

CARACTERIZAÇÃO DE FRAGMENTOS DE QUARTZITO DA SERRA DO TAQUARAL DE PASSAGEM DE MARIANA/MG¹

Rosa Malena Fernandes Lima²
Fernando Brandão Rodrigues da Silva³

Resumo

A lavra do quartzito de Passagem de Mariana gera grande quantidade de fragmentos de diversas granulometrias, que são descartados e depositados sem nenhum tipo de controle nas próprias encostas próximas às pedreiras, ocasionado grande impacto ambiental na região. Nesse trabalho são apresentados os resultados de alguns ensaios para a determinação de índices físicos e de resistência mecânica dos fragmentos da rocha da pedreira Quartzito Ouro Preto Ltda. Foram efetuados ensaios de britagem com os maiores fragmentos da rocha, que foram divididas, de acordo com exames visuais, em quatro grupos distintos. Após os ensaios, verificou-se que quanto maior o valor de porosidade, menores foram os valores de peso específico e resistência mecânica dos corpos de prova analisados e que somente um dos grupos ensaiados (Grupo III), possuía índices compatíveis para aplicação em revestimento, o que explica a baixa recuperação na lavra obtida pela pedreira estudada. As curvas de fragmentação das amostras mostraram-se bastante coerentes com os valores de índices físicos das mesmas. Após a britagem e classificação, as areias geradas poderiam ser aplicadas na construção civil, fundição ou após purificação como areia para vidro de embalagem.

Palavras-chave: Rocha ornamental; Quartzito de passagem de Mariana; Caracterização tecnológica.

CHARACTERIZATION OF QUARTZITE FRAGMENTS FROM TAQUARAL HILL OF PASSAGEM DE MARIANA/MG

Abstract

The exploitation of quartzite of Passagem de Mariana produces a big quantity of fragments of large size distribution that are discharged and deposited on the regional hill surface without any kind of control what cause a big environmental impact in the region. In this work are presented the results of physics indices and mechanic resistance tests carried out with rock fragments from the exploitation and beneficiation quartzite rock steps of the Quarry Quartzito Ouro Preto Ltda. Based on visual characteristics these fragments were divided into four groups. It was verified that as bigger the porosity value as smaller the specific weight and mechanic resistance values of the samples analyzed and among the groups tested only the Group III had indices inside the specification of dimension stone application what explain the small recovery of this rock in the quarry studied. The samples crushing curves obtained were coherent with physics indices values of them. After crushing and classification, the sands could be used in civil construction, melting industry or after purification step as packing glass sand.

Key words: Dimension quartzite, technological characterization of quartzite of Passagem de Mariana.

¹ Contribuição técnica ao 64º Congresso Anual da ABM, 13 a 17 de julho de 2009, Belo Horizonte, MG, Brasil.

² Dr.^a, Professora do PPGEM/DEMIN/UFOP

³ Aluno de iniciação científica do curso de Engenharia de Minas / UFOP

1 INTRODUÇÃO

Quartzitos, geralmente, são rochas oriundas de metamorfismo regional de sedimentos silicosos, como quartzo arenitos ou cherts. São constituídos quase que exclusivamente de quartzo recristalizado, em arranjo granoblástico. Além do quartzo, a sericita é um outro mineral essencial nesse tipo de rocha. Possui cor branca com tons verde a rosa.⁽¹⁾

Na construção civil, o quartzito é largamente utilizado como material de revestimento de parede, de piscina, de pátios, de calçadas, piso de áreas internas e externas, piso antiderrapante, mosaico, muros rústicos e outras.

As especificações de quartzitos ornamentais são: densidade $\geq 2.560 \text{ kg/m}^3$, absorção aparente de água $\leq 1,0\%$, compressão uniaxial $\geq 137,9 \text{ MPa}$, módulo de ruptura $\geq 13,9 \text{ MPa}$.⁽²⁾

O quartzito do Morro do Taquaral de Passagem de Mariana (Serra de Ouro Preto) é explotado por arranjos produtivos locais (APL's) de base mineral, que em 2003 empregavam diretamente 350 trabalhadores. A lavra é efetuada de forma bastante rudimentar. Com uso de cunhas e aproveitando-se da xistosidade da rocha, consegue-se a produção de placas de pequenas dimensões (cerca de 40 cm x 60 cm x 1 cm), cujos preços variavam em 2003 de R\$15,00 a R\$30,00 o metro quadrado conforme sua qualidade e para os quartzitos de melhor qualidade, identificados empiricamente, placas com superfícies superiores a 1 m² são polidas e vendidas em 2003 a R\$180,00 o metro quadrado.⁽³⁾

A produção de rejeitos na lavra de rochas ornamentais no Brasil é considerável. Em 2002 a produção nacional foi de cerca de 3.059 mil toneladas, ou 1.333 metros cúbicos de rocha. Considerando que a recuperação na lavra é de cerca de 30%, paralelamente, os rejeitos gerados podem alcançar mais que o dobro da produção nacional, que são proporcionais à qualidade e à dimensão dos impactos ambientais gerados durante a lavra de rochas ornamentais, ou seja, algo em torno de 2.644.444 m³ (ou 7.140 Mil toneladas).⁽⁴⁾ No caso das pedreiras de quartzito da serra do Taquaral de Ouro Preto, segundo relato dos próprios mineradores, para a produção mensal de 2003, que era de 1.500 m³, o volume total de rejeito, constituído por fragmentos de diversas granulometrias, depositados nas encostas dos morros da região era de aproximadamente 300.000 m³.

Em São Tomé das Letras, o projeto de aproveitamento racional do quartzito foi subdividido em quatro áreas de atuação: estudo de alternativas de lavra, estudo de alternativas de disposição de estéril e controle de drenagens, estudo de vegetação de pilhas de resíduos e estudo das alternativas de aproveitamento de resíduos. Os possíveis aproveitamentos dos rejeitos são agrupados em diversos subprodutos: subproduto 1 – cavaco, degrau, pavê, filete, rodapé e borda de piscina; subproduto 2 – brita e areia para construção civil e estradas e subproduto 3 – areias industriais. Hoje, vários produtores já comercializam os materiais do subproduto 1, seja com algum beneficiamento ou "in natura". Os materiais do subproduto 2, oriundos da separação e britagem do estéril, são mais factíveis de aproveitamento em curto prazo. Há uma planta piloto de beneficiamento onde se realizam testes de adequação granulométrica.⁽⁵⁾

Lima, Silva e Luz⁽³⁾ através de análises por microscopia ótica e MEV/EDS dos fragmentos e areias de amostras de quartzito da pedreira Quartzito Ouro Preto Ltda., determinaram a composição mineralógica da rocha, que é constituída por: quartzo (85%), cianita (10%), sericita (5%) rutilo e opacos (2%). Dentre os minerais opacos, foram identificados a arsenopirita, a goethita, o rutilo e o zircão. Esses mesmos

pesquisadores efetuaram estudos de caracterização química e granulométrica das areias. Através desses estudos, verificou-se a possibilidade de recuperar acima de 85% dos rejeitos descartados como areia para construção civil, cujas especificações são: teor de SiO_2 de 80%. Quanto a granulometria as mesmas se classificam em: areia grossa (2,4 mm a 4,8 mm), areia média (0,6 mm a 2,4 mm) e areia fina (0,15 mm a 0,6 mm) e para areia de fundição (teor de SiO_2 de 88 a 99%, conteúdo de umidade e argila de no máximo 0,1% e granulometria entre 20# e 200#), usando somente classificação granulométrica. Após a purificação das mesmas, utilizando separação magnética de alta intensidade e flotação foi alcançado especificações para vidro de embalagem (teores de SiO_2 , Al_2O_3 e Fe_2O_3 são de 92,76%; 3,779% e 0,127%, respectivamente e teores máximos de TiO_2 – 0,034%; CaO – 0,06%; MgO – 0,017%; K_2O – 2,734%; Na_2O – 0,114%; PPC – 0,373%).

Nesse trabalho estão apresentados os resultados de ensaios de determinação de índices físicos, resistência mecânica e britagem de fragmentos de maiores granulometrias do quartzito da pedreira Quartzito Ouro Preto Ltda, localizada na serra do Taquaral em Passagem de Mariana, que constituem rejeitos da lava e beneficiamento da rocha.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

As amostras estudadas, cerca de 400 kg, foram coletadas, de forma aleatória, nas frentes de lava, no desmonte hidráulico, no bota-fora e galpão de beneficiamento (polimento) da rocha da pedreira Quartzito Ouro Preto Ltda., cujas coordenadas geográficas são: longitude: $W43^\circ28'3,9''$ e latitude $S20^\circ22'57,7''$, que está localizada dentro da área delimitada na Figura 1 (entre os paralelos $20^\circ15'00''$ e $20^\circ31'52,5''$ e entre os meridianos $43^\circ22'30''$ e $43^\circ45'00''$), que foi objeto de estudo de Nalini Junior em 1993.⁽⁶⁾

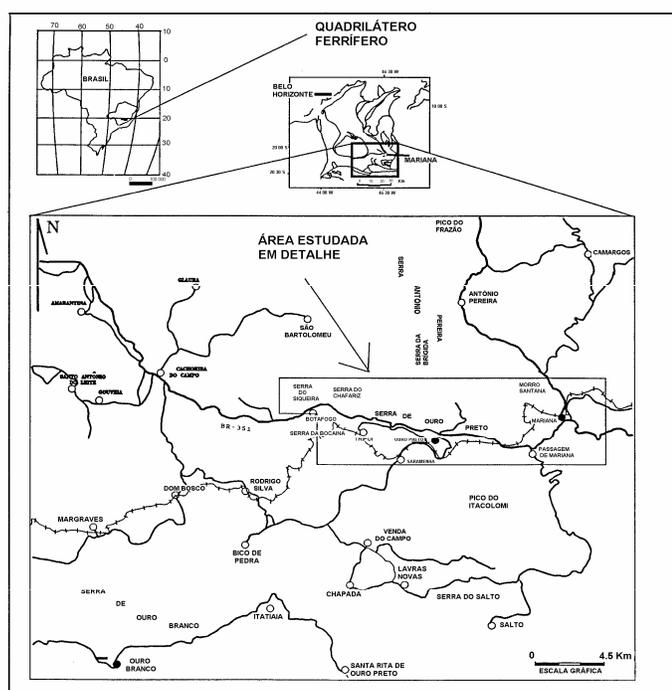


Figura 1 – Mapa de localização, mostrando as principais vias de acesso da região estudada por Nalini Jr. em 1993.⁽⁶⁾

Para os ensaios de determinação de resistência mecânica, índices físicos e de britagem, as amostras de fragmentos de quartzito foram agrupadas em quatro tipos distintos (I, II, III e IV), determinados a partir de observações visuais e com o auxílio de lupa binocular com aumento de 30 vezes levando em consideração a presença de material ferruginoso, poros e “friabilidade aparente”. Cabe ressaltar aqui, que a composição mineralógica e estudos texturais dessas amostras já haviam sido previamente efetuados pela análise de lâminas delgadas polidas dos diversos fragmentos de rocha por microscopia ótica, utilizando o microscópio petrográfico da marca Leika, modelo DMLP.

As amostras de quartzito do Grupo I possuíam maior percentual de material ferruginoso contendo bandas de óxidos/hidróxidos de ferro. Tanto as amostras do Grupo II quanto as amostras do Grupo III possuíam cores claras. Porém, as amostras do Grupo III eram visualmente mais porosas do que as amostras do Grupo II. A característica marcante das amostras do Grupo IV era a maior proporção do mineral sericita. Na Figura 2 estão apresentadas fotografias de faces características dos corpos de prova cúbicos, que foram utilizados para determinação dos índices físicos (porosidade, densidade aparente e absorção de água) e de resistência mecânica.

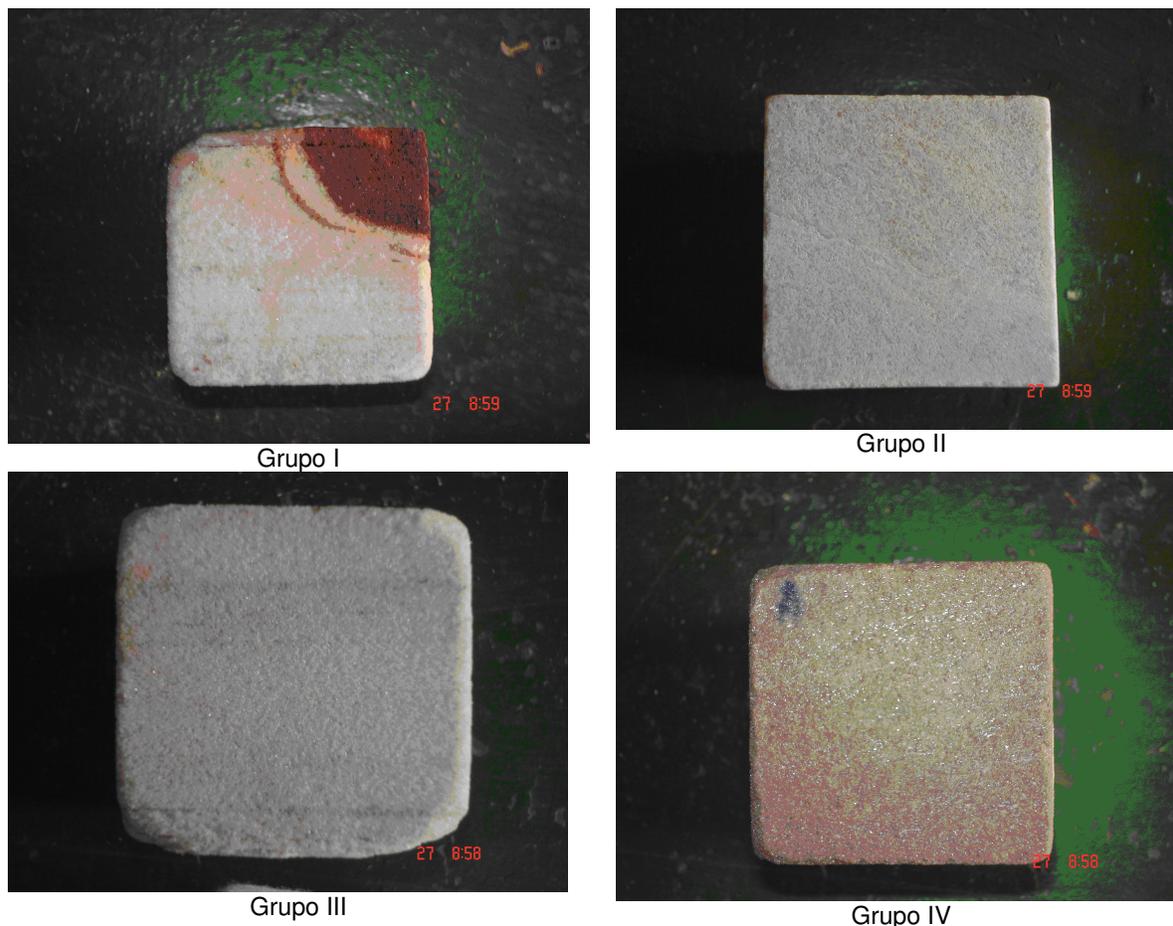


Figura 2 – Características visuais de faces dos corpos de prova das amostras de fragmento de quartzito, utilizados nos ensaios para determinação de índices físicos e mecânicos.

A determinação da resistência ao impacto, efetuada pelo esclerômetro de Schmidt, de cada tipologia de amostra estudada foi obtida pela média dos valores de leituras de sete corpos de prova. O procedimento dos ensaios consistiu em fixar o corpo de prova sobre uma mesa de madeira nivelada, com o auxílio de um torno (fixador). Em seguida, pressionava-se o martelo hidráulico do esclerômetro contra uma das faces da amostra e, após o impacto, o mesmo era travado e efetuava-se a leitura através de um dispositivo do próprio aparelho. Essas leituras foram efetuadas tanto nas faces concordante quanto nas faces discordante à lineação mineral de cada corpo de prova, obtendo vinte valores para cada face. Posteriormente, fez-se uma média de todas as leituras obtidas para cada corpo de prova analisado.

Para a determinação da dureza dos quatro grupos de amostras foi utilizado durômetro Rockwell Wolpert Dia Testor 2Rc com uma esfera penetrativa de aço temperado de $\frac{1}{2}$ polegada acoplada. Para cada grupo de amostra, foram selecionados três corpos de prova. Primeiramente, para zerar a escala do equipamento, cada corpo de prova era submetido à pré-carga de 20 kgf, que era escolhida de acordo com as características do material. Em seguida, uma alavanca era puxada de forma que a esfera penetrasse uma das faces da amostra, aplicando uma carga que era somada com a pré-carga e desta forma era fornecida a carga nominal. Da mesma forma que os ensaios de resistência ao impacto, a determinação de dureza foi efetuado nas faces concordantes e discordantes à lineação mineral de cada corpo de prova. O valor da dureza foi obtido efetuando-se a média de todas as leituras obtidas.

Para a determinação da resistência à compressão uniaxial, utilizando a prensa universal Kratos, foram ensaiadas quatro amostras de cada grupo. Primeiramente, o corpo de prova era posicionado sobre a prensa. A resistência lida no registrador do aparelho à compressão era obtida pela soma da pré-carga aplicada sobre a amostra com a carga de ruptura da mesma. Os resultados obtidos para cada grupo estudado foram representados pela média dos valores das cargas lidas para cada corpo de ensaio analisado. Nos ensaios de determinação de índices físicos, como massa específica aparente, porosidade e absorção de água aparente, foi seguida a Norma da ABNT NBR 12.766, que de forma resumida consistiu em: primeiramente cada corpo de prova cúbico (5 cm de aresta) era lavado e escovado com uma escova de cerdas rígidas para desobstruir os poros da rocha. Após a limpeza, introduzia-se o mesmo na estufa, que era ligada e regulada para atingir a temperatura de 150°C. Decorridas 24 horas, o corpo de prova era retirado e pesado (massa A). Após a pesagem, o mesmo era colocado em um recipiente de fundo retangular de altura superior às arestas do cubo e adicionava-se água até cobrir 1/3 do volume do cubo, que permanecia nessas condições durante 13 horas. Após esse tempo, era adicionada mais água no recipiente até cobrir 2/3 do volume do cubo por mais 13 horas. E finalmente, o corpo de prova era totalmente coberto com água por mais 13 horas. Após estes três períodos regulares de tempo (13 horas) o corpo de prova era retirado do recipiente e pesado (massa B). Para obtenção da massa C, cada corpo de prova foi pesado de forma submersa na água com o auxílio de um suporte de aço e um fio de nylon de massa considerada desprezível, de forma que, uma extremidade do fio ficava fixa no suporte sobre a balança e a outra prendia o corpo de prova, impedindo com que o mesmo, quando pesado, encostasse no fundo do recipiente com água. De posse desses valores efetuaram-se os cálculos dos índices físicos, cujas equações estão apresentadas abaixo:

i – Porosidade (P)

$$P (\%) = \frac{(B - A)}{(B - C)} \times 100 \quad (01)$$

ii – Absorção aparente de água (A)

$$A (\%) = \frac{(B - A)}{A} \times 100 \quad (02)$$

iii - Massa específica aparente seca (μ_{seca} em kg/m^3)

$$\mu_{seca} = \frac{A}{(B - C)} \times \gamma_a \quad (03)$$

iv - Massa específica aparente saturada ($\mu_{saturada}$ em kg/m^3)

$$\mu_{saturada} = \frac{B}{(B - C)} \times \gamma_a \quad (04)$$

Onde: γ_a é a massa específica da água

Após as determinações dos índices físicos e resistência mecânica, foram efetuados testes de britagem primária e secundária dos quatro grupos de amostras. Foram utilizados respectivamente os britadores de mandíbulas tipo Blake de abertura da boca de alimentação de 10 X 13 cm, abertura de saída na posição aberta de 1,3 cm e na posição fechada de 0,6 cm e o britador de rolos, ambos em escala de laboratório. Após cada ensaio de britagem foram retiradas alíquotas para análise granulométrica a seco para avaliar o comportamento dos diferentes grupos de amostras em relação à fragmentação. Para o produto da britagem primária foi usada a série de peneiras de 25,4 mm a 0,105 mm. No caso da britagem secundária, foi utilizada a série de peneiras de 3,36 mm a 0,074mm.

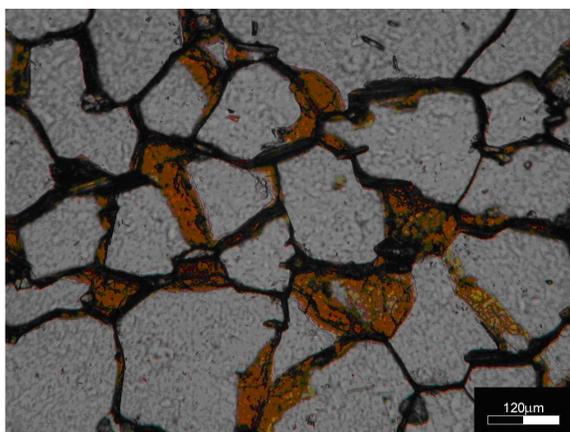
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 3 estão apresentadas fotomicrografias típicas dos quatro grupos de amostras estudadas. Microscopicamente não foi observado diferenças muito significativas em termos de minerais presentes em treze lâminas analisadas. Na fotomicrografia do Grupo I observa-se cristais de quartzo em arranjo granoblástico inequigranular, contendo impregnações de material ferruginoso. Microscopicamente, as amostras dos grupos II e III, mostraram-se bastante semelhantes, como pode ser observado pelas fotomicrografias, ambas são constituídas por cristais inequigranulares de quartzo com textura granoblástica, além do quartzo, observa-se a presença de cristais orientados de sericita. No caso do grupo IV observa-se a presença de grãos anédricos de quartzo e maior proporção de grãos de sericita com orientação preferencial dos mesmos, conferindo certa xistosidade à rocha.

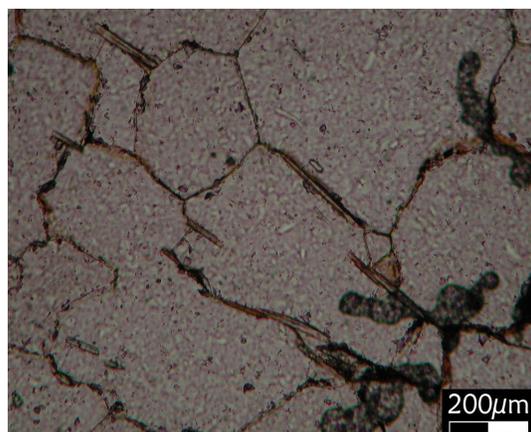
Na Tabela 1 estão apresentados os resultados dos ensaios de resistência mecânica e dos índices físicos das amostras estudadas. Observa-se uma forte relação entre a porosidade das amostras com os índices físicos: Quanto maior a porosidade, maior a absorção aparente de água, menor a massa específica aparente a seco e saturada, que também está relacionado com menores valores de resistência ao impacto, compressão uniaxial e dureza Rockwell, o que era de se

esperar. Em termos de mineralogia não há diferenças tão significativas, que justifiquem as diferenças dos valores de resistência mecânica e índices físicos encontrados e de acordo com Frazão e Paraguaçu⁽²⁾ esses valores estão relacionados com a sanidade das amostras analisadas, cuja ordem decrescente de sanidade é: Grupo II, Grupo IV, Grupo III e finalmente Grupo I, o que explica a baixa recuperação do quartzito da pedra estudada, pois somente as amostras do Grupo II, encontram-se dentro das especificações de quartzitos empregados para revestimento, exceto para o valor de compressão uniaxial (130,78 MPa), ligeiramente menor que o limite (137,9 MPa).

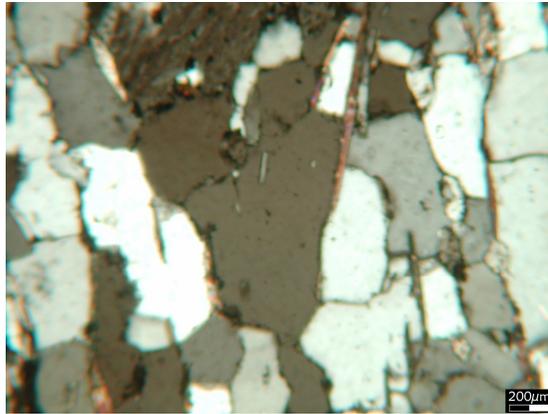
Na Figura 4 estão apresentados os resultados da análise granulométrica após os ensaios de britagem primária dos quatro grupos de amostras estudadas. Como pode ser observado pelas curvas de distribuição granulométrica da Figura 4, o produto da britagem primária das amostras do Grupo I e IV foram bem mais grosseiros do que as distribuições granulométricas das amostras dos Grupos III e II. Esses comportamentos não estão coerentes com os resultados obtidos nos ensaios físicos e mecânicos dos fragmentos analisados, pois quanto maior os valores de porosidade foram menores as resistências mecânicas. Logo, era de se esperar distribuições granulométricas mais finas para as amostras, que possuíam maiores porosidades e menores valores de resistência mecânica. Esse comportamento anômalo pode ter ocorrido em função da não uniformidade das distribuições granulométricas dos diversos grupos, alimentados no britador primário. Após a britagem secundária, as diferenças entre as distribuições granulométricas dos grupos foram menos acentuadas (Figura 5). Nesse caso, a distribuição para a faixa granulométrica abaixo de 0,2 mm para o grupo III foi ligeiramente mais grosseira que para os demais grupos (II e IV), o que é mais coerente com os resultados dos índices físicos e mecânicos obtidos anteriormente.



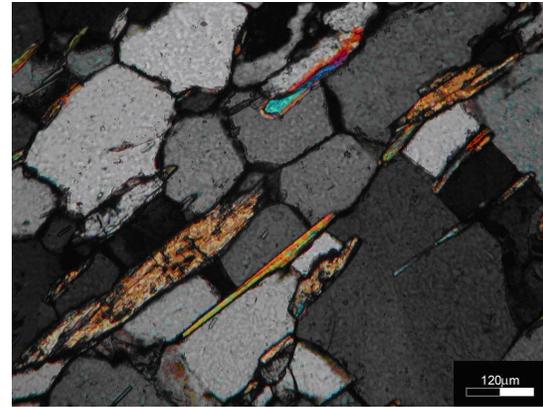
Grupo I



Grupo II



Grupo III



Grupo IV

Figura 3 – Fotomicrografias características dos grupos de amostras estudadas (Aumento de 10 vezes).

Grupo I - Grãos de quartzo com bordas recobertas por óxido de ferro, evidenciando a sua textura em mosaico (observado sob luz plano-polarizada).

Grupo II – Grãos de quartzo, evidenciando textura em mosaico e presença de alguns grãos de sericita (luz plano-polarizada).

Grupo III – Grãos de quartzo de diferentes tamanhos e alguns grãos de sericita orientados com polarizadores cruzados.

Grupo IV - Grãos de quartzo de diferentes tamanhos e grãos de sericita orientados com polarizadores cruzados.

De acordo com os estudos efetuados por Lima, Silva e Luz⁽³⁾ uma das possibilidades de aplicação dos produtos da britagem dos maiores fragmentos do quartzito da Serra de Passagem de Mariana, uma vez que os teores médios das areais eram superiores a 90%, seria a utilização dos mesmos após classificação granulométrica como areia para construção civil, areia de fundição, o que poderia ser feito mais imediatamente e após ensaios de purificação há a possibilidade de obtenção de especificações de areia para vidro de embalagem, uma vez, que as areais estudadas pelos pesquisadores eram provenientes dessa mesma rocha, o que sem dúvida alguma levaria a recuperação e reciclagem desses resíduos descartados, minorando enormemente o impacto ambiental produzido por essa atividade na região.

Tabela 1 – Valores médios de resistência mecânica e índices físicos de amostras de quartzito da pedreira Quartzito Ouro Preto Ltda.

VALORES MÉDIOS	GRUPO			
	I	II	III	IV
Resistência ao impacto (Rebote)	16,82	27,76	21,85	22,73
Dureza Rockwell	67,12	86,93	70,1	75,13
Compressão uniaxial (MPa)	19,09	130,78	43,16	52,19
Massa específica aparente seca (kg/m ³)	2496,99	2672,98	2577,53	2597,79
Massa específica aparente saturada (kg/m ³)	2582,08	2688,73	2626,29	2642,28
Porosidade (%)	8,51	1,58	4,88	4,45
Absorção aparente de água (%)	3,41	0,59	1,89	1,71

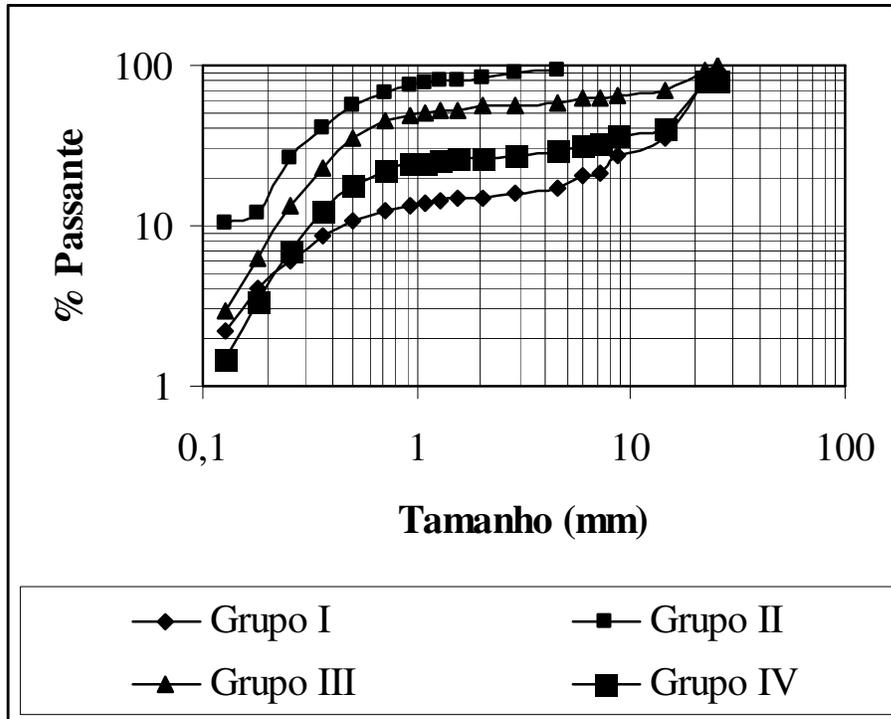


Figura 4 – Distribuição granulométrica dos grupos de amostras de quartzito da pedreira Quartzito Ouro Preto Ltda., após a britagem primária.

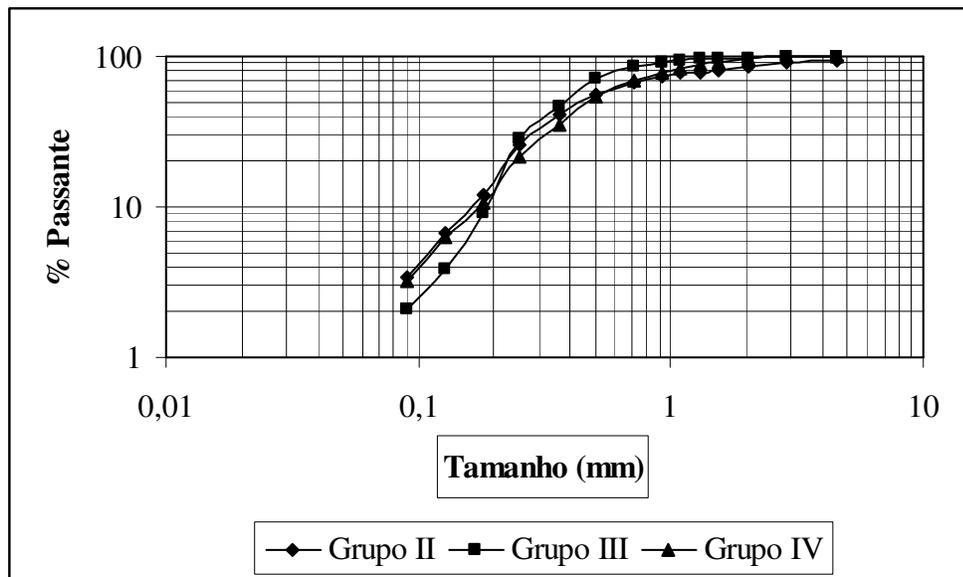


Figura 5 - Distribuição granulométrica dos grupos de amostras de quartzito da pedreira Quartzito Ouro Preto Ltda., após a britagem secundária.

4 CONCLUSÕES

Há uma relação direta entre a porosidade da rocha com os índices mecânicos e com a absorção aparente de água.

Observou-se que as massas específicas das amostras das tipologias II, III e IV, estão dentro das especificações de rochas ornamentais (massa específica $\geq 2560 \text{ kg/m}^3$).

Em termos de absorção aparente de água, somente as amostras do grupo II se encontram dentro das especificações para revestimento (absorção aparente de água $\leq 1\%$).

Pode-se afirmar que o grau decrescente de sanidade dos grupos de amostras estudadas é: II, IV, III e I.

O produto da britagem dos maiores fragmentos de quartzito estudado poderia ser aplicado como areia para construção civil, areia para fundição ou ser posteriormente purificado para adequação em termos de teores de impurezas para aplicação na fabricação de vidro de embalagem.

Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPEMIG pelo financiamento do projeto: Estudo para o Aproveitamento Econômico dos Resíduos de Pedreiras de Quartzito e pela concessão de bolsas de iniciação a um dos autores e ao Prof. Leonardo Goldefroid do DEMET/UFOP pelos ensaios de dureza e resistência uniaxial efetuados no Laboratório do DEMET, sob sua coordenação.

REFERÊNCIAS

- 1 FRASCÁ, M. H. B. O., SARTORI, P. L. P. Minerais e Rochas. In: Geologia de Engenharia. Oliveira, A. M. S., Brito, S. N. A. Editores. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia e Engenharia. 1998. 588p. Cap.2- p 15 - 38.
- 2 FRAZÃO, E. B., PARAGUAÇU, A. B. Materiais Rochosos para Construção. In: Geologia de Engenharia. Oliveira, A. M. S., Brito, S. N. A. Editores. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia e Engenharia. 1998. 588p. Cap.20- p 331-342.
- 3 LIMA, R. M. F., SILVA, A. F. S., LUZ, J. A. M. Estudos para o Aproveitamento Econômico de Resíduos de Pedreiras de Quartzito. Relatório Técnico. FAPEMIG/UFOP. 2005. 126p.
- 4 MATTA, P. M. (2003). Prospecção e Pesquisa de Rochas Ornamentais – Uma Contribuição à Produção Limpa. IV SRONE, Fortaleza, pp. 21-32.
- 5 DESCHAMPS, E.; JÚNIOR, B. M.; COSTA, C. S.; SANTOS, M. G. V.; KELLER, W. S.; FILHO, C. A. C.; DAMASCENO, M. A. P.; PINTO, C. L. L. (2002). Controle Ambiental na Mineração de Quartzito – Pedra São Tomé. Segrac Editora e Gráfica Ltda. Belo Horizonte. 204 p.
- 6 NALINI JÚNIOR, H. A. Análise Estrutural Descritiva e Cinemática do Flanco Sul e Terminação Periclinal do Anticlinal de Mariana e Adjacências, Região sudeste do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil – Dissertação de mestrado. UFMG. 1993. 131p.
- 7 _____ (1992). Rochas para Revestimento – Determinação da Massa Específica Aparente, Porosidade Aparente e Absorção de Água Aparente (NBR12.766), ABNT, Rio de Janeiro, 2p.