

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
CENTRO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DA NATUREZA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

**Estudo de Alterabilidade de Rochas como
Ferramenta para a Restauração de Monumentos
Pétreos**

Trabalho de Final de Curso

(IGL – U08)

Amanda Menezes Ricardo

Orientadora: D. Sc. Kátia Leite Mansur

Co-orientador: D. Sc. Renato Rodriguez Cabral Ramos

Rio de Janeiro

Dezembro de 2011

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
CENTRO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DA NATUREZA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

Amanda Menezes Ricardo

Estudo de Alterabilidade de Rochas como
Ferramenta para a Restauração de Monumentos
Pétreos

Trabalho Final de Curso de Graduação
em Geologia do Instituto de Geociências,
Universidade Federal do Rio de Janeiro –
UFRJ, apresentado como requisito
necessário para obtenção do grau de
Geóloga.

Orientadores:

D. Sc. Kátia Leite Mansur

D. Sc. Renato Rodriguez Cabral Ramos

Rio de Janeiro
Dezembro de 2011

Ricardo, Amanda Menezes.

Estudo de Alterabilidade de Rochas como Ferramenta para a Restauração de Monumentos Pétreos/ Amanda Menezes Ricardo – Rio de Janeiro : UFRJ ; Instituto de Geociências, 2011.

79 p. : 32 il.; 30cm.

Orientadores : D. Sc. Kátia Leite Mansur; D. Sc. Renato Rodriguez Carbral Ramos

1. Alterabilidade; 2. Monumentos Pétreos; 3. Restauo; 4. Geoconservação I. Ricardo, Amanda Menezes. II. Tese de Conclusão de Curso .

Amanda Menezes Ricardo

**Estudo de Alterabilidade de Rochas como
Ferramenta para a Restauração de Monumentos
Pétreos**

Trabalho Final de Curso de Graduação em Geologia do Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, apresentado como requisito necessário para obtenção do grau de Geóloga.

Orientadores:

D. Sc. Kátia Leite Mansur

D. Sc. Renato Rodrigues Cabral Ramos

Aprovada em: ___/___/___

Por:

Orientadora: D. Sc. Kátia Leite Mansur (UFRJ)

D. Sc. Ismar de Souza Carvalho (UFRJ)

D. Sc. Artur Corval (UFRJ)

" (...)

*Doce tranqüilidade
da estátua na praça
entre a carne dos homens
que cresce e cria.*

*Doce tranqüilidade
do pensamento da pedra,
sem fuga, evaporação
febre, vertigem*

*Doce tranqüilidade
do homem na praia:
o calor evapora,
a areia absorve,*

*as águas dissolvem
os líquidos da vida;
e o vento dispersa
os sonhos, e apaga*

*a inaudível palavra
futura, - apenas
saída da boca
sorvida no silêncio."*

(João Cabral de Melo Neto)

AGRADECIMENTOS

À minha pequena grande família por seu amor e participação: minha querida mãe, Elizabeth, pelo carinho, pela paciência, pelo apoio e pelas inúmeras gargalhadas. E meu querido irmão, Rafael, por seu apoio e preocupação constantes.

Com carinho, à Kátia Mansur por ter aceitado me receber, em tão boa hora, como orientanda.

Aos bons amigos, por sua colaboração sempre oportuna.

Resumo

RICARDO, Amanda Menezes. **Estudo de Alterabilidade de Rochas como Ferramenta para a Restauração de Monumentos Pétreos**. 2011. 79 f. Trabalho Final de Curso (Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

Este trabalho tem como objetivo estudar questão da alterabilidade das rochas quando estas são constituintes de monumentos pétreos. Propõe-se, pois, a avaliar como o estudo da alterabilidade pode ser uma ferramenta útil para a atividade de restauração.

Aborda, algumas áreas relevantes para a contextualização da pesquisa sobre alterabilidade, tais como a restauração e a geoconservação, procurando evidenciá-las como campos de inserção da temática discutida.

Assim, o estudo indica que o tema tem interfaces também com campos como a química, engenharia, arquitetura e história, sugerindo o caráter interdisciplinar dos estudos de alterabilidade. Após esclarecer a diferença entre rochas ornamentais e rochas de revestimento, esta pesquisa vai evidenciando claramente os seus limites e passa, então, a apresentar os ensaios de caracterização tecnológica e de alterabilidade de rochas e, depois, suas patologias.

Foi seguida uma metodologia de pesquisa bibliográfica e de procedimentos de laboratório, usando neste, principalmente: balança de precisão, câmaras de ensaios de simulação de atmosfera, microscópio eletrônico de varredura e microscópio petrográfico.

Também com essa fundamentação metodológica, este trabalho apresenta, por fim, um estudo prático de caracterização tecnológica de alterabilidade das rochas componentes da estátua do Cristo Redentor na cidade do Rio de Janeiro, que mostrou alterações associadas à penetração de água, sendo este processo minimizado com o uso de técnicas como a aplicação de hidrofugante. Exemplificando assim, a atuação desses estudos na área de restauração e preservação desse tipo de monumento.

Palavras-chaves: Alterabilidade; Monumento Pétreos; Restauo; Geoconservação.

SUMÁRIO

	Pág.
Agradecimentos	vii
Resumo	viii
Lista de figuras	xi
Lista de tabelas	xiii
1 – INTRODUÇÃO	14
1.1 – Objetivos	16
1.1.1 – Objetivo da Avaliação Teórica	17
1.1.2 – Objetivo do Estudo de Caso	17
2 – JUSTIFICATIVA: PRESERVAÇÃO E GEOCONSERVAÇÃO DOS PATRIMÔNIOS PÉTREOS	18
2.1 – Breve Histórico Sobre Restauo	21
2.2 – Geoconservação	22
3 – METODOLOGIA	25
4 – ROCHAS ORNAMENTAIS E DE REVESTIMENTO	26
4.1 – Rochas Ornamentais	27
4.2 – Rochas de Revestimento	28
5 – CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DE ROCHA E ENSAIOS DE ALTERABILIDADE	32
5.1 – ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA	32
5.1.1 – Análise Petrográfica (ABNT-NBR 12.768/92)	33
5.1.2 – Índices Físicos (ABNT-NBR 12.766/92)	34
5.1.3 – Tração na Flexão (ABNT-NBR 12.763/92)	35
5.1.4 – Impacto de Corpo Duro (ABNT-NBR 12.764/92)	36
5.1.5 – Compressão Uniaxial (ABNT-NBR 12.767/92)	38
5.2 – ENSAIOS DE ACELERAÇÃO DE ALTERABILIDADE	39
5.2.1 – Ataque Químico	39
5.2.2 – Exposição à Nevoa Salina (ABNT - NBR 8094/83)	40
5.2.3 – Exposição ao SO ₂	41
6 – ALTERABILIDADES EM ROCHAS	43
6.1 – MECANISMOS CAUSADORES DE ALTERAÇÃO	46
7 – PATOLOGIAS EM ROCHAS	50

8 – CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA E ESTUDOS DE ALTERABILIDADE DAS ROCHAS QUE REVESTEM O MONUMENTO AO CRISTO REDENTOR, UM EXEMPLO PRÁTICO.	56
8.1 – LOCALIZAÇÃO	57
8.2 – CONDIÇÕES CLIMÁTICAS	57
8.3 – HISTÓRICO DO MONUMENTO	59
8.4 – COMPOSIÇÃO EXTERNA	60
8.4.1 – Pedra Sabão ou Esteatito	60
8.5 – METODOLOGIA EXPERIMENTAL	61
8.5.1 – Amostragem	61
8.5.2 – Colorimetria	62
8.5.3 – Caracterização Mineralógica	63
8.5.4 – Caracterização Petrográfica	63
8.5.5 – Índices Físicos	64
8.5.6 – Hidrofugação	64
8.6 – RESULTADOS	66
8.6.1 – Patologias	66
8.6.2 – Colorimetria	67
8.6.3 – Caracterização Petrográfica	68
8.6.4 – Caracterização Mineralógica	69
8.6.5 – Índices Físicos	70
8.6.6 – Microrganismos	71
8.6.7 – Hidrofugação	72
9 – CONCLUSÃO	74
9.1 – Estudo de Caso: Monumento ao Cristo Redentor	74
9.2 – Gerais	74
BIBLIOGRAFIA	77

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 – Exemplo de uma das placas de sinalizações do projeto Caminhos Geológicos.	22
Figura 2 – Exploração em blocos de jazida de rocha ornamental.	26
Figura 3 – Revestimento da fachada do prédio da CPRM em gnaisse faciodal	27
Figura 4 – Rocha anisotrópica. Comercialmente chamada de Arabescato Orobisco Rosso.	28
Figura 5 – Gráfico de Streckeisen modificado indicando campos de rochas e suas aplicações mais adequadas.	29
Figura 6 – Exemplo de microscópio petrográfico.	34
Figura 7 – Representação esquemática do comportamento da amostra de rocha em um ensaio de resistência a flexão.	35
Figura 8 – Exemplo de resposta de amostra fraturada pelo ensaio de flexão.	36
Figura 9 – Exemplo de amostra de rocha no equipamento de impacto de corpo duro.	37
Figura 10 – Desenho esquemático do equipamento utilizado para o ensaio de impacto de corpo duro.	37
Figura 11 – Máquina para ensaio de compressão uniaxial.	38
Figura 12 – Câmara para ensaio de exposição à névoa salina.	40
Figura 13 – Interior de uma câmara de ensaio de névoa salina.	41
Figura 14 – Escultura da Catedral de Naumburg, Alemanha apresentando crosta negra.	43
Figura 15 – Agentes biológicos atuando sobre uma estátua em cemitério na Suíça.	47
Figura 16 – Coliseu de Roma em seu estado atual de degradação.	48
Figura 17 – Exemplo de pichação em parede de aqueduto em Portugal.	49
Figura 18 – Exemplo de formação de rachaduras em escultura de argila.	50
Figura 19 – Localização geográfica do Monumento ao Cristo Redentor	57
Figura 20 – Engenheiro, Heitor da Silva Costa que projetou a estátua do Cristo Redentor.	58
Figura 21 – Parte externa da estátua do Cristo Redentor evidenciando o mosaico de pedra-sabão.	60
Figura 22 – Momento da retirada das tesselas de pedra-sabão.	62
Figura 23 – Colorímetro da marca <i>Technidyne Color Touch 2 Model ISSO</i>	62
Figura 24 – Gráfico de distribuição colorimétrica.	63
Figura 25 – Ilustração que apresenta o ângulo de contato entre a água e uma superfície sem impermeabilizante e outra com impermeabilizante (menos tensão superficial).	65
Figura 26 – Aplicação do protetivo hidrofugante nos corpos-de-prova de pedra-sabão	65

que reveste a estátua do Cristo Redentor.	
Figura 27 – Fotomicrografia da lâmina delgada da amostra original de pedra-sabão.	69
Figura 28 – Difrátograma de Raio-X para amostra estudada de tessela original do ano de colocação em 1930.	70
Figura 29 – Evidência de porosidade em amostra original de tessela de pedra-sabão que reveste a estátua do Cristo Redentor visível em MEV.	71
Figura30 – Assembleias de diferentes microorganismos encontradas no monumento Cristo Redentor.	72
Figura 31a – Efeito da água em superfície de tessela de pedra-sabão não hidrofugada.	72
Figura 31b – Efeito da água em superfície de amostra de pedra-sabão hidrofugada e não hidrofugada.	72

LISTA DE TABELAS

	Pág.
Tabela 1 – Relação das principais normas técnicas para caracterização das rochas ornamentais. Modificada de Vidal <i>et al.</i> 1999.	32
Tabela 2- Equações relativas aos ensaios de índices físicos.	35
Tabela 3- Tipos de deteriorização mais comuns nos diferentes tipos de rochas. Adaptada de Moura, 2004.	51
Tabela 4 – Identificação das patologias mais evidentes do monumento ao Cristo Redentor.	67
Tabela 5 – Comparações entre valores de colorimetria	68
Tabela 6 – Valores encontrados para porosidade e absorção antes e após a hidrofugação	71

1 – INTRODUÇÃO

A compreensão do mundo, como as ciências modernas o explicam, não se restringe apenas ao que vemos e ao que é tangível. O que temos hoje é resultado de uma bagagem histórico-evolutiva que nos permite viver este exato momento, tendo consciência de que um grande universo nos envolve.

Algumas transformações na natureza, causadas pelo homem para seu benefício, podem ser entendidas como arte, o que, de certo modo, promove diferenciação entre culturas, povos e identidade cultural, mas, nessas diferentes produções, existe um elemento em comum: as rochas. Rochas em diferentes épocas e com diferentes funções, tanto no que se refere à sobrevivência, ao serem transformadas de rochas sãs ou minerais em, respectivamente, um machado ou uma ponta de flecha para caça e proteção; quanto ao que se refere à necessidade de exprimir, esteticamente, uma emoção ou crença por meio de suas obras.

Neste sentido, torna-se importante perceber que a geologia é a ciência que sempre se faz presente na história do homem em diversos aspectos e momentos, desde a habitação em cavernas, à escolha de certos materiais para caça, proteção e adorno. Nos dias de hoje, na construção civil, por exemplo, a geologia aparece como fundamental aliada de conhecimentos na área de engenharia civil e arquitetura. Assim, os estudos geológicos servem como norteadores, desde a análise do solo do local, onde se erguerá determinado prédio, até a indicação das rochas adequadas ao revestimento interno e externo que serão usadas com diferentes finalidades funcionais e/ou estéticas.

Pensar em rochas como sendo material para construção, nos remete, pois, a diversas áreas de atividade humana. Entretanto, podemos perceber que, sem os devidos cuidados quanto ao uso de material pétreo e o indispensável conhecimento a seu respeito, a comunicação interdisciplinar tem sua viabilidade prejudicada, levando a equívocos que, invariavelmente, podem conduzir à deteriorização precoce de monumentos pétreos e

construções em geral que poderiam ter grande durabilidade e encontram-se, invariavelmente, ameaçadas pelo intemperismo.

O intemperismo, fenômeno natural, costuma não ser facilmente notado, principalmente pelo homem comum, quando se dá nas paisagens do nosso planeta por ocorrer em escala de tempo geológico. Porém, ao voltarmos nosso olhar para as construções humanas e, de forma mais específica, para os monumentos pétreos, reconhecemos, imediatamente, a força destrutiva do intemperismo, posto que, em escala de tempo humano, ele se torna visível e indiscutível.

Sob um ponto de vista geológico e considerando a relevância de algumas áreas como geoconservação, arqueologia e geodiversidade, este trabalho procura priorizar um campo pouco explorado no Brasil que é o da restauração de monumentos pétreos e, assim, se propõe a reunir noções de métodos de investigação de alterabilidade de rochas, como ferramenta útil para o desenvolvimento técnico-científico nessa área e poderá despertar atenção quanto à necessidade de integração científica que colabore com o aperfeiçoamento das atividades relacionadas à preservação de nossos monumentos.

1.1 – OBJETIVOS

São dois os objetivos do presente estudo. O primeiro é o de apresentar uma avaliação teórica sobre os métodos de análise para ensaios de caracterização de rochas para revestimento, visando a sua utilização em monumentos pétreos. O segundo, e mais importante, é o de relatar a experiência da autora no restauro da estátua do Cristo Redentor, na forma de um estudo de caso.

A temática escolhida para este trabalho de conclusão de curso busca auxiliar na formação deste embasamento teórico sobre alteração de monumentos pétreos. Sendo assim, o objetivo desta pesquisa é apresentar dados reais sobre alteração e discutir métodos de investigação sobre alterabilidade de rocha de modo a contribuir para a área de restauração de monumentos.

1.1.1 – Objetivo da Avaliação Teórica

A avaliação teórica teve por objetivo primário fazer um levantamento bibliográfico detalhando tópicos que estão interligados tendo em vista expor desde a relação histórica homem/rocha, passando por estudos de alterabilidade e ensaios técnicos (regidos por normas) em rochas ornamentais e de revestimento até o estudo das patologias que se instalam nesses materiais e suas possíveis causas.

Vale ressaltar que grande parte de tais métodos de investigação são destrutivos e, por este motivo, há a invariável perda ou dano do material estudado, de modo que ao voltamos nosso olhar para os monumentos pétreos, vemos que tal perda ou dano poderiam afetar a originalidade da rocha e o propósito da preservação se perderia. Além disso, nem sempre as pedras originais são facilmente substituídas, pois as jazidas de onde saíram as rochas de alguns monumentos não existem mais ou são desconhecidas.

O estudo das características intrínsecas e do comportamento das rochas ornamentais e de revestimento nos mais diversificados ambientes permite auxiliar o trabalho de vários profissionais, dentre eles, os restauradores, de modo a determinar padrões quantitativos e qualitativos, por meio de resultados de análises, cuja finalidade é servir como embasamento eficaz para a prevenção e tratamento das diversas patologias inerentes às rochas.

1.1.2 – Objetivo do Estudo de Caso

Relatar o exemplo prático de estudos de alterabilidade da estátua do Cristo Redentor, enfatizar como o conhecimento da degradação das rochas, a partir de sua alterabilidade, é fundamental para que se possa determinar sua durabilidade, melhor aplicação e funcionalidade, bem como a forma mais adequada de perpetuar sua originalidade, afirmando a importância da geologia na cultura humana numa proposta de maior atenção para a preservação de monumentos pétreos.

2 - JUSTIFICATIVA: PRESERVAÇÃO E GEOCONSERVAÇÃO DOS PATRIMÔNIOS PÉTREOS

Desde os tempos mais longínquos que remontam aos princípios da cultura humana em nosso planeta, as rochas têm grande representação como sendo o material mais utilizado por escultores. Isto se comprova, pois é notória a existência de monumentos pétreos milenares, a exemplo Stonehenge na Inglaterra, a cidade de Petra na Jordânia, e o Coliseu de Roma que se caracterizam como referência de monumentos da cultura arqueológica e histórica da humanidade, em seu rico potencial instaurador e transmissor de identidade, fator de continuidade de tradições, valores, crenças, e expectativas expressas pelo pensamento do homem.

Confirmando esta relação entre monumentos pétreos, memória e identidade cultural, NEVES (2006), em sua tese de mestrado, cita REIS (2005) e diz que, no Brasil, o debate de arte pública ganhou destaque nos anos 90, com o projeto Arte Cidade, pois se constata que, ao deixar de lado seu referencial histórico e sua memória, os habitantes de uma cidade ou região podem perder sua identidade e auto-estima.

Cumprindo ressaltar que, quando consideramos o contexto histórico, vemos que nós, brasileiros, em se tratando de um povo colonizado, tivemos nossa história estruturada sobre grande diversidade cultural, onde a submissão tornou-se uma boa forma de se adaptar. Assim, deve-se estar atento ao risco de considerar a nossa cultura sob um ponto de vista homogêneo, dado que a dominação cultural e sucessivas imigrações conduziram à heterogeneidade. Isto faz com que não se possa falar em uma única forma de compreensão da identidade cultural brasileira, a menos que se pense nessa identidade como diversa e plural.

Segundo BAPTISTA FILHO (1999), alguns antropólogos chegam a colocar nossos silvícolas como pertencentes a uma cultura que os situava entre os períodos paleolítico e neolítico da evolução humana. Talvez pelas condições climáticas e pelo adiantado grau de

intemperização do solo, o índio brasileiro encontrou dificuldade para a utilização de rochas e minerais em seu estado fresco (não alterado), e até mesmo pela dificuldade em encontrá-los. Mas, mesmo assim, são conhecidos trabalhos indígenas realizados com argilas (cerâmicas), adornos (enfeites para corpo feitos de pedras semi-preciosas), instrumentos de caça e guerra (pontas de lança e machadinhas) e a utilização de pigmentos minerais (óxidos de ferro e manganês) para pintura do corpo e peças cerâmicas.

Nossa história nos mostra que, ainda de acordo com BAPTISTA FILHO (1999), com a chegada de grandes navegadores às terras brasileiras em torno de 1500, os portugueses se depararam com uma população indígena não só numerosa, como também culturalmente bastante atrasada, sob o ponto de vista da cultura européia dominadora.

As interferências foram inúmeras, e, por isto, ter um referencial histórico e memorável, como algo homogêneo, integral e unísono parece não atender às exigências de nossa miscigenada cultura, devendo-se respeitá-la, para poder buscar e resgatar esta peculiar característica.

Assim, não só numa cultura onde os registros do passado foram apagados, o restauro de monumentos arquitetônicos e artísticos surge da necessidade de se preservar os registros que marcam, não só momentos da história de uma sociedade, como também estilos de épocas, crenças e rituais religiosos, sendo, portanto, um trabalho de vital importância, tanto no âmbito cultural quanto científico.

Atualmente, as esculturas presentes em logradouros públicos, em Minas Gerais, por exemplo, têm nos despertado a atenção, não só pela beleza de suas formas, mas principalmente pelo péssimo estado de conservação em que se encontram. O desconhecimento, por parte da maioria da população sobre seu acervo escultórico-monumental e a falta de profissionais especializados para a realização da manutenção desse acervo só vem comprometê-los (NEVES, 2006 *apud* BENEDETTI, 2001).

Por isso, este trabalho volta-se para este delicado problema que envolve preservação cultural e tecnologia especializada necessária para promovê-la. Sabemos que a preservação de monumentos está ligada aos estudos relacionados ao desgaste das rochas que os compõem devido ao processo de alteração ao longo do tempo.

A fim de que os estudos de alterabilidade e os ensaios tecnológicos na área do restauro de rochas tenham êxito em seu propósito, acredita-se que seja importante levar em consideração o entendimento da relevância dos monumentos históricos. Este entendimento fundamenta-se numa prática profissional baseada no conjunto de princípios científicos e regras de conduta, como meio eficiente e responsável de preservar os aspectos materiais, históricos, formais e simbólicos dos monumentos.

Além disso, sabendo-se que os ensaios exigidos pela ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – voltam-se unicamente para as propriedades físicas e mecânicas das rochas não contemplando os aspectos estéticos e culturais relacionados ao patrimônio, os ensaios deveriam considerar o catálogo de padrões de deteriorização em rochas, elaborado pelo ICOMOS - *International Council on Monuments and Sites* / Comitê Internacional de Monumentos e Sítios da UNESCO – *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*, como forte aliado na busca por normas que também padronizem métodos de ensaios que não agridam a integridade desses monumentos e possam ser eficazes em sua preservação.

Por estes motivos, ao serem levados em consideração os aspectos históricos que envolvem os monumentos pétreos naturais e construídos, os estudos de preservação devem ser realizados por meio de ensaios voltados para a questão estética e ornamental de monumentos.

2.1 – Breve Histórico Sobre Restauro

Segundo KÜHL (2006), ações de preservação não deveriam ignorar a história e historiografia daquilo que se conserva, pois a ausência de uma consciência histórica pode trazer, e, na maioria dos casos, traz, consequências da maior gravidade nas ações sobre os bens culturais. E, por isso, os profissionais atuantes na preservação, deveriam possuir uma "visão histórica" para entender e respeitar aquilo que é relevante do ponto de vista histórico-documental.

A preservação de bens culturais não se mostra como algo recente, remonta a séculos atrás. Entre os séculos XV e XVIII, surgiram noções sobre restauro que são: o respeito pela matéria original; a idéia de reversibilidade e distinguibilidade da intervenção; a importância da documentação e de uma metodologia científica; o uso como um meio de preservar os edifícios; o interesse por aspectos conservativos e de mínima intervenção (KÜHL, 2006).

Eventos como os movimentos renascentista e iluminista, as revoluções francesa e industrial, e as devastações causadas por guerras são representativos de mudanças profundas no pensar do homem, e os monumentos nos permitem enxergar e transmitir simbolicamente as transformações, emoções e os valores sociais representados neles, que se projetam para uma dimensão de eternidade ao serem comunicados através das rochas.

Por isso, os fatos históricos mundiais têm um papel importante que é o de fornecer o contexto necessário para que a preservação, conservação e a busca por conhecimentos nos permitam alcançar um patamar de interdisciplinaridade no qual seja possível a convergência de diversas ciências para o objetivo comum de conservação de patrimônios culturais.

Desse modo, o conhecimento tanto do tempo profundo, geológico; quanto do tempo humano, histórico; associado a estudos multidisciplinares é essencial para aqueles que atuam na preservação de bens culturais, pois possibilita que se superem atitudes ditadas por preferências pessoais, minimizando o risco de interpretações parciais.

2.2 – Geoconservação

A geoconservação associada aos monumentos naturais possui uma tradição no Brasil, seja pelo inventário realizado pela SIGEP - Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos, seja pela sua aplicação prática através do projeto Caminhos Geológicos, pois se trata de um trabalho pioneiro do Departamento de Recursos Minerais do Estado do Rio de Janeiro – DRM-RJ e recebeu apoio de diversas instituições públicas e múltiplas formações profissionais com diferentes atribuições e interesses para sua realização (MANSUR *et al.* 2001).

Esse projeto tem o propósito de aproximar do público o conhecimento geológico sobre o Estado do Rio de Janeiro por meio da instalação de placas e painéis, ou seja, busca a geoconservação por meio da popularização da geologia.

Os bons resultados advindos deste trabalho se refletem nos locais onde esta iniciativa é divulgada, pois envolve e integra a população local; e mostra como a preservação do patrimônio geológico e da memória da Terra, por meio da divulgação pública de informações, é uma realidade possível (Figura 1).



Figura 1 - Fotografia de exemplo de uma das placas de sinalizações do projeto Caminhos Geológicos em um ponto de interesse geológico. Imagem retirada de: <http://www.caminhosgeologicos.rj.gov.br/sitept/index.php?projeto> Acessado em novembro de 2011.

No contexto de divulgação científica, é importante mencionar também a sugestão do DRM - RJ, em parceria com o IPHAN, de se criar um Geoparque Urbano na cidade do Rio de

Janeiro (GUIMARÃES *et al.* 2009), como algo plausível, envolvendo paisagem natural, paisagem cultural e patrimônio construído.

O tema do restauro e conservação de monumentos rochosos pode incrementar o interesse pela nossa cultura, quando preserva também seu caráter estético, pois, além de mesclar as paisagens urbana e natural, surge como um fator essencial para a preservação não só da memória cultural, como também de sua beleza, visto que, a longo prazo, os monumentos que nos rodeiam e fazem parte do nosso cotidiano urbano também se deterioram. Assim, muitas vezes, infelizmente, o belo se torna desagradável ao olhar e a já poluída paisagem urbana fica entristecida.

Por estes motivos, deve-se considerar a seguinte definição de Geoconservação utilizada por WORTON (2008):

“Geoconservação é o termo moderno para designar as intenções e as atividades desenvolvidas para conservar e proteger feições e os processos geológicos para benefício das gerações futuras.”

Comparando-se tal definição com a fornecida pelo consagrado Aurélio Buarque de Holanda:

“Restauração. [Do lat. *Restauratione*.] S.f. (...) 7. Conjunto de intervenções técnicas e científicas, de caráter intensivo, que visam a garantir, no âmbito de uma metodologia crítico-estética, a perenidade dum patrimônio cultural.”

podemos observar que, quando consideramos monumentos como expressões da cultura que traduzem intenções e emoções e são capazes de concretizar uma atividade técnica do ser humano, fica óbvio o quanto os monumentos rochosos, necessariamente, se inserem no campo de estudo da geoconservação.

A geoconservação pode inserir, desta forma, o natural e o construído. E esta é uma abordagem que não é defendida por alguns autores, como BRILHA (2005), que considera a geoconservação como a conservação de geossítios em ocorrência geológica natural.

Passamos a evidenciar, neste ponto, que os estudos de alterabilidade de rochas surgem como fator preponderante na atividade de restauração/geoconservação, posto que se definem como: “atividades desenvolvidas para conservar e proteger feições e os processos geológicos” (WORTON, 2008) e, portanto, esses estudos nos permitem conhecer parâmetros a respeito do melhor uso da rocha e seu estado de conservação, porque investigam, especificamente, as características dos tipos de rochas e as causas de sua degradação.

3 – METODOLOGIA

Foram realizadas pesquisas bibliográficas tendo como base artigos, livros, normas, glossário, relatórios técnicos relativos a áreas diversas como rochas ornamentais e de revestimento, geoconservação, restauração, ensaios tecnológicos e alterabilidade de rochas.

Além da pesquisa bibliográfica, também foi realizada uma etapa laboratorial, conforme metodologia indicada no Capítulo 8, na qual a autora deste trabalho tomou parte como bolsista CNPq de Iniciação Científica, e que consistiu no estudo de alterabilidade das rochas do monumento ao Cristo Redentor na cidade do Rio de Janeiro.

Nesse caso, a metodologia seguida foi: primeiramente, duas visitas técnicas ao monumento para observações gerais das patologias visíveis, uma em março e outra em maio de 2010; em seguida, passou-se à execução de ensaios de caracterização tecnológica das rochas, bem como de ensaios de alterabilidade, tendo como base as normas ABNT. Os primeiros ensaios englobaram: índices físicos, determinação colorimétrica, preparação de amostras para análise química e análise petrográfica. Os segundos ensaios englobaram: ataque de umidade, névoa salina e SO₂. Depois, foram feitos os levantamentos de dados obtidos com os ensaios que foram registrados em cadernetas e relatórios.

Optou-se por eleger o Glossário Ilustrado dos Padrões de Deteriorização em Rochas (ICOMOS, 2008) como fonte das imagens que servem de exemplos para ilustrar diversas patologias. Esta escolha se deu, não só porque figuras são consideradas como exemplos de “patologias padrão” pelo ICOMOS, como também, viu-se a necessidade de se quebrar um paradigma acerca da degradação, do vandalismo e da necessidade de conservação de monumentos pétreos que não se mostram como exclusivos do Brasil apesar da falta de métodos e recursos voltados para este campo de pesquisa.

4 – ROCHAS ORNAMENTAIS E DE REVESTIMENTO

As rochas ornamentais e para revestimento podem ser designadas como pedras naturais, rochas lapídeas, rochas dimensionais e materiais de cantaria (MELLO *et al.* 2011). Estas rochas também são consideradas como materiais geológicos naturais que podem ser extraídos em blocos (Figura 2) ou placas, cortados de formas variadas e beneficiados por meio de esquadreamento, polimento, lustro e, segundo MENEZES & LARIZZATTI (2005) *apud* COSTA *et al.* (2002), o conceito de rocha ornamental e de revestimento advém justamente do modo como são lavradas e beneficiadas.



Figura 2 – Foto de uma exploração em blocos de jazida de rocha ornamental. Imagem extraída de: <http://pensarecriar2010.blogspot.com/2010/05/1-pergunta-o-que-sao-rochas-ornamentais.html> acessado em novembro de 2011.

Após a extração, corte e beneficiamento, as rochas podem ser aplicadas em vários campos. Os principais incluem o emprego em esculturas, tampos de mesas, balcões, lápides, ou seja, peças isoladas. Quando usadas em edificações, tais materiais geológicos naturais destacam-se como revestimento de pisos, paredes, pilares, colunas, soleiras etc. Portanto em

áreas internas e/ou externas, as rochas atuam num papel, aparentemente, coadjuvante e silencioso, onde sua real importância, bem como sua crucial necessidade de conservação, tendem a passar praticamente despercebidas. (Figura 3).



Figura 3 – Foto de rocha utilizada como revestimento da fachada do Museu de Ciências da Terra do Serviço Geológico do Brasil - a CPRM, trabalhada em gnaiss facoidal, mostrando beneficiamento ornamental na forma entalhes. Foto: Kátia Leite Mansur.

4.1 – Rochas Ornamentais

Sob o ponto de vista comercial, as rochas silicáticas são enquadradas como granitos, enquanto que os mármore enquadram-se como rochas carbonáticas. Embora, sob o ponto de vista geológico saibamos que, nem todas as rochas silicáticas são granitos, bem como nem todas as carbonáticas são mármore.

Há ainda outros tipos litológicos, incluídos no campo das rochas ornamentais que não são comercialmente considerados nem como mármore nem como granitos que são: quartzitos, serpentinitos, travertinos, calcários e ardósias.

As rochas ornamentais apresentam outra divisão, ainda sob o ponto de vista comercial, quando se trata da textura natural da rocha. Segundo MELLO *et al.* (2011), rochas isotrópicas (sem orientação preferencial dos constituintes mineralógicos) são designadas homogêneas e

são mais empregadas em obras de revestimento. Rochas anisotrópicas (Figura 4), com desenhos naturais e orientação mineralógica, são chamadas de movimentadas e são mais utilizadas em peças isoladas.



Figura 4 – Foto de rocha anisotrópica, utilizada em revestimento, comercialmente chamada de Arabescato Orobisco Rosso. Mármore de origem italiana. Imagem retirada do aplicativo para Ipad: Lapidica HD.

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT):

“As rochas ornamentais podem ser definidas como uma substância rochosa natural que, submetida a diferentes graus de modelamento ou beneficiamento, pode ser utilizada com uma função estética qualquer.”

A ASTM - *American Society for Testing and Materials*, órgão normatizador americano, define *dimension stone* (pedra ornamental) como qualquer material rochoso natural serrado, cortado em chapas e fatiado em placas, com ou sem acabamento mecânico, excluindo produtos acabados baseados em agregados artificialmente constituídos, compostos de fragmentos e pedras moídas e quebradas.

Para MATTOS (2002), uma rocha, para ser considerada ornamental, deve apresentar como requisitos básicos: beleza, estética, homogeneidade textural e estrutural, e possuir características tecnológicas dentro de padrões aceitáveis pelas normas técnicas.

O uso de rochas ornamentais em projetos arquitetônicos, tanto em áreas externas quanto em áreas internas é frequente, devido, principalmente, à potencialidade decorativa oferecida pelos diversos tipos litológicos. Contudo, tal preferência de uso não corresponde à mesma necessária frequência de conservação e, comumente, observam-se várias patologias atuando sobre essas rochas, ocasionando-lhes alterações como, por exemplo: mudança de coloração original das superfícies, erosão por abrasão (por uso excessivo), dissolução de rochas carbonáticas, formação de manchas ferruginosas, perda do polimento, entre outras.

O surgimento de patologias se deve, também, em parte, à falta de conhecimento específico em relação ao tipo de rocha mais adequado a ser utilizado, tanto para fins ornamentais, quanto para uso em fachadas.

4.2 – Rochas de Revestimento

FRASCÁ (2003), com base nos conceitos da ABNT (1995) e ASTM (2003), caracteriza rocha para revestimento como um produto de desmonte de materiais rochosos e de seu subsequente desdobramento em chapas, posteriormente polidas e cortadas em placas. A figura 5 mostra esta aplicação para rochas ígneas.



Figura 5 - Gráfico de Streckeisen modificado indicando campos de rochas ígneas e suas aplicações mais adequadas. Modificada de Melo e Oliveira, 2008.

Segundo MATTOS (2002), observa-se mais uma definição de mercado para rochas de revestimento que recebem a denominação de “pedras naturais”, quando se refere a ardósias, arenitos, calcários, gnaisses milonitizados e quartzitos foliados. Estas são rochas extraídas a partir de seu deslocamento, através de planos naturais de fraqueza, e são empregadas como placas e ou lajotas e não recebem polimento.

Sendo o calcário conhecido, comercialmente, como uma “pedra natural” de revestimento e reconhecido pelo seu potencial fossilífero, tal condição gera um questionamento quanto ao uso das rochas calcárias e aquilo que se deva priorizar em sua aplicação: ou preservar sua capacidade enquanto documento portador de fósseis, ou simplesmente extraí-la com fins comerciais de revestimento.

Quando se trata de tais rochas, um exemplo importante a ser citado, diz respeito à exploração de *Pedra Cariri* que são calcários fossilíferos usados como pedra de revestimento para uso na construção civil.

A *Pedra Cariri*, cuja nomenclatura informal se refere aos calcários laminados do membro Crato, da Formação Santana, do Cretáceo Inferior da Bacia do Araripe, segundo VIDAL e CAMPOS (2008), é explorada há mais de 30 anos, porém, somente em 2005 foram

criadas ações que permitiram um avanço das técnicas de retirada das lajes de calcário e seu aproveitamento. Essa iniciativa contou com cursos e palestras sobre a conscientização do valor dos fósseis, das técnicas de coleta e de proteção aos sítios arqueológicos e pré-históricos, já que estes, são considerados bens da União (CF/88, Art. 20, X) e apresentam interesse científico.

A partir das constatações anteriores, pode-se construir o conceito de rocha ornamental e de revestimento tendo por base os métodos de extração e suas possibilidades de aplicação. E isto está atrelado a fatores estéticos, não importando, a princípio, seus aspectos genéticos e composicionais. Além disso, pode-se deduzir que qualquer material pétreo natural, passível de extração e com possibilidades de desdobramentos em chapas, com ou sem beneficiamento, pode ser considerado potencialmente uma rocha ornamental ou de revestimento.

5 – ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA E DE ALTERABILIDADE DE ROCHAS

Todo material empregado no setor de construção, como rocha ornamental, deve possuir certas características técnicas que permitam sua aplicação. Tais características são índices determinados em laboratórios através de ensaios específicos que, quando executados, orientam o uso adequado da rocha. (VIDAL *et al.* 1999). A ABNT produziu normas gerais para os ensaios de caracterização e utilização de rochas ornamentais e de revestimento.

5.1 – Ensaios de caracterização tecnológica

FRASCÁ (2001) diz que a caracterização tecnológica de rochas é feita por meio de ensaios e análises que buscam representar as reações que os litotipos podem sofrer até seu uso final, passando por seu processamento, que inclui, dentre os principais métodos: extração, esquadrejamento, serragem em chapas, polimento/ lustração das placas e recorte de ladrilhos.

Tais ensaios (Tabela 1) são procedimentos recomendados pela ABNT e visam, portanto, a gerar valores de parâmetros físicos, mecânicos e petrográficos, de modo que se possa qualificar a rocha para o seu melhor uso, uma vez que, também, segundo Vidal *et al.* (1999), através da execução de ensaios são conhecidas as peculiaridades das rochas.

Tabela1. Principais normas para caracterização das rochas. Modificada de Vidal *et al.* 1999.

Ensaio	ASTM	DIN	AFNOR	UNI	ABNT
Análise Petrográfica	C-295	nd	B-0301	9724/1	12768
Índices Físicos	C-97	52102 52103	B-10503 B-10504	9724/2	12766
Resistência à Flexão	C-99 C-880	52112	B-10510	9724/5	12763

Resistência ao Impacto de Corpo Duro	C-170	nd	nd	nd	12764
Resistência à Compressão Uniaxial	D-2938 C-170	52105	B-10509	9724/4	12767

Onde: nd = não definido, ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, ASTM – *American Society for Testing Materials*, DIN – *Deutsches Institut für Normung*, AFNOR – *Association Française de Normalisation*.

Os procedimentos para a análise, mencionados na tabela anterior, podem ser considerados como sendo alguns dos principais ensaios e são citados a seguir de modo mais detalhado.

5.1.1 – Análise Petrográfica (ABNT-NBR 12.768/92)

Deste procedimento, obtém-se a natureza, mineralogia e classificação da rocha, com ênfase na descrição de feições (texturas e estruturas) e do estado de alteração que pode, de algum modo, comprometer suas resistências mecânica e química, e, conseqüentemente, afetar sua durabilidade e estética ao longo do tempo.

A análise petrográfica é realizada a partir de observações de lâminas delgadas de amostras de rochas ao microscópio óptico petrográfico de luz transmitida (Figura 6) e, permite, segundo VIDAL *et al.* (1999), identificar quanto à rocha: sua natureza, sua classificação, os minerais presentes e suas respectivas interrelações, o grau de alteração, estado microfissural dos cristais, granulação e textura, além de outras características que possam influenciar na durabilidade da rocha.



Figura 6 – Fotografia de um modelo de microscópio petrográfico. Extraído de: http://www.nitsac.com/web/index.php?cPath=30_67 acessado em novembro de 2011.

5.1.2 – Índices Físicos (ABNT-NBR 12.766/92)

Esse procedimento está relacionado às propriedades de porosidade, absorção de água e massa específica seca e saturada. E avalia, indiretamente, o estado de alteração e de coesão das rochas, pois estas são propriedades que guardam grande interdependência.

A porosidade representa percentualmente o volume de vazios contidos na amostra. A absorção de água indica uma relação percentual entre os pesos da amostra e da água nela contida. Esses parâmetros, por sua vez, influenciam de forma diferente nas propriedades das rochas. Assim, se um determinado tipo petrográfico apresenta densidade elevada, este apresentará alta resistência mecânica. Por outro lado, um alto índice de porosidade implicará baixas resistências e alta absorção de água, o que conduz à expectativa de uma baixa durabilidade (VIDAL *et al.* 1999).

São usados dez corpos-de-prova para cada amostra. A combinação dos valores equivalentes a peso seco (A), peso saturado (B) e peso submerso (C) nos fornece as propriedades mencionadas acima, por meio do uso das equações apresentadas na tabela 2.

Tais pesos são aferidos, em balança de precisão, da seguinte forma:

- Peso seco (A): é o peso natural da amostra, obtido através de sua pesagem após 24 horas em estufa a 70°C.
- Peso saturado (B) é o peso da amostra após 24 horas imersa em água destilada.
- Peso submerso (C) é o peso da amostra saturada ao ser submergida em água destilada.

Tabela 2. Equações relativas aos ensaios de índices físicos.

	Porosidade (η)	Absorção (α)	Massa específica seca (ρ)	Massa específica saturada (ρ)
Equações	$\eta = \frac{B - A}{B - C} 100\%$	$\alpha = \frac{B - A}{A} 100\%$	$\rho = \frac{A}{B - C}$	$\rho = \frac{B}{B - C}$

5.1.3 – Tração na Flexão (ABNT-NBR 12.763/92)

O ensaio de tração na flexão (ou flexão por carregamento em três pontos, ou ainda, módulo de ruptura) determina a tensão (MPa) que provoca a ruptura da rocha quando esta é submetida a esforços flexores (Figura 7 e 8).

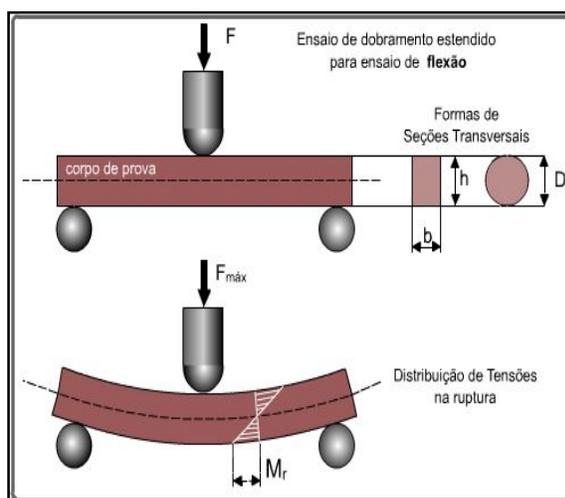


Figura 7 - Representação esquemática do comportamento da amostra de rocha em um ensaio de resistência a flexão. Extraído de http://www.cimm.com.br/portal/material_didatico/6596-ensaio-de-dobramento-para-materiais-fregeis. Acessado em maio de 2010.



Figura 8 - Foto que exemplifica a resposta de amostra fraturada pelo ensaio de flexão. Retirada de Frascá, 2001.

Os corpos-de-prova têm formato prismático retangular, cujas dimensões são 20 cm x 10cm x 5cm, e são posicionados no equipamento de aferição de modo a serem submetidos a uma força de ruptura e, em contrapartida, oferecerem uma força de resistência. Para que se tenham valores representativos dessa relação força/resistência, são usadas tantas amostras quanto sejam necessárias, a partir de um volume inicial.

Esses valores são obtidos pela fórmula abaixo, onde: σ_f é a resistência, P é a força de ruptura (N), L é a distancia entre cutelos, b é a largura do corpo e d é a altura.

$$\sigma_f = \frac{3 PL}{2 b \cdot d^2}$$

5.1.4 – Impacto de Corpo Duro (ABNT-NBR 12.764/92)

Este ensaio tem por finalidade determinar a resistência que uma rocha oferece ao sofrer o impacto de um peso que cai de uma certa altura. E desse modo, segundo VIDAL (1999), este ensaio possibilita que se obtenham informações relativas ao grau de tenacidade que materiais rochosos oferecem em sua capacidade de resistir a ações mecânicas instantâneas.

Esta resposta fornecida pela rocha se obtém através do uso de, pelo menos, segundo a norma, 5 corpos-de-prova na forma de placas, de dimensão de 20 cm x 20cm x 3cm, que sofrem o impacto de uma esfera de aço cujo peso equivale a 1kg. A altura de queda é, inicialmente, de 20 cm acrescidos de 5cm até que a rocha demonstre sinais de fraturamento (Figuras 9 e 10).



Figura 9 - Fotografia que representa um exemplo de amostra de rocha quando submetida ao impacto de corpo duro. Retirado de Frascá (2001).

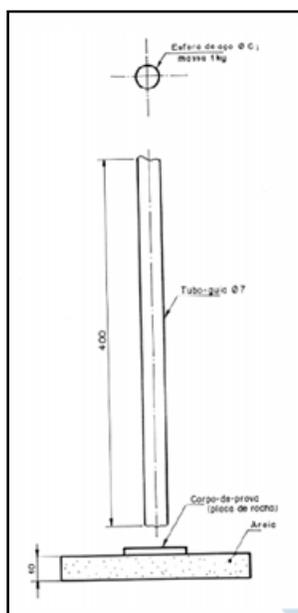


Figura 10 - Desenho esquemático do equipamento utilizado para o ensaio de impacto de corpo duro. Retirado de <http://dc159.4shared.com/doc/WozKcliP/preview.html> acessado em dezembro de 2011.

5.1.5 – Compressão Uniaxial (ABNT-NBR 12.767/92)

A compressão uniaxial é um ensaio que fornece o valor máximo de tensão (MPa) a que a rocha é sujeita.

Este ensaio tem por finalidade verificar a tensão máxima suportada por uma rocha quando esta é submetida a um esforço vertical contínuo, portanto é aplicável às rochas que deverão ser usadas com a finalidade de receber uma força perpendicular à sua estrutura (Figura 11).

O ensaio de compressão uniaxial é feito em cinco corpos-de-prova de formato cúbico ou cilíndrico cujas dimensões de aresta e diâmetro, respectivamente, estejam entre 7,0 cm e 7,5 cm, com relações entre base e altura de 1:1. Este parâmetro pode ser obtido pela seguinte equação abaixo, onde: σ_c é a tensão, P é a força máxima de ruptura em kN, e A é a área da base, em cm^2 ou mm^2 .

$$\sigma_c = \frac{P}{A}$$



Figura 11 – Foto de máquina utilizada em ensaios de compressão uniaxial. Extraído de <http://www.kratos.com.br/maquinas-de-ensaios-hidraulicas.htm> acessado em novembro de 2011.

5.2 – Ensaio de Aceleração de Alterabilidade

Ensaio de aceleração de alterabilidade simulam, em menos tempo, situações de exposição dos materiais rochosos a atmosferas agressivas e/ou poluídas ou a reagentes químicos usados na limpeza e manutenção. Em virtude da necessidade de se prever como determinado litotipo se comportaria, diante de agentes atmosféricos, estes testes são realizados.

Dado que, quando em contato com as condições atmosféricas, as superfícies das rochas tendem a sofrer as conseqüências advindas de reações químicas geradas devido à sua composição e ao meio em que se encontra.

Os resultados desses ensaios indicam as variações sofridas pelas rochas após a exposição a atmosferas simuladas e podem se dar pela evidência da perda de massa e brilho, por exemplo. E, então, a partir das observações ao final das simulações, podem ser sugeridas as medidas preventivas mais adequadas para evitar/retardar o “envelhecimento” das rochas.

5.2.1 – Ataque Químico (ABNT – NBR 13.818/97)

O ataque químico consiste no ataque da rocha por diversos reagentes químicos, que representam as substâncias mais comuns utilizadas em ambientes domésticos e de trabalho. Dentre estes reagentes, os mais utilizados são: cloreto de amônio (presente em produtos de limpeza), hipoclorito de sódio (contido em produtos para tratamento de piscinas), ácido cítrico, ácido clorídrico, hidróxido de potássio (RIBEIRO *et al.* 2008 *apud* FRASCÁ, 2001).

Este ensaio deve ser realizado, principalmente em amostras comercializadas para utilização em pias e bancadas e pode causar, além da perda de brilho, alterações de cor e mineralogia, bem como perda de massa, evidenciando os nefastos resultados desse tipo de exposição sobre as rochas.

5.2.2 – Exposição à Névoa Salina (ABNT – NBR 8094/83)

Este ensaio tem por objetivo simular os efeitos causados pela emissão natural de cloreto de sódio sob a forma de *spray* salino que os mares oferecem. É realizado em câmara climática que reproduz esse ambiente marítimo. (Figura 12).



Figura 12 – Fotografia de câmara utilizada para ensaio de exposição à névoa salina.

A norma ABNT – NBR 8094/83 que rege este ensaio indica que o procedimento correto a ser seguido deve ter início com a lavagem dos corpos de prova com água destilada para que resíduos sejam removidos. Após esta lavagem, as amostras são secas em estufa a 70° C por 24 horas e, posteriormente, pesados, obtendo-se o peso inicial antes de as amostras entrarem na câmara.

Uma solução de cloreto de sódio é preparada para formar a atmosfera no interior do equipamento, onde a temperatura se mantém constante a 35° C. Tal solução é pulverizada na câmara e é preparada ao se dissolver, na proporção em massa, de cinco partes de NaCl, com pH ajustado entre 6,5 a 7,2, para noventa e cinco partes de água.

Os corpos de prova usados como controle devem ser armazenados, durante o período que o ensaio transcorra, segundo a norma, em dessecadores ou sacos de polietileno contendo

sílica gel para manter a umidade relativa inferior a 50%, de modo a evitar que corrosões possam se desenvolver, comprometendo os resultados e a finalidade do estudo.

As amostras são colocadas no interior da câmara e dispostas de modo a não receberem diretamente o fluxo de névoa, a não entrarem em contato entre si ou com qualquer outro material que seja capaz de mudar as condições de corrosão e, por fim, a não receberem gotejamento da solução que escorra das amostras (Figura 13).

Os corpos de prova ficam no interior da câmara e são retirados somente para inspeções, que quando realizadas, não devem ultrapassar 30 minutos. Neste intervalo de tempo, as amostras são lavadas em água destilada para que o sal seja eliminado da superfície e as observações necessárias sejam realizadas.



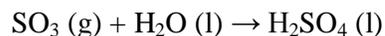
Figura 13 – Fotografia do interior de uma câmara de ensaio de névoa salina.

5.2.3 – Exposição ao SO_2

A fim de que se avalie o desenvolvimento da corrosão em corpos de prova, este ensaio consiste em simular uma atmosfera de dióxido de enxofre em uma câmara apropriada.

O volume de SO_2 a ser utilizado é determinado pela temperatura que se manterá no interior da câmara e equivale a dois litros para uma temperatura de 40°C .

Em função da presença de água no interior da câmara, é possível simular o efeito de chuva ácida, pois no meio aquoso ocorrem reações que oxidam o enxofre levando à formação de ácido sulfúrico, segundo a equação abaixo:



Os corpos de prova usados como controle devem ser armazenados, durante o período que o ensaio transcorra, segundo a norma, em dessecadores ou sacos de polietileno contendo sílica gel para manter a umidade relativa inferior a 50%, de modo a evitar que corrosões possam se desenvolver, comprometendo os resultados e a finalidade do estudo.

A exposição ao SO_2 consiste de ciclos de 24 horas, onde, após oito horas do início do ensaio, o aquecimento é desligado e a câmara é aberta para que seu interior seja ventilado e, depois de transcorridas 16 horas com a porta do equipamento aberta, os corpos podem ser retirados para inspeção.

As inspeções, quando realizadas, de modo semelhante ao ensaio de exposição à névoa salina, devem ter duração máxima de 30 minutos e, neste intervalo de tempo, são registradas as informações necessárias.

A quantidade dos corpos de provas não deve ser inferior a três e a disposição deles deve ser de tal forma que a solução condensada não goteje sobre as amostras e o espaçamento entre cada uma seja de, pelo menos, 20 mm.

6 – ALTERABILIDADES EM ROCHAS

A alterabilidade é, talvez, o parâmetro mais importante para a qualificação da rocha na sua utilização como material de revestimento, entre outros. Algumas rochas, quando aplicadas em revestimentos, principalmente os utilizado em ambientes externos, podem sofrer alterações de cor, apresentar manchas, crostas negras (Figura 14) e deslocamentos. A determinação da alterabilidade é realizada através de alguns métodos que tentam simular as maiores solicitações a que essas rochas serão submetidas (VIDAL *et al.* 1999).



Figura 14 – Fotografia de escultura da Catedral de Naumburg, Alemanha apresentando crosta negra. Imagem retirada de: *Illustrated Glossary on Stone Deterioration Patterns*, ICOMOS, 2008, p.43.

Existem algumas definições relativas aos termos do campo de estudo de alterabilidade que convêm ser elucidadas aqui, para maior clareza deste trabalho, posto que, esses vocábulos são utilizados por profissionais de diversas outras áreas.

Também cabe lembrar que, muitas vezes, as traduções de textos podem correr o risco de comprometer o entendimento, por exemplo, ao traduzirem uma palavra de determinada língua que pode significar até quatro em outra. Este é o caso de *dégradacion* (em Francês:

degradação) que, em sua tradução para o inglês pode significar dano, decaimento, degradação e deterioração.

Recentemente, o Conselho Internacional de Monumentos e Sítios (ICOMOS – *International Council on Monuments and Sites*) em seu Comitê Científico Internacional para Rochas (ISCS – *International Scientific Committee for Stone*) publicou o Glossário Ilustrado das Formas de Deteriorização em Rochas. Nele, determina-se o uso de uma linguagem comum cujo objetivo visa a reduzir conflitos de comunicações entre cientistas, restauradores e aspirantes na área. Além disso, este glossário fornece de modo visualmente prático e simplificado, um tutorial básico para identificação de aspectos de alteração de rochas, constituindo, portanto, uma importante ferramenta para possíveis argumentações científicas.

Segundo este glossário, o termo *alteração* é definido como modificação do material que não necessariamente implica um agravamento de suas características do ponto de vista da conservação, podendo um revestimento reversível aplicado sobre uma rocha, por exemplo, ser considerado como uma alteração. De acordo com SILVA & ROESER (2003), a definição anterior é complementada como sendo também um termo de valor neutro.

Entretanto, AIRES-BARROS (1991), define a *alteração* de uma rocha como sendo uma desagregação e decomposição da mesma levada a cabo por agentes físicos e químicos naturais, que transformam essa rocha em outro produto natural, porém em um novo equilíbrio físico-químico com o ambiente. Para ele, é um processo de transformação dos minerais das rochas em que a entropia do sistema, que no caso é a rocha, aumenta com o estabelecimento da desordem sobre as fases dos minerais através da destruição das redes cristalinas pela movimentação de cátions que as compõem.

Além disso, para este autor, existe a alteração deutérica ou primária, que é originada nos estádios tardios da consolidação do magma ou metassomatismo que envolve troca ou aquisição de substâncias pela rocha, mediante reações entre os minerais originais e as

substâncias que são introduzidas ao meio; e a alteração meteórica, secundária ou ainda supergênica que se dá em função do meio ambiente, uma vez que a rocha sã está exposta a condições exógenas que implicam incidência de ações físicas (efeitos térmicos, mecânicos relacionados a circulação da água e atividade biótica) e ações químicas (dissolução, oxidação, redução, oxidação-hidratação e hidrólise).

A *alterabilidade* é um processo de transformação dos minerais da rocha pela incidência de ações físicas e químicas, cuja compreensão é facilitada com o conhecimento da mineralogia (MELO & OLIVEIRA, 2008).

O termo *alterabilidade* é compreendido, segundo AIRES-BARROS 1991, como um conceito dinâmico que se refere à aptidão de uma rocha para se alterar, tendo como característica fundamental a alteração em função da dinâmica temporal.

Já o *intemperismo* é o processo de alteração que ocorre naturalmente (SILVA & ROESER, 2003 *apud* BAER & SNETHLAGE 1996), sendo esta uma definição mais abrangente. De acordo com PRESS *et al.* (2006), intemperismo é um processo geral que quebra as rochas em fragmentos de vários tamanhos por uma combinação de fraturamento físico e decomposição química.

Segundo SILVA & ROESER (2003), *degradação* é a modificação do material, que supõe sempre degeneração de características segundo a ótica de conservação, e *deterioração* é o dano que resulta de fatores naturais somados aos antrópicos e afeta tanto a rocha em seu lugar de origem, como a pedra talhada e sua colocação na obra e que leva ao *desgaste*.

Então, a partir das definições anteriores, é possível verificar que a alterabilidade pode ser entendida como uma propriedade natural das rochas em sua capacidade de sofrer alteração. E que alteração é a modificação do estado original da rocha que pode englobar termos, muitas vezes, usados de forma semelhante no campo semântico da área de estudos de

alterabilidade tais como: degradação, decaimento, deformação, deterioração, cujos significados são produzidos a partir de uma relação com os agentes humanos e intempéricos.

6.1 – Mecanismos Causadores de Alteração

De um modo geral, a partir do que foi mencionado anteriormente, podemos considerar que existem três mecanismos básicos que causam alterabilidades em rochas, que são físicos, químicos e biológicos (Figura 15). Estes mecanismos, por sua vez, dependem de quatro fatores para que ocorram, eles são, de acordo com AIRES-BARROS (1991), intrínsecos (a própria rocha), extrínsecos (ambiente em que a rocha se encontra), impostos (geometria e orientação) e, por fim, fatores antropológicos (vandalismo e falta de manutenção).

O litotipo (mineralogia, alteração, textura e estrutura), a presença de fraturas e/ou fissuras (porosidade) e o clima (temperatura, intensidade de chuvas, entre outros) podem ser considerados fatores que mais influenciam a susceptibilidade e taxa de intemperismo físico e químico (FRASCÁ, 2003) e isto se dá porque a taxa e o tipo de degradação são determinados pela natureza dos materiais envolvidos e do ambiente a que estão expostos.

Os mecanismos que causam a alteração e degradação são os mesmos, mas têm significativa importância segundo ocorram em local natural ou, no caso específico de um monumento, em determinado contexto ambiental (SILVA & ROESER, 2003 *apud* OLIVEIRA & BRITO 1998).



Figura 15 – Fotografia de uma estátua, sobre a qual atuam agentes biológicos, em cemitério na Suíça. Imagem retirada de: *Illustrated Glossary on Stone Deterioration Patterns*, ICOMOS, 2008, p.69.

A *temperatura* exerce um papel importante, segundo FRASCÁ (2003), quando se trata da observação das mudanças sofridas pelos monumentos, devido à propriedade de expansão e contração dos materiais quando, respectivamente, aquecidos ou resfriados.

Além disso, a cor e a refletividade alteram a absorção de calor, uma vez que, por exemplo, minerais máficos absorvem mais calor do que minerais mais claros porque apresentam baixo albedo. Portanto, em uma escala menor, é possível verificar minerais expandindo-se a taxas diferentes.

Como mencionado anteriormente no item 1.1, sob uma determinada escala de observação torna-se difícil verificar a ação do intemperismo uma vez que somente o tempo geológico transcorrido é capaz de mostrar os efeitos dele. Outras vezes, a preservação dos monumentos, ao longo dos séculos e milênios, termina por revelar a alteração das rochas (Figura 16).



Figura 16 – Fotografia do Coliseu de Roma em seu estado atual de degradação. Imagem retirada do site: <http://alfa-asp.blogspot.com/2010/09/maquinas-mortais-coliseu.html>. Acessado em 2010.

Enquanto que, no campo macroscópico, a alteração é visível a olho nu; no mundo microscópico, o fenômeno se dá sob forma química e dissociada de valores, sejam eles estéticos e/ou culturais. Isto se observa em reações químicas, por exemplo, de transformação de plagioclásio em caulinita pelo processo de caulinização, representado pela reação abaixo:



Este processo ocorre devido à mobilidade e hidrossolubilidade dos elementos químicos: Na e K, que, por apresentarem maiores raios iônicos, possuem maior mobilidade em relação a elementos como: Al, Ca, Fe, Mg, Ti, Mn, P, Si. Isto porque, a caulinização é um fenômeno que afeta os feldspatos das rochas graníticas e o seu efeito se traduz na formação de caulinita por meio do processo de hidrólise (meteorização química).

Uma série de patologias relacionadas às rochas toma cenário em meio às circunstâncias a que estão submetidas e por isso, este termo pode ser utilizado a fim de se dizer que uma rocha não se encontra em seu “estado são”. A patologia é explicada como o resultado dos mecanismos causadores de alterabilidade e seus fatores desde a ação de agentes

externos, como por exemplo, intemperismo, percolação de água, chuva ácida até a ação antrópica (Figura 17). Tal degradação é responsável por provocar as mais variadas danificações na estética e nas fundações das construções.



Figura 17 – Fotografia que exemplifica a ação antrópica sobre um monumento pétreo: pichação em aqueduto em Portugal. Imagem retirada de: *Illustrated Glossary on Stone Deterioration Patterns*, ICOMOS, 2008, p.57.

7 – PATOLOGIAS EM ROCHAS

A palavra patologia nos remete a um significado típico da medicina, na qual, este termo está relacionado às reações causadas por doenças que geram alterações moleculares e, em conseqüência, promovem alterações funcionais.

Tais aspectos não se diferem por completo da aplicação desta palavra quando se trata do estudo de rochas, uma vez que as manifestações de alterações modificam o padrão estético original e estrutural.

As patologias são provocadas por causas locais, internas e externas os quais podem ser: ataques químicos, mecânicos, biológicos, muitas vezes causados por: poluição, índice de pluviosidade, percolação de elementos (retirando ou depositando), presença de microorganismos que formam colônias, desgaste, fissuras, fraturas, rachaduras (Figura 18) e mau uso das peças.

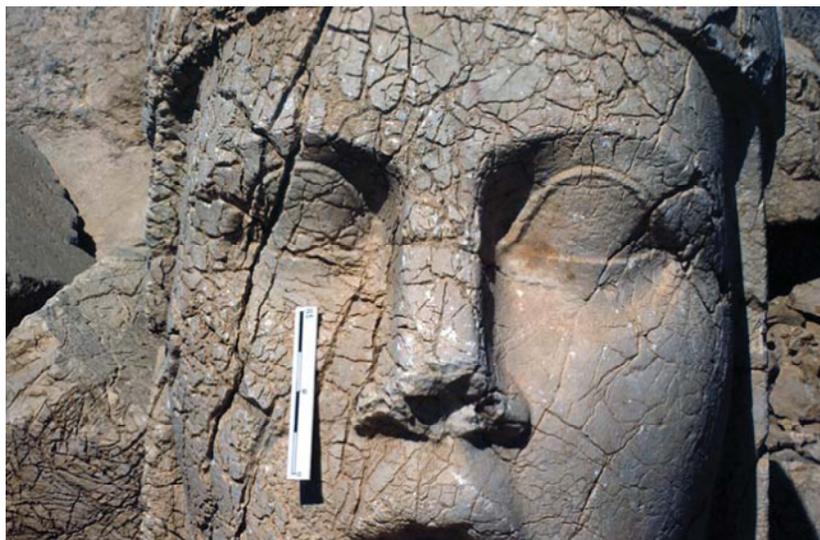


Figura 18 - Fotografia que exemplifica a formação de rachaduras em escultura de argila. Imagem retirada de: *Illustrated Glossary on Stone Deterioration Patterns*, ICOMOS, 2008, p.35.

As ações das patologias podem ser evitadas se forem realizados estudos prévios das rochas a serem utilizadas como ornamentos e revestimentos. E se, a partir deles, forem sugeridos os métodos de proteção mais adequados de acordo com cada tipo de rocha e seus tipos de alteração.

Além disso, o tipo de exposição a que a rocha está submetida atrela-se às condições ambientais em que se encontra. Por isso, a falta de orientação a respeito das consequências que as patologias geram, pode tornar-se um transtorno cuja solução, muitas vezes irreversível, requer um montante ainda maior com gastos gerados pela falta de informação.

MOURA (2004) resume na Tabela 3, modificada, os intemperismos mais comuns nas rochas carbonáticas, ígneas e metamórficas relacionando, as suas consequências e as formas adequadas de evitar a deteriorização da rocha.

Tabela 3 – Tipos de alteração comuns nos diferentes tipos de rochas. Adaptada de Moura, 2004.

MECANISMOS	CONSEQUÊNCIAS	IMFLUÊNCIAS DA POLUIÇÃO	MÉTODOS DE PROTEÇÃO
A - ATAQUE MECÂNICO			
I – CONGELAMENTO DE ÁGUA NOS POROS (CLIMA FRIO)	- AUMENTO DE FISSURAS DEVIDO AO AUMENTO DO VOLUME DE ÁGUA DURANTE O CONGELAMENTO - SAÍDA DE FRAGMENTOS	- BENÉFICA: FAZ BAIXAR O PONTO DE CONGELAMENTO DA ÁGUA E AUMENTAR A TENSÃO SUPERFICIAL	- EVITAR CONTATO PERMANENTE COM ÁGUA DAS CHUVAS - APLICAÇÃO DE SUBSTÂNCIAS HIDRÓFOBAS OU TENSOATIVAS SOBRE AS SUPERFÍCIES

<p>II – EROÇÃO POR IMPACTOS DE PARTÍCULAS EM SUSPENSÃO NO AR</p>	<p>- EROÇÃO DAS CAMADAS SUPERFICIAIS SOBRETUDO DOS ELEMENTOS EM RELEVO - ALTERAÇÃO DO EFEITO DO ACABAMENTO FINAL</p>	<p>- PREJUDICIAL: TENDO EM CONTA O CRESCENTE AUMENTO DA EMISSÃO DE PARTÍCULAS FINAS PELA INDÚSTRIA E PELAS VIATURAS</p>	<p>- DESVIO DOS VENTOS POR INTERMÉDIO DE ANTEPAROS BEM LOCALIZADOS</p>
<p>III – EROÇÃO POR ABRASÃO DEVIDO A USO EXCESSIVO</p>	<p>- DESGASTE DE DEGRAUS E LAGES</p>	<p>PREJUDICIAL: FAVORECE O AUMENTO DE PARTÍCULAS NO AMBIENTE</p>	<p>- PROTEÇÃO DAS ZONAS MAIS INTENSAMENTE FREQUENTADAS (COM MADEIRAS, TAPETES, ETC.)</p>
<p>IV – ABRASÃO DE PARTÍCULAS COLOIDAIAS EM SUSPENSÃO NO AR</p>	<p>- COLORAÇÃO DAS SUPERFÍCIES EM NEGRO (CARBONO), AVERMELHADO (FERRO), ETC. - AUMENTO DA CAPACIDADE DE ABSORÇÃO DE POLUENTES</p>	<p>- PREJUDICIAL: TAL COMO NOS CASOS I E II.</p>	<p>- DESVIO DOS VENTOS POR INTERMÉDIO DE ANTEPAROS BEM LOCALIZADOS</p>
<p>V - CORROSÃO DE COMPONENTES METÁLICOS</p>	<p>- FISSURAMENTO E DESAGREGAÇÃO - FORMAÇÃO DE MANCHAS FERRUGINOSAS</p>	<p>- PREJUDICIAL: AUMENTA A CORROSÃO DE PEÇAS METÁLICAS</p>	<p>- EVITAR A AÇÃO DE AGENTES DE NATUREZA QUÍMICA (EMISSÃO DE GASES PARA A ATMOSFERA, AÇÃO DE SAIS,</p>

			DETERGENTES, ETC.)
B – ATAQUE BIOLÓGICO			
FORMAÇÃO DE COLÔNIAS DE MICROORGANISMOS VEGETAIS E/OU ANIMAIS	- DISSOLUÇÃO DOS CARBONATOS - ACELERAÇÃO DA TRANSFORMAÇÃO DE SO ₂ EM SO ₃ .	- PREJUDICIAL: O SO ₂ E SUAS TRANSFORMAÇÕES FAVORECEM A FIXAÇÃO DE MICROORGANISMOS.	- USO DE PRODUTOS QUÍMICOS APROPRIADOS (EX: CLORETO DE ISOTIAZOLINONA)
C – ATAQUE QUÍMICO			
	- DISSOLUÇÃO DAS ROCHAS CARBONATADAS, - DESPRENDIMENTO DE FRAGMENTOS - FORMAÇÃO DE CAVIDADES	- PREJUDICIAL TENDO EM VISTA A PRODUÇÃO DE CO ₂ , SO ₂ , E SO ₃ PELAS INDÚSTRIAS E PELOS MOTORES DE COMBUSTÃO.	- COMBATER A POLUIÇÃO;PROTEGER DAS CHUVAS. - APLICAÇÃO DE MATERIAIS ORÂNICOS OU INORGÂNICOS (RESINAS, SILICONES, DERIVADOS ACRÍLICOS OU PARAFÍNICOS)
D – ATAQUE ELETROQUÍMICO			
	- DETERIORIZAÇÃO DAS CAMADAS SUPERFICIAIS DAS ROCHAS CARBONATADAS.	- PREJUDICIAL: POR FAVORECER O AUMENTO DO TEOR DE SO ₂	- COMBATER A POLUIÇÃO;PROTEGER DAS CHUVAS. - APLICAÇÃO DE FILMES ADEQUADOS PARA SUSPENSÃO DA DIFUSÃO DO ÍON Ca NO ESTADO SÓLIDO. - INVERSÃO DA SULFATAÇÃO.
E – AÇÃO PLUVIOMÉTRICA	CAULINIZAÇÃO		

A	DOS FELDSPATOS.		
F - PRECIPITAÇÃO DE FERRO	ALTERAÇÃO DE BIOTITAS E OUTROS MINERAIS FERROMAGNESIANOS (ANFIBÓLIOS, CLORITAS, ETC) E OXIDAÇÃO DE PIRITAS COM FORMAÇÃO DE MANCHAS OU AURÉOLAS FERRUGINOSAS.		
G - ALTERAÇÕES MINERALÓGICAS S - POR PROCESSOS NATURAIS OU ARTIFICIAIS	DESAGREGAÇÃO DE PARTÍCULAS.		
H - GELIFICAÇÃO	FISSURAÇÃO OU LASCAMENTO		
I - DESGASTE POR TRÁFEGO EXCESSIVO	ABRASÃO E PERDA DO POLIMENTO.		
J - UMIDADE DO SOLO E DA ATMOSFERA	ORIGEM DE MANCHAS POR IMPREGNAÇÃO DE UMIDADE.		

Portanto, para uma melhor avaliação do estado de conservação dos tipos pétreos, o estudo das patologias desempenha um papel importante para avaliar a alteração do estado natural das rochas ao longo do tempo. Tais estudos associados aos resultados de ensaios de

alterabilidade em laboratório visam a fornecer elementos que deverão atender às necessidades de uso, porém de modo menos empírico, e conseqüentemente, mais eficaz, seguro e econômico (COSTA *et al.* 2001).

8 – CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA E ESTUDOS DE ALTERABILIDADE DAS ROCHAS QUE REVESTEM O MONUMENTO AO CRISTO REDENTOR (RIO DE JANEIRO/RJ), UM EXEMPLO PRÁTICO.

Palco de visitas presidenciais, citada em várias canções, visitada por brasileiros e estrangeiros e conhecida internacionalmente, a estátua símbolo da cidade do Rio de Janeiro, eleita como uma das sete maravilhas do mundo no ano de 2007, conhecida como Cristo Redentor, apresenta um histórico de restauros desde o ano de 1980, sendo o mais recente realizado no ano de 2010. Entretanto, este último, foi o primeiro de cunho científico, e o Centro de Tecnologia Mineral do Rio de Janeiro (CETEM-RJ) pôde ser escolhido para a realização dos estudos referentes a este restauro.

Este exemplo representa um estudo prático do que foi mencionado anteriormente, de modo a explicar o comportamento da rocha que reveste o Cristo Redentor e talvez possa servir como um bom modelo, em termos de resultados e procedimentos, para tantos outros patrimônios culturais do país que apresentem rochas expostas em sua estrutura, visando a minimizar impactos e ampliar a sobrevida dos monumentos.

A realização do restauro do monumento Cristo Redentor resultou da bem sucedida união entre restauro e ciência tecnológica mineral, uma vez que as ambas as ciências, apesar de pouco se comunicarem, se complementam.

Devido a sua localização, o monumento carioca está sujeito à ação de degradação, à alta umidade, salinidade e crescimento de microrganismos. Portanto, pelo fato de estar constantemente exposto às intempéries naturais e urbanas, e por ser uma das sete maravilhas do mundo, sua preservação se torna cada vez mais necessária.

Baseado nisto, o objetivo deste trabalho prático foi o de realizar o estudo tecnológico de caracterização da rocha que recobre o Cristo, bem como dos agentes que atuam e

degradam sua superfície. Para tal, foram realizados ensaios tecnológicos para determinações de índice de cor, porosidade e absorção de H₂O.

8.1 – Localização

O monumento ao Cristo Redentor está localizado no topo do maciço rochoso do Corcovado na Zona Sul da cidade do Rio de Janeiro suas coordenadas UTM em DATUM Córrego Alegre são: 0683605 e 7460679 (Figura 19).

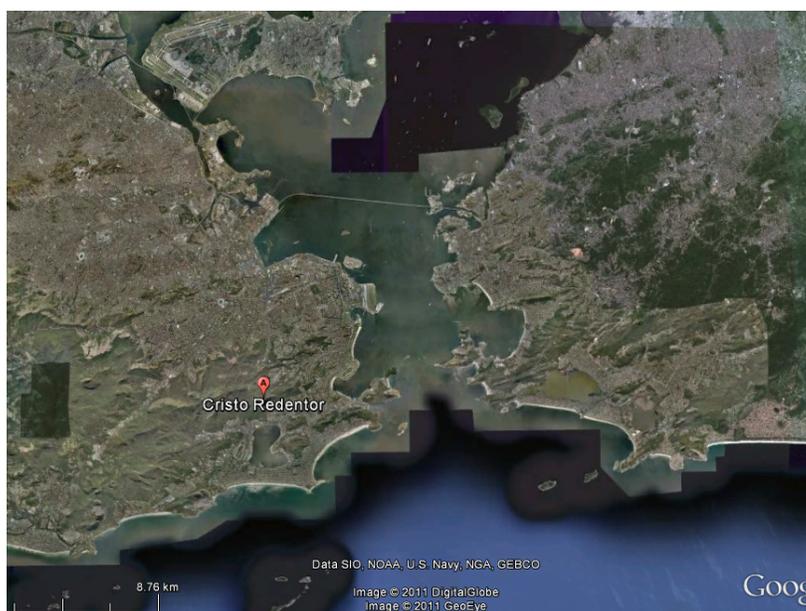


Figura 19 - Localização geográfica do Monumento ao Cristo Redentor na cidade do Rio de Janeiro. Fonte: Google Earth.

8.2 – Histórico do monumento

Como já mencionado anteriormente, o conhecimento da história do monumento para o qual uma pesquisa se volta é preponderante para o sucesso das diversas etapas de operação e procedimentos que irão se suceder durante os estudos.

É crença comum acreditar que o Cristo Redentor foi um presente da França para o Brasil, entretanto, a história deste símbolo se inicia, no Brasil, ao final do século XIX,

quando, pela primeira vez, um padre vicentino, chamado Pierre Marie Boss sugeriu que um monumento religioso fosse erguido no alto do corcovado.

De acordo com COIMBRA (2011), em maio de 1921, a Igreja Católica retoma o assunto e escolhe, por meio de assembleias, o local de construção e o projeto a ser realizado. O corcovado foi o local escolhido e este concorria com o Pão de Açúcar e o Morro de Santo Antônio. O projeto selecionado teve a autoria e execução do engenheiro Heitor da Silva Costa (Figura 20).



Figura 20 – Fotografia do engenheiro Heitor da Silva Costa autor e executor do projeto de construção do monumento ao Cristo Redentor. Imagem retirada de <http://ecclesia.com.br/news/2011/?p=4597> acessado em maio de 2010.

Por se tratar de um feito grandioso, vários profissionais foram selecionados, e deste modo, é importante mencionar o papel dos personagens principais que participaram e colaboraram com a obra, que foram: Carlos Oswald que realizou os desenhos do Cristo; Heitor Levy, que foi o mestre geral da obra; Dom Sebastião Leme, cardeal e principal incentivador da construção; e os franceses: Maximilien Paul Landowisk, que esculpiu maquetes e moldes em diversos tamanhos, e Albert Caquot, um dos maiores engenheiros do século XX, que foi responsável pelos cálculos estruturais (COIMBRA, 2011).

Ainda de acordo com este autor, somente no ano 1923, o projeto original, que era em princípio o “Cristo da cruz e do globo”, foi modificado para um cristo com os braços abertos na forma de cruz e a cabeça levemente inclinada, isto se deveu a estudos de visibilidade feitos pelo engenheiro Silva Costa. O projeto final foi realizado na França em 1926 e, no mesmo ano, as obras têm seu início no Brasil.

Faz-se aqui importante ressaltar que, neste período, predominava o estilo de época denominado *Art Déco*, que é uma expressão francesa que deriva do nome *Exposition Internationale des Arts Décoratifs et Industriels Modernes*, que foi uma exposição que ocorreu na França em meados de 1920 e marcou o auge de tal estilo, tendo como principais características as linhas geométricas bem definidas inspiradas por diversas culturas como a cultura egípcia e grega (<http://www.institutoartdecobrasil.com>). E o Cristo Redentor está inserido neste contexto.

A pedra-sabão foi escolhida como revestimento devido a sua constituição, maior resistência aos ventos, ser refratária ao calor e ser abundante no Brasil. O formato triangular foi essencial para que as tesselas pudessem revestir principalmente o queixo e a boca. Os triângulos eram fixados em faixas de panos, por mulheres da sociedade, e depois, estas faixas foram fixadas com argamassa no monumento (COIMBRA, 2011).

Em 12 de outubro de 1931, com a recém ocorrida crise de 29 nos Estados Unidos e a revolução de 30, o monumento foi inaugurado por Dom Sebastião Leme com a presença de Getúlio Vargas, então chefe do governo provisório (Site: <http://www.rio.rj.gov.br/web/riotur/>).

8.3 – Condições Climáticas da Cidade

Segundo JOURDAN (2007), devido à influência do Oceano Atlântico, das Baías da Guanabara e Sepetiba, da topografia e da própria estrutura urbana, as circulações de brisa

desempenham um importante papel no regime de ventos da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ), uma vez que a fisiografia tem influência no transporte de poluentes.

Atrela-se à questão de circulação dos ventos, o clima, que pode ser classificado, segundo RIBEIRO (2010) como tropical atlântico com médias anuais de temperatura de cerca de 23° C, por isto, em se tratando de uma cidade litorânea, o efeito da maritimidade pode-se tornar perceptível, na medida em que se têm amplitudes térmicas relativamente baixas.

8.4 – Composição Externa do Monumento

A estátua é feita de concreto e é recoberta por um mosaico composto por pequenas peças triangulares de uma rocha meta-ultramáfica comumente conhecida como de pedra-sabão ou esteatito, onde cada peça deste mosaico recebe o nome de tessela (Figura 21). Em sua grande parte, tais tesselas são originais, ou seja, sua colocação data da década de 1930, período em que a construção do monumento foi iniciada, porém existem peças do restauro do ano 2000.



Figura 21 – Fotografia mostrando a parte externa do Cristo Redentor evidenciando o mosaico de pedra-sabão.

8.4.1 – Pedra Sabão ou Esteatito

A pedra-sabão é uma variedade metamórfica de uma rocha ígnea ultramáfica, denominada Komatiíto e, segundo PONTES & ALMEIDA (2008), ocorre no Brasil nos estados do Paraná, Bahia, São Paulo, Rio Grande do Sul e Minas Gerais.

A composição mineralógica desta rocha pode incluir: dolomita, calcita, tremolita, clorita, serpentinita, piritita, hematita e talco. Este último compõe quase toda massa da rocha e pode ocorrer de maneira granular ou criptocristalina.

O talco é um filossilicato de magnésio hidratado ($Mg_3(Si_4O_{10})(OH)$) cujas unidades estruturais do arranjo espacial dos constituintes são unidas entre si por ligações de Van der Waals, ou seja, ligações onde as forças de interação entre os elementos são as mais fracas. Essas ligações concedem ao mineral propriedades características, tais como: clivagem basal perfeita, untuosidade ao tato, poder lubrificante e absorvente de óleos e gorduras e partículas com superfície de caráter hidrofóbico devido à quebra preferencial das ligações de Van der Waals durante o processo de fragmentação.

As principais propriedades que tornam o talco utilizado em indústrias são: inércia química, isto é, não sofre reação química, suavidade e untuosidade ao toque, boa retenção como carga, dureza baixa (equivalente a 1 na escala de Mohs), brilho nacarado a gorduroso, densidade baixa (em torno de 2,7), leveza, resistência ao choque e hidrofobicidade natural.

8.5 – Metodologia Experimental

Esta etapa consistiu em visitas técnicas ao monumento para observações gerais das patologias visíveis. Em seguida, no dia 22/03/2010, deu-se início à execução de ensaios de caracterização tecnológica das rochas, bem como ensaios de alterabilidade, tendo como base as normas ABNT. Os primeiros ensaios englobaram: índices físicos, determinação colorimétrica, preparação de amostras para análise química e análise petrográfica. Os

segundos ensaios englobaram: ataque de umidade, névoa salina e SO₂. Depois, foram feitos os levantamentos de dados obtidos com os ensaios que foram registrados em cadernetas e relatórios.

8.5.1 – Amostragem

A seleção das tesselas, que serviram como corpos de prova, foi realizada em conjunto pelo Centro de Tecnologia Mineral (CETEM) e por representantes do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) (Figura 22) e assim foram retiradas para os ensaios laboratoriais: 9 (nove) tesselas do lado Norte, 9 (nove) do lado Sul, 9 (nove) do lado Leste e 9 (nove) do lado Oeste, somando ao todo 36 peças originais. (RICARDO *et al.* 2010).



Figura 22 – Fotografia do momento da retirada das tesselas de pedra-sabão da parte externa da estátua.

8.5.2 - Colorimetria

Para a determinação do padrão cromático das tesselas, foi utilizado um colorímetro da marca *Technidyne Color Touch 2 Model ISSO* (Figura.23).



Figura 23. – Fotografia do colorímetro da marca *Technidyne Color Touch 2 Model ISSO*.

A leitura do resultado foi feita com base nos valores representados pelos eixos a^* , b^* e L^* como indica a figura 24, onde o eixo a^* indica a variação de cor de verde (-a) a vermelho (+a), eixo b^* azul (-b) a amarelo (+b) e eixo L^* branco (100) ao preto (0) (RICARDO *et al.* 2010). Os resultados obtidos devem ser interpretados de acordo com a distribuição espacial das cores.

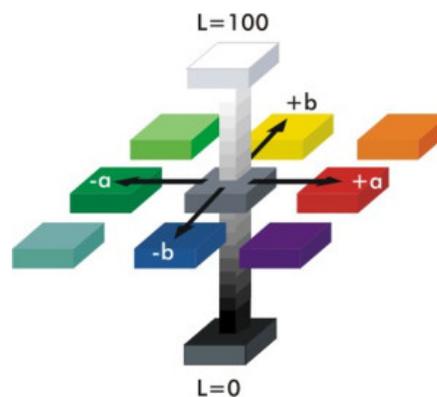


Figura 24 – Gráfico representativo de distribuição colorimétrica. Fonte: Ribeiro *et al.* 2010.

8.5.3 – Caracterização Mineralógica

As análises mineralógicas foram determinadas pelo método do pó, usando-se um equipamento da marca *Bruker-D4 Endeavor* que forneceu difratogramas de raios-X (DRX) e as interpretações qualitativas das fases minerais presentes foram realizadas por comparação com padrões contidos em banco de dados (RICARDO *et al.* 2010).

8.5.4 – Caracterização Petrográfica

A análise petrográfica, segundo a norma ABNT. NBR 12.768/92, foi realizada através da interpretação de lâminas delgadas de amostras originais, com o intuito de se observarem as características microscópicas dos elementos que compõem a rocha que reveste o monumento. As características observadas foram: textura, composição mineral, estado microfissural, natureza da rocha e alterações minerais.

8.5.5 – Índices Físicos

Por meio deste ensaio, puderam-se determinar as massas específica, seca e saturada, porosidade e absorção de água por meio de fórmulas especificadas segundo a norma ABNT-NBR 12.766/92 de acordo com a tabela.

Neste ensaio, os corpos de prova foram pesados em uma balança de precisão. Primeiramente, foram pesados a seco após 24h em estufa a 70 °C, fornecendo o valor equivalente a peso seco. Posteriormente, foram colocados em água destilada por 24h e em seguida foram pesados, obtendo-se seu pesos saturados e, em seguida, cada amostra saturada foi submergida em água destilada de modo a fornecer seu peso submerso.

8.5.6 – Hidrofugação

A água exerce uma importante influência nas características dos monumentos pétreos, provocando eflorescência e acelerando o crescimento de microrganismos, dentre outras patologias.

A afinidade da água com a superfície desses materiais se deve à tensão superficial que varia em função do meio com o qual a água está em contato e, por isso, o uso do hidrofugante faz com que esta tensão seja reduzida (Figura 25). Este polímero hidrofugante tem tal característica, pois sua tensão superficial é de cerca de 24 mN/m, sendo inferior a da água que é 73 mN/m, portanto, quanto menor for a tensão superficial do hidrofugante, menor será o valor da tensão superficial em relação à água, logo maior será a proteção da rocha porque o ângulo de contato é reduzido (MARANHÃO & LOH, 2010).

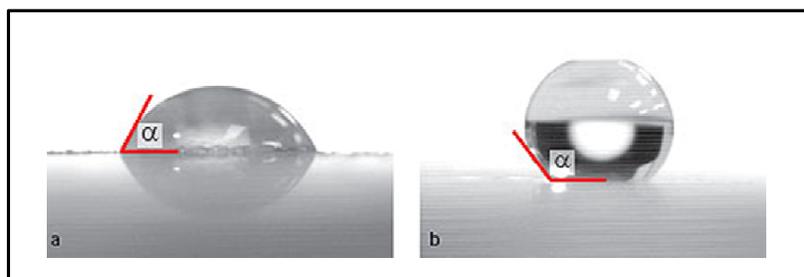


Figura 25 – Ilustração que apresenta o ângulo de contato entre a água e uma superfície sem impermeabilizante (a) e outra com impermeabilizante (b) onde se observa menor tensão superficial. Fonte: Maranhão & Loh, 2010.

Para os ensaios realizados, utilizou-se o hidrofugante da marca Wacker-Chemie, conhecido como Slires BS 290, repelente de água para alvenaria, a base silano e siloxano na proporção de 1: 9, diluído em aguarrás, ficando a peça 14 dias de cura após a aplicação de duas demãos desta solução diluída, conforme fora indicado pelo fabricante (Figura 26). É solúvel em solventes orgânicos, apresenta boa profundidade de penetração, não é pegajoso após a secagem. Depois da aplicação na superfície da rocha, o produto reage com a umidade

da atmosfera ou da água dos poros e gera uma camada hidrorrepelente, liberando álcool (RIBEIRO *et al.* 2010).



Figura 26 – Fotografia que mostra a aplicação do protetivo hidrofugante nos corpos-de-prova de pedra-sabão que reveste a estátua do Cristo Redentor.

8.5.7 – Ensaio de Exposição à Névoa Salina

Este ensaio seguiu os requisitos exigidos pela norma ABNT - NBR 8094/83, onde as amostras foram, inicialmente, pesadas e submetidas a 30 ciclos que representaram 540 horas. A cada 15 ciclos as amostras eram retiradas para um exame visual.

Ao término do ensaio, os corpos de prova foram lavados, a fim de que todo sal na superfície fosse removido, e posteriormente, foram secos em estufa a 70°C por 24 horas. Feito isto, as amostras foram pesadas em balança de precisão para que assim se obtivesse seu peso final.

8.5.8 – Ensaio de Exposição ao SO₂

O ensaio de ataque de SO₂ seguiu a norma ABNT – NBR 8096/83, mencionado no item 4.2.3 deste trabalho. Para este procedimento, foram realizados, semelhantemente ao

ensaio com névoa salina, 30 ciclos, somando 720 horas de ensaio. Ao final, as amostras foram lavadas, secas e pesadas

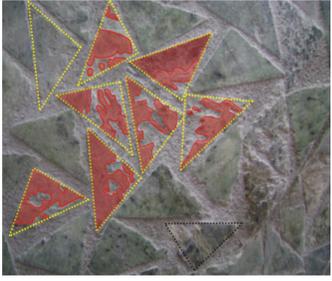
8.6 – Resultados

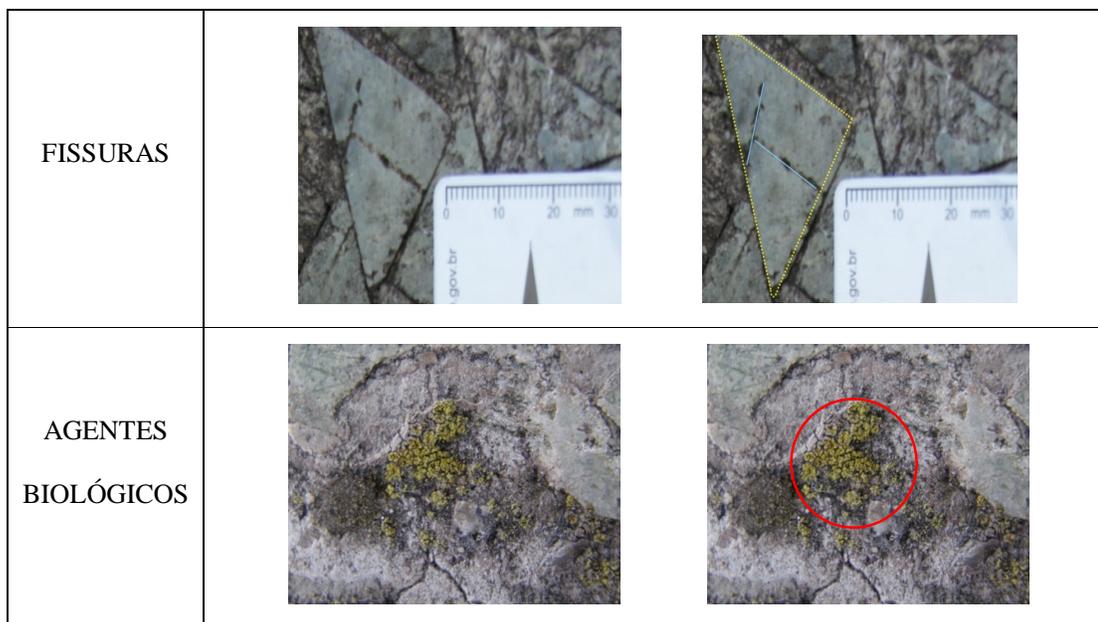
Apresentam-se neste ponto, alguns resultados desse trabalho de restauro no que concerne às patologias, à colorimetria, à caracterização petrográfica e mineralógica, aos índices físicos, aos microrganismos e à hidrofugação.

8.6.1 – Patologias

As principais patologias identificadas em campo e que são visíveis a olho nu foram: perda de massa, fissuras e agentes biológicos (Tabela 4).

Tabela 4. Identificação das patologias mais evidentes do monumento ao Cristo Redentor.

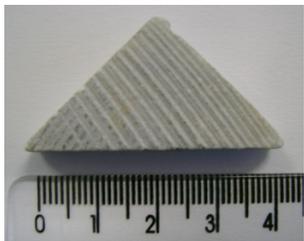
<u>PATOLOGIA</u>	<u>IMAGENS</u>	
PERDA DE MASSA		
		



8.6.2 – Colorimetria

Os resultados obtidos com o ensaio de colorimetria mostram que há tendência à coloração verde-amarelada clara, devido aos valores (Tabela 5) médios encontrados para os eixos a^* , b^* e L^* , respectivamente, -0,11 (verde), 5,3 (amarelo), 53 (claro) como se pode observar pelo gráfico da Figura 25.

Tabela 5. Comparações entre valores de colorimetria

Eixo Tessela	a^*	b^*	L^*
Não Hidrofugada 	-0,11	5,3	53

<p>Hidrofugada</p> 	<p>-1,49</p>	<p>8,45</p>	<p>37</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------	--------------------	------------------

8.6.3 - Caracterização Petrográfica

Ao microscópio (Figura 28), as tesselas originais não apresentam microfissuras, o nível de alteração é médio e os minerais observados são os seguintes: talco, clorita, calcita, tremolita, actinolita (RICARDO *et al.* 2010).

De acordo com a análise petrográfica realizada pela geóloga do projeto, Joedy Patrícia da Cruz Queiroz, foi possível verificar que:

A rocha apresenta textura nematoblástica a granolepidoblástica, em que os minerais de hábito alongado, prismático ou acicular, e as micas e cloritas estão dispostas subparalelamente

A composição mineral é predominantemente formada por talco, em menor quantidade ocorrem: clorita, carbonato e anfibólios disseminados, mas por vezes ocorre aglomerado na lâmina, são raros os minerais opacos.

Os cristais de talco apresentam-se incolores em luz natural, de tamanhos variados, hábito lamelar e cor de interferência verde-rosa, localmente formando aglomerados. A clorita ocorre em forma de palhetas de cor verde-claro em luz natural. Os carbonatos ocorrem agregados por toda a lâmina com cristais inequigranulares. O anfibólio (tremolita-actinolita) ocorre com hábito acicular e cor verde-claro em luz natural e birrefringência moderada.



Figura 27 – Fotomicrografia da lâmina delgada da amostra original de pedra-sabão do ano de 1930.

8.6.4 - Caracterização Mineralógica

A análise mineralógica pôde ser avaliada pela interpretação DRX indicado na Figura 28, onde, de um modo geral, os picos de maior intensidade podem ser representados pelos seguintes minerais: talco, tremolita, calcita e clorita, confirmando assim a análise petrográfica.

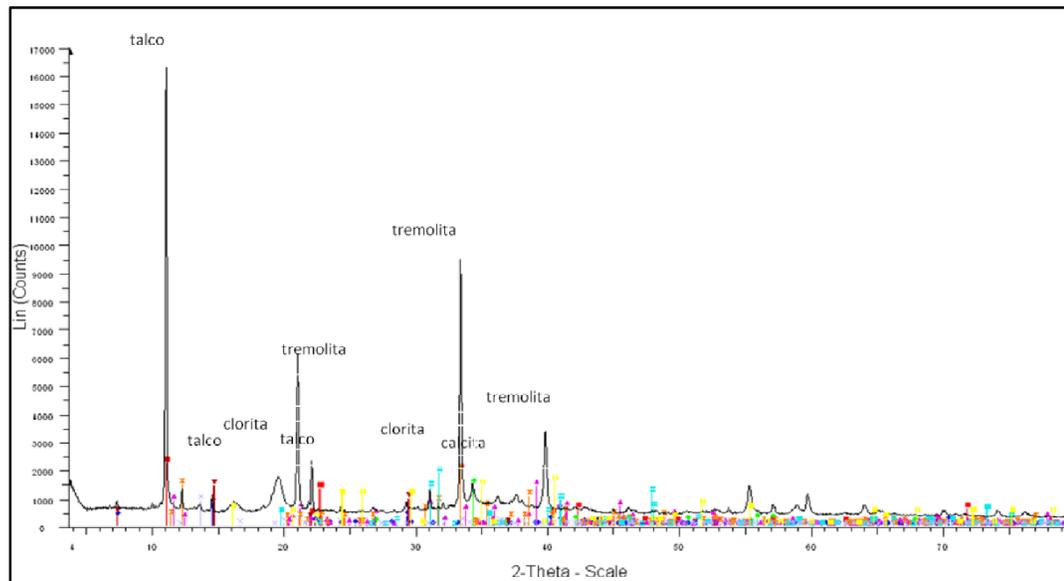


Figura 28 - Difratoograma de Raio-X para amostra estudada de tessela original do ano de colocação em 1930, mostrando os picos de minerais que identificam a rocha como sendo um esteatito.

8.6.5 - Índices Físicos

Os resultados obtidos com este ensaio (Tabela 6) mostraram que, antes do uso da resina hidrofugante, os valores para porosidade e absorção estavam muito elevados, sendo cerca de 4% e 2%, respectivamente e estando fora dos padrões normais da rocha sã, especificados na literatura, que são trono de 1% a 0,5%, indicando alto grau de alteração. Após o uso da resina, estes valores elevados reduziram significativamente.

Esta elevada porosidade pode ser confirmada e visualmente verificada através de imagens obtidas a partir do Microscópio Eletrônico de Varredura – MEV que mostram poros abertos e formas de dissolução de minerais (Figura 29).

Tabela 6. Média dos valores encontrados para porosidade e absorção antes e após o uso do protetivo nas amostras de esteatito.

	Valor inicial em %	Amostra Hidrofugada	Redução em %
Porosidade	4,07 %	0,49 %	88 %
Absorção	2,32 %	0,17 %	93%

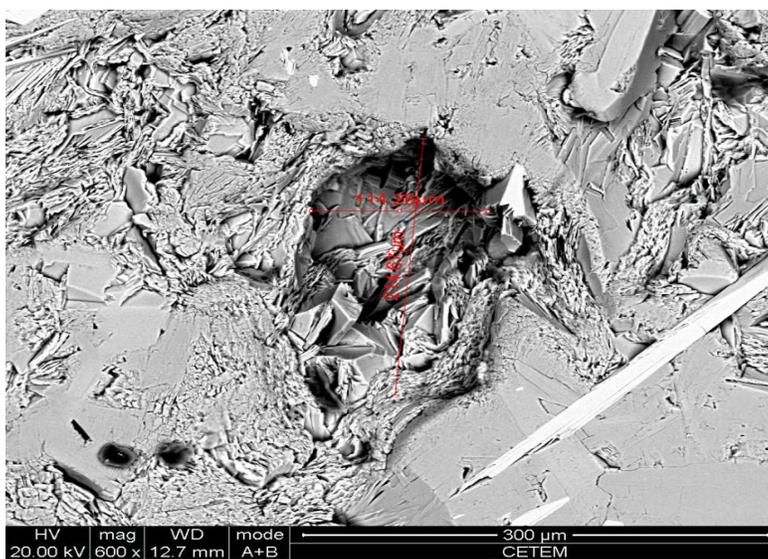


Figura 29 – Fotomicrografia que evidencia de porosidade em amostra original de tessela de pedra-sabão que reveste a estáua do Cristo Redentor visível em MEV.

8.6.6 - Microorganismos

A abordagem microbiológica na estátua do Cristo Redentor consistiu, em um primeiro momento, na observação visual para localização de colônias de fungos e/ou líquens (Figura 30). Foram visualizados diferentes tipos de líquens como, por exemplo: *Penicillium* sp, *Fusarium* sp, *Cladosporium* sp e *Aspergillus* sp, com características morfológicas distintas.

Pareceu sugestivo que a ação de metabolismo desses fungos produz ácidos orgânicos e inorgânicos e corrosão entre outros efeitos, que combinados com a atuação de chuvas, ventos, *sprays* salinos, podem por sua vez acelerar o processo de degradação das rochas em questão.

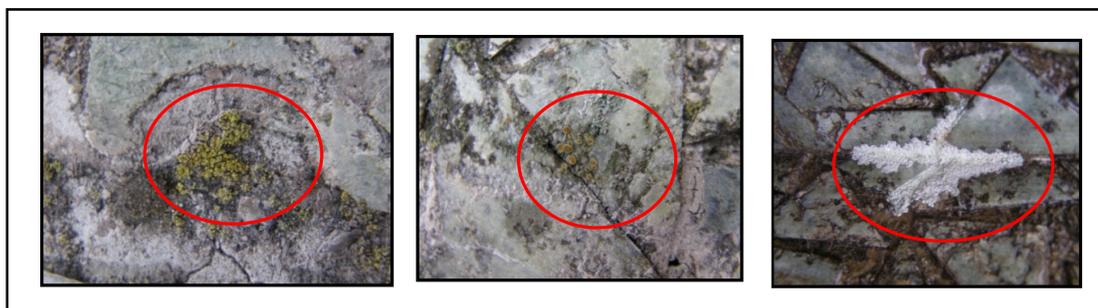


Figura 30 – Fotografias mostrando as assembleias de diferentes microorganismos encontradas na superfície do monumento ao Cristo Redentor.

8.6.7 - Hidrofugação

O uso da resina hidrofugante teve um papel fundamental, pois mostrou que atua de modo a reduzir os efeitos da porosidade (Figuras 31 a e b), devido à interação entre o hidrofugante e a assembléia de minerais que constituem as tesselas originais.

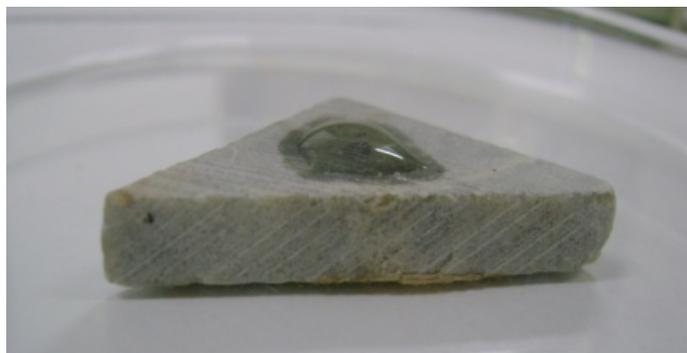


Figura 31 a. – Fotografia do efeito da água em superfície de tessela de pedra-sabão não hidrofugada.

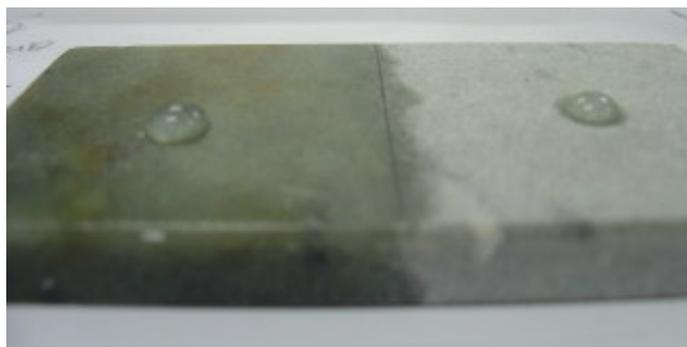


Figura 31b – Fotografia do efeito da água em superfície de amostra de pedra-sabão hidrofugada e não hidrofugada..

É possível que tais tesselas apresentem elevada degradação em sua estrutura, de modo que as mesmas possam ter muitos “vazios”, acarretando em um menor valor de massa específica, o que, possivelmente, se reflete nos maiores valores de absorção e porosidade, e, conseqüentemente, na maior absorção de hidrofugante.

A predominância cromática (verde-amarelada) não foi afetada significativamente após a aplicação do hidrofugante, houve apenas um leve escurecimento que foi reduzido em pouco tempo (Tabela 5 /p.58).

9 – CONCLUSÃO

9.1 – Estudo de Caso: Monumento ao Cristo Redentor

Tendo o monumento ao Cristo Redentor como exemplo de estudo, verificou-se que, diante das análises geradas ao longo de todo processo de pesquisa, o estado de alteração das tesselas que recobrem o Cristo Redentor se deve a vários fatores, onde o principal é a penetração de água, sendo, neste aspecto, a aplicação do hidrofugante um procedimento importante já que seu papel, como pôde ser comprovado, é reduzir a vulnerabilidade experienciada por esses materiais.

Além disso, em termos de variação cromática, foi possível constatar que a hidrofugação foi responsável pelo leve escurecimento das amostras, pois realça a tonalidade dos minerais, entretanto, após certo tempo, esse escurecimento é abrandado.

Verificou-se, também, que o ataque de névoa salina foi responsável pela alteração da tonalidade das peças, tanto ao natural, quanto hidrofugadas, o que pode indicar a ação da maresia. E, que, a presença de microrganismos pode atuar neste conjunto, na medida em esses seres produzem ácidos em seu metabolismo e esses ácidos, por sua vez, podem atacar a estrutura de minerais.

Os resultados desses ensaios se mostraram eficazes no que tange à necessidade de aplicação de um protetivo, já que os valores encontrados para a porosidade e para a absorção foram reduzidos drasticamente após o uso do hidrofugante.

9.2 – Geral

Os objetos pétreos, desde complexos conjuntos arquitetônicos, até os artefatos mais simples constituem inegável documento da cultura e evolução humanas e, através deles, temos acesso a um tipo de conhecimento especial que nos leva, invariavelmente, a um contato

mais estreito não só com um tipo de informação objetivo e intelectual, mas também com os sinais das emoções que neles buscou-se expressar.

Assim sendo, uma pesquisa sobre os processos de degradação das rochas utilizadas em monumentos encontrou sustentação na necessidade de se preservar tal patrimônio humano, posto que as rochas são corpos dinâmicos que, ao interagir com seu ambiente, apresentam diferentes respostas diante das condições a que estão sujeitas, segundo suas próprias características, e, evidentemente, também de acordo com o tempo de exposição.

Por isso, o conhecimento das propriedades das rochas, através dos ensaios de caracterização tecnológica e de alterabilidade, se faz indispensável para que se possa prever seu melhor uso e prever os possíveis danos que possam reduzir suas qualidades em longo prazo. Entretanto, tais ensaios se mostram invasivos e talvez pudessem ser revisados e adequados quando o objeto de estudo forem monumentos pétreos.

Deste modo, esta pesquisa ocupou-se da alterabilidade das rochas e procurou caracterizá-la como uma relevante ferramenta para a preservação de monumentos pétreos, considerados patrimônios culturais, cuja necessidade de restauração provoca trabalho contínuo e eficaz.

Para a efetivação da atividade de restauro, evidenciou-se também que não se pode dispensar a comunicação e a interdisciplinaridade, uma vez que as interfaces científicas e tecnológicas levantadas não parecem permitir dúvidas sobre tal necessidade nesse contexto, onde a geologia se mostra como núcleo agregador inequívoco.

Além da óbvia presença das ciências da terra e da natureza, bem como das ciências exatas, nesse campo de restauro; estudos sobre alterabilidade das rochas podem ajudar também a preservar o contexto histórico e social, ao contribuir para evitar a descaracterização da originalidade das peças. Enfim, quando avaliamos o tema, constata-se que pode ser uma contribuição científica para a eficiência da atividade multidisciplinar de restauração de

monumentos pétreos e acredita-se, ainda, que esta ferramenta de estudo esteja inserida no conceito de geoconservação, apesar de não ser comumente associada a ele.

Portanto, os procedimentos que envolvem os estudos das características tecnológicas da alterabilidade das rochas, visando ao seu melhor uso e conservação, podem fornecer considerável banco de dados para contribuir com a restauração e prevenção de danos aos monumentos pétreos e outras construções humanas.

BIBLIOGRAFIA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12.763/92: rochas para revestimento, resistência à flexão. Rio de Janeiro. 1992.

_____. NBR 12.764/92: rochas para revestimento, resistência ao impacto de corpo duro. Rio de Janeiro. 1992.

_____. NBR 12.766/92: rochas para revestimento, determinação da massa específica aparente, porosidade aparente e absorção d'água aparente. Rio de Janeiro. 1992.

_____. NBR 12.767/92: rochas para revestimento, resistência a compressão uniaxial. Rio de Janeiro. 1992.

_____. NBR 12.768/92: rochas para revestimento, análise petrográfica. Rio de Janeiro. 1992.

_____. NBR 12.768/92: rochas para revestimento, análise petrográfica. Rio de Janeiro. 1992.

_____. NBR 8094/83: material metálico revestido e não revestido – Corrosão por exposição à névoa salina. Rio de Janeiro. 1983.

AIRES-BARROS, L.A. 1991. Alteração e Alterabilidade de rochas. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Nacional de Investigação Científica 384 p.

ART DÉCO. <http://www.institutoartdecobrasil.com>. Acessado em dezembro de 2011.

BRASIL. Constituição Federal. CF/88, Art. 20, X. In: VADE MECUM, p.15. 2010. 4a ed. 1544p.

BRILHA, J.B. 2005. Património Geológico e Geoconservação: A Conservação da Natureza na sua Vertente Geológica. Braga, Palimage Editores, 190 p.

CALLISTER, W. D. 1991. Materials Science and Engineering, an Introduction. WILEY, J. & Sons. New York, NY

CARUSO, L.G & FARJALLAT, J. E. S. 1978. Os mármore e granitos brasileiros – seu uso e suas características tecnológicas. Rochas de Qualidade. n **47**, p. 36-45.

COIMBRA, Guilherme. 2011. Jornal O Globo. Edição especial de aniversário do Cristo Redentor, em 09/10/2011.

COSTA, A. G. 2003. Rochas Ornamentais e de Revestimento: estudos a partir do Patrimônio Construído e de Projetos Arquitetônicos Recentes. III CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAS ORNAMENTAIS DO NORDESTE, Rio Grande do Norte. **Anais**. p.173-179.

FILHO, J.B. 1999. A Utilização de Substâncias Mineraias pelos Povos Indígenas. Breves Comentários. *Anuário do Instituto de Geociências* – UFRJ. v **22**. p 99-104.

FRASCÁ, M.H.B.O. 2001. Qualificação de Rochas Ornamentais e para Revestimento de Edificações: Caracterização Tecnológica e Ensaio de Alterabilidade. In: I SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ROCHAS ORNAMENTAIS/ II SIMPÓSIO DE ROCHAS ORNAMENTAIS DO NORDESTE, Salvador, 2001. **Anais**. p. 128-135.

- FRASCÁ, M. H. B. O. 2003. Caracterização tecnológica de rochas ornamentais e de revestimento: estudo por meio de ensaios e análises e das patologias associadas ao uso. In: III SIMPÓSIO DE ROCHAS ORNAMENTAIS DO NORDESTE, Recife, Brasil. **Anais**. p. 1-7.
- FRASCÁ, M.H.B.O & YAMAMOTO, J.K. 2003. Ensaio de Alteração Acelerada em rochas para Revestimento – Estudos Experimentais em Rochas Graníticas. In: III CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAS ORNAMENTAIS DO NORDESTE, Rio Grande do Norte. **Anais**.
- GAMA, H.B. 2001. Principais Patologias Associadas ao uso de Rochas Ornamentais. In: I SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ROCHAS ORNAMENTAIS/ II SIMPÓSIO DE ROCHAS ORNAMENTAIS DO NORDESTE, Salvador, 2001. **Anais** p. 20-23.
- GUIMARÃES, G.B.; CARDOSO, A.H.; BOGGIANI, P.C.; PIERKATZ, G.F.; MANSUR, K. L.; DELPHIN, C.F.M.; THEODOROVICZ, A.; RUCHKYS, U.A.; FERRO NETO, O.F. 2009. The rising of the Geoparks' concept, activities and projects in Brazil. In: VIII EUROPEAN GEOPARKS CONFERENCE, 2009, Idanha-a-Nova. New Challenges with geotourism / Proceedings of the VIII European Geoparks Conference. Idanha-a-Nova : C. Neto de Carvalho & Joana Rodrigues (Eds.), 2009. v. **único** p. 41-44.
- HOLANDA, A. B. 1986. Novo Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa. Ed. Nova Fronteira. 2^a ed. 1838p.
- ICOMOS. 2008. International Council on Monuments and Sites 2008. Illustrated *Glossary on Stone deterioration patterns*.
- IDEAS – 1994. Investigations into devices against environmental attack on stones. A German-Brazilian project carried out under the auspices of the German-Brazilian governmental agreement on cooperation in Scientific Research and Technological Development.
- JOURDAN, Pedro. 2007. *Caracterização do Regime de Ventos Próximos à Superfície na Região Metropolitana do Rio de Janeiro*. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Trabalho de Conclusão de Curso. 62p.
- KUHL, M.B. 2006. História e Ética na Conservação e na Restauração de Monumentos Históricos. Revista CPC. São Paulo. v. **1 (1)** p. 16-40.
- LUFT, C.P. 1999. Dicionário Prático de Regência Verbal. Ed. Ática. 7^a ed. 544p.
- MANSUR, K. L.; 2011. Algumas Reflexões sobre os Métodos de Conservação do Patrimônio Geológico e Paleontológico. In: XXII CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, Natal, RN. **Anais**.
- MANSUR, K. L.; SCHMITT, R.; ERTHAL, F.; 2001. Os Caminhos Geológicos do Estado do Rio de Janeiro – um projeto inédito de divulgação científica da geologia no Brasil. 7^o Simpósio de Geologia do Sudeste. Rio de Janeiro.
- MARANHÃO, L. F & LOH, K. 2010. *O Uso de Hidrofugantes em Materiais de Construção Porosos*. Revista Técnica.
- MATTOS, I.C. 2002. Uso/Adequação de Rochas Ornamentais na Construção Civil.
- MELLO, I.S.C; FILHO, C.C; CHIODI, D.K. 2011. *Atlas de Rochas Ornamentais da Amazônia Brasileira*. CPRM. 301p.
- MELO NETO, J.C. 1920. A PAUL VALÉRY. p. 203-204. Antologia Poética. 5ed. Rio de Janeiro. Ed José Olympio, 1979. 208 p.

- MELO, E.B de & OLIVEIRA, F.M.C. 2008. Escolha dos Tipos Texturais de Rochas e sua Aplicação Ornamental. In: III CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAS ORNAMENTAIS DO NORDESTE, Rio Grande do Norte. **Anais**.
- MENEZES, R. G. & LARIZZATTI, J. H. 2005. *Rochas Ornamentais e de Revestimento: Conceitos, Tipos e Caracterização Tecnológica*. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Curso de Especialização em Mármore e Granitos. 14p.
- MOURA, A.C. 2004. Algumas Notas para o Conhecimento e Utilização das Rochas Ornamentais Portuguesas. *Rochas e Equipamentos*, **77**: 6-42.
- NEVES, J.H. 2006. *Análise da Integridade Estrutural do Quartzito Itacolomi Colado com Diferentes Resinas*. Universidade Federal de Ouro Preto, Dissertação de Mestrado, 87p.
- PONTES, I.V & ALMEIDA, S.L.M. 2008. Talco. In: LUZ, A.B. & LINS, F.A.F (eds). *Rochas e Minerais Industriais: usos e especificações*. 2ed p. 793-816.
- PRESS, F.; SIEVER, R.; GROTZINGER, J. & THOMAS, J. H. 2006. Para Entender a Terra. 4. Ed. Artmed. 656p.
- RIBEIRO, R.C.C.; QUEIROZ, J.P.C.; CASTRO, N.F. 2010. Caracterização Tecnológica e Estudos de Alterabilidade do Mosaico de Esteatito que Reveste o Cristo Redentor, Quando Usado Composto Hidrofugante. Relatório técnico elaborado para a empresa Cone Engenharia. RT 2010-008-0. CETEM. 75p.
- RICARDO, A.M; QUEIROZ, J.P.C; RIBEIRO, R.C.C. 2010. *Caracterização Tecnológica da Rocha que Recobre o Monumento do Cristo Redentor como Ferramenta de Auxílio ao Restauro*. CETEM. 7p.
- RIOTUR. 2010. Disponível em: <http://www.rio.rj.gov.br/web/riotur/exibeconteudo?article-id=157318>. Acessado em abril de 2010.
- SILVA, M.E. & ROESER, H.M.P. 2003. Mapeamento de Deteriorações em Monumentos Históricos de Pedra-Sabão em Ouro Preto. *Revista Brasileira de Geociências*, **33**: 331-338.
- VIDAL, F.W.H. & CAMPOS D.A., 2008. Explorando Calcário e Salvando Fósseis na Chapada do Araripe. In: III CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAS ORNAMENTAIS DO NORDESTE, Rio Grande do Norte, 2008. **Anais**. p. 306-316.
- VIDAL, F. W. H; BESSA, M.F.; LIMA M.A.B. 1999. Avaliação de Rochas Ornamentais do Ceará Através de suas Características Tecnológicas. CETEM. Série Tecnologia Mineral, **74**. 30p.
- WORTON, G.J. 2008. A historical perspective on local communities and geological conservation. In: BUREK, C.V.; PROSSER, C.D. **History of Geoconservation**. London: Geological Society of London. Special Publication 300. p.137-146.
- YARDLEY, D. W. B. Introdução à Petrologia Metamórfica. 2ed. Editora UNB.