

## CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA EM QUARTZITOS TRATADOS COM HIDRORREPELENTES

### *TECHNOLOGICAL CHARACTERIZATION IN QUARTZITES TREATED WITH WATER REPELLENTS*

<sup>1</sup>Carlos Henrique Wingler Garcia.

<sup>2</sup>Lilian Gabriella Batista Gonçalves de Freitas.

<sup>1</sup>Instituto Federal do Espírito Santo – Campus Cachoeiro, Rodovia ES-482, Fazenda Morro Grande, Cachoeiro de Itapemirim - ES, 29311-970, Brasil. E-mail: (henrique.wingler@gmail.com).

<sup>2</sup>Instituto Federal do Espírito Santo – Campus Cachoeiro, Rodovia ES-482, Fazenda Morro Grande, Cachoeiro de Itapemirim - ES, 29311-970, Brasil. E-mail: (lilian.freitas@ifes.edu.br).

Artigo submetido em 22/09/2023, aceito em 11/03/2023 e publicado em 30/04/2023.

**Resumo:** As rochas compõem a maior parte do nosso planeta, apresentando composições variadas, com textura e estruturas bem definidas, algumas, devido padrão estético, são usadas como revestimento na construção civil. A água é o maior agente intempérico das rochas ornamentais, e está presente em todos os ambientes, quando em contato com as rochas, causa grandes prejuízos estéticos na construção civil. Em virtude das patologias oriundas da percolação da água nas rochas, este estudo avalia a eficácia na impermeabilização de amostras do quartzito, proveniente da região de Seabra na Bahia, denominado comercialmente como Kalahari, que tem grande índice de absorção de água. Busca-se avaliar a eficácia na impermeabilização com produtos protetivos hidrorrepelentes, a base de silano, comercializados no setor de rochas ornamentais. Para isso, foram consideradas as informações petrográficas como índices físicos, textura e estrutura, associados a métodos de aplicação por submersão com e sem auxílio de bomba a vácuo. Ao final do processo de impermeabilização das amostras, foram realizados ensaios de índices físicos novamente, para mensurar o processo de impermeabilização mais eficaz. Os resultados dos ensaios demonstram uma eficiência média de 45% na impermeabilização das amostras de rocha em apenas uma aplicação, o que é bastante representativo. Quanto ao ensaio usando método a vácuo a diferença foi de 10% a mais de absorção. Como o processo de impermeabilização por submersão é mais prático ele se mostrou mais interessante para uso industrial, porém através do uso de bomba a vácuo pode ser possível reduzir o tempo de tratamento mantendo a mesma eficácia.

**Palavras-chave:** Rochas ornamentais; Hidrofugante; Hidrorrepelentes; Silano; Caracterização tecnológica.

**Abstract:** Rocks make up most of our planet, with varied compositions, with texture and well-defined structures, some, due to aesthetic standards, are used as coatings in civil construction. Water is the greatest weathering agent of ornamental rocks, and is present in all environments, when in contact with rocks, it causes great aesthetic damage in civil construction. Due to the pathologies arising from the percolation of water in the rocks, this study evaluates the effectiveness in waterproofing samples of quartzite, from the Seabra region in Bahia, commercially known as Kalahari, which has a high water

absorption rate. It seeks to evaluate the effectiveness of waterproofing with water-repellent protective products, based on silane, commercialized in the dimension stone sector. For this, petrographic information such as physical indices, texture and structure, associated with application methods by submersion with and without the aid of a vacuum pump were considered. At the end of the waterproofing process of the samples, tests of physical indices were performed again, to measure the most effective waterproofing process. The test results demonstrate an average efficiency of 45% in the waterproofing of rock samples in just one application, which is quite representative. As for the test using the vacuum method, the difference was 10% more absorption. As the waterproofing process by submersion is more practical, it proved to be more interesting for industrial use, but through the use of a vacuum pump it may be possible to reduce the treatment time while maintaining the same effectiveness.

**Keywords: Ornamental rocks; Water repellents; Silane; Technological characterization.**

## 1 INTRODUÇÃO

O objetivo deste trabalho é apresentar resultados comparativos de dois métodos de aplicação de impermeabilizantes em amostras de rochas ornamentais, usando processos de aplicação por submersão das amostras no líquido impermeabilizante, e por submersão com auxílio de bomba a vácuo. Usou-se como referência para os ensaios as normas NBR 15845-1 - ABNT 07/2015 (ROCHAS PARA REVESTIMENTO – ANÁLISE PETROGRÁFICA); NBR 15845-2 - ABNT, 07/2015 (ROCHAS PARA REVESTIMENTO – INDÍCES FÍSICOS);

As rochas são usadas por milhares de anos pela civilização humana, sendo inicialmente usadas de forma estrutural na construção de muros, pontes e paredes, geralmente na sua forma mais bruta. Após o surgimento de técnicas de beneficiamento e equipamentos capazes de desdobrar os blocos em placas, expandiu seu uso na forma de revestimento.

Embora existam diversas tipologias de rochas distintas como ardósias, arenitos, quartzitos, gabros, pegmatitos etc, comercialmente, as rochas ornamentais e de revestimento são classificadas em granitos (rochas silicáticas) e mármore (rochas carbonatadas). (VIDAL, 2002).

Cada tipologia de rocha tem característica peculiar, o que garante maior ou menor resistência física e mecânica. Conhecer essas características e o ambiente em que será aplicada, é o que vai definir a

durabilidade e integridade das placas de revestimento.

Órgãos nacionais como Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT e internacionais como *American Society for Testing and Materials* – ASTM, estabelecem parâmetros mínimos de resistência para as rochas, no intuito de garantir que as mesmas tenham aplicação segura e com qualidade. O mercado consumidor exige cada vez mais que os materiais tenham uma qualidade superior, equiparando sua resistência física e mecânica a dos materiais sintéticos.

Para garantir que as rochas atendam aos requisitos mínimos exigidos na construção civil, ensaios de caracterização tecnológica são realizados na fase de pesquisa mineral, que antecede o desenvolvimento da atividade mineira. Nos ensaios as rochas são testadas fisicamente em ensaios de absorção de água, porosidade, massa específica, mecanicamente em ensaios de resistência a flexão, impacto, tração, abrasão e quimicamente em ensaios de manchamento dentre outros. Apesar de tanto, muito se tem a saber, das melhorias físicas e estruturais, adquiridas pelas rochas após passarem por vários processos de beneficiamento como, desoxidação, resinagem, telagem e de impermeabilização com hidrorrepelentes, por exemplo.

O quartzito chamado comercialmente de Kalahari, devido a elevada porosidade natural, apresenta alto grau de absorção, gerando transtornos devido manchas que surgem quando em contato com a água. Com a utilização de impermeabilizante em várias

etapas do processo de beneficiamento de chapas e ladrilhos, foi possível diminuir este problema, o que viabilizou a comercialização e uso do mesmo pelo setor da construção civil como revestimento.

Embora a melhora no índice de absorção seja significativa, o método de aplicação convencional, aplicando uma camada superficial com rolo de lã, ainda não se mostrou 100% eficaz, necessitando assim, de um estudo mais profundo de outras formas de aplicação.

Objetiva-se melhorar a resistência a absorção de água, garantindo que, ao ser assentado ou mesmo usado como forma de objeto de decoração, não haja risco de aparecer manchas devido à absorção de qualquer fluido, em especial a água, que é mais comum em todos ambientes. Do mesmo modo, almeja-se contribuir para atender os anseios do mercado de rochas ornamentais, mostrando o quanto mais resistente à percolação de fluidos, se tornou as placas de rochas ornamentais, ampliando seu campo de aplicação.

Algumas dúvidas ainda carecem de estudos e comprovação como por exemplo a quantidade de aplicações necessárias por tipo de material, qual a etapa do processo de beneficiamento da chapa aplicar, qual método de aplicação usar, qual o tempo de cura e temperatura ideal para melhor eficácia no resultado final.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

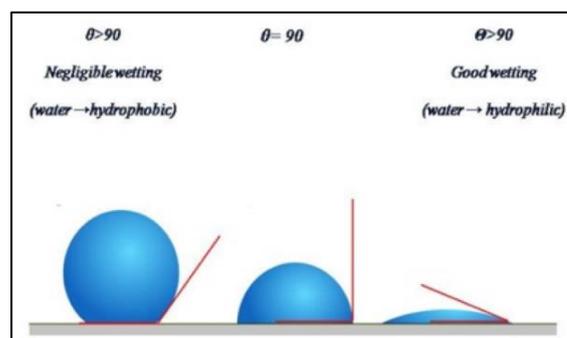
O intemperismo é o nome dado aos processos físicos, químicos e biológicos que decompõem a rocha e o principal agente intempérico é a água, o processo de absorção da água se dá através do contato direto durante eventuais chuvas, por capilaridade e/ou através das partículas presentes no ar. (BARBUTTI et al, 2014).

De acordo com a estrutura e textura das rochas para poder aplicá-las em determinados ambientes é essencial corrigir algumas características que facilitam a

absorção de água. Sendo assim é imprescindível o desenvolvimento de um produto que atue como um protetivo para a rocha, uma vez que a característica fundamental deste protetivo é tornar a superfície da rocha hidrofóbica, e, além disso, ser também capaz de diminuir drasticamente o desgaste natural do mineral sem alterar as suas características físicas. (CAMPOS, 2017).

O termo hidrofobicidade significa medo de água ou repulsa pela água. O ângulo de contato da interface sólido-líquido é o principal parâmetro para determinar a hidrofobicidade da superfície. Quanto maior o ângulo de contato, menor o contato da gota de água com a superfície, maior é a hidrofobicidade da superfície. Quando a gota em contato a superfície forma ângulo de contato superior a 90 graus tem-se uma superfície 'hidrofóbica', aquelas com menos de 90 graus são denominadas 'hidrofílicas', quando o ângulo de contato é superior a 170 graus. Esse tipo de superfície é chamado de 'super-hidrofóbico'. (FIOROTTO, 2022).

Figura 1: Ângulo de contato da gota de água com a superfície



Fonte: (Fiorotto, 2022)

Existem diferentes tipos de agentes repelentes de água, como compostos de silício, compostos de metal ou materiais orgânicos. Recentemente, agentes baseados em nanotecnologia também foram desenvolvidos. De todos os agentes comercialmente disponíveis, os produtos com silício são os mais populares, com mais de 80% de participação no mercado. Todos eles contêm um esqueleto de silício-

oxigênio, mas são frequentemente agrupados em silanos, siloxanos e resinas de silício, diferindo em suas estruturas moleculares específicas. (FENG, JANSSEN, 2021).

A empresa multinacional Dow Corning, especializada em silicone e tecnologia à base de silício, foi pioneira no desenvolvimento da tecnologia de organossilanos há mais de 50 anos. Posteriormente outras aplicações para os organossilanos foram descobertas, por exemplo: no tratamento mineral e de enchimento para reforço de compósitos, adesão de tintas, desenvolvimento de hidrorrepelentes e proteção de superfícies. (CAMPOS, 2017).

Produtos desenvolvidos à base de água tem maior tensão superficial que outros a base de solventes e por consequência, menores tensões superficiais e tendem a promover melhores interações com as superfícies minerais, devido a um maior espalhamento que eleva a probabilidade de interação entre o composto químico ativo e a superfície a ser preservada. (BARBUTTI, SILVA, 2015).

Estudos de Barbutti e Ribeiro (2014) já apontavam que os minerais, mica e calcita, apresentavam melhores desempenhos de adsorção com alguns protetivos. O melhor desempenho da mica na adsorção pode ser explicado pelo fato dela ser um filossilicato, com uma estrutura lamelar, facilitando a interação com os protetivos por meio das interações entre silício, alumínio e ferro. Sua estrutura deixa os hidrogênios dispostos nas extremidades, enquanto os oxigênios ficam no interior das lamelas, interagindo entre si por interações eletrostáticas. A calcita, aparentemente apresenta uma boa interação com os protetivos, pois os pares de elétrons livres dos oxigênios dos carbonatos favorecem a interação com os protetivos. (BARBUTTI, SILVA, 2015).

A melhor adesão e capilaridade no tratamento de conservação por impregnação se dá em materiais pétreos sem a presença de sais nos poros, sendo a salinidade um agente muito agressivo para os diversos tipos de

rochas, pois destroem os materiais pétreos com a cristalização de sais. (OLIVEIRA, AVELLAR, 2014).

Devido a presença de sais, muitos estudos de pesquisa de restauração usando impermeabilizante em revestimentos de edificações antigas e monumentos históricos tem fracassado, pois como os poros estão preenchidos não é possível a penetração do impermeabilizante.

### 3 PROCESSOS METODOLÓGICOS/ MATERIAIS E MÉTODOS

Para poder avaliar o melhor método de impermeabilização, foi necessário antes, fazer dois ensaios de índices físicos, nos quais foi possível determinar a densidade aparente, porosidade aparente e a absorção de água. Inicialmente, foi selecionada uma amostra do quartzito, comercialmente denominado de Kalahari. O material é uma rocha metamórfica, de cor branca, apresenta baixo grau de alteração intempérica com textura granoblástica equigranular, granulação fina variando de 0,12 a 0,8 milímetros e estrutura maciça. A composição mineralógica é de 90% quartzo, 10% de sericita e minerais opacos como acessórios. A rocha não apresenta fratura transgranular e intragranular.

Figura 2: Chapa do quartzito Kalahari polido



Fonte: Autor.

#### Procedimentos de ensaio de índices físicos usados:

Foram utilizados 20 corpos de prova de dimensões aproximadas de 5 x 5 x 5cm

cada e realizados 2 ensaios de índices físicos conforme a norma 15845-2 - ABNT, 07/2015, sendo que um ensaio foi com as amostras in natura, e o outro ensaio após passarem pelo processo de impermeabilização. As amostras numeradas na cor azul chamadas daqui em diante de Amostra 1 foram submetidas ao processo de impermeabilização por submersão e as amostras numeradas de cor vermelha, chamadas daqui em diante de Amostra 2 foram submetidas ao tratamento a vácuo.

O produto impermeabilizante escolhido é composto por silano tendo como base de dissolução a água.

Figura 3: Amostras usadas no ensaio de absorção por capilaridade.



Fonte: Autor.

Na figura abaixo é possível ver um lote de 10 amostras acomodadas em recipiente plástico onde foi adicionado o produto impermeabilizante a base de água e silanos, permanecendo submersas por 60 horas.

Figura 4: Amostras impermeabilizadas pelo processo de submersão.



Fonte: Autor.

Na figura a seguir outro lote de 10 amostras foram reservadas em um recipiente plástico, foi adicionado o produto impermeabilizante, permanecendo sob a ação constante de bomba de vácuo a - 0,95 bar de pressão por 60 horas.

Figura 5: Desenho esquemático do processo de impermeabilização à vácuo.



Fonte: Autor.

Após impermeabilizadas os corpos de prova foram dispostos na bandeja e levados para estufa à  $(70 \pm 5)^\circ\text{C}$  por, 4 horas para a secagem do produto impermeabilizante, processo chamado de cura.

Figura 6: Corpos de prova em processo de secagem.



Fonte: Autor.

Depois de secas as amostras passaram por todo processo de ensaio de índices físicos para avaliação do efeito da impermeabilização.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A NBR 15845-2 - ABNT, 07/2015 estabelece alguns requisitos para granitos que são aplicados consensualmente para outros tipos rochosos e usados como base para essa pesquisa, como densidade aparente mínima de 2550 kg/m<sup>3</sup>, porosidade aparente máxima de 1% e absorção d'água máxima de 0,4%.

Os resultados obtidos constam nas tabelas 1 a 4. Na figura 2, está ilustrado graficamente a comparação entre a absorção de água identificada em cada etapa do ensaio.

Tabela 1: Resultado da absorção de água por capilaridade, amostra 1, sem tratamento.

Corpo de prova	Densidade	Porosidade	Absorção d'água
Número	(Kg /m <sup>3</sup> )	%	%
1	2641,05	0,63	0,24
2	2648,03	0,59	0,22
3	2657,52	0,39	0,15
4	2659,85	0,40	0,15
5	2660,72	0,39	0,15
6	2671,51	0,43	0,16
7	2668,84	0,37	0,14
8	2659,37	0,36	0,14
9	2661,56	0,36	0,14
10	2666,04	0,40	0,15
<b>Média</b>	<b>2659,45</b>	<b>0,43</b>	<b>0,16</b>
<b>Desvio Padrão</b>	<b>162,17</b>	<b>2,07</b>	<b>1,27</b>
<b>Coef. Variação</b>	<b>0,06</b>	<b>4,78</b>	<b>7,79</b>

Fonte: Autor.

Na tabela 1 o resultado médio do ensaio feito com as 10 amostras brutas sem tratamento, indicam densidade aparente de 2659,45kg/m<sup>3</sup>, porosidade média de 0,43%, absorção de 0,16% valores que estão de acordo com os limites das normas.

Tabela 2: Resultado da absorção de água por capilaridade, amostra 2, sem tratamento.

Corpo de prova	Densidade	Porosidade	Absorção d'água
Número	(Kg /m <sup>3</sup> )	%	%
1	2657,68	0,35	0,13
2	2673,02	0,41	0,15
3	2656,53	0,44	0,17
4	2654,08	0,42	0,16
5	2660,25	0,43	0,16
6	2658,57	0,41	0,15
7	2656,87	0,42	0,16
8	2648,93	0,45	0,17
9	2662,28	0,39	0,15
10	2652,57	0,41	0,15
<b>Média</b>	<b>2658,08</b>	<b>0,41</b>	<b>0,15</b>
<b>Desvio Padrão</b>	<b>162,13</b>	<b>2,02</b>	<b>1,24</b>
<b>Coef. Variação</b>	<b>0,06</b>	<b>4,90</b>	<b>7,99</b>

Fonte: Autor.

Na tabela 2 os resultados médios dos ensaios feitos com as 10 amostras brutas sem tratamento indicam densidade aparente de 2658,08kg/m<sup>3</sup>, porosidade média de 0,41%, absorção de 0,15% valores que estão de acordo com os limites das normas.

Tabela 3: Resultado da absorção de água por capilaridade, amostra 1, tratadas sem vácuo.

Corpo de prova	Densidade	Porosidade	Absorção d'água
Número	(Kg /m <sup>3</sup> )	%	%
1	2630,28	0,23	0,09
2	2635,45	0,25	0,09
3	2645,43	0,21	0,08
4	2645,84	0,24	0,09
5	2649,44	0,23	0,09
6	2658,97	0,22	0,08
7	2657,06	0,21	0,08
8	2648,13	0,24	0,09
9	2650,65	0,21	0,08
10	2653,31	0,19	0,07
<b>Média</b>	<b>2647,46</b>	<b>0,22</b>	<b>0,08</b>
<b>Desvio Padrão</b>	<b>161,80</b>	<b>1,48</b>	<b>0,91</b>
<b>Coef. Variação</b>	<b>0,06</b>	<b>6,67</b>	<b>10,85</b>

Fonte: Autor.

Na tabela 3 os resultados médios dos ensaios feitos com as 10 amostras brutas tratadas sem vácuo, indicam densidade aparente de 2647,46kg/m<sup>3</sup>, porosidade média de 0,22%, absorção de 0,08% valores que estão de acordo com os limites das normas.

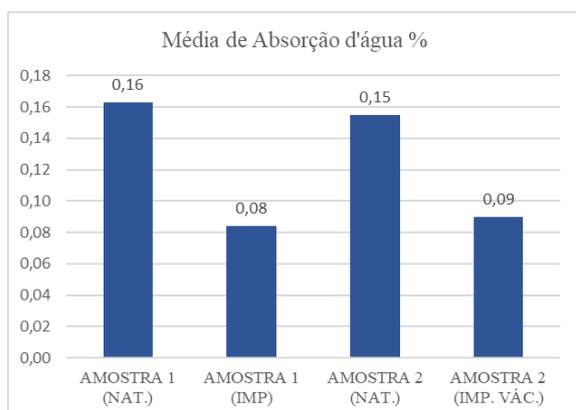
Tabela 4: Resultado da absorção de água por capilaridade, amostra 2, tratadas à vácuo.

Corpo de prova	Densidade	Porosidade	Absorção d'água
Número	(Kg /m <sup>3</sup> )	%	%
1	2644,82	0,23	0,09
2	2660,19	0,24	0,09
3	2644,28	0,25	0,09
4	2644,91	0,20	0,07
5	2646,37	0,24	0,09
6	2648,00	0,26	0,10
7	2645,57	0,23	0,09
8	2636,97	0,28	0,11
9	2647,03	0,21	0,08
10	2639,19	0,23	0,09
<b>Média</b>	<b>2645,73</b>	<b>0,24</b>	<b>0,09</b>
<b>Desvio Padrão</b>	<b>161,75</b>	<b>1,53</b>	<b>0,94</b>
<b>Coef. Variação</b>	<b>0,06</b>	<b>6,45</b>	<b>10,49</b>

Fonte: Autor.

Na tabela 4 os resultados médios dos ensaios feitos com as 10 amostras brutas tratadas à vácuo, indicam densidade aparente de 2645,73kg/m<sup>3</sup>, porosidade média de 0,24%, absorção de 0,09% valores que estão de acordo com os limites das normas.

Figura 7: Comparação dos resultados de absorção de água em amostras sem tratamento e tratadas com vácuo e sem vácuo.



Fonte: Autor.

Comparando os ensaios das rochas sem tratamento e após tratadas, percebe-se uma redução na absorção de água de 50% nas que foram tratadas sem uso de bomba à

vácuo e 40% nas tratadas com auxílio de bomba à vácuo. Em amostras tratadas sem auxílio da bomba à vácuo, a redução foi de 0,16% para 0,08%. Nas rochas tratadas com o auxílio da bomba a vácuo, houve redução na absorção de água de 0,15% para 0,09%. Se compararmos os resultados dos ensaios com e sem auxílio da bomba à vácuo, obtidos após a impermeabilização, a diferença é de 10% a mais na absorção de água nas amostras tratadas com uso de bomba à vácuo, Figura 7.

## 5 CONCLUSÕES

Os resultados dos ensaios demonstram uma eficiência média de 45% na impermeabilização das amostras de rocha em apenas uma aplicação, o que é bastante representativo. Quanto ao ensaio usando método a vácuo, esperava-se que o resultado fosse no mínimo igual ao ensaio feito sem vácuo, embora a diferença de 10% a mais de absorção, seja praticamente desprezível, principalmente se avaliarmos o resultado segundo a norma da NBR 15845-2. Tem-se assim, uma equivalência entre os resultados, com menos de 0,1% de absorção em ambos casos. Como o processo de impermeabilização por submersão é mais prático ele se mostrou mais interessante para uso industrial, salvo se for constatado após ensaios, que com uso de bomba a vácuo seja possível reduzir o tempo de tratamento e alcançar a mesma eficácia.

Tudo indica que com uso de bomba a vácuo seja possível reduzir o tempo de impermeabilização na indústria que hoje é de 48 horas para 2 horas e alcançar a mesma eficácia.

Fica como sugestão para trabalhos futuros, realizar a impermeabilização mais vezes e observar se haverá redução na capilaridade, podendo usar impermeabilizantes de outros fornecedores e de base de dissolução diferentes. Outra sugestão, é fazer o processo de cura do impermeabilizante a temperatura natural e comparar com os resultados dos que são

curados no forno elétrico. Fazer ensaios com uso de bomba a vácuo com tempos menores que 60 horas e avaliar possível redução no tempo de tratamento.

### AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal do Espírito Santo – Unidade Cachoeiro, que disponibilizou a estrutura e ferramentas necessárias para realização dos ensaios.

A empresa Magban Mármore e Granitos Aquidaban Ltda, que forneceu as amostras de rochas e outros recursos indispensáveis para os testes.

A todo corpo docente do IFES que contribuiu para a realização desse projeto, em especial a minha professora e orientadora Lilian Gabriella B. G. de Freitas.

### REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15845-1. Rochas para Revestimento – Análise Petrográfica. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15845-2. Rochas para Revestimento – Índices Físicos. Rio de Janeiro, 2015.

AVELLAR, G. O.; QUEIROZ, J. P.C.; RIBEIRO, R. C. C. Avaliação da deterioração de rochas ornamentais em prédios históricos do centro da cidade do Rio de Janeiro. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 22. Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2014. Disponível em: <<http://mineralis.cetem.gov.br/handle/cetem/1551>>. Acessado em 18 de março de 2022.

BARBUTTI, D. S. Avaliação físico-química da interação entre minerais e produtos

utilizados no restauro de bens pétreos. IN: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 23. Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2015. Disponível em: <<http://mineralis.cetem.gov.br/handle/cetem/1757>>. Acessado em 17 de março de 2022.

CAMPOS, L. V. B.; CORREIA, J. C. G.; CARAUTA, A. N. M. Estudo da interação do trietoxissilano com o ácido linoléico como hidrofugante em rochas ornamentais via modelagem molecular In: ANAIS DA JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 25. Rio de Janeiro: CETEM/MCTIC, 5 p. 2017 Disponível em: <<http://mineralis.cetem.gov.br/handle/cetem/2011>>. Acessado em 16 de março de 2022.

CASTILHO, E. D. F. Caracterização Tecnológica de Rochas Ornamentais: Práticas Laboratoriais. 1. ed. Vitória, ES: Edifes, 2018. p. 1-60. Disponível em: <[https://edifes.ifes.edu.br/images/stories/rochas\\_ornamentais\\_1.pdf](https://edifes.ifes.edu.br/images/stories/rochas_ornamentais_1.pdf)>. Acessado em 17 de maio de 2022.

CHI FENG, HANS JANSSEN, Impact of water repellent agent concentration on the effect of hydrophobization on building materials, Journal of Building Engineering, Volume 39, 2021, Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352710221001406>>. Acessado em 20 de março de 2022.

Fiorotto, N. R; Entendendo as tecnologias repelentes à água. São Paulo, SP: SENAI, 2022, Disponível em: <<https://textil.sp.senai.br/5762/entendo-as-tecnologias-repelentes-a-agua>>. Acessado em 20 de maio de 2022.

Rzhevsky, V. e Novik, G. **The Physics of Rocks**. Moscow, MIR Publishers, 1971.

VIDAL, F. W. H. Avaliação de granitos ornamentais do Nordeste através de suas características tecnológicas. In: Anais do III Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste, 26 a 29 de novembro de 2002, Recife. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, p.67-74, 2002. Disponível em: <<http://mineralis.cetem.gov.br/handle/cetem/1436>>. Acessado em 16 de março de 2022.