereira. **Mecânica dos Solos – TC 035**. Paraná: UFPR, 2015. 37 slides.

MASSAD, Faíçal. **Obras de Terra - Curso Básico de Geotecnia**. 2. ed. Brasil: Oficina de Textos, 2010. 143 p.

MONTEIRO, José Henrique Penido *et al.* **Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos**. 15. ed. Rio de Janeiro: IBAM, 2011.

PINTO, Tarcísio de Paula. **METODOLOGIA PARA A GESTÃO DIFERENCIADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO URBANA**. 1999. 189 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1999.

RUSSO, Mário Augusto Tavares. **Tratamento de Resíduos Sólidos**. Departamento de Engenharia Civil, Coimbra, 2003.