

ANÁLISE DE UMA JAZIDA DE ROCHA LOCALIZADA EM SANTA MARIA/RS E A CARACTERIZAÇÃO DE SEU MATERIAL GRANULAR

Ana Helena Back¹, Rinaldo José Barbosa Pinheiro², Andrea Valli Nummer³, Pablo Negri Fernandes⁴, Rael Ernani Wojahn⁵, Athos Matheus de Castro Ferreira⁶

Resumo Este artigo apresenta a análise do maciço rochoso de duas cavas de uma pedreira localizada em Santa Maria/RS, que fornece agregado para a composição das camadas estruturais na obra da Travessia Urbana do município, bem como a caracterização física de seu material granular como forma de controle tecnológico. Foram realizados ensaios de laboratório para a caracterização do agregado, bem como análises macro e microscópicas do maciço. A caracterização foi realizada nos laboratórios da Universidade Federal de Santa Maria, empregando ensaios capazes de determinar propriedades como petrografia, resistência mecânica da rocha na condição saturada e seca, grau de absorção, forma, sanidade, entre outros. A análise do maciço rochoso, bem como a petrografia, auxiliou na compreensão dos resultados dos ensaios de laboratório, justificando o pior desempenho das rochas Pedreira "A" em relação a "B" devido ao seu elevado grau de alteração e intensa fragmentação. A previsão do comportamento do agregado como componente de uma obra civil é obtida por meio dos ensaios de caracterização tecnológica e de desempenho do material granular, porém, estes devem ser acompanhados de uma avaliação geológica do maciço e da rocha que está sendo explorada.

Palavras-chave: Pedreira, Rocha, Agregado

Abstract This article presents the analysis of the massive rock of two mine pits of a quarry located in Santa Maria/RS that provides aggregate for composition of the structural layers in the construction of the city urban crossing, as well as the physical characterization of its granular material as a form of technological control. Laboratory tests were performed in order to characterize the aggregate, as well as macro and microscopic analyses of the massive rock. The characterization was performed in the laboratories of the Federal University of Santa Maria using tests that could determine properties such as petrography, mechanical strength of the rock in the saturated and dry condition, degree of absorption, shape, soundness, among others. The analysis of the rock mass and the petrography helped to understand the results of the laboratory tests justifying the worse performance of Quarry "A" rocks in relation to "B" due to their high degree of alteration and intense fragmentation. The prediction of the behavior of the aggregate as a component of a civil construction is obtained through the technological characterization and performance tests of the granular material, however, these must be accompanied by a geological evaluation of the mass and the rock being exploited.

Key words: quarry, rock, aggregate

¹ Eng Civil, Doutoranda Eng.Civil, Univ. Fed.de Santa Maria -UFSM-(51) 9990742278- anahback@hotmail.com

² Eng.Civil, Dr.Geotecnia.Prof. Tit., Univ. Fed. de Santa Maria -UFSM-(55) 999473048- rinaldo@ufsm.br

³ Geól.Dr. Geotecnia. Prof. Assoc.-Univ. Fed. Santa Maria - UFSM -(55) 996071932- a.nummer@gmail.com

⁴ Acad. geologia , Universidade Federal do Pampa -UNIPAMPA-(55) 997217450- pablofernades645@hotmail.com

⁵ Acad. geologia , Universidade Federal do Pampa -UNIPAMPA-.(55) 981520017- rhael.lara5@gmail.com

⁶ Acad. geologia , Universidade Federal do Pampa -UNIPAMPA-.(55) 991473756- athosgeo@gmail.com

1.INTRODUÇÃO

Os agregados rochosos são os mais antigos materiais de construção que o homem dispõe. Estes fragmentos de rocha são materiais granulares pétreos, sem forma ou volume definidos, obtidos por fragmentação natural ou artificial, com dimensões e propriedades adequadas a serem empregados em obras de engenharia (OLIVEIRA E BRITO, 1998).

Conforme Frazão (2002), o conhecimento das características petrográficas das rochas, bem como de suas propriedades físicas e físico-mecânicas, permite uma melhor previsão de seu comportamento como componente de uma obra civil.

As rochas ígneas são as que apresentam, em geral, melhor comportamento geomecânico e são as mais utilizadas na construção civil. As ígneas plutônicas, mais especificamente, possuem uma alta resistência mecânica, devido à relativa homogeneidade dos corpos rochosos, forte coesão dos minerais e granulação mais grossa. Em contrapartida, rochas basálticas, se possuírem minerais expansivos em sua composição, apresentam restrições ao seu emprego como material de construção, pois podem desagregar-se quando expostas às intempéries ou à submersão periódica em reservatórios (OLIVEIRA E BRITO, 1998).

Para Marques (2001), as características físicas dos agregados, como resistência, abrasão e dureza, são determinadas pela rocha de origem, em outras palavras, ao quebrar uma rocha, a forma ou o aspecto da superfície resultante da fragmentação dependerá diretamente de sua estrutura e textura. Porém, o processo de produção nas pedreiras também pode afetar significativamente a qualidade dos agregados, pela eliminação das camadas mais fracas da rocha e pelo efeito da britagem na forma da partícula e na graduação do agregado.

Para Maciel Filho e Nummer (2014), a estrutura e a textura são características que podem definir a anisotropia e dar ideia da resistência mecânica das rochas, resistência que variará com a distribuição dos minerais.

Os agregados grossos são, em geral, utilizados como ingrediente na fabricação do concreto ou como constituinte de estradas. Devem reagir favoravelmente com o cimento e o betume, resistir a cargas pesadas, alto impacto e abrasão severa e serem duráveis. Por essa razão, foram desenvolvidos testes empíricos e em laboratórios para prever o comportamento desse material. As propriedades testadas são resistência à compressão, absorção de água, resistência à abrasão, abrasividade, comportamento ao polimento, forma dos constituintes e resistência ao intemperismo (OLIVEIRA E BRITO, 1998).

Os agregados médios e finos são, em geral, utilizados para preenchimento ou para proporcionar rigidez em uma mistura. Nesse caso, a granulometria, a densidade relativa, a forma das partículas (grau de arredondamento e de esfericidade) e a composição mineralógica (presença de minerais carbonáticos, minerais em placas e partículas friáveis como carvão) são parâmetros importantes. Esses agregados podem apresentar os seus fragmentos unidos por ligantes como cimento e betume, para uso como concreto hidráulico e betuminoso, respectivamente. Quando os fragmentos são usados, sem ligantes, servem para lastro de ferrovias, filtros e enrocamentos. Devido às características geológicas do território brasileiro, existe uma grande diversidade de rochas utilizadas como agregados. O tipo de rocha utilizada dependerá basicamente da disponibilidade local ou regional (ALMEIDA, 2002).

Em uma pedreira, a rocha é removida de diferentes locais do maciço rochoso e isso pode acarretar uma variação nas propriedades físicas dos agregados. Desse modo, o controle de qualidade durante as operações de lavra e britagem deve assegurar que as propriedades físicas dos agregados não variem excessivamente.

O controle tecnológico dos agregados faz-se por meio de ensaios de laboratório, entre os quais a petrografia, utilizada para caracterização e classificação da rocha, fundamental para o entendimento das características mecânicas e previsão do desempenho dos diferentes materiais rochosos. Do mesmo modo, avaliar as propriedades físicas exibidas pelo maciço rochoso como, por exemplo: modo de ocorrência, grau de alteração, presença de descontinuidades geológicas entre outros, também são importantes, pois interferem na qualidade dos agregados.

Este artigo tem como objetivo apresentar a análise do maciço rochoso de uma pedreira localizada no município de Santa Maria/RS e a caracterização do seu material granular, procurando correlacionar as características da rocha com suas propriedades tecnológicas.

A análise geológica da jazida aliada aos ensaios de petrografia e de caracterização física do material granular mostram-se como alternativas de controle tecnológico que visa evitar possíveis deficiências estruturais em projetos de engenharia.

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA

O município de Santa Maria situa-se no centro geográfico do Estado do Rio Grande do Sul, entre as encostas da Serra Geral e a Depressão Central Gaúcha (Depressão Periférica), distante 290 km de Porto Alegre, possuindo uma população estimada de 300.00 habitantes e área de aproximadamente 1.781,75 km² (IBGE, 2015).

Os materiais estudados pertencem a uma pedreira comercial denominada Jazida Boca do Monte, localizada na Picada 13 de Maio, distrito de Boca do Monte, Santa Maria/RS, sob as coordenadas UTM: 22J 0216599 / 6718444 (Figura 1). A jazida, para efeito de comparação da qualidade dos materiais, foi separada em duas porções denominadas de: Pedreira "A", porção de topo, com cota de aproximadamente 161m, primeira cava a ser explorada, e Pedreira "B", porção mais de base, em exploração, cuja cota, atualmente, está em torno de 150 m.

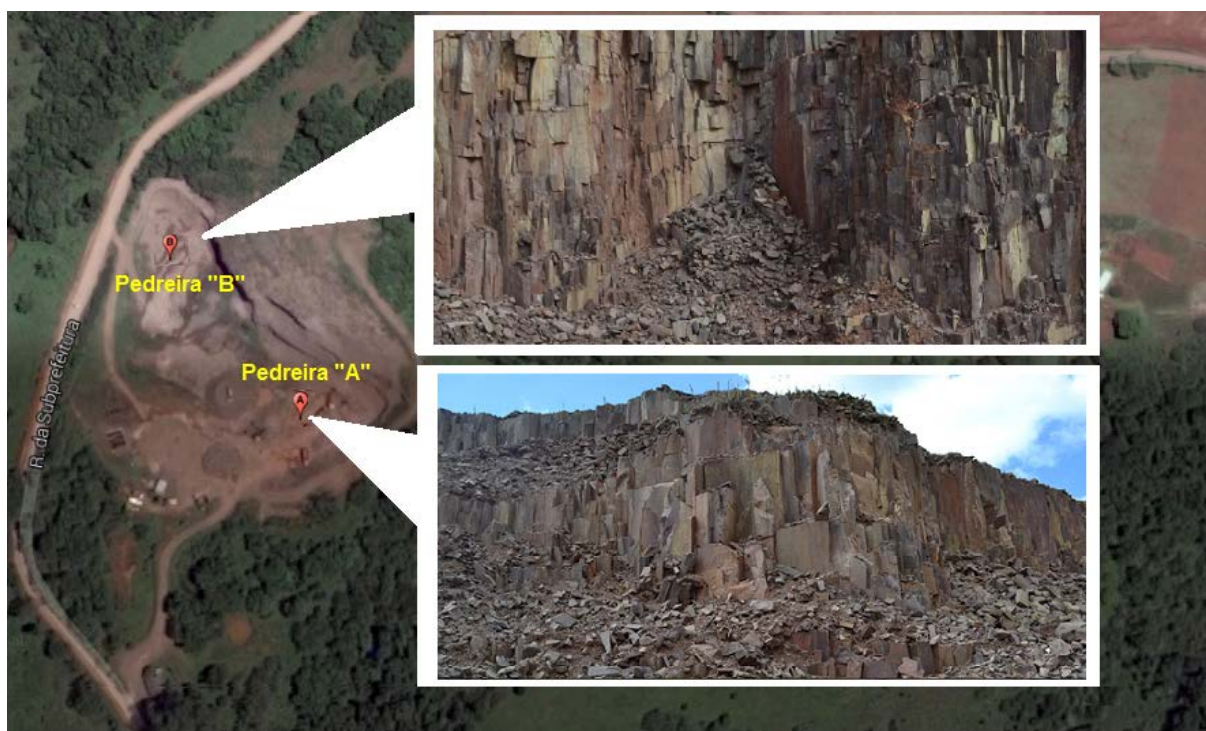


Figura 1- Mapa de Localização da Pedreira das suas divisões para efeito do estudo. Fonte: Google Earth (15/12/2015)

A jazida é constituída por rochas ígneas pertencentes ao Grupo São Bento, Formação Serra Geral (CPRM, 2006). Trata-se de um diabásio com intensa fragmentação relacionada à presença de disjunções verticais (bem marcadas) e horizontais, em menor quantidade, bem como falhas e fraturas, configurando o seu modo de ocorrência como um *sill*.

A Pedreira "A" encontra-se no topo do maciço e, por isso, as rochas são mais alteradas. As fraturas atuam como facilitadores para a entrada de água e, conseqüentemente, para a alteração que é bem marcada pela oxidação (em tons avermelhados) e também pela presença de material de preenchimento das fraturas, de cor amarelada, provavelmente óxidos de ferro e argilominerais. Na Figura 2 (dois), é possível observar a presença de oxidação nas paredes das

descontinuidades, fraturas preenchidas com material de alteração e, no detalhe, amostras de mão do material.



Figura 2. Fotografia de detalhe do maciço rochoso (esquerda) e das mostras de mão da Pedreira A (direita).

O maciço rochoso da Pedreira “B” apresenta as mesmas características quanto à presença das descontinuidades, porém, por estar em maior profundidade, a rocha encontra-se mais sã, com menor quantidade de óxido nas paredes das fraturas. Da mesma forma, nessa porção do maciço, não ocorre preenchimento das descontinuidades por material de alteração (Figura 3).



Figura 3. Amostra de mão da Pedreira “B”.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os procedimentos metodológicos empregados na pesquisa consistiram em duas etapas: (a) etapa de campo, na qual foi realizada a avaliação geológica dos maciços rochosos das duas cavas da pedreira (“A” e “B”), coleta de 80kg de rochas de cada uma delas para a realização dos ensaios de laboratório; (b) etapa de laboratório, quando as amostras foram britadas (britador mecânico) e foram realizados os ensaios de caracterização física do material granular no Laboratório de Materiais de Construção Civil-LMCC e análise petrográfica, no Laboratório de Laminação, ambos da UFSM.

Os procedimentos para a realização dos ensaios basearam-se nas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). A Tabela 1 (um) resume os ensaios realizados e as normas utilizadas para tal.

Tabela 1 - Normas Brasileiras e Internacionais Existentes para Avaliação das Propriedades Tecnológicas do Presente Trabalho.

Propriedades	Concreto	Pavimentos
Granulometria	NBR NM 248	DNER-ME 083/98
Índice de Forma	NBR 7809/1983	DNER-ME 086/94.
Índice de Lamelaridade	np	DAER/RS - EL 108/01
Absorção Graúdo	NBR NM 53/2009	DNER-ME 195/97
Massa Específica Graúdo	NBR NM 53/2009	DNER-ME 195/97
Massa Específica Miúdo	NBR NM 52/2009	DNER-ME 194/98
Massa Unitária	NBR NM 45/2006	DNER-ME 152/95
Abrasão Los Angeles	NBR NM 51/2001	DNER-ME 035/98
Sanidade	np	DNER-ME 089/94
Lâmina Petrográfica	NBR 12768/92	DNER - IE 006/94
Esmagamento Graúdo	NBR 9938/2013	DNER-ME 197/97
Compressão Puntiforme	np	ISRM - 1985

Notas: np= não pertinente.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

A olho nu, as rochas apresentam uma textura afanítica a fanerítica fina, de cor cinza escuro a avermelhada nas bordas, onde ocorre a oxidação. As amostras mais alteradas apresentam, em algumas faces, uma capa de alteração de cor amarelada (óxidos de ferro e argilominerais). Em campo, devido ao modo de ocorrência (*sill*), os fragmentos de rocha apresentam sempre uma ou mais faces lisas, oriundas do diaclasamento pronunciado.

Tanto a rocha da Pedreira "A" quanto da Pedreira "B" são constituídas por 60% de plagioclásio pertencente à família dos feldspatos, 30% de augita da família dos piroxênios e 10 % minerais ferrosos como a magnetita e ilmenita. A diferença entre elas dá-se pelo maior grau de alteração encontrado na amostra da Pedreira "A", identificado também em lâmina petrográfica pela exsolução dos óxidos de ferro (minerais escuros) nas bordas dos minerais máficos e opacos e também preenchendo microfraturas. As rochas foram classificadas como diabásios.

O Quadro 1 (um) apresenta o resultado das frações granulométricas das Pedreiras "A" e "B". A britagem do material "A" produziu 54,4% de brita Nº 2; 26,9% de brita Nº 1 e 18,8% em pó de pedra. Em contrapartida, a Pedreira "B" gerou 60,4% do material britado em brita Nº 2; 23,8% em brita Nº 1 e 15,9% em pó de pedra.

Quadro 2 - Frações Granulométricas das Pedreiras Estudadas.

Peneiras	Abertura (mm)	Pedreira "A"			Pedreira "B"		
		Retido (g)	Retido (%)	Passando (%)	Retido (g)	Retido (%)	Passando (%)
2"	50	0	0%	100%	0	0,00%	100%
1"	25	185,2	1,68%	98,32%	721,2	5,87%	94,13%
3/4"	19	2044,1	18,54%	79,79%	3553	28,93%	65,20%
1/2"	12,5	3765,6	34,15%	45,64%	3139	25,56%	39,64%
Nº 4	4,75	1691,5	15,34%	18,78%	1598	13,01%	15,86%
Nº 10	2	823,1	7,46%	11,32%	737	6,00%	9,86%
Nº 40	0,425	630,7	5,72%	5,60%	524,2	4,27%	5,60%
Nº 200	0,075	355,1	3,22%	2,38%	433,6	3,53%	2,06%
Fundo		262,3	2,38%	0,00%	253,6	2,06%	0,00%
Total:		11028	100%		12282	100%	

As curvas granulométricas apresentam graduação aberta, que consiste em uma distribuição granulométrica contínua, mas com pequena insuficiência de material fino para preencher os vazios entre as partículas maiores, resultando em maior volume de vazios, exigindo uma maior quantidade de água e cimento, aumentando o custo de produção, caso esse material venha a ser utilizado para fins de construção.

O Quadro 2 (dois) resume o Índice de Forma e de Lamelaridade das amostras. O Índice de Forma em quase todas as peneiras atingiu o valor de 2,5, caracterizando um material com forma mais alongada e lamelar, típica de rochas vulcânicas em virtude do fluxo da lava. Da mesma forma, a presença das disjunções influencia diretamente na britagem do agregado que se fragmenta em formatos mais lamelares.

Quadro 2 - Resultados Obtidos para os Ensaios de Forma dos Agregados.

Peneiras	Pedreira "A"		Pedreira "B"	
	IF	IL (%)	IF	IL (%)
# 1"	2,77	40,85	2,64	17,61
#3/4"	2,67	20,06	2,98	16,63
#1/2"	2,91	23,12	3,17	22,93
#3/8"	2,36	7,77	2,48	18,42
#1/4"	3,70	22,67	3,6	31,18

Obs: IF= Índice de Forma; IL= Índice de Lamelaridade.

A porcentagem de partículas lamelares deve ser limitada a 40% da amostra, o que seria um problema para a peneira de maior abertura da Pedreira "A", a qual apresentou 40,85% de material lamelar, estando desclassificada para futuros usos. Da mesma forma, considerando que as partículas de menores dimensões (agregados miúdos) apresentam tendência a serem mais lamelares, os agregados das Pedreiras "A" e "B" excedem o valor do índice de forma permitido em 23,3% e 20%, respectivamente.

Os resultados dos ensaios realizados referentes à resistência mecânica do agregado e de sua degradação química são apresentados no Quadro 3 (três). As amostras da Pedreira "A" mostraram um pior desempenho nos ensaios de Abrasão Los Angeles (27,59%) e sanidade (24,58) do que a Pedreira "B", o que está relacionado ao maior grau de alteração das rochas dessa porção do maciço. O resultado encontrado para sanidade das rochas da Pedreira "A" excede em 104% do valor adotado no meio rodoviário que se limita a 12%.

Quadro 3 - Resultado dos Ensaios de Resistência Mecânica e Química.

Ensaio	Pedreira "A"	Pedreira "B"
Resistência ao Esmagamento (%)	19,70	21,50
Abrasão Los Angeles (%)	27,59	19,13
Resistência à Compressão Puntiforme: Seco (Mpa)	7,20	7,73
Resistência à Compressão Puntiforme: Saturado (Mpa)	4,54	7,40
Sanidade (%)	24,58	8,71

O ensaio de compressão puntiforme foi realizado na tentativa de obter-se uma correlação entre a resistência à compressão puntiforme e os índices físicos das rochas estudadas. Para Arnold (1993 *apud* GOMES, 2001), se a razão entre a resistência de corpos de prova imersos e secos ao ar for maior que 0,7, tem-se que o agregado apresenta esqueleto mineral resistente às solicitações. Desse modo, os valores encontrados seriam 0,630 e 0,957 para a Pedreira "A" e "B", respectivamente, apresentando novamente um mau desempenho nos resultados de caracterização da primeira pedreira.

Uma rocha em seu estado natural comporta-se como um conjunto de minerais interligados, ocupando um determinado tamanho, constituído pelos minerais e pelos vazios entre eles. A maior ou menor quantidade de vazios interfere a compacidade da rocha e também nos

valores de massa específica e porosidade. Sabe-se que as propriedades das rochas são muito influenciadas pela absorção d'água. Rochas com alta absorção e porosidade apresentam diminuição na massa específica aparente, enquanto ocorre uma diminuição de sua resistência mecânica. Os agregados da Pedreira "A" apresentam índices mais elevados de absorção do que os da Pedreira "B" devido ao maior grau de alteração do material o que se reflete nos menores valores de massa específica seca e aparente (Quadro 4).

Quadro 4- Resultados dos Ensaios de Absorção e Massas Específicas.

Peneiras	Pedreira "A"				Pedreira "B"			
	a (%)	d (g/cm ³)	ds (g/cm ³)	da (g/cm ³)	a (%)	d (g/cm ³)	ds (g/cm ³)	da (g/cm ³)
# 1"	1,58	2,92	2,84	2,79	1,11	2,95	2,89	2,86
#3/4"	1,67	2,90	2,81	2,77	1,17	2,97	2,90	2,87
#1/2"	1,75	2,91	2,81	2,77	1,06	2,98	2,92	2,89
pó		2,91				2,96		

Obs: a= Absorção; d= Massa Específica Agregado Seco; ds= Massa Específica Agregado Saturado Superfície Seca; da= Massa Específica Aparente.

Para agregados graúdos com determinada massa específica, um valor elevado de massa unitária implica a existência de poucos vazios a serem preenchidos pelos agregados miúdos e pelo cimento. Em suma, tem-se como base para valores de massa unitária de rochas basálticas $1323 \pm 73 \text{ kg/m}^3$, para amostras com diâmetros inferiores a 50,8 mm. O Quadro 5 (cinco) apresenta os resultados encontrados para os ensaios de massa unitária e índice de vazios.

Quadro 5 - Valores Referentes aos Ensaios de Massa Unitária e Índice de Vazios.

Peneiras	Pedreira "A"		Pedreira "B"	
	MU (kg/m ³)	IV (%)	MU (kg/m ³)	IV (%)
#3/4"	1345,32	53,64	1312,18	55,89
#3/8"	1336,50		1383,81	
pó	1690,31	42,01	1761,23	40,51

Obs: MU= Massa Unitária; IV= Índice de Vazios.

Tomando como exemplo o seixo mais esférico e arredondado que se possa conseguir, esse material apresentará um valor de compactidade de 0,67, o que corresponde a um índice de vazios de 33%. Desse modo, o material pulverulento da Pedreira "B" atingiu uma pequena fração de vazios durante o ensaio, tornando-se ainda menor do que na Pedreira "A", pois apresentou uma densidade relativamente maior (Quadro 5) o que possibilitou uma maior compactação entre seus grãos no momento do ensaio. Esse fato confirmou-se durante o ensaio, no momento em que uma maior quantidade, em peso de pó, foi colocada no recipiente da Pedreira "B".

Com relação à fração graúda, constatou-se que o Índice de Forma que caracteriza uma fração mais alongada apresentado pela Pedreira "B" (vide Quadro 2) influenciou diretamente para o maior número de vazios, tanto que a quantidade em quilos de material necessário para completar o volume do recipiente foi inferior ao da Pedreira "A".

5. CONCLUSÃO

Na jazida Boca do Monte, é explorado um *sill* de diabásio com grande quantidade de diaclases verticais, mas em menor quantidade do ponto de vista horizontal, além de fraturas e falhas. A pedreira "A" refere-se ao topo do maciço onde a rocha é mais alterada e as fraturas e falhas são preenchidas por óxidos de ferro e argilominerais. Já a pedreira "B", em maior profundidade, apresenta rocha mais sã, mantendo o padrão das discontinuidades geológicas.

As rochas da Pedreira "A" apresentaram baixa resistência mecânica e abrasiva, assim como forma do agregado lamelar e alongada, além de um péssimo desempenho no que se refere à sanidade. Por se tratar de uma porção do maciço onde uma ou mais faces do agregado estão intemperizadas, isso pode refletir em sua qualidade. Essa porção não possui muitas possibilidades de utilização na construção civil, uma vez que é de má qualidade, contudo, uma

rocha com elevada dureza e fraturamento pode ser empregada na construção de poços artesianos, por exemplo.

Com relação à Pedreira “B”, seus agregados possibilita maiores utilizações em obras da engenharia, tais como reforço de subleito, sub-base e base de pavimentos, lastro, enrocamento e até mesmo revestimentos asfálticos. Porém, para um correto consumo desse material é necessária a realização de ensaios mais específicos, tais como adesividade, compressão uniaxial, entre outros.

Por fim, para a realização de um correto controle tecnológico do material rochoso, é imprescindível que sejam ensaiadas amostras representativas da porção que está sendo lavrada. O acompanhamento da lavra por meio de avaliações geológicas do maciço rochoso pode orientar as operações de extração e beneficiamento e, com isso, manter a qualidade do agregado a ser comercializado.

Visando a uma adequada caracterização do material pétreo, bem como ao monitoramento da qualidade do agregado, é fundamental também a presença de laboratórios localizados no interior das jazidas, garantindo o devido controle de qualidade durante as operações de britagem e assegurando que as propriedades físicas dos agregados não variem excessivamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, L. C. - **Notas de Aula da Disciplina “Estruturas IV – Concreto Armado**, Faculdade de Engenharia Civil - Departamento de Estruturas, Universidade Estadual de Campinas, 2002.

_____. ABNT. Rochas para Revestimento, Análise Petrográfica "- NBR 12.768/92. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1992.

_____. ABNT. Agregados - Análise Petrográfica de Agregado para Concreto Parte-2: Agregado Graúdo - NBR 7389-2. Associação Brasileira de Normas Técnicas.

_____. ABNT. Agregados - Determinação da Composição Granulométrica - NBR NM 248/13. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2013.

_____. ABNT. Agregados - Determinação da Massa Unitária e Volume de Vazios – Método C - NBR NM 45/06. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2006.

_____. ABNT. Agregados - Redução da Amostra de Campo para Ensaios de Laboratório - NBR NM 27/01. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2001.

_____. ABNT. Agregados Graúdo - Determinação Da Resistência Ao Esmagamento De Agregados Graúdos - NBR-ME 9938/13. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2013.

_____. ABNT. Agregados Graúdo - Determinação Da Resistência Ao Esmagamento De Agregados Graúdos - NBR-ME 9938/13. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2013

_____. ABNT. Agregados Graúdos - Determinação De Massa Específica, Massa Específica Aparente E Absorção - NBR NM 53/09. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2009.

_____. ABNT. Agregados Graúdos - Determinação do Índice de Forma pelo Método do Paquímetro - NBR NM 7809/83. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1983.

_____. ABNT. Agregados Graúdos - Ensaio de abrasão "Los Angeles"- NBR NM 51/01. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2001.

_____. ABNT. Agregados Miúdo - Determinação de massa específica e massa específica aparente - NBR NM 52/06. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2006.

CPRM-Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. **Mapa geológico do Estado do Rio Grande do Sul**, escala de apresentação 1:750.000, Programa Geologia do Brasil, executado pelo Serviço Geológico do Brasil - Superintendência Regional de Porto Alegre. 2006.

_____. Atlas Sócio - Econômico do Estado do Rio Grande do Sul, Secretaria da Coordenação e Planejamento – 2ª Edição 1998.

_____ DAER - Determinação do Índice de Lamelaridade – DAER/RS – EL 108/01. Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem. Rio Grande do Sul: 2001

_____ DNER. – Materiais Rochosos Usados em Rodovias – Análise Petrográfica – DNER-IE 006/94. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Rio de Janeiro: 1994.

_____ DNER. Agregado – Análise Granulométrica - DNER-ME 83/98. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Rio de Janeiro: 1998.

_____ DNER. Agregado – Avaliação Da Durabilidade Pelo Emprego De Soluções De Sulfato De Sódio Ou De Magnésio – DNER-ME 89/94. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Rio de Janeiro: 1994.

_____ DNER. Agregado – Determinação da Absorção e da Densidade do Agregado Graúdo – DNER-ME 195/97. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Rio de Janeiro: 1997.

_____ DNER. Agregado – Determinação da Massa Unitária do Agregado em Estado Solto – DNER-ME 152/95. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Rio de Janeiro: 1995.

_____ DNER. Agregado – Determinação do Índice de Forma – DNER-ME 86/94. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Rio de Janeiro: 1994.

_____ DNER. Agregado Graúdo – Determinação da Resistência do Esmagamento – DNER-ME 197/97. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Rio de Janeiro: 1997.

_____ DNER. Agregado Graúdo – Ensaio de abrasão "Los Angeles" – DNER-ME 35/98. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Rio de Janeiro: 1998.

_____ DNER. Agregado Miúdo – Determinação da Massa Específica de Agregado Miúdo por Meio do Frasco Chapman – DNER-ME 194/98. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Rio de Janeiro: 1998.

_____ DNIT. Pavimentação – Base Estabilizada Granulometricamente: Especificação de serviços – DNIT-ES 141/10. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Rio de Janeiro: 2010.

FRAZÃO, E. B. **Tecnologia de Rochas na Construção Civil** – São Paulo: ABGE, 2002.132p.

GOMES, R. L. – **Características Tecnológicas e Alterabilidade dos Compartimentos Entablamento e Colunata de Derrames Basálticos da Porção Setentrional da Bacia do Paraná** – Tese de Doutorado da Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo, 2001.

IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2015). Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2015/default.shtm>. Consultado em 23/04/2018.

MACIEL FILHO, C. L.; NUMMER A. V., **Introdução à Geologia de Engenharia** – Santa Maria: Editora da UFSM. 2014.258p.

MARQUES, G.L.O. - **Procedimentos de avaliação e caracterização de agregados minerais usados na pavimentação asfáltica**. Seminário de qualificação ao doutoramento – Coordenação 156 Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros dos Programas de Pós-graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

OLIVEIRA, A. M.; BRITO, S. N. - **Geologia de Engenharia** - São Paulo: ABGE, 1998. 420p.