

CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DE RESÍDUOS GROSSEIROS DE ROCHAS ORNAMENTAIS PARA USO COMO AGREGADOS DE LASTRO FERROVIÁRIO

TECHNOLOGICAL CHARACTERIZATION OF COARSE WASTE FROM DIMENSION STONE USE AS RAILROAD BALLAST AGGREGATES

João Victor Tavares Sarlo

Aluno de Graduação em Engenharia de Minas do 6º período, IFES
Período PIBITI/CETEM: agosto de 2019 a julho de 2020,
joaotavaressarlo@gmail.com

Francisco Wilson Hollanda Vidal

Orientador, Engenheiro de Minas, *D.Sc.*
fhollanda@cetem.gov.br

Phillipe Fernandes de Almeida

Coorientador, Tecnólogo em Rochas Ornamentais, *D.Sc.*
palmeida@cetem.gov.br

RESUMO

No estado do Espírito Santo são encontradas grandes quantidades de resíduos de rochas ornamentais, resíduos provenientes tanto da etapa de lavra quanto da etapa de beneficiamento. Na última década, estudos foram feitos com o intuito de aplicar esses resíduos na indústria da construção civil, procurando formas de minimizar os impactos ambientais gerados pelo acúmulo desses materiais que ficam inertes no interior das minas de rochas ornamentais. O presente artigo tem como objetivo a caracterização tecnológica de dois materiais extraídos no Noroeste do Espírito Santo, denominados Amarelo Icarai e Verde Ubatuba, de acordo com a norma NBR 5564 (ABNT, 2014), com o intuito de atestar a sua viabilidade técnica como agregados componentes do lastro ferroviário da futura Estrada de Ferro Minas-Espírito Santo, via férrea que será instalada no Norte e Noroeste capixaba. Os resultados mostram que os materiais testados não cumpriram alguns dos requisitos mínimos exigidos pela norma, sendo necessários expandir esse estudo utilizando outros tipos litológicos presentes na região.

Palavras-chave: resíduos, agregados, lastro ferroviário.

ABSTRACT

In the state of Espírito Santo in Brazil, a large amount of dimension stones residues is found, from the mining and processing stages. In the last decade, studies have been carried out in order to apply this waste to the construction industry, looking for ways to minimize the environmental impacts generated by the accumulation of these materials that are inert inside the dimension stones mines. This article aims at the technological characterization of two materials extracted in the Northwest of Espírito Santo, called Amarelo Icarai and Verde Ubatuba, according to the standard NBR 5564 (ABNT, 2014), in order to certify the technical viability of these materials as aggregates components of the railway ballast of Minas-Espírito Santo Railway, a railroad that will be installed in the North and Northwest of Espírito Santo. The results show that the materials did not meet some of the minimum requirements of the standard, showing that is necessary to expand this study using other lithological types present in the region.

Keywords: waste, aggregates, railway ballast.

1. INTRODUÇÃO

Na fase de extração de rochas para fins ornamentais ocorrem grandes perdas de materiais rochosos. Esses materiais, caracterizados como resíduos grosseiros, ficam alocados nos depósitos de estéreis (informalmente chamados de *bota-fora*) e representam um passivo ambiental resultante desta atividade (SARLO *et al.*, 2019). Os motivos para a grande geração de resíduos nas pedreiras de rochas ornamentais são diversos: baixo investimento na prospecção preliminar, lavra focada na produção de grandes volumes apesar do uso de alta tecnologia, o que gera fraturas e trincas no maciço inviabilizando a produção de blocos de tamanho comercial e, muitas vezes, a necessidade de produção de blocos com homogeneidade e continuidade no padrão textural, por exigência do mercado. (SILVA *et al.*, 2015).

Na última década, pesquisas foram feitas com o objetivo de estudar a viabilidade técnica dos resíduos da produção de rochas ornamentais do Estado do Espírito Santo para serem aproveitados como produtos na indústria da construção civil. Os trabalhos realizados por SILVA *et al.* (2015, 2016) procuraram caracterizar tecnologicamente os resíduos grosseiros obtidos na etapa de lavra, tendo como objetivo utilizá-los como agregados na composição de base e sub-base em pavimentos asfálticos. Já CARLETE *et al.* (2016, 2017), realizou a caracterização tecnológica dos resíduos grosseiros obtidos na etapa de beneficiamento de rochas ornamentais (*casqueiros*) e testou a viabilidade técnica desses materiais para empregá-los na composição de traços de concreto.

Com isso, outra aplicação que requer a utilização de brita em sua composição é o lastro ferroviário. Segundo Almeida e Luz (2012), o lastro padrão de ferrovia é um agregado constituído por fragmentos resultantes da britagem de rocha dura e *sã*, com características tecnológicas e petrográficas requeridas para tal utilização. Além disso, afirmaram que as rochas usadas são preferencialmente: granito, diorito, quartzito, basalto, gnaiss, calcário silicoso, arenito duro, dentre outros. Com isso, a escolha do material para ser aplicado como agregado em ferrovias dependem de resultados satisfatórios de ensaios de caracterização tecnológica realizados em laboratórios, e que seja viável economicamente o seu transporte entre a fonte geradora dos resíduos e o local de destino da sua utilização. As funções do lastro ferroviário são: distribuir de forma uniforme sobre a plataforma os esforços resultantes das cargas dos veículos, produzindo uma taxa de trabalho adequada na plataforma; impedir os deslocamentos dos dormentes, tanto vertical como horizontalmente; formar um suporte, até certo limite de forma elástica, atenuando as trepidações resultantes da passagem dos veículos rodantes; sobrepondo-se a plataforma, suprimir suas irregularidades, formando uma superfície contínua e uniforme para os dormentes e trilhos; facilitar a drenagem (DNIT, 2015), além de impedir que a vegetação local cresça e atrapalhe o fluxo nos trilhos.

Existe um projeto, de iniciativa privada, para a construção de uma nova ferrovia interligando os estados de Minas Gerais e Espírito Santo. Trata-se da Estrada de Ferro Minas-Espírito Santo (EFMES), que terá 553 km de extensão e será responsável por interligar a cidade de Sete Lagoas (MG) ao Centro Portuário São Mateus, que também é um projeto de iniciativa privada e será localizado na Praia de Urussuquara, pertencente ao município de São Mateus (ES). Para esse projeto estão planejadas cinco Unidades de Transbordo e Armazenagem de Cargas (UTAC's), uma em Barra de São Francisco (ES) e outras quatro nos municípios mineiros de Governador Valadares, Itabira, Confins e Sete Lagoas, como demonstrado na figura 1.

Geograficamente, esse projeto contempla as porções Norte e Noroeste capixaba. A região Noroeste concentra a maior quantidade de empresas que fazem a extração de rochas ornamentais do Espírito Santo, havendo nela o predomínio de rochas comercialmente conhecidas como granito, possuindo grande variedade cromática, com destaque para as rochas de coloração amarela, na qual existe em maior abundância. Com isso, possuem grande disponibilidade de materiais rochosos inertes alocados no interior da lavra.



Figura 1: Projeto da Estrada de Ferro Minas-Espírito Santo. Fonte: www.folhados.com.

Tendo em vista todos esses fatores, a aplicação desses resíduos na composição do lastro ferroviário da Estrada de Ferro Minas-Espírito Santo no trecho pertencente ao Noroeste capixaba pode ser uma alternativa de utilização do passivo ambiental gerado nas frentes de lavra. Desta forma, neste trabalho são apresentadas as caracterizações físicas e mecânicas de alguns materiais oriundos da região em questão, dando continuidade aos trabalhos de mapeamento das frentes de lavra realizado por SARLO *et al.* (2019).

2. OBJETIVOS

Esse trabalho tem como objetivo caracterizar tecnologicamente os materiais coletados em indústrias de beneficiamento (casqueiros) que são oriundos de jazidas localizadas no Noroeste do Espírito Santo e que foram mapeadas por SARLO *et al.* (2019) no Noroeste capixaba. Todas as caracterizações foram feitas seguindo as instruções normativas da ABNT NBR 5564 – Via férrea – Lastro Ferroviário – Requisitos e métodos de ensaio.

3. METODOLOGIA

A metodologia utilizada consistiu na caracterização tecnológica de resíduos de rochas ornamentais coletados em indústrias de beneficiamento de materiais provenientes de algumas frentes de lavra mapeadas pertencentes ao Noroeste capixaba. A escolha por realizar a caracterização tecnológica em casqueiros foi feita a partir da disponibilidade de obtenção destas amostras nas indústrias próximas ao laboratório do Núcleo Regional do Espírito Santo (NRES). Os resultados obtidos servirão de base para comparação futura com os resultados provenientes de ensaios com os mesmos materiais coletados diretamente nas frentes de lavra, para saber se há perda de competência mecânica dos resíduos grossos pelo processo de beneficiamento das rochas.

Foram coletadas aproximadamente 150kg de amostras de dois materiais provenientes de jazidas localizadas no Noroeste capixaba, conhecidos comercialmente por: Amarelo Icaraí e Verde Ubatuba. Vale salientar que todas as etapas de amostragem foram feitas conforme especificado na norma NBR ABNT NM 26.

Na usina piloto do NRES, as amostras no formato de casqueiro foram britadas e separadas em alíquotas de 25kg para a realização dos ensaios de caracterização. Os ensaios selecionados para este estudo foram: Determinação da composição granulométrica – ABNT NBR NM 248; Determinação do índice de forma pelo método do paquímetro – Método de Ensaio – ABNT NBR 7809; Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água – ABNT NBR NM 53; Ensaio de abrasão “Los Angeles” – ABNT NBR NM 51. Desta forma, são apresentados a seguir os resultados preliminares dos ensaios com os materiais coletados nas indústrias de beneficiamento de rochas ornamentais.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises granulométricas feitas nos dois materiais mostram que foi gerada grande quantidade de fragmentos grossos (>25 mm), o casqueiro de Amarelo Icarai apresentou um resultado de 75,9% dos fragmentos acima dessa faixa granulométrica, já o casqueiro de Verde Ubatuba apresentou um resultado de 82,8%. Vale salientar que o processo de britagem foi feito com um britador onde a força de rotação dele era gerada através de esforços manuais. Os resultados dos ensaios de caracterização tecnológica selecionados para esse trabalho se encontram na Tabela 1, e todos foram realizados de acordo com as normas vigentes.

Tabela 1: Resultados dos ensaios de caracterização tecnológica selecionados.

Nome Comercial	Massa Específica ⁱ (g/cm ³)	Massa Específica Aparente ⁱ (g/cm ³)	Abs. Água ⁱ (%)	Porosid. ⁱ (%)	Índice Forma ⁱⁱ (A/C)	Frag. Cúbicos ⁱⁱ (%)	Perda por Abrasão ⁱⁱⁱ (A) (%)
Amarelo Icarai	2,59	2,60	0,34	0,89	2,4	80	62,88
Verde Ubatuba	2,66	2,67	0,76	2,03	2,1	64	54,96
Limites pela NBR 5564	-	Mín. 2,5	Máx. 1,5	Máx. 0,8	Máx. 3	Mín. 85	Máx. 30

(i) ABNT NBR 53; (ii) ABNT NBR NM 7809; (iii) ABNT NBR NM 51.

Os resultados do ensaio de índices físicos para o material Amarelo Icarai indicaram que a massa específica aparente, absorção de água e porosidade ficaram dentro dos limites preestabelecidos pela norma NBR 5564 (ABNT,2014). Já o material Verde Ubatuba apresentou massa específica aparente e absorção de água dentro dos limites estabelecidos pela norma, porém o resultado da porosidade aparente foi acima do limite máximo estabelecido pela norma.

Os ensaios de índice de forma pelo método do paquímetro feitos nos materiais indicaram que o índice de forma dos dois materiais estão dentro do permitido pela norma que é de no máximo 3 unidades adimensionais. A NBR 5564 (ABNT,2014) estipula que o formato das partículas após britadas devem possuir caráter predominantemente cúbico e um limite de partículas não cúbicas de no máximo 15%. Os resultados de ambos materiais apresentaram partículas de caráter predominantemente cúbicas, porém porcentagens de partículas não cúbicas acima do limite máximo.

De acordo com os resultados do ensaio de abrasão Los Angeles pode-se observar que os materiais não se enquadram nos limites especificados pela norma NBR 5564 (ABNT,2014). Nessa norma o limite máximo preestabelecido para perda por abrasão é de 30%.

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos nessa etapa do projeto indicam que os materiais selecionados não se enquadrariam nos requisitos impostos pela norma NBR 5564, (ABNT,2014). Contudo, deve-se salientar que esses são resultados de ensaios feitos em resíduos resultantes da etapa de beneficiamento e que o processo de britagem foi realizado em um britador que estava em fase de instalação, portanto podendo apresentar regulagem que não seja ideal. Os próximos passos desse projeto englobam a caracterização tecnológica de mais sete materiais já coletados nas frentes de lavra no Noroeste do Espírito Santo, além de realizar a comparação desses futuros resultados com os obtidos nesse trabalho. Para os ensaios futuros devem ser acrescentados os seguintes ensaios: resistência ao choque no aparelho TRETON, resistência ao esmagamento, resistência à compressão axial, determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis, limite de massa no estado solto e determinação da massa unitária em agregado solto.

6. AGRADECIMENTOS

Agradeço ao CNPq pela bolsa concedida (Processo: 147804/2019-1), aos meus orientadores: Dr. Francisco Wilson Hollanda Vidal e Dr. Phillippe Fernandes Almeida, ao Me. Fábio Conrado de Queiróz que me orientou na execução dos ensaios, a todos que me ajudaram de alguma forma na elaboração desse trabalho, a empresa CAJUGRAM que forneceu os materiais para realizar a caracterização tecnológica, e também a todos profissionais que compõem o corpo técnico-científico do CETEM-NRES.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT (2003) NBR NM 53. **Agregado graúdo – Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água.** Rio de Janeiro. 8p

_____ (2003) NBR NM 51. **Agregado graúdo – Ensaio de Abrasão “Los Angeles”.** Rio de Janeiro. 13p

_____ (2001) NBR NM 26. **Agregados - Amostragem.** Rio de Janeiro. 17p

_____ (2003) NBR NM 248. **Agregados – Determinação da composição granulométrica.** Rio de Janeiro. 6p

_____ (2005) NBR NM 7809. **Agregados graúdo – Determinação do índice de forma pelo método do paquímetro – Método de ensaio.** Rio de Janeiro. 3p

_____ (2014) NBR 5564. **Via Férrea – Lastro Ferroviário – Requisitos e métodos de ensaio.** Rio de Janeiro. 26p

ALMEIDA, S. L.; LUZ, A. B. (Eds.). **Manual de agregados para construção civil.** 2.ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCTIC, 2012. 432p.

CARLETE, B. A.; CASTRO, N. F.; SILVA, H. V. **Caracterização de agregados minerais provenientes de resíduos grosseiros de rochas ornamentais.** In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 24. Rio de Janeiro: CETEM/MCTIC, 2016.5p.

CARLETE, B. A.; QUEIRÓZ, F. C.; SILVA, H. V. **Caracterização de concreto de agregados minerais provenientes de resíduos grosseiros de rochas ornamentais.** In ANAIS DA JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 25. Rio de Janeiro: CETEM/MCTIC, 2017.5p.

DNIT (Brasil). Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte. Instrução de Serviço Ferroviário, 2012. **ISF-212: Projeto de Superestrutura da via permanente - Lastro e Sublastro,** Brasil, p. 1-18, 2015.

SARLO, J. V. T.; VIDAL, F. W. H.; QUEIRÓZ, F. C. **Catologação em SIG das lavras e empresas de beneficiamento de rochas ornamentais das regiões Norte e Noroeste do estado do Espírito Santo.** In: ANAIS DA JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 27. Rio de Janeiro: CETEM/MCTIC, 2019.

SILVA H. V.; CASTRO, N. F. **Aproveitamento de resíduos de pedreiras de rochas ornamentais como agregados para base e sub-base de pavimentos.** In: JORNADA DO PROGRAMA DE CAPACITAÇÃO INTERNA DO CETEM, 5. Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2016.

SILVA H. V.; CASTRO, N. F.; RIBEIRO, R. C. C. **Aproveitamento de resíduos grossos oriundos de lavra de rochas ornamentais do Espírito Santo em pavimentos asfálticos.** In: JORNADA DO PROGRAMA DE CAPACITAÇÃO INTERNA DO CETEM, 4. Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2015.