

**ESTUDO DA INFLUÊNCIA DE ALGUMAS VARIÁVEIS NA
DETERMINAÇÃO DE PROPRIEDADES FÍSICAS DE ROCHAS
ORNAMENTAIS PARA O PROJETO DE NORMA INTERNACIONAL.**

**STUDY ON THE INFLUENCE OF SOME VARIABLES ON DETERMINING
THE PHYSICAL PROPERTIES OF NATURAL STONES FOR THE
INTERNATIONAL STANDARD PROJECT.**

Andrew Christian Oliveira dos Santos

Aluno de Graduação em Geologia, 5º período, Universidade Federal do Rio de Janeiro
Período PIBITI/CETEM: outubro de 2022 a agosto de 2023
andrew-santos@live.com

Nuria Fernández Castro

Orientadora, Eng. de Minas, M.Sc.
ncastro@cetem.gov.br

RESUMO

O método de ensaio para a determinação de densidade aparente, porosidade aparente e absorção de água de rochas ornamentais é um ensaio bem estabelecido nas normas de muitos países, motivo pelo qual está sendo desenvolvida uma norma internacional, dentro do Comitê ISO TC327, no qual o CETEM participa. Para auxiliar o desenvolvimento dessa norma, que busca simplificar alguns requisitos de forma agilizar o fluxo de trabalho nos laboratórios, neste estudo, foram executados consecutivos ensaios para determinar a densidade aparente, porosidade aparente e absorção de água em sete tipos de rochas comercializadas pelo Brasil alterando a temperatura de secagem e o tempo de saturação a cada teste. As diferenças encontradas nos valores obtidos não apresentam significância estatística, com o qual, a confirmação dos resultados aqui alcançados permitiria a flexibilização do período necessário para a saturação das amostras e a manutenção da temperatura de secagem em vigor em muitos países, 70° C, sem necessidade de reduzi-la para se evitar possíveis alterações na pedra por causa da temperatura. No entanto as rochas utilizadas apresentam baixa porosidade e pode haver alterações que, pela sensibilidade do método, não sejam detectadas, sugerindo-se ampliar o estudo.

Palavras-chave: rochas ornamentais, caracterização, propriedades físicas.

ABSTRACT

The test method for determining the apparent density, apparent porosity and water absorption of dimension stones is well-established in the standards of many countries. Therefore, the ISO TC327 Committee, where CETEM participates, is developing an international standard for that test method. Supporting the development of this standard, which seeks to simplify some requirements in order to streamline the workflow in the laboratories, in this study, consecutive tests were performed to determine the apparent density, apparent porosity and water absorption in seven types of rocks commercialized in Brazil, changing drying temperature and saturation time for each test. The differences found in the values obtained do not present statistical significance. That means that the confirmation of the results achieved here would allow the flexibility of the period necessary for the saturation of the samples and the maintenance of the drying temperature specified in many countries, 70° C, without the need to reduce it to avoid possible changes in the stone due to temperature. However, the rocks used have low porosity, and there may be alterations that are not detected due to the method's sensitivity. It is suggested then the continuance of the study including more stones variety.

Keywords: natural stones, characterization, physical properties.

1. INTRODUÇÃO

As rochas ornamentais são rochas extraídas dos maciços, cortadas e trabalhadas para servirem de elementos de construção e ornamentação. De acordo à NBR 15012 (ABNT, 2013), rocha ornamental é "material pétreo natural, utilizado em revestimentos internos e externos, estruturas, elementos de composição arquitetônica, decoração, mobiliário e arte funerária". Essa definição abrange todas as rochas naturais utilizadas na arquitetura, urbanismo, escultura, mobiliário e decoração, em qualquer função.

O mercado de rochas ornamentais é principalmente regido pela estética de seus produtos. No entanto, esses materiais de construção devem se adequar a exigências de qualidade com o fim de garantir segurança e durabilidade em sua utilização. A competitividade das rochas brasileiras depende, dentre outras coisas, da existência de avaliação da conformidade de acordo à procedimentos de caracterização de seus produtos estabelecidos em normativas. Com esse intuito, em 2012 e com financiamento do projeto ABNT-ROCHAS da FINEP, foi criada a Comissão Especial de Estudo de Rochas Ornamentais da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT-CEE 187, que vem desenvolvendo e publicando normas para o setor desde então, com participação ativa do CETEM.

O CETEM é o representante da área técnica brasileira dentro do comitê ISO TC327 de rochas ornamentais que iniciou seus trabalhos com as normas de “Terminologia” e de “Método de ensaio para a determinação de densidade aparente, porosidade aparente e absorção de água”. Este último é um ensaio bem estabelecido nas normas de diversos países, incluindo o Brasil, que orienta na determinação das propriedades acima pelo método gravimétrico, mediante saturação das amostras em água por 48h e secagem por 24h a 70° (ABNT, 2015). Com o intuito de simplificar ainda alguns requisitos da norma de forma agilizar o fluxo de trabalho nos laboratórios, decidiu-se, em reunião do grupo de trabalho de métodos de ensaio, avaliar a possibilidade de se estender o tempo de saturação para mais de 48h, o que permitiria que a saturação fosse completada durante finais de semana. Outra variável que se decidiu estudar foi a influência da temperatura de secagem, pois para alguns materiais, a definida no ensaio poderia alterar os parâmetros sendo determinados. Para isso, deveria ser realizada uma bateria de ensaios com diferentes tipos de rochas.

2. OBJETIVO

Comparar os valores de densidade e porosidade aparentes e absorção de água de rochas ornamentais, obtidos de acordo aos procedimentos da proposta de norma ISO TC327, variando o tempo de saturação e a temperatura de secagem e dos corpos de prova.

3. METODOLOGIA

Para a realização dos ensaios foram fornecidos pelo CETEM seis corpos de prova cúbicos, de 5 a 7 cm de lado de sete rochas distintas (Figura 1): dois mármores (575-MAR: calcita dolomita mármore, coloração branca acinzentada com bandas acinzentadas e granulometria de fina à grossa; e 644-MAR: quartzo calcita dolomita mármore, coloração branca com linhas pretas e granulometria fina), dois quartzitos (577-QTZ: coloração cinza com fraturas e granulometria fina; e 580-QTZ: coloração branca e granulometria fina), um calcário (579-CAL: coloração branca com bioclastos e granulação fina), um metarenito (581-MET: coloração marrom e granulometria fina e um biotita-gnaiss, descritos a seguir.; dois quartzitos: ; um calcário ; um metarenito:581) e um biotita-gnaiss (696-GNS: coloração cinza com bandas de biotita e veios de quartzo). Foram realizados seis ensaios para cada tipo de amostra, de acordo com os métodos propostos na NBR 15845-2, Rochas para revestimento – Parte 2: Determinação da densidade aparente, da porosidade aparente e da absorção d’água (ABNT, 2015); quatro correspondentes a tempo de saturação de acordo à norma (48h) e temperaturas de secagem de 40°C, 50°C, 60°C e 70°C e dois com tempo de saturação de 72h e 96h para a temperatura de secagem de 40° C. Os ensaios foram executados sucessivamente em todos os seis corpos de prova de cada tipo de rocha.

Os dados obtidos foram analisados estatisticamente, buscando diferenças entre os grupos correspondentes a cada amostra, por meio de análise de variâncias, ANOVA (KIM, 2014).



Figura 1: Amostras utilizadas, com a numeração correspondente.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos são mostrados na tabela 1. Pode-se observar que não há diferença entre os resultados utilizando-se diferentes tempos de saturação e temperatura de secagem para as amostras analisadas. A análise estatística comprovou que não há diferença significativa, pois para todos os materiais analisados, a variação dentro dos grupos é maior que a variação entre os grupos, ou seja, a variabilidade natural das rochas afeta mais os resultados que as modificações da temperatura e tempo de saturação.

A maioria das rochas estudadas são compactas e apresentam baixa porosidade, com valores inferiores a 1%, com o qual poderia haver diferenças nos resultados não percebidas, ficando dentro da margem de erro do método e equipamentos utilizados (balança de resolução 0,01g). Por exemplo, valores de porosidade e absorção medidos no Núcleo Regional do Espírito Santo do CETEM, nos mesmos materiais apresentam diferenças maiores do que as observadas neste trabalho (Figura 2). Outra observação sobre o procedimento de ensaio, apesar de não ser significativa estatisticamente, foi a redução, na maioria dos casos, da porosidade aparente e absorção de água com o aumento do tempo de saturação. Em casos de rochas de baixa porosidade, para poder se verificar esse efeito, a resolução do equipamento de pesagem deveria ser maior, o que na prática, implicaria em menor capacidade de carga e, em consequência a redução do tamanho das amostras. Porém, não se percebe nenhuma vantagem prática nessa mudança, já que se trata de um ensaio de rotina, exigido para as rochas ornamentais e cujo resultado serve para garantir uma qualidade mínima desse material de construção e orientar o consumidor quanto ao melhor uso da pedra. Mesmo assim, para fins acadêmicos, foi dado início a um novo estudo com amostras menores e equipamento de maior resolução.

Para resultados mais abrangentes sugere-se continuar a pesquisa com outros litotipos de características variadas, principalmente rochas que possuem porosidade e absorção d'água mais elevadas e fazer mais testes em função do tempo de saturação.

5. CONCLUSÕES

Neste trabalho, diferentes tempos de saturação e a temperaturas de secagem do ensaio de determinação de densidade aparente, porosidade aparente e absorção de água foram utilizados em seis tipos de rochas ornamentais comerciais brasileiras com a finalidade de observar sua influência nos resultados das determinações. Estatisticamente, não se pode afirmar que houve diferenças entre os valores obtidos.

Tabela 1: Resultados obtidos das análises dos índices físicos (ρ_a - Densidade aparente, η_a - Porosidade aparente, a.a. -Absorção d'água).

Amostra Propriedades	40-48h	40-72h	40-96h	50-48h	60-48h	70-48h
575 – QTZ						
ρ_a (kg/cm ³)	2.829 ± 13	2.831 ± 13	2.829 ± 14	2.830 ± 13	2.829 ± 13	2.831 ± 14
η_a (%)	0,29 ± 0,05	0,25 ± 0,01	0,29 ± 0,04	0,30 ± 0,02	0,31 ± 0,02	0,32 ± 0,04
a.a. (%)	0,10 ± 0,02	0,09 ± 0,02	0,10 ± 0,02	0,11 ± 0,02	0,11 ± 0,02	0,11 ± 0,02
577 – QTZ						
ρ_a (kg/cm ³)	2.642 ± 5	2.644 ± 4	2.643 ± 4	2.642 ± 5	2.642 ± 4	2.644 ± 5
η_a (%)	0,30 ± 0,10	0,26 ± 0,07	0,27 ± 0,07	0,31 ± 0,11	0,32 ± 0,08	0,28 ± 0,07
a.a. (%)	0,11 ± 0,04	0,10 ± 0,03	0,10 ± 0,03	0,12 ± 0,04	0,12 ± 0,03	0,11 ± 0,03
579-CAL						
ρ_a (kg/cm ³)	2.421 ± 16	2.429 ± 19	2.428 ± 17	2.420 ± 17	2.418 ± 17	2.420 ± 17
η_a (%)	9,89 ± 0,60	9,40 ± 0,83	9,37 ± 0,78	9,99 ± 0,62	10,08 ± 0,65	10,08 ± 0,66
a.a. (%)	4,09 ± 0,28	3,87 ± 0,37	3,86 ± 0,35	4,13 ± 0,29	4,17 ± 0,30	4,17 ± 0,30
580-QTZ						
ρ_a (kg/cm ³)	2.633 ± 3	2.631 ± 3	2.632 ± 3	2.632 ± 3	2.633 ± 4	2.633 ± 3
η_a (%)	0,53 ± 0,09	0,60 ± 0,08	0,55 ± 0,10	0,58 ± 0,10	0,54 ± 0,11	0,57 ± 0,09
a.a. (%)	0,20 ± 0,04	0,23 ± 0,03	0,21 ± 0,04	0,22 ± 0,04	0,21 ± 0,04	0,22 ± 0,03
581-MET						
ρ_a (kg/cm ³)	2.645 ± 5	2.644 ± 25	2.644 ± 4	2.645 ± 5	2.644 ± 5	2.667 ± 46
η_a (%)	0,41 ± 0,02	0,37 ± 0,04	0,37 ± 0,02	0,42 ± 0,03	0,40 ± 0,02	0,42 ± 0,03
a.a. (%)	0,15 ± 0,01	0,14 ± 0,01	0,14 ± 0,01	0,16 ± 0,01	0,15 ± 0,01	0,16 ± 0,01
644-MAR						
ρ_a (kg/cm ³)	2.836 ± 47	2.857 ± 5	2.827 ± 70	2.854 ± 7	2.838 ± 43	2.856 ± 7
η_a (%)	0,57 ± 0,08	0,47 ± 0,10	0,53 ± 0,09	0,60 ± 0,06	0,60 ± 0,09	0,59 ± 0,11
a.a. (%)	0,20 ± 0,03	0,16 ± 0,03	0,19 ± 0,03	0,21 ± 0,02	0,21 ± 0,03	0,21 ± 0,04
696-GNS						
ρ_a (kg/cm ³)	2.754 ± 26	2.755 ± 26	2.753 ± 27	2.754 ± 26	2.754 ± 26	2.756 ± 26
η_a (%)	0,58 ± 0,02	0,55 ± 0,04	0,60 ± 0,05	0,63 ± 0,05	0,65 ± 0,04	0,64 ± 0,04
a.a. (%)	0,21 ± 0,01	0,20 ± 0,01	0,22 ± 0,02	0,23 ± 0,02	0,24 ± 0,02	0,23 ± 0,02

Densidade Aparente (kg/m³)/Temperatura de Secagem-Tempo de Saturação

Porosidade Aparente (%) / Temperatura de Secagem-Tempo de Saturação

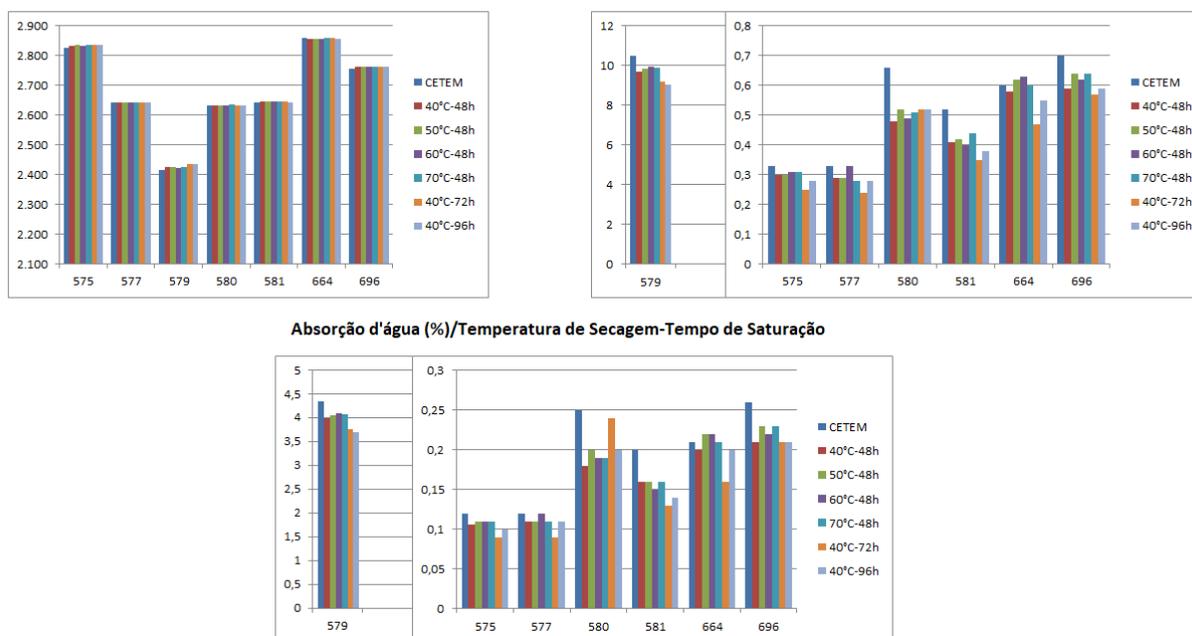


Figura 2: Gráficos dos índices físicos dos conjuntos das amostras de acordo com a temperatura e o tempo de saturação.

No entanto, tendo em vista que as rochas testadas possuem baixa porosidade, o método utilizado pode ter tido uma baixa sensibilidade para perceber pequenas alterações; sabendo que os índices físicos são obtidos, de forma indireta, através das massas seca, saturada e úmida das rochas, a resolução da balança de pesagem pode ser insuficiente para verificar essa suposição. Este resultado indica que há a possibilidade de flexibilizar os ensaios de índices físicos das rochas em relação ao tempo de saturação sem correr o risco de comprometer as análises e quanto à temperatura de secagem, nas amostras analisadas os valores obtidos não apresentaram alterações, com o qual não seria necessário reduzir a temperatura de secagem. Porém trata -se, em sua maioria de rochas de baixa porosidade, para confirmar este resultado seria necessário ampliar o estudo com outros tipos de rochas de porosidade mais alta.

6. AGRADECIMENTOS

Ao Centro de Tecnologia Mineral (CETEM) pela infraestrutura, ao CNPq pelo apoio financeiro e aos integrantes do LACON, em especial ao Técnico Bruno Piacesse e à orientadora, pela parceira neste estudo.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 15012:2013**. Rochas para revestimento – Terminologia. Rio de Janeiro.

_____ - ABNT. NBR 15485-2:2015. Rochas para revestimento – Métodos de Ensaio. Densidade aparente, porosidade aparente e absorção de água. Rio de Janeiro.

KIM,H.Y;2014. Analysis of variance (ANOVA) comparing means of more than two groups, Restorative Dentistry & Endodontics 2014; 39(1): 74-77. Disponível em: <https://rde.ac/DOIx.php?id=10.5395/rde.2014.39.1.74>