

## Análise e Avaliação dos Problemas Existentes na Fachada de Arenito do Museu Júlio de Castilhos, Porto Alegre, RS

VERÔNICA DI BENEDETTI<sup>1</sup>, RUY PAULO PHILIPP<sup>2</sup> & ROBERTO SACKS DE CAMPOS<sup>1</sup>

1. Pós-Graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Caixa Postal 15001, CEP 91501 970, Porto Alegre, RS. dibene@ig.com.br

2. Instituto de Geociências Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Caixa Postal 15001, CEP 91501 970, Porto Alegre, RS

(Recebido em 08/06. Aceito para publicação em 07/07)

**Abstract** - The Júlio de Castilhos museum of Porto Alegre, formerly used as residence, was built in 1877 by a military engineer Catão Roxo. This building is one of the few examples of urban architecture from the last part of the nineteenth century. Its façade is covered by arenitic and granitic rocks quarried near the city. The covering shows the effects of weathering processes occurred during many years. Some of these were observed during a façade mapping as loss of rocky materials, discoloration, chemical deposition, desintegration and fracturing. Petrographic analyses of the arenite indicate an arcosean composition, rich in quartz, with plagioclase and alkali-feldspar (microcline) and opaque minerals in lesser amounts. The grains have a fine layer of iron oxide (hematite) clad, with a fringe of siliceous cement. The remained pores are filled by clay minerals, mainly illite. The elevated degree of compactation and diagenesis are responsible for the high coherence of the rock, allowing its use as covering rock. The petrographic features (textures and mineralogical composition) indicate that the arenites used on the façade's museum, comes from the Botucatu Formation. The recognition of the mineral constituents and the knowledge of regional geology allow the façade's recuperation through the replacing of unrecoverable pieces by new ones.

**Keywords** - cultural patrimony, weathering, ornamental rocks, conservation techniques, historical monument preservation.

### INTRODUÇÃO

O Museu Júlio de Castilhos é uma das principais obras de arquitetura do Centro Histórico de Porto Alegre. Sua fachada edificada em arenito e granito, ambos provenientes das cercanias da cidade, mostra o efeito dos processos intempéricos sobre estes materiais ao longo de 128 anos de existência. As principais formas de intemperismo observadas no mapeamento da fachada foram a perda de material rochoso, descoloração e depósito, desintegração e fissuras. Construído em 1877 pelo engenheiro militar Catão Roxo, o edifício que inicialmente teve uso residencial passou, em 1905, a abrigar o Museu Júlio de Castilhos. Registro vivo de uma época sócio-econômica e tecnológica do Brasil, o prédio em estilo neoclássico resiste ao longo dos séculos para nos contar sua história e ilustrar a paisagem urbana do centro de Porto Alegre. Localizado na rua Duque de Caxias, nº 1231, o museu é um dos poucos exemplares da arquitetura residencial urbana do final do século XIX situado no centro de Porto Alegre.

Após a Proclamação da República e da Abolição da Escravatura, o Brasil passou por trans-

formações sócio-econômicas e tecnológicas que mudaram o perfil da nossa sociedade. O estilo arquitetônico, a tipologia das construções, os arruamentos, a implantação dos edifícios, os materiais e as técnicas construtivas também sofreram a influência deste novo momento. A paisagem urbana modificava-se delineando a cidade do novo período político do país. A mão de obra, não mais escrava, absorvia as técnicas trazidas pelos imigrantes alemães que aqui chegaram em 1824. Permitia-se então uma arquitetura mais elaborada, em que os ornamentos destacavam-se no estilo neoclássico e eclético das construções.

O Museu Júlio de Castilhos faz parte deste momento histórico da nossa sociedade. Seguindo a tipologia das construções residenciais urbanas a casa fez uso dos novos recursos que o Brasil República apresentava aos construtores. Dentre os imigrantes, encontravam-se muitos artífices alemães: mestres canteiros, marceneiros, estucadores, pintores e muitos outros que enriqueceram e permitiram a realização da arquitetura em voga na Europa daquele século a qual vinha caracterizar o estilo adotado pela República brasileira como símbolo da modernidade

e dos avanços anunciados.

Devido a abundância do arenito no Rio Grande do Sul e as condições relativamente favoráveis a sua extração, seu uso na construção civil sempre foi freqüente, porém limitava-se à construção de alicerces e tijolos para alvenaria. Acredita-se que a fachada do museu foi edificada neste material devido a disponibilidade deste material para os mestres canteiros na cidade. Há registros de que o mestre canteiro que esculpiu os ornamentos do Museu Júlio de Castilhos é o mesmo que desenvolveu os trabalhos em arenito da Cúria Metropolitana de Porto Alegre e que possuía ligações com o arquiteto autodidata e escultor Fernando Corona.

No Brasil, em face de sua ampla diversidade de edificações, são ainda muito poucas as pesquisas neste setor, bem como medidas de conservação e preservação deste patrimônio histórico (Silva & Roeser, 2003; Di Benedetti, 2006; Philipp & Di Benedetti, 2007). Em países europeus como a França, Inglaterra, Alemanha e Itália a geologia está agregando informações importantes sobre o comportamento dos materiais rochosos frente às exigências de conservação nas atuais condições climáticas e particularidades locais de cada região (Dolcini, 1981; Lazzarini & Tabasso, 1986; Accardo & Vigliano, 1989; Fitzner *et al.* 1995; Bastogi *et al.* 2004). Este trabalho procura introduzir a contribuição geológica em uma nova área de atuação das geociências no país.

## DESCRIÇÃO DA EDIFICAÇÃO

O Museu Júlio de Castilhos apresenta tipologia característica das residências urbanas, ditas menores, do final do século XIX. Com implantação obedecendo aos novos recuos ditados pela política sanitária da República Velha, aboliaram-se as alcovas através de pátios internos e aberturas laterais com alinhamento da fachada junto à calçada (Figs. 1 e 2). Em função deste alinhamento frontal construíam-se casas com porões altos para preservar o interior, bem como, para aproveitamento deste espaço e concentração da área de serviços. A entrada principal localizava-se na fachada frontal e o acesso de serviços era então destinado a lateral do prédio. A fachada principal divide-se em dois momentos verticais: corpo do prédio e entrada. Horizontalmente apresenta embasamento, zona das aberturas e encabeçamento do prédio.

O embasamento do edifício, que constitui o porão alto da casa, foi construído em blocos apa-

relhados de granito obtido nas imediações da área urbana de Porto Alegre. Esta região apresenta quatro gateiras metálicas que cumprem a função de ventilação do porão. Sua alvenaria foi concebida fora de prumo com inclinação de aproximadamente 60° em relação a calçada. O porão limita-se à direita pelo alinhamento do prédio e a esquerda pela entrada principal compreendida entre colunatas. Origina-se diretamente no piso e limita-se acima por decoração em baixo relevo constituída de arcos com pequenas rosetas em seu centro. Ambos em arenito. Estes arcos são divididos em três momentos separados pelos cachorros que recebem as pilastras do primeiro pavimento. Limitando este primeiro módulo horizontal encontra-se a cimalha esculpida em arenito como todo o material restante que compõe a fachada.



Figura 1 - Vista geral da fachada do Museu Júlio de Castilhos.

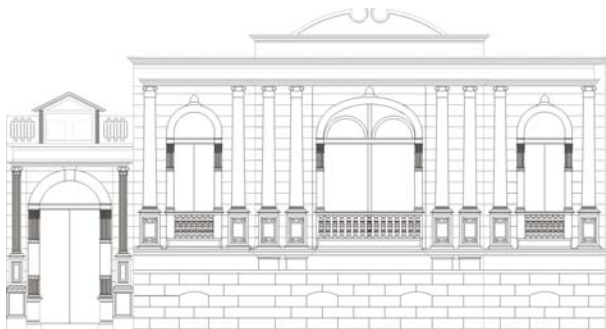


Figura 2 - Croqui em seção da fachada do Museu Júlio de Castilhos.

Acima desta cimalha desenvolve-se o segundo plano horizontal: as aberturas. À direita da fachada encontramos uma janela de parapeito entalado compreendido por duas falsas colunas em baixo relevo. Estas possuem base retangular com motivos decorativos em baixo relevo, fustes trabalhados no primeiro terço sendo o restante liso e capitel jônico

com volutas laterais. A abertura em si realizada em madeira possui verga em arco pleno decorado com relevos, morrendo sobre duas falsas colunas laterais que a emolduram. O parapeito entalado é constituído de balaústres torneados em arenito sobre base de mesmo material. Este plano é recuado em relação à parte central da fachada. O módulo esquerdo da fachada apresenta mesma configuração. A parte central possui abertura em maior dimensão saliente ao restante do plano. A janela de parapeito sacado possui como limitantes laterais colonatas de base retangular de mesma tipologia que as demais, fuste cilíndrico e capitel jônico. A janela, agora com duas aberturas, mantém as cercaduras em arenito e verga em arco pleno destacando-se no plano da fachada.

Este plano horizontal é limitado em sua parte superior por outra cimalha, que recebe imediatamente acima a cornija decorada com altos relevos com motivos fitomórficos. A arquitrave recebe a platibanda, que em suas extremidades se apresenta em balaustrada e no pano central da fachada do prédio, sem vazados recebendo elemento de destaque com linha curvas no eixo de simetria deste volume.

O acesso principal da fachada está localizado na extremidade esquerda do prédio. Nesta lateral não há a presença do porão alto trazendo o nível do piso elevado em poucos centímetros da calçada. A porta em madeira com duas folhas, bandeira em gradil metálico e verga em arco pleno está localizada entre colunas de arenito com base retangular decorada por baixo relevo sobre embasamento de granito, fuste canelado e capitel jônico. O entablamento dividido em arquitrave, friso e cornija apresenta decoração em alto relevo com motivos fitomórficos. A platibanda possui laterais em balaustrada e centro com frontão triangular decorado com relevos. O acesso secundário, pela lateral direita apresenta portão em ferro fixado em duas colunas de arenito rosado sobre base de granito. Estas antecedidas por colunas de mesma tipologia.

Na composição da fachada do Museu Júlio de Castilhos são observados duas colorações de arenito: a primeira, de coloração cinza clara, constitui o primeiro plano da fachada em forma de tijolos que fecham a alvenaria e os balaústres. A segunda, de coloração rosada, compõe todos os elementos em relevo da fachada como colunas e modenaturas.

### **TÉCNICA EMPREGADA NA COLOCAÇÃO DOS REVESTIMENTOS**

Durante a pesquisa não foram encontrados

registros do Diário de Obras da construção do prédio. Talvez pelo fato de ser uma construção residencial considerada por alguns como “arquitetura menor”. Em função deste ocorrido não é possível fazer uma descrição da técnica construtiva empregada. Sua análise *in loco* não nos possibilita elucidar claramente sua técnica pelo fato da fachada receber um revestimento interno mesmo na região do porão alto.

### **PETROGRAFIA DOS ARENITOS QUE COMPÕEM A FACHADA**

Os levantamentos realizados na fachada do Museu Júlio de Castilhos tiveram como objetivo reconhecer macroscopicamente os traços da estrutura, textura e mineralogia da rocha, bem como coleta de amostras sãs e alteradas para caracterização petrográfica e por difratometria de raios X dos seus minerais constituintes.

Os blocos estudados apresentam predominantemente estrutura maciça, observando-se também estruturas plano-paralelas e cruzadas (Fig.3). As camadas possuem espessuras milimétricas a centimétricas, caracterizadas pela alternância de níveis com pequena diferença de tamanho dos grãos e, mais raramente, por níveis mais ricos em minerais opacos. A textura é arenosa, com grãos de areia fina a média, subarredondados a arredondados, com elevado grau de seleção (Figs.4a e 4b).

O arenito tem cor rosa claro e cinza claro, podendo ser classificado como arcoseano, com uma composição dominada por grãos de quartzo, com teores de feldspatos (plagioclásio e microclínio) variáveis entre 5 e 15%, e subordinadamente, minerais opacos, zircão, rutilo e raros litoclastos de rochas vulcânicas (Figs. 4c, 4d). Os feldspatos do tipo microclínio são predominantes, possuem formas subarredondadas e mostram-se límpidos. O plagioclásio ocorre em proporções subordinadas, mostram formas subarredondadas e apresentam aspecto sujo, definido pela presença de finos agregados de sericita e/ou argilominerais. Os grãos estão envoltos inicialmente por uma fina camada de um cimento de óxido de ferro, caracterizada na difratometria de raios X como hematita. Sobre esta película ocorre um significativo crescimento de um cimento de natureza silicosa (Figs. 4d, 4e). Os poros ainda existentes são finalmente preenchidos de modo mais tardio por argilominerais, principalmente do tipo illita e caolinita (Figs. 4e, 4f).

O elevado grau de compactação e diagênese



Figura 3 - Detalhe de laminação plano-paralela dos arenitos da fachada do Museu Júlio de Castilhos.

são responsáveis pela alta coesão da rocha e pela sua qualificação para uso como rocha de revestimento. As feições petrográficas (estrutura, textura e composição mineralógica) observadas nos arenitos utilizados na fachada do museu são muito semelhantes àquelas encontradas nos arenitos da Formação Botucatu que afloram nas regiões de Taquara e Gravataí, Rio Grande do Sul, descritas por Miranda (1936), Morris (1963) e Scherer (1998). Entre as principais feições identificadas e destacadas por Morris (1963) ressaltam-se a estratificação cruzada de grande porte, a granulação grossa a média, os grãos foscos, o caráter bimodal, o elevado grau de seleção e arredondamento, a composição mineral rica em quartzo, presença notável de feldspatos, ocorrência comum de cimento silicoso e coesão média a elevada. Com relação ao aumento da coesão dos arenitos este o autor associa esta feição à proximidade com *sills* e diques de rochas básicas da Formação Serra Geral.

Com arcabouço formado predominantemente por quartzo, com baixos teores de feldspatos e cimento predominantemente silicoso (calcedônia e quartzo), o arenito utilizado na construção do Museu apresenta alta resistência ao intemperismo. Contudo, pela sua natureza arcoseana, com presença de plagioclásio e microclínio em teores que oscilam entre 5 e 15 %, os arenitos expõem superfícies mais sensí-

veis a ação dos agentes atmosféricos. Nos blocos de arenito da fachada os feldspatos mostram sinais de alteração intempérica como a perda do brilho, decomposição e desagregação. Sua alteração se inicia por locais de instabilidade dos minerais, como limites externos, defeitos cristalinos como espaços vazios na estrutura molecular, planos de clivagem, plano de maclas e/ou fraturas (Ollier, 1975).

Análises de difratometria de raios X permitiram caracterizar estes produtos de alteração como argilominerais dos grupos da illita e caolinita (Figs 5, 6, 7 e 8). Ambos são resultantes do intemperismo químico (hidrólise) dos feldspatos. Os grãos e plagioclásio apresentam finos agregados de sericita ou illita, provavelmente resultantes de transformação por processos deutéricos. As características texturais da illita que ocorre preenchendo os poros do arenito são indicativas da sua geração, a partir de processos diagenéticos sobre um cimento argiloso. A caolinita detectada nos difratogramas de raios X é originada pelo intemperismo, tanto a partir dos feldspatos quanto da própria illita

Os argilominerais podem intensificar o problema de microfissuras, tornando com o tempo as rochas mais porosas, favorecendo assim a entrada de água e acelerando a degradação da rocha, permitindo também a lixiviação parcial da sílica (Ollier, 1975). Os grãos de microclínio apresentam um aspecto límpido e mostram maior resistência ao intemperismo químico se comparado ao plagioclásio, onde os sinais de sericitização e/ou argilização são indicativos de sua maior instabilidade frente ao intemperismo. Nas zonas mais alteradas apresenta perda do brilho, com decomposição superficial e em casos extremos, desagregação.

## ESTADO DE CONSERVAÇÃO

A fachada do Museu Júlio de Castilhos, ao longo de 128 anos de existência, desenvolveu uma série de patologias as quais tornaram seu estado de conservação bastante precário. Os blocos esculpido de arenito apresentam-se bem preservados em quase sua totalidade, ocorrendo poucas áreas deterioradas pela ação do intemperismo químico.

As principais formas de intemperismo observadas no mapeamento da fachada foram a perda de material rochoso, descoloração, depósito, desintegração e fissuras. A perda de material rochoso se manifesta através da alteração parcial da rocha com modificações morfológicas de superfície (relevo

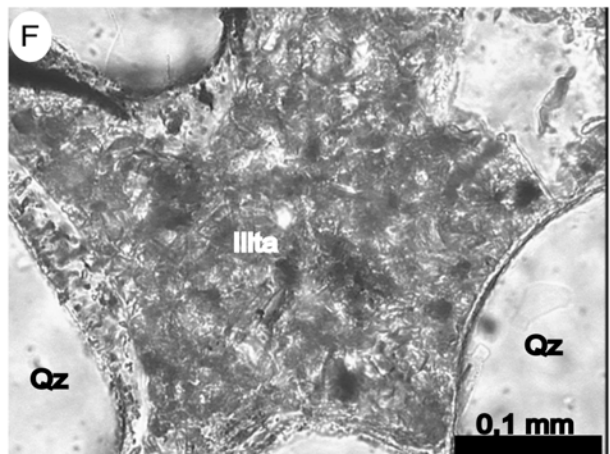
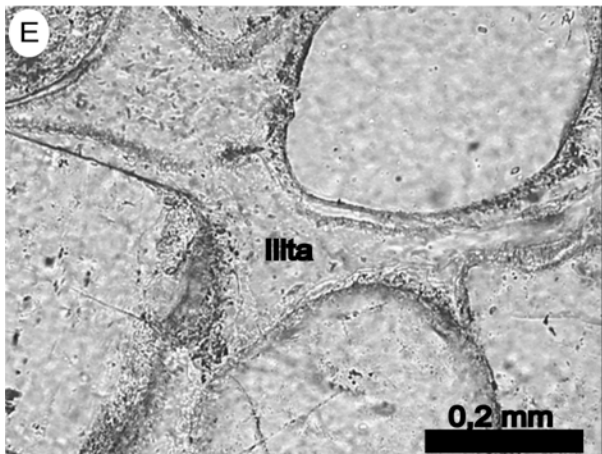
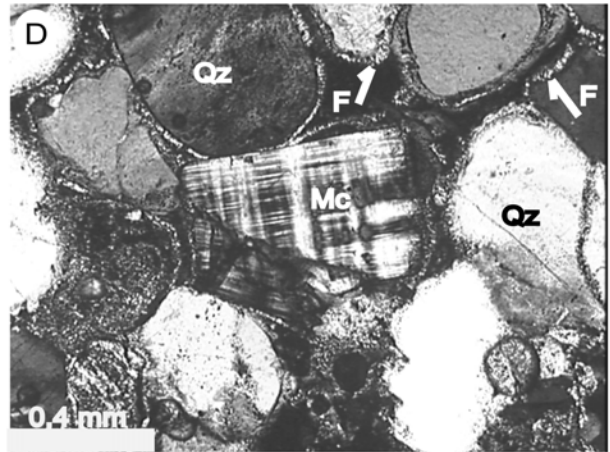
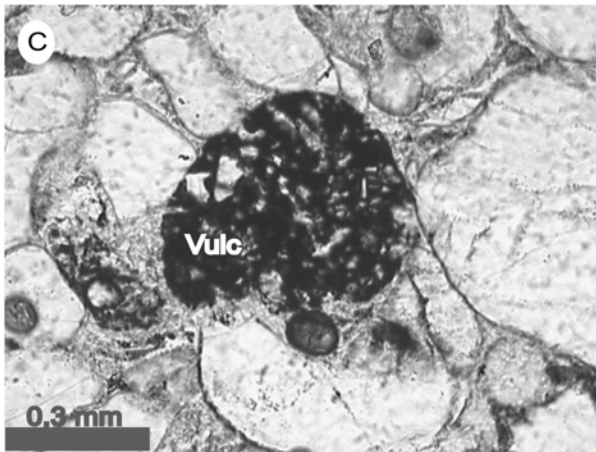
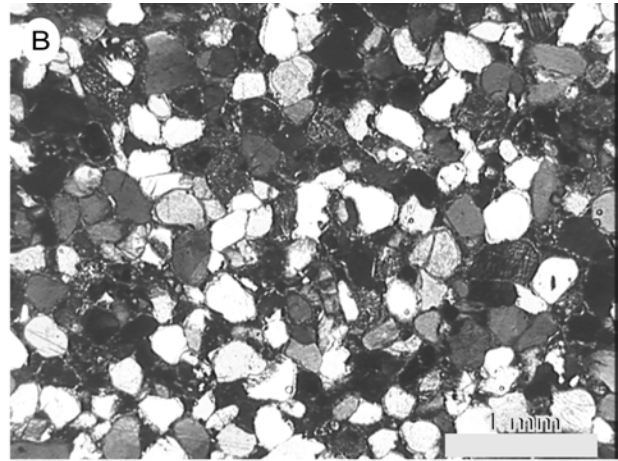
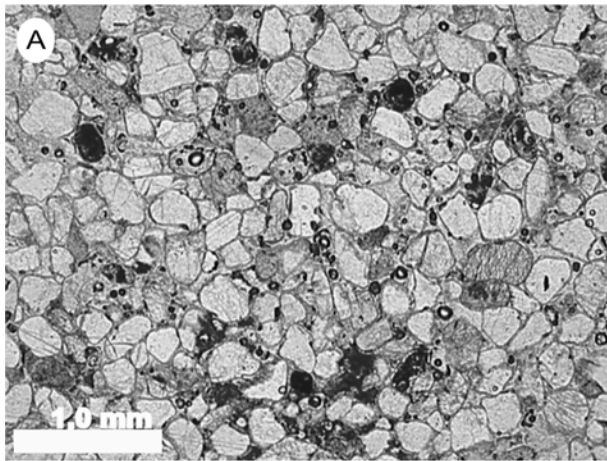


Figura 4 - Fotomicrografias ilustrando as principais feições petrográficas dos arenitos que compõem a fachada do Museu Júlio de Castilhos. 4a) Textura arenosa mostrando o elevado grau de seleção e arredondamento do arenito, luz natural; 4b) Mesma seção anterior, luz polarizada; 4c) Detalhe da presença de raros litoclastos de rocha vulcânica; 4d) Detalhe mostrando a presença de microclínio (Mc) e a presença em torno dos grãos de uma franja de cimento silicoso (F); 4e) Detalhe dos grãos de quartzo envolvidos por uma fina película de óxido de ferro de cor preta, por uma franja de cimento silicoso, com preenchimento quase total da porosidade da rocha, por um cimento de argilo-minerais do tipo illita. 4f) Detalhe de poro preenchido por illita.

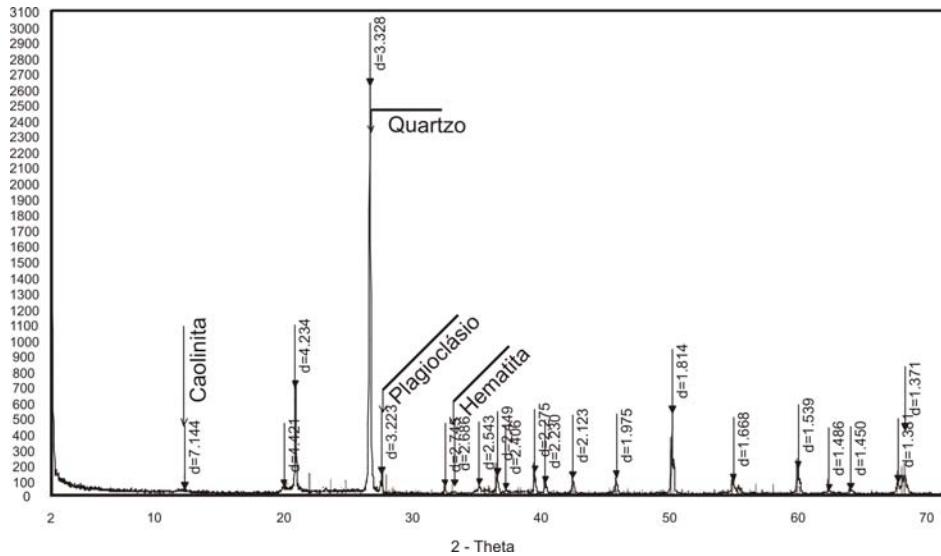


Figura 5 - Difratoograma de raios-X evidenciando a ocorrência de caolinita, quartzo, plagioclásio e hematita na amostra de pó de rocha total do arenito alterado da fachada do Museu Júlio de Castilhos. Radiação CuK $\alpha$ .

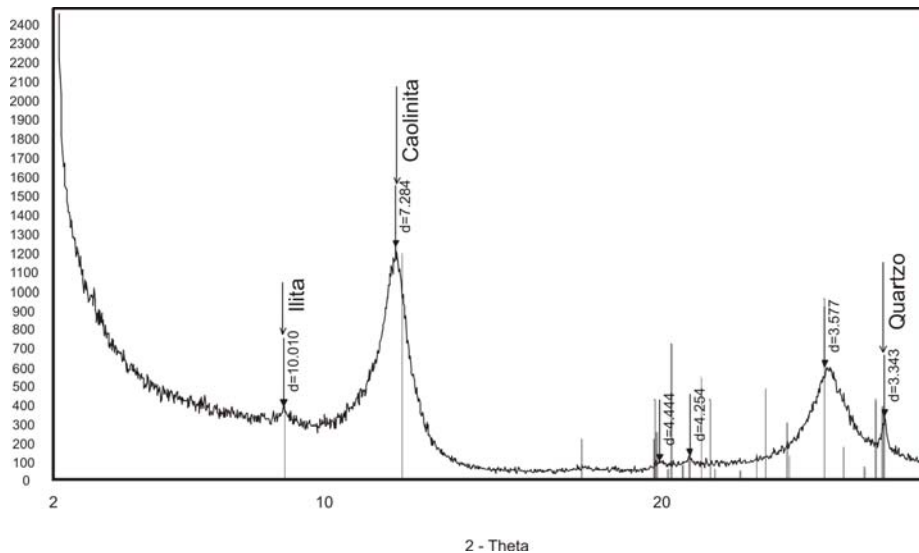


Figura 6 - Difratoograma de raios-X mostrando o padrão de difração característicos da illita, caolinita e quartzo em amostra com preparação orientada natural. Radiação CuK $\alpha$ .

áspero) e com arredondamentos dos limites de blocos (Figs. 9, 10, 11 e 12). Os processos de descoloração encontrados estão relacionados ao clareamento puntual ocorrente a partir da alteração dos feldspatos. Os principais tipos de depósitos estão relacionados a crostas claras com eflorescências salinas, representando a deposição de cimento carbonático hidratado, manchas negras relacionadas à deposição de fuligem e poeira, biofilme escuro com colônias de microflora e/ou microorganismos, além de plantas superiores. As eflorescências são relacionadas à dissolução e precipitação do cimento industrial utilizado em várias tentativas de fixação de peças danificadas. A desintegração é identificada pela desagregação de cristais de feldspatos e pelo desprendimento

de escamas, representadas por placas de alguns milímetros de espessuras paralelas a superfície dos blocos, independente da estrutura interna do arenito (Fig. 13). Uma das manifestações mais raras são as fissuras, representadas por superfícies irregulares de descontinuidade física não relacionadas à estrutura interna da rocha.

Para a análise e diagnóstico da conservação e manutenção da fachada do Museu Júlio de Castilhos foi realizado o mapeamento da fachada e a identificação das principais patologias, cujo resultado pode ser observado na Figura 14.

As patologias acima relacionadas são derivadas de diversos mecanismos de deterioração relacionados a natureza litológica (fatores intrínsecos ao

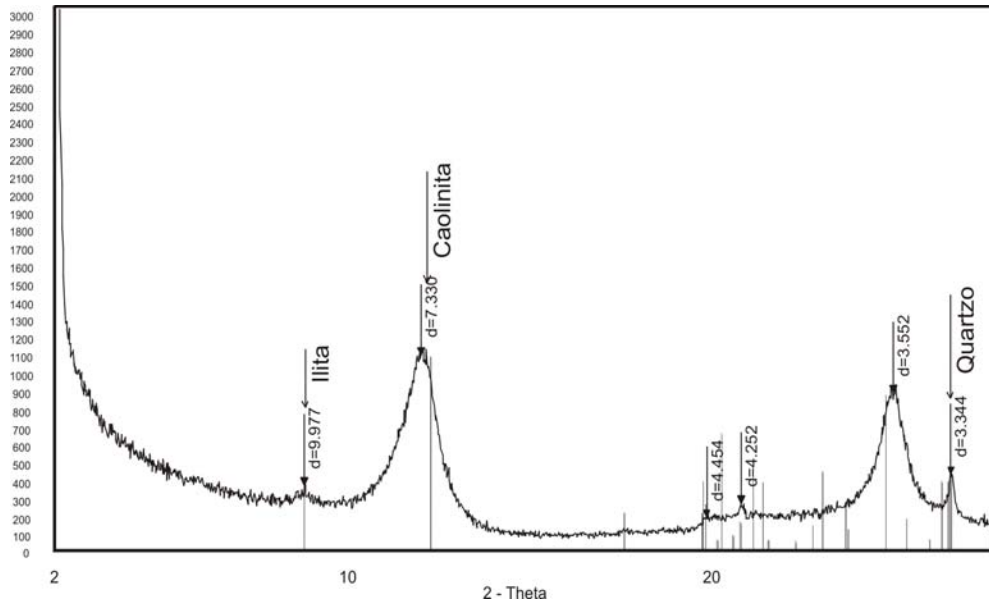


Figura 7 - Difratoograma de raios-X da mesma amostra da figura 6 evidenciando a manutenção dos picos da illita e da caolinita após saturação em etileno-glicol em amostra com preparação orientada natural. Radiação CuK $\alpha$ .

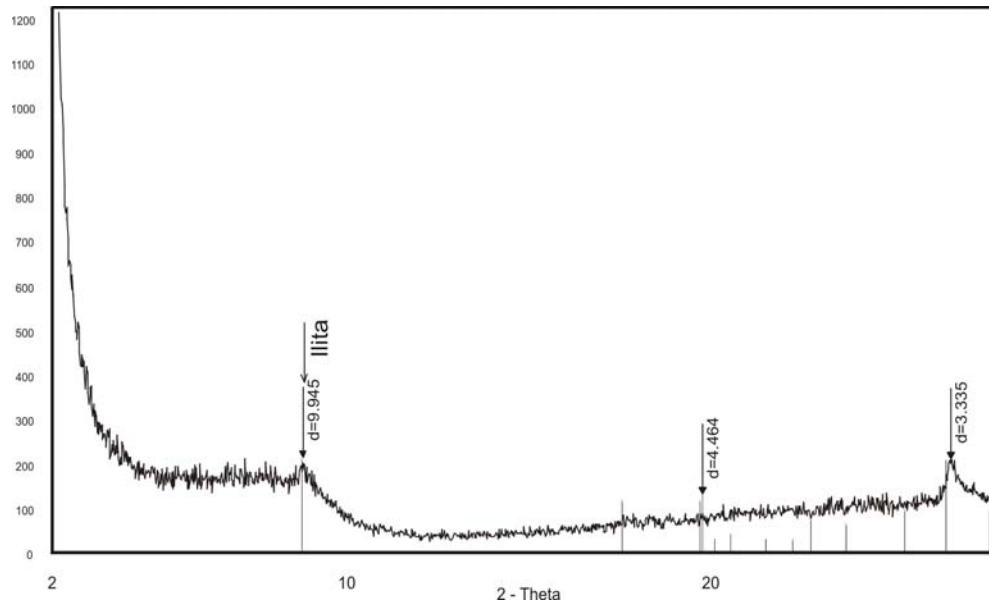


Figura 8 - Difratoograma de raios-X da mesma amostra anterior mostrando o desaparecimento dos picos da caolinita e permanência dos picos da illita, após tratamento por calcinação a 550°C em amostra com preparação orientada natural. Radiação CuK $\alpha$ .

material rochoso como mineralogia da rocha, porosidade e permeabilidade interna), poluição atmosférica, variação térmica, ação do vento, biodeterioração e características arquitetônicas. A seguir são abordados os principais aspectos da atuação de cada agente de deterioração.



Figura 9 - Feições de deterioração da fachada do Museu Júlio de Castilhos evidenciando a fragmentação e arredondamento de face de bloco de arenito da base da sacada. No canto inferior direito nota-se a deposição de eflorescência salina de cor branca.



Figura 10 - Escamação de face externa de bloco de arenito com manchas brancas representando eflorescência salina decorrente da precipitação de cimento carbonático hidratado.

## MECANISMOS DE DEGRADAÇÃO

### Natureza Litológica

#### *Fatores intrínsecos a rocha*

Classificada como uma rocha sedimentar, os arenitos são resultantes do acúmulo e consolidação de materiais provenientes da degradação de rochas preexistentes e da atividade de organismos. Os blocos de arenitos utilizados na fachada do museu são ricos em quartzo, finos a médios, compostos por

grãos de areia arredondados a subarredondados e de elevada seleção. Os vários processos de cimentação e o alto grau de compactação resultaram na alta coesão da rocha e na sua qualidade para uso como rocha de revestimento. Devido a diagênese avançada, o arenito apresenta uma porosidade primária baixa. Esta porosidade é responsável pelo aparecimento das eflorescências salinas encontradas em algumas porções da fachada. A utilização de cimento ou qualquer outro tipo de ligante para o restauro desta fachada não é recomendável pela possibilidade de corrosão, transporte e deposição deste material como um depósito salino.



Figura 11 - Feições de deterioração da fachada do museu caracterizadas pela perda de material rochoso, com arredondamento e formação de um relevo áspero.



Figura 12 - Detalhe da roseta central da figura anterior evidenciando a perda de material por alteração intempérica.

Um fator mineralógico determinante é a presença de microclínio e plagioclásio, principalmente este último, que é mais susceptível a alteração intempérica. As análises de difratometria de raios X realizadas identificaram que a alteração dos feldspa-



tos gera o aparecimento de argilo-minerais como ilita e caolinita. A caolinita é resultante da hidrólise do plagioclásio, enquanto a ilita pode ser originada por processos deutéricos sobre os feldspatos e a da matriz por processos diagenéticos. Os argilo-minerais atuam como catalizadores no processo de degradação da rocha. Como os grãos de feldspatos estão disseminados na rocha, sua decomposição será responsável pela geração de vazios, provocando uma diminuição acentuada na sua coesão interna. Este fator será responsável pela desagregação física da rocha em zonas mais alteradas.



Figura 13 - Detalhe da escamação e da perda de fragmentos (flocos) da porção externa da coluna da fachada do Museu Júlio de Castilhos.

### *Drenagem interna*

Este fator é de extrema importância no grau de alteração das rochas, pois é a drenagem interna que determina a acumulação e a circulação da água no seu interior. Vale lembrar que a água é o principal agente intempérico atuante na natureza, quando não diretamente ela age antecedida de outros fatores.

A drenagem depende da granulometria, da textura da rocha, da cimentação, da porosidade, permeabilidade e da solubilidade dos minerais presentes. A porosidade dos arenitos estudados é baixa, devido às diversas fases de cimentação existentes ao longo da sua trajetória na diagênese. Entretanto, os feldspatos constituintes do arenito estão sendo alte-

rados, originando minerais secundários como os argilo-minerais, que são parcialmente solúveis e propiciam o desenvolvimento de uma boa drenagem interna.

O arenito apresenta em sua composição basicamente quartzo ( $\text{SiO}_2$ ) e feldspatos, ambos silicatos. Os silicatos apresentam relativa solubilidade em pH ácido (valores  $<4$ ) e alcalino ( $>9$ ). Uma vez intemperizado o feldspato gera argilo-minerais, os quais tem uma solubilidade muito baixa entre valores de pH entre 4 e 10, sendo que abaixo de 4 e acima de 10 torna-se muito elevada (Ollier, 1975). Estes fatores tornam a alteração dos arenitos por hidrólise um processo lento, o que favoreceu a preservação da fachada do museu até o presente momento.

O índice de pluviosidade presente na região favorece a formação de caolinita, principalmente como produto da alteração do plagioclásio, conforme confirmado pelos ensaios de difratometria de raios X realizados.

### **Poluição Atmosférica**

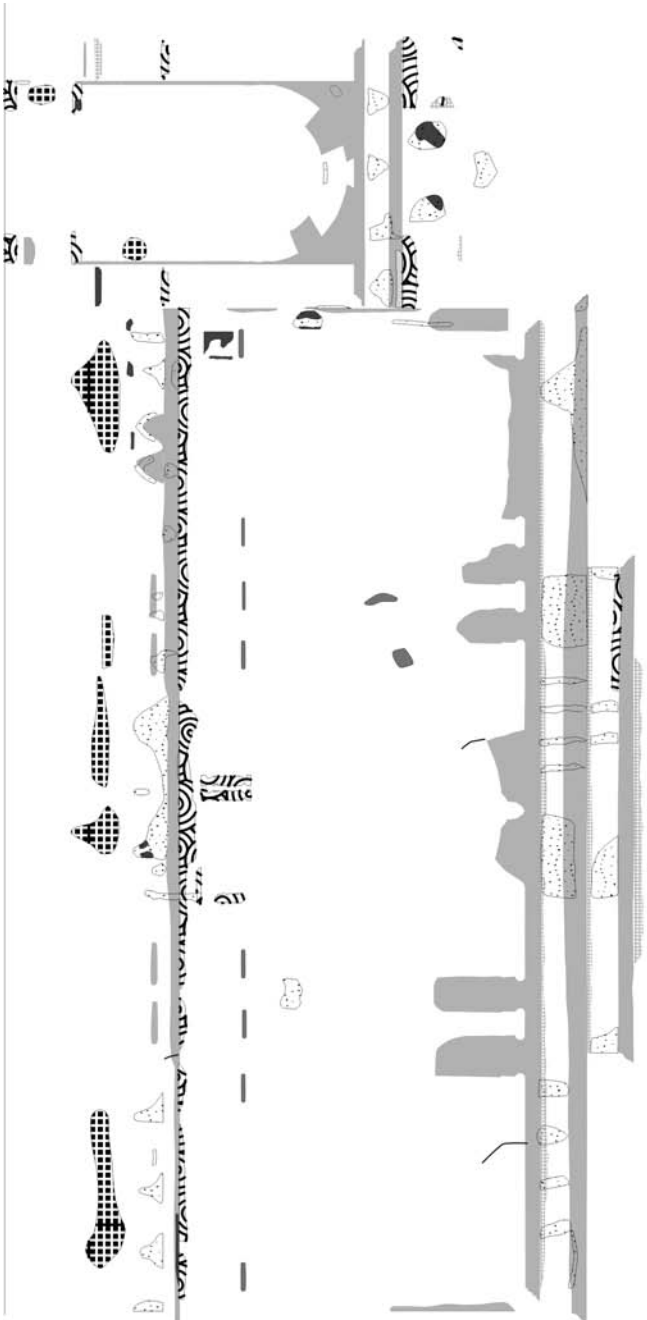
A região central de Porto Alegre tem sua concentração de poluentes atmosféricos favorecida pela presença dos terminais de ônibus localizados em vários pontos do centro da cidade. Este fato é quantitativamente significativo para a degradação da fachada do Museu Júlio de Castilhos.

Em nossa atmosfera estão presentes uma série de partículas em suspensão: poeiras, fuligens, partículas, esporos dentre outros. Advindas da queima de combustíveis fósseis e até mesmo por processos naturais como erupções vulcânicas, estes gases se misturam no ar formando aerossóis. As partículas de poeira e de fuligem resultante da queima dos combustíveis precipitam-se proporcionando o enegrecimento de partes da fachada.

### **Condições Climáticas**

O clima de Porto Alegre é classificado como subtropical úmido (IBGE, 2000). Climas como esse favorecem a decomposição mineral completa com perda total de elementos alcalinos, alcalinos-terrosos e sílica, com formação de óxidos e hidróxidos de Fe, Al e Mn e alguns tipos de argilo-minerais (Lazzarini & Tabasso, 1986; Frazão, 2002).

A temperatura média anual situa-se em torno de  $20^\circ\text{C}$ , variando entre  $5$  a  $10^\circ$  (maio a julho) e  $35$  a  $40^\circ$  (dezembro a fevereiro). A média normal de chuvas situa-se entre 120 e 200 mm por mês, com



- LEGENDA**
- Corrosão Puntual
  - Fraturas
  - ▣ Ação Antrópica
  - Manchas Negras
  - ☉ Pátina Biológica
  - Escamação
  - ▣ Macroorganismo
  - ▣ Eflorescências Salinas

Figura 14 - Mapeamento das feições de deterioração dos arenitos do revestimento da fachada do Museu Júlio de Castilhos.

precipitação média anual de 1851 mm, com o período de máxima precipitação ficando entre abril e junho. A ocorrência de geadas, dura em média de 10 a 15 dias por ano (IBGE, 2000).

A temperatura, dentre outros fatores, também vem influenciar na velocidade de intemperização das rochas não só através dos choques térmicos (intemperismo físico) como também na cinética das reações químicas próprias do intemperismo químico. O aumento da temperatura faz aumentar o teor de  $\text{CO}_2$  na atmosfera, que reage com a água produzindo o  $\text{H}_2\text{CO}_3$ . Este fato soma-se aos diversos ácidos orgânicos eliminados pelos organismos vivos, que aumentam a velocidade das reações de hidrólise. Com isso as atividades biológicas também aumentam, pois são favorecidas pela dissolução dos silicatos dos quais se alimentam num ciclo crescente e degenerativo.

O Museu Júlio de Castilhos encontra-se localizado na região mais alta do centro de Porto Alegre. Lateralmente, a edificação apresenta recuo à direita, e a esquerda faz divisa com um terreno vazio. A quadra localizada defronte ao Museu apresenta edifícios de até 14 pavimentos criando uma espécie de barreira defronte o museu. Na calçada junto ao prédio, há duas árvores de porte médio, com copa alta e ciclo perene. Estas características do entorno da fachada do museu são relevantes para o processo de deterioração da mesma uma vez que prejudicam a incidência da insolação sobre a fachada. Forma-se então um microclima na região que favorece a umidade retida nas paredes de arenito e granito, contribuindo para a alteração dos minerais e a proliferação dos microorganismos.

Os efeitos da variação térmica não se restringem apenas às alterações bruscas de temperatura, mas também pelos ciclos climáticos. Rochas que contêm minerais expansivos (argilominerais) poderão sofrer fraturas e rompimentos em função da sua dilatação, causada pela variação da hidratação através da promoção do aumento de volume por aumento de hidratação e diminuição por desidratação. Através de difratometria de raios X foi constatada a presença de caolinita e ilita, que apesar de não ser expansível apresentam relativa solubilidade nas condições climáticas da região onde está situado o museu. O fato de termos argilominerais presentes na rocha contribui para a desagregação do arcabouço, favorecendo a penetração das águas superficiais.

Problemas de rachaduras e fissuras presentes na fachada são muito localizados e também se devem a fatores como intervenções indevidas. Isso se deve a incompatibilidade de índices de contração e dilatação de ambos os materiais (ferro e arenito) o que acabou gerando tensões e ocasionando fissuras e fraturas na rocha.

### **Biodeterioração**

A ação das plantas, sejam estas, micro ou macro-organismos, influenciam no intemperismo das rochas. Sua ação pode se dar através de fenômenos físicos como a perfuração por meio de insetos que criam verdadeiras redes, ou a penetração de raízes de plantas ou por fenômenos químicos através da interação bioquímica entre a rocha e o organismo vivo. As espécies que se desenvolverem sobre a superfície de uma rocha serão influenciadas pelas propriedades físico-químicas desta e também dos fatores ambientais (Caneva & Salvadori 1989, *apud* Barrionuevo, 2004).

Os organismos vivos em geral se alimentam de água, P, S, Ca, K, Mg, Na, Cl, Fe, Si dentre outros elementos. As rochas são ricas fontes de minerais essenciais à manutenção da vida. Através da fixação destes elementos à superfície da rocha, inicia-se um processo de extração desses elementos químicos essenciais à vida dos organismos. Durante seu ciclo de vida os organismos vivos secretam ácidos orgânicos que em contato com os minerais das rochas enfraquecem as estruturas dos mesmos, podendo dissolver os minerais ligantes ou cimentantes, desagregando as rochas. Além do dano físico e bioquímico direto, a existência de micro e/ou macro organismos cria microclimas, aumentando, localizadamente, a capacidade de retenção de água da rocha. Há também o aspecto climatizador de árvores e arbustos próximos à edificação, já que diminuem a insolação e conseqüentemente a evaporação da água retida na rocha.

Quando tratamos de macroflora temos o problema de degradação física ocasionada pela ação das raízes que abrem canais fraturando a rocha e permitindo a penetração de ar e água. As raízes também liberam dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) que somado a água ( $\text{H}_2\text{O}$ ) geram ácido carbônico ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ), o qual aumenta a reatividade dos minerais. Podem ser observadas na platibanda da fachada e no limite entre o

porão e o primeiro piso as infestações de vegetais superiores cujas raízes estão fixadas no substrato de arenito.

### **Ação do Vento**

A ação do vento também deve ser considerada na análise do estado de conservação das rochas do museu. Quando não diretamente, o vento atua como potencializador de outros agentes de degradação. Localizado na área mais alta do centro de Porto Alegre, o Museu Júlio de Castilhos encontra-se em meio a um microclima criado pelos edifícios do entorno. Em sua lateral direita há um recuo em relação ao sobrado anexo ao Museu; na sua lateral esquerda, onde originalmente era o jardim lateral da residência de Júlio de Castilhos, hoje é um terreno desocupado. A rua Duque de Caxias funciona como um corredor de vento que vem do sentido bairro e avança para o Lago Guaíba. Com isso, o vento ao se deparar com o terreno vazio ao lado do museu e a parede deste, gera o fenômeno de turbulência contribuindo para o desgaste eólico do arenito e a penetração da água para substratos mais internos do sistema.

### **Característica Arquitetônica**

A composição arquitetônica de um prédio é um outro fator a ser observado. Característico do estilo neoclássico, a concepção das fachadas era muito rica em ornamentos. Muitos destes elementos não favorecem o afastamento da água das superfícies do plano, ao contrário fazem com que se distribuam e se mantenham por mais tempo em contato com a superfície. A fachada do museu apresenta de uma maneira simplificada dois planos de superfície: o plano da alvenaria e o plano dos elementos decorativos em baixo relevo. O primeiro, em blocos de arenito, apresenta várias juntas de dilatação facetadas. Os elementos decorativos em baixo relevo não apresentam pingadeiras com exceção da modenatura que antecede a arquitrave. As molduras que ornamentam a fachada não possuem inclinação necessária para afastar a água do plano (mínima de 20°). Nos principais pontos de proliferação de vegetação também não foram detectadas as presenças de lacrimal. Com isto pode-se inferir que as formas dos detalhes decorativos influem nos processos de infiltração da fachada.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O Museu Júlio de Castilhos tem sua fachada constituída essencialmente por rochas areníticas. As características petrográficas macro e microscópicas dos arenitos permitiram o reconhecimento dos mesmos como pertencentes à Formação Botucatu, sendo correlacionáveis com as exposições ocorrentes nos municípios de Gravataí, Taquara e Rolante, RS.

A análise petrográfica demonstrou que o arenito é arcoseano, composto por quartzo, com teores variáveis e baixos de feldspatos (plagioclásio e microclínio). Os grãos estão envoltos inicialmente por uma fina película de cimento hematítico e por uma expressiva camada de cimento silicoso. Os poucos poros ainda existentes estão preenchidos por argilominerais do tipo ilita, gerados a partir de processos diagenéticos sobre um cimento argiloso. O elevado grau de compactação e diagênese são responsáveis pela alta coesão da rocha e pela sua qualificação para uso como rocha de revestimento.

A constituição mineralógica e o arcabouço dos arenitos utilizados na construção do museu são responsáveis pela sua alta resistência ao intemperismo. Nos blocos de arenito da fachada os feldspatos mostram sinais de alteração intempérica como a perda do brilho, decomposição e desagregação. As análises de difratometria de raios X permitiram caracterizar estes produtos de alteração como argilominerais dos grupos da ilita e caolinita resultantes, predominantemente, do intemperismo químico sobre os feldspatos. Em lâmina delgada os grãos de plagioclásio mostraram sobrecrecimento irregular de finos agregados de sericita ou ilita, provavelmente resultantes de transformação por processos deutéricos. O crescimento da caolinita está associado principalmente ao intemperismo químico do plagioclásio. Nas zonas mais alteradas os feldspatos apresentam perda do brilho, com decomposição superficial e em casos extremos, desagregação.

A caracterização do tipo de rocha e da unidade litoestratigráfica permite a identificação da área fonte dos blocos e conseqüentemente, da extração de material para a confecção de peças de reposição que permitam a recuperação das partes mais deterioradas da fachada.

O resultado final deste estudo ressalta a importância do reconhecimento geológico dos materiais pétreos empregados nas edificações, tanto para permitir a escolha dos materiais mais adequados

como na busca de soluções de conservação e manutenção de prédios e monumentos históricos.

**Agradecimentos** - À Direção do Museu Júlio de Castilhos pelo acesso a área de estudo, de documentos históricos e coleta do material. Ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq), processo nº 309232/2003-1, de Ruy Paulo Philipp, pela concessão de bolsa de produtividade em pesquisa. Ao Prof. Dr. Luis Fernando De Ros (IG-UFRGS) pelo uso de microscópio petrográfico para obtenção das fotomicrografias, pelos comentários e sugestões na análise petrográfica e à Prof. Dra. Márcia Elisa Boscato Gomes (IG-UFRGS) pelas discussões a apoio com as análises de difratometria de raios X.

## REFERÊNCIAS

- Accardo G.; Vigliano G. 1989. **Materiali Lapidei**, in “**Strumenti e Materiali del Restauro: Metodo di analisi, misura e controllo**”. Roma, Edizioni Kappa, p.77-111.
- Barrieonuevo, M.R.E. 2004. **Biodeterioração produzida por biofilmes de fungos e cianobactérias nas ruínas jesuíticas das Missões e avaliação do seu controle**. Porto Alegre, 125p. Dissertação de Mestrado, Escola de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Bastogi, M.; Fratini, F.; Giusti, A.; Mariottini, M.; Zonetti, C. 2004. **Stones: ornament of Florence. Memorie descrittive della carta geológica d’Italia**. Special Paper, Servizio Geológico d’Italia, v.LXVI, 52p.
- Carvalho, B. A. 1988. **A História da Arquitetura**. Rio de Janeiro, Editora Tecnoprint S.A., 318p.
- Choay, F. 2001. **A Alegoria do Patrimônio**. Editora UNESP, São Paulo, 282 p.
- Di Benedetti, V. 2006. **Estudo das alterações ocorridas nas rochas ornamentais utilizadas em monumentos arquitetônicos: Museu Júlio de Castilhos e Cúpula da Catedral Metropolitana de Porto Alegre, RS**. Porto Alegre, 74p. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Dolcini, L. 1981. **Elementi de Biologia per il Restauro de Opere d’arte**. Firenze, Dalle lezioni Del Dott. Piero Tiano al corso de restuaro dell’ Opificio delle Pietre Dure, 68p.
- Fitzner, B.; Heinrichs, K.; Kownatzki, R. 1995. **Weathering forms: classification and mapping**. Verlag Ernst & John, Berlin, 88p.
- Frazão, E. B. 2002. **Tecnologia de rochas na construção civil**. São Paulo, Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 132p.
- IBGE. 2000. **Atlas Nacional do Brasil**, 3.ed. Brasília, mapas, 263 p.
- Lazzarini, L. & Tabasso, M.L. 1986. **Il Restauro della Pietra**. Padova, CEDAM, 315p.
- Miranda, J. 1936. Notas geológicas do município de Taquara. **Boletim do Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil**, 83:1-38.
- Morris, R.H. 1963. Geologia geral das quadrículas Gravataí, Taquara e Rolante, RS, Brasil. **Revista da Escola de Geologia**, Universidade do Rio Grande do Sul, Publicação especial nº 5, 38p.
- Ollier, C. 1975. **Weathering**. Longman, London, 304p.
- Philipp, R.P. & Benedetti, V.D. 2007. Diagnóstico dos problemas na Cúpula da Catedral Metropolitana de Porto Alegre, RS: problemas de execução do projeto e/ou material inadequado? **Revista Brasileira de Geociências** (no prelo).
- Reis Filho, N. G. 1997. **Quadro da Arquitetura no Brasil**, São Paulo, Editora Perspectiva, 216p.
- Scherer, C. M.S. 1998. **Análise estratigráfica e faciológica da Formação Botucatu (Neocomiano) no Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 208p. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Silva, M.E. & Roeser, H.M.P. 2003. Mapeamento e deteriorações em monumentos históricos de pedra-sabão em Ouro Preto. **Revista Brasileira de Geociências**, 33(4): 331-338.
- Souza, A.C. 1994. Conservação Preventiva. **Revista da Biblioteca Mario de Andrade, Imagens Literárias de São Paulo e Prevenção de Bens Culturais**, 52: 87-93.

