

# CARACTERIZAÇÃO DE ARGAMASSAS DE PÓ-DE-PEDRA PARA RESTAURAÇÃO DE FACHADAS NO ESTILO ART DÉCO<sup>1</sup>

Gizela Barbosa do Nascimento – gibn@ig.com.br

Antônio Neves de Carvalho Júnior – anjunior@demc.ufmg.br

Adriana Guerra Gumieri – adriana@demc.ufmg.br

Universidade Federal de Minas Gerais – Av. Antônio Carlos, 6627, Belo Horizonte, Minas Gerais - CEP 30.160-030 – Tel: (31) 34091850 - Fax: (31) 34091857

## RESUMO

O *art déco* foi um estilo arquitetônico difundido nos centros urbanos brasileiros nas décadas de 30 e 40. Baseado em uma nova linguagem formal, esse estilo teve como principais características: simetria, uso de linhas retas, limpeza ornamental e emprego do revestimento em pó-de-pedra em fachadas. Diante do surgimento de algumas patologias, foi realizada uma pesquisa sobre a utilização de argamassas de pó-de-pedra na restauração de revestimentos, por um estudo de caso na fachada do Edifício Thibau, construção *art déco* de 1943, localizada em Belo Horizonte, Minas Gerais. A fim de analisar o novo revestimento, foram feitos ensaios de resistência à compressão, de aderência e de caracterização de seus componentes. Para a caracterização física, utilizaram-se os ensaios de distribuição granulométrica, densidade de massa e densidade de massa aparente. Na caracterização química/mineralógica, foram adotadas as técnicas de FRX e DRX. As argamassas apresentaram resistência à compressão superior a 8,0 MPa. A resistência de aderência foi superior a 0,3 MPa, sendo o revestimento aprovado segundo a NBR 13749. Verificou-se, no pó-de-pedra, o predomínio de cálcio e magnésio e a presença dos compostos de dolomita, quartzo e caulinita.

**Palavras-chave:** argamassa, pó-de-pedra, restauração, revestimento, *art déco*.

<sup>1</sup> ARTIGO ORIGINAL PUBLICADO NOS ANAIS DO VIII SBTA (Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas) - Curitiba (PR) - 2009

## ABSTRACT

*Art déco* was an architectural style that took place in Brazilian urban centers in the decades of 30 and 40. Based on a new formal language, this style explored the symmetry, straight lines, ornamental cleaning and use of the stone dust covering in many façades. With the occurrence of some pathologies, this research took place to analyse the use of stone dust mortar in covering restorations, by means of the Thibau Building façade, an *art déco* construction from 1943, placed at Belo Horizonte, Minas Gerais. In order to evaluate the new covering performance, were done compression and pull-off tests and characterizations of its components. The grain size distribution, the mass density and the apparent mass density tests were used to characterize physically the mortar components. The chemical/mineralogical characterization used the X-rays fluorescence spectrometry and the X-rays diffraction. Concerning the compression strength, the mortars showed values over 8,0 MPa. The pull-off strength values were over 0,3 MPa, so the covering was approved based on the NBR 13749. Regarding the composition of the mortar, the stone dust had a big concentration of calcium and magnesium and some of dolomite, quartz and kaolinite.

**Keywords:** mortar, stone dust, restoration, covering, *art déco*.

## INTRODUÇÃO

Seguindo uma tendência predominante no Rio de Janeiro, o estilo *art déco* passou a ser para Belo Horizonte, durante os anos 30 e 40, a influência nas novas construções, desde exemplares mais puros até os mais simples e menos definidos, executados por mestres-de-obras da época. Caracterizadas por simetria geométrica, jogos de volumes e revestimentos de pó-de-pedra, essas edificações revelavam sua contemporaneidade com as transformações em curso. <sup>(1)</sup>

Essa arquitetura, passados mais de 60 anos, vem necessitando de obras com o objetivo de restaurar o que já foi desgastado pelo tempo, principalmente em suas fachadas com pó-de-pedra. Entretanto, o desafio dessas reformas está em recuperar um revestimento não mais utilizado, cuja técnica era artesanal e empírica e sobre a qual há poucos registros disponíveis. Segundo Costa <sup>(2)</sup>, este revestimento “consiste na substituição da areia pelo pó-de-pedra, juntando-se certa quantidade de mica em pequenas partículas. Depois de feito o revestimento, lava-se a superfície com ácido.” Segawa <sup>(3)</sup>, por sua vez, faz alusão ao acabamento com o pó-de-pedra ao descrever uma fachada *art déco*: “paredes lisas revestidas com argamassa de cimento branco, cal, areia, grãos de mármore, granito, quartzo e mica”.

Assim, além das questões estéticas, é importante buscar os traços e as composições que mais se aproximam da argamassa de pó-de-pedra original e, também, realizar análises e testes que garantam o bom desempenho do revestimento. Diante da relevância das obras *art déco* para a arquitetura moderna e da ausência de estudos sobre seu revestimento característico, como objetivo deste trabalho, optou-se por fazer uma pesquisa sobre a utilização de argamassas de pó-de-pedra na recuperação de fachadas, coletando informações sobre propriedades, traços e métodos de execução desse revestimento e realizando, por meio de um estudo de caso, análises de suas propriedades mecânicas e caracterização de seus componentes.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O revestimento em pó-de-pedra (ou pó de pedreira, como era conhecido), segundo Rezende <sup>(4)</sup>, possuía argamassa com o traço 1:2 (cimento e pó de pedreira) em volume, e, geralmente, utilizava-se o pó de granito e acrescentava-se mica. O sistema de acabamento consiste no emboço mais o revestimento de pó-de-pedra, que possui espessuras variando, aproximadamente, de 0,5 a 2,0 cm. <sup>(5)</sup>

Na maioria das edificações *art déco* recentemente restauradas, a argamassa de revestimento de pó-de-pedra que está sendo utilizada é composta deste pó fino propriamente dito, de cimento, de mica e de granitina (granulados de pedra) em tamanhos diversos.

O pó-de-pedra é um material resultante da britagem de rochas que, segundo a NBR 7225 <sup>(6)</sup>, possui dimensão nominal máxima inferior a 0,075 mm. Esse material, também conhecido por areia britada de rocha, finos de pedreira, etc., tem sido bastante utilizado na produção de argamassas mistas de cimento e cal para assentamento e revestimento de paredes de alvenaria, porém ainda se conhece pouco sobre as consequências dessa substituição em termos de seu desempenho. No estudo realizado por Silva, Campiteli e Gleize <sup>(7)</sup>, na maioria dos traços realizados, as argamassas produzidas com pó-de-pedra apresentaram maior retenção de água do que aquelas produzidas com areia; ainda, as resistências de aderência e de compressão apresentaram-se maiores nas argamassas com areia de britagem. De acordo com Cuchierato e Sant'Agostino <sup>(8)</sup>, na Região Metropolitana de São Paulo, as principais matérias-primas para a produção de pó-de-pedra são rochas de composição granítica (gnaisse e granitos), correspondendo a 90% dos empreendimentos.

A mica é um mineral caracterizado por uma ótima clivagem laminar e boa elasticidade. Distinguem-se duas variedades

principais: a muscovita (mica branca) e a biotita (mica preta). Além da clivagem perfeita, podendo, facilmente, se desfolharem, as micas se caracterizam pela baixa dureza, riscando-se com muita facilidade com uma ponta de agulha de aço ou com o vidro. <sup>(9)</sup>

Os agregados são materiais granulares, sem forma e volume definidos, de dimensões e propriedades adequadas para uso em argamassas e concretos <sup>(10)</sup>. Há também, no mercado da construção civil, o termo granitina (granilite ou granilha), que corresponde a grãos de rochas moídas, derivados de um processo de moagem seletiva por cores e granulometria; é utilizada, principalmente, em pisos e revestimentos. Existem granitinas em variadas cores e tamanhos, que são selecionados durante a moagem dos diferentes tipos de rochas - calcário dolomítico, gnaisse, basalto, etc. <sup>(11)</sup>

Em Belo Horizonte, as empresas contratadas para os restauros de revestimentos de pó-de-pedra são responsáveis por realizar testes em laboratório a fim de verificar a composição original da argamassa, de forma a permitir a melhor reprodução possível do traço na restauração. Dessa forma, são produzidas diversas amostras do aspecto do novo revestimento para, em seguida, ser escolhida a composição que mais se aproxima da original. Esta escolha é feita pelo órgão público municipal competente. <sup>(5)</sup>

## METODOLOGIA

### EDIFÍCIO THIBAU – ESTUDO DE CASO

Diante do grande número de restaurações do revestimento em pó-de-pedra realizadas recentemente em Belo Horizonte, percebeu-se a necessidade de realizar uma análise sobre o uso desse tipo de argamassa na recuperação de fachadas. Isso foi feito por meio de um estudo de caso no Edifício Thibau, prédio de 1943, em estilo arquitetônico *art déco*, cujas obras de restauração da fachada ocorreram em 2007 e foram acompanhadas desde seu início. Localizada no Centro de Belo Horizonte, essa edificação possui 7 pavimentos e, atualmente, é ocupada com serviços e comércio. Por suas características, imagem e história, o Ed. Thibau possui tombamento municipal de suas fachadas e do seu volume desde 10/11/1994. <sup>(12)</sup>

A argamassa com pó-de-pedra do edifício em estudo encontra-se presente somente em sua fachada frontal, apresentando espessuras que variam de 0,5 a 1,5 cm. Essa argamassa é assentada sobre uma camada de emboço cuja espessura também não é uniforme, podendo ter até cerca de 3 cm.

A composição do revestimento de pó-de-pedra utilizado na restauração da fachada do Ed. Thibau foi a seguinte: (13; 14)

- pó-de-pedra – pó fino na cor pérola (utilizado para dar um tom amarelado à argamassa e aproximá-la mais da tonalidade original), comercializado com a seguinte nomenclatura: pó pérola fino;
- granitina fina – granitina na cor branca, comercializada com a seguinte nomenclatura: granitina branco nacional nº 00;
- granitina grossa – granitina na cor branca, comercializada com a seguinte nomenclatura: granitina branco nacional nº 0 fino;
- cimento Portland branco estrutural CPB-40;
- cal hidratada CH-III.

Na Figura 1, podem ser vistas amostras dos materiais dessa composição, ou seja, do pó-de-pedra, da granitina fina e da granitina grossa.



Figura 1: Pó-de-pedra, granitina fina e granitina grossa.

Os traços (em volume, mistura seca) dos materiais componentes do revestimento em pó-de-pedra utilizados na obra foram:

- traço agregados: 3:1 (granitina fina e granitina grossa);
- traço aglomerantes: 1:1:3 (cimento branco, cal hidratada e pó-de-pedra) – apesar de o pó-de-pedra não possuir propriedades aglomerantes, na obra do Ed. Thibau, ele foi adicionado ao cimento e à cal no traço dos aglomerantes;
- traço final da argamassa de pó-de-pedra: 2:1 (traço aglomerantes e traço agregados).

Não há uma quantidade exata de água de amassamento na mistura, pois ela vai sendo acrescentada aos poucos, até que se atinja uma boa consistência, de forma que a argamassa não fique muito seca (pouco trabalhável) e nem muito fluida, para que não escorra durante a aplicação.

Na Figura 2, pode-se observar a fachada do Ed. Thibau antes (a) e após (b) os trabalhos de restauração.

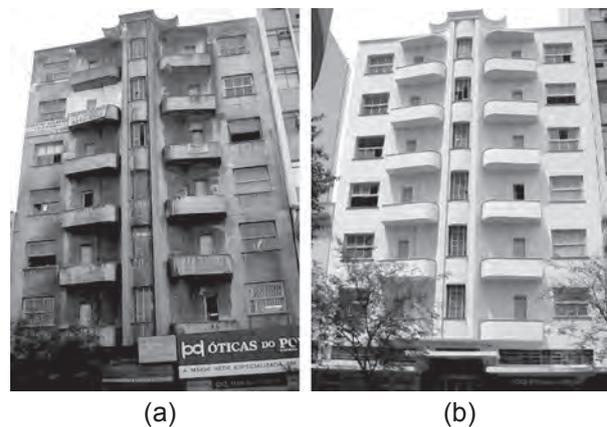


Figura 2: Fachada do Ed. Thibau antes (a) e após (b) as obras de recuperação.

## ENSAIOS

Para avaliação da consistência da argamassa no estado fresco, foi utilizado o método de determinação do índice de consistência pelo espalhamento do tronco de cone conforme a NBR 13276 (15). As argamassas para o ensaio foram preparadas reproduzindo o traço final empregado na argamassa de pó-de-pedra utilizada na obra do Ed. Thibau. No entanto, como não há uma quantidade exata de água na mistura, foram preparadas duas argamassas, variando-se o teor de água. Adotou-se a relação água/aglomerantes de 0,19 (em massa), necessária para a obtenção da consistência de  $(225 \pm 5)$  mm, tomando como referência o índice de consistência normal da NBR 7215 (16). Todavia, como esta argamassa não apresentou a consistência observada na obra, foi estudada, também, uma argamassa com relação água/aglomerantes de 0,22 (em massa), consistência de 280 mm. Essas relações água/aglomerantes obtidas foram bastante inferiores às normalmente encontradas para argamassas de reboco tradicionais (contendo areias) devido aos seguintes motivos:

- as granitinas possuem alto módulo de finura;
- na argamassa estudada, é menor a quantidade de água necessária para hidratação, visto que aquela não contém apenas cimento, mas também cal hidratada, que é um aglomerante aéreo, e pó-de-pedra, que não é um aglomerante; além disso, a proporção de cimento branco na argamassa é 1/3 menor que a de pó-de-pedra.

Para avaliação da resistência à compressão das argamassas no estado endurecido, foram moldados, para cada argamassa, 4 corpos-de-prova (CP's) cilíndricos conforme a NBR 7215 (16). Os CP's foram rompidos aos 28 dias de idade.

Os testes de resistência de aderência foram realizados na argamassa já recuperada da fachada frontal do Ed. Thibau segundo as recomendações da NBR 13528 (17). Foram ensaiados 6 CP's na idade de 28 dias.

Para caracterização dos materiais componentes da argamassa, foi utilizado o ensaio de granulometria, por peneiramento a seco, para as granitinas do revestimento seguindo as determinações da NBR NM 248 (18); utilizou-se a série normal de peneiras da NBR NM ISO 3310-1 (19) com as seguintes aberturas de malhas, em milímetros: 0,15; 0,3; 0,6; 1,2; 2,4; 4,8.

O peneiramento úmido é usado, preferencialmente, para materiais de partículas finas. Assim, para a determinação da distribuição granulométrica do pó-de-pedra, foi realizado o ensaio para agregados estabelecido pela NBR NM 46 (20). Contudo, para fins de comparação de resultados, realizou-se, também, o ensaio de peneiramento a seco estabelecido pela NBR 11579 (21), adaptado para o material em questão.

De acordo com a metodologia estabelecida pela NBR NM 52 (22), foi determinada a densidade de massa de cada material do revestimento do Ed. Thibau, usando o frasco Chapman. A densidade de massa aparente foi determinada empregando-se um recipiente de volume graduado.

Para a caracterização química/mineralógica das granitinas e do pó-de-pedra da argamassa, foram realizados ensaios de fluorescência de raios-X (FRX) e difração de raios-X (DRX). Por meio da FRX, foi possível a identificação dos elementos químicos constituintes de cada material e a determinação do teor daqueles. Na análise mineralógica, utilizou-se a DRX, permitindo que se obtivessem informações sobre a natureza e os parâmetros do reticulado cristalino.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### CARACTERIZAÇÃO DA ARGAMASSA NO ESTADO ENDURECIDO

#### RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

A Figura 3 apresenta as tensões de ruptura das argamassas de pó-de-pedra com relação água/aglomerantes de 0,22 (argamassa 1) e de 0,19 (argamassa 2).

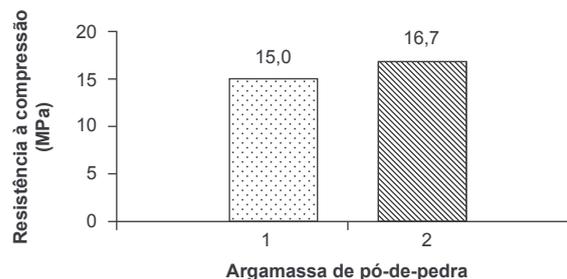


Figura 3: Resistência à compressão das argamassas 1 e 2.

Observa-se que, conforme condizente com o esperado, a argamassa com menor relação água/aglomerantes apresentou maior resistência à compressão. De acordo com os requisitos estabelecidos pela NBR 13281 (23), a argamassa de pó-de-pedra se enquadra na classe P6 (resistência à compressão maior que 8,0 MPa).

#### RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA

A Figura 4 apresenta a resistência de aderência obtida para cada CP.

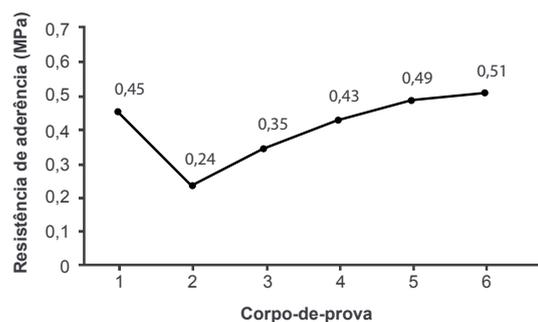


Figura 4: Resistências de aderência.

Na análise dos resultados, percebe-se que, para cinco CP's, as tensões de ruptura aos 28 dias de idade foram maiores que 0,3 MPa, valor recomendado pela NBR 13749 (24) para, pelo menos, quatro de cada seis CP's ensaiados. Sob este aspecto, o revestimento foi, portanto, aprovado.

Com exceção do CP 2, as rupturas ocorreram 100% na interface argamassa-emboço, demonstrando uma boa resistência da argamassa, o que pode ser verificado nos resultados das tensões obtidas.

### CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DOS COMPONENTES DA ARGAMASSA

#### DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA

A Tabela 1 apresenta a distribuição granulométrica do pó-de-pedra.

**Tabela 1 – Distribuição granulométrica do pó-de-pedra**

| Peneira (mm) | NBR 11579 (seco)<br>% Retida | NBR NM 46 (úmido)<br>% Retida |
|--------------|------------------------------|-------------------------------|
| 0,075        | 62,65                        | 68,84                         |

Pode-se observar que os resultados obtidos a seco e a úmido são semelhantes, com porcentagens retidas entre 60 e 70%, significando que o pó-de-pedra utilizado na restauração do Ed. Thibau é constituído, em sua maior parte, por partículas com dimensões maiores que 0,075 mm. Assim, nota-se que esse material não atende à classificação da NBR 7225 (6), que considera como pó-de-pedra aquele resultante da britagem de rochas que possui dimensão nominal máxima inferior a 0,075 mm. Diante das terminologias estabelecidas por esta mesma norma, o pó-de-pedra em estudo se aproximaria mais de uma areia fina artificial se levada em consideração a grande quantidade de material maior que 0,075 mm.

Com os resultados contidos na Tabela 1, é possível concluir que o pó-de-pedra é constituído de uma fração grossa (cerca de 2/3 do material) - agregado miúdo, e de uma fração fina (aproximadamente 1/3) - adição mineral. Entretanto, observa-se que, na execução da argamassa de restauro do Ed. Thibau, o pó-de-pedra foi utilizado, essencialmente, como uma adição mineral na mistura dos aglomerantes, na proporção 1:1:3 (cimento branco, cal hidratada e pó-de-pedra). Como adição, a fração fina do pó-de-pedra auxilia no preenchimento dos vazios existentes entre as partículas da argamassa, exercendo, assim, influência positiva na trabalhabilidade desta.

A Tabela 2 apresenta a distribuição granulométrica das granitinas fina e grossa.

**Tabela 2 – Distribuição granulométrica das granitinas**

| Distribuição granulométrica<br>Peneiras (mm) | % Retida Acumulada |                  |
|--|--------------------|------------------|
|  | Granitina fina     | Granitina grossa |
| 4,8  | 0                  | 0                |
| 2,4  | 0                  | 0                |
| 1,2  | 24                 | 98               |
| 0,6  | 98                 | 100              |
| 0,3  | 99                 | 100              |
| 0,15   | 99                 | 100              |
| Fundo  | 100                | 100              |
| Módulo de finura                             | 3,20               | 3,98             |
| Dimensão máxima característica (mm)          | 2,4                | 2,4              |

Na distribuição granulométrica da granitina fina, a maior porcentagem do material ficou retida na peneira 0,6 mm e a

dimensão máxima característica (DMC) obtida foi de 2,4 mm. O módulo de finura (MF) foi de 3,20.

No caso da granitina grossa, a maior porcentagem do material ficou retida na peneira 1,2 mm e a DMC obtida também foi de 2,4 mm, como na distribuição granulométrica da granitina fina.

Apesar de os dois tipos de granitina possuírem a mesma DMC (2,4 mm), percebe-se que, por ser constituída por grãos maiores, o valor do MF da granitina grossa, de 3,98, é superior ao da fina (3,20). Assim, as granitinas usadas na argamassa de restauração do Ed. Thibau, pela DMC de suas partículas, enquadram-se na classificação de agregado miúdo segundo a NBR 7225 (6), visto que esta considera como agregados deste tipo aqueles com dimensões nominais compreendidas entre 4,8 e 0,075 mm.

Como comparação, segundo os dados da Tabela 3, sugeridos por Ribeiro, Pinto e Starling (25), o MF da granitina fina (3,20) possui valor correspondente ao de uma areia média, utilizada para emboço, e o da granitina grossa (3,98) equivale ao MF de uma areia grossa, usada para concreto e chapisco. Nota-se que, de acordo com essa tabela, as granitinas são mais grossas que a areia para reboco, pois aquelas já fazem parte da argamassa de acabamento da fachada, visto que esta não recebe nenhum tipo de pintura ou revestimento cerâmico.

**Tabela 3 – Classificação das areias quanto ao módulo de finura (25)**

| Tipos        | Módulo de finura - MF | Utilização          |
|--------------|-----------------------|---------------------|
| Areia grossa | MF > 3,3              | Concreto e chapisco |
| Areia média  | 2,4 < MF < 3,3        | Emboço              |
| Areia fina   | MF < 2,4              | Reboco              |

## DENSIDADE DE MASSA E DENSIDADE DE MASSA APARENTE

A Tabela 4 mostra os resultados obtidos nos ensaios de densidade de massa e de densidade de massa aparente para as granitinas e para o pó-de-pedra.

**Tabela 4 – Densidade de massa e densidade de massa aparente**

| Material         | Densidade de massa (g/cm <sup>3</sup> ) | Densidade de massa aparente (g/cm <sup>3</sup> ) |
|------------------|---|--|
| Pó-de-pedra      | 2,893                                   | 1,78   |
| Granitina fina   | 2,747                                   | 1,55   |
| Granitina grossa | 2,793                                   | 1,52   |

Pela observação dos resultados, percebe-se que o pó-de-pedra é o que apresenta maiores densidade de massa e densidade de massa aparente. Isso decorre do fato de ele ser um material mais fino e de possuir uma composição química diferente daquela das granitinas.

Para fins de comparação, nota-se que os materiais do revestimento em estudo são um pouco mais densos que as areias normalmente usadas em argamassas e concretos, que possuem uma densidade de massa de, aproximadamente, 2,60 g/cm<sup>3</sup>. Ainda, os materiais possuem densidade de massa aparente maior que a da areia, que é de cerca de 1,40 a 1,50 g/cm<sup>3</sup>; isso ocorre, especialmente, no caso do pó-de-pedra, que apresenta maior diferença por ser mais fino que a areia.

Para a trabalhabilidade da argamassa, provavelmente, a granitina fina é a que exerce melhor contribuição, visto que sua densidade de massa é a menor dentre as obtidas no ensaio, apesar de aquela propriedade também ser melhorada pelo emprego de agregados com menor MF.

## CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA/MINERALÓGICA DOS COMPONENTES DA ARGAMASSA

### FLUORESCÊNCIA DE RAIOS-X

Por intermédio da FRX, foram determinados os principais elementos químicos constituintes das amostras de pó-de-pedra, granitinas fina e grossa, conforme apresentado na Tabela 5.

**Tabela 5 – Elementos químicos resultantes da FRX**

| Amostra                 | Alto teor        | Médio teor | Baixo teor | Mínimo teor                 |
|-------------------------|------------------|------------|------------|-----------------------------|
| <i>Pó-de-pedra</i>      | <i>Ca, Mg, O</i> | <i>Fe</i>  | <i>Mn</i>  | <i>Cr, K, Cl, S, Si, Al</i> |
| <i>Granitina fina</i>   | <i>Ca, Mg, O</i> | –          | <i>Si</i>  | <i>Fe, Al, K</i>            |
| <i>Granitina grossa</i> | <i>Ca, Mg, O</i> | –          | <i>Si</i>  | <i>Al, Cu, Fe, Cr, K, S</i> |

Nota-se que, nos três casos, há um predomínio de cálcio (Ca) e magnésio (Mg). No pó-de-pedra há, ainda, ferro (Fe) e manganês (Mn) em médio e baixo teores, respectivamente. As granitinas apresentam composições semelhantes entre si, diferenciando-se apenas em relação a alguns outros elementos encontrados em quantidades mínimas.

### DIFRAÇÃO DE RAIOS-X

A partir da DRX, com o auxílio dos resultados obtidos na FRX, foi possível efetuar uma análise mineralógica das amostras de pó-de-pedra e das granitinas.

Na amostra do pó-de-pedra, houve a predominância de fases cristalinas características de dolomita (CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>), apresentando também quartzo (SiO<sub>2</sub>) e caulinita (AlSi<sub>2</sub>O<sub>5</sub>(OH)<sub>4</sub>).

Para ambas as granitinas, os resultados foram semelhantes. Notou-se a presença de dolomita (em menor quantidade, entretanto, que no pó-de-pedra), calcita (CaCO<sub>3</sub>) e quartzo.

Apesar de na maioria das restaurações em edificações *art déco* ser utilizada a mica na argamassa de pó-de-pedra, seguindo a composição original desta, aquele mineral não foi identificado nos resultados da DRX para o caso do revestimento restaurado do Ed. Thibau.

## INFLUÊNCIA DAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS/MINERALÓGICAS NA TONALIDADE DOS MATERIAIS

O quartzo é um mineral de cor branca ou incolor, podendo também apresentar outras variedades, como roxo, amarelo, preto, etc. É transparente ou opaco e está presente em rochas ígneas do tipo ácidas (SiO<sub>2</sub> > 65%), tal como o granito. Devido à sua resistência ao intemperismo, é também constituinte de muitos depósitos de areia, pedregulho e arenitos, exemplares de rochas sedimentares silicosas. <sup>(9; 10)</sup>

A calcita possui cor branca, rósea, cinza ou amarela e brilho vítreo; a dolomita apresenta cor branca ou cinza-amarelada e brilho vítreo <sup>(9)</sup>. A calcita (carbonato de cálcio) e a dolomita (carbonato de cálcio e magnésio) são minerais carbonáticos. A dolomita é o principal mineral presente no dolomito e a calcita o principal componente do calcário. Geralmente, a cor do dolomito e do calcário é branca, mas pode ser cinzenta azulada, cinzenta escura, negra, amarelada ou acastanhada. As rochas sedimentares carbonáticas são menos duras que as silicosas, entretanto, geralmente, produzem agregados de qualidade satisfatória. <sup>(10)</sup>

A caulinita é um argilomineral de alumínio hidratado. Os argilominerais são os principais constituintes das argilas e folhelhos. Eles são de baixa dureza e se desintegram pela ação da água; algumas argilas sofrem grandes expansões na presença desta. Portanto, argilominerais não são usados diretamente como agregados, mas podem estar presentes como contaminantes em um agregado natural, o que ocorre frequentemente em rochas sedimentares. <sup>(10)</sup>

Pela análise mineralógica dos componentes da argamassa de pó-de-pedra, observa-se que, de forma geral, as rochas predominantes são o dolomito e o calcário. Nota-se que a utilização destas se deu, provavelmente, muito mais em função da tonalidade necessária para os materiais do que devido às demais características dos minerais constituintes. Para as granitinas, o calcário e o dolomito foram importantes para propiciar a cor branca dos grãos e, para o pó-de-pedra, conforme a análise química por FRX, é possível que tenham sido acrescentados ferro e manganês na composição para auxiliar na obtenção da cor perolada do material.

## CONCLUSÕES

No ensaio de resistência à compressão, foram obtidos resultados satisfatórios, tanto para a argamassa mais forte quanto para a mais fraca. Pelos resultados apresentados nesse ensaio, de acordo com os requisitos estabelecidos pela NBR 13281<sup>(23)</sup>, a argamassa de pó-de-pedra se enquadra na classe P6 (resistência à compressão maior que 8,0 MPa).

Em relação à resistência de aderência, o revestimento foi aprovado, visto que as tensões de ruptura de cinco dos seis CP's ensaiados foram maiores que 0,3 MPa, valor recomendado pela NBR 13749<sup>(24)</sup> para, no mínimo quatro CP's.

Na composição da argamassa estudada, o pó-de-pedra, com maior densidade de massa que as granitinas, é utilizado como adição mineral na mistura dos aglomerantes (cimento branco e cal hidratada). As granitinas, por sua vez, pela DMC de suas partículas (2,4 mm), são os agregados miúdos da mistura segundo classificação da NBR 7225<sup>(6)</sup>; e, devido à sua menor densidade de massa e ao seu menor MF, a granitina fina é o agregado que melhor deve contribuir para a trabalhabilidade da argamassa de pó-de-pedra.

No ensaio de FRX, foi possível verificar que os elementos químicos predominantes no pó-de-pedra e nos dois tipos de granitina são cálcio (Ca) e magnésio (Mg). Pela DRX percebeu-se grande presença de dolomito nos três materiais e de calcário nas granitinas, podendo-se inferir que essas rochas foram utilizadas para dar a tonalidade aos grãos; no caso do pó-de-pedra, acrescentaram-se ferro e manganês para, provavelmente, oferecer a tonalidade perolada ao material.

Os ensaios realizados nesta pesquisa foram de grande importância para a compreensão de algumas características e propriedades do revestimento de pó-de-pedra, possibilitando que outras recuperações desse tipo sejam feitas levando sempre em consideração análises técnicas e de caráter científico.

## AGRADECIMENTOS

À empresa Metamorphose, que tornou possível a realização do estudo de caso, e aos Departamentos de Engenharia de Minas e de Engenharia de Materiais e Construção da UFMG pelo auxílio na execução desta pesquisa.

## REFERÊNCIAS

1. GOMES, F. V. *Cine teatro Brasil*. Belo Horizonte, [19--].
2. COSTA, P. *Caderno de encargos*. 7. ed. Rio de Janeiro: Científica, 1957. 471p.
3. SEGAWA, H. *Arquiteturas no Brasil 1900-1990*. São Paulo: Edusp, 1999. 224p.
4. REZENDE, M. A. P. [Sem título]. Belo Horizonte: Escola de Arquitetura da UFMG, 2007. (Notas de aula da disciplina Técnicas Retrospectivas).
5. BELO HORIZONTE. Gerência de Patrimônio Histórico Urbano. [Sem título]. Belo Horizonte, 2006. (Comunicação verbal).
6. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7225: *Materiais de pedra e agregados naturais*. Rio de Janeiro, 1993.
7. SILVA, N.; CAMPITELI, V.; GLEIZE, P. J. P. Argamassa de revestimento de cimento, cal e areia de britagem de rocha calcária. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 7., 2007, Recife. Disponível em: <<http://www.infohab.org.br>>. Acesso em: 16 jan. 2009.
8. CUCHIERATO, G.; SANT'AGOSTINO, L. M. Pó de pedra: produção na região metropolitana de São Paulo (RMSP) e principais características. In: SEMINÁRIO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL: PRÁTICAS RECOMENDADAS, 3., 2000, São Paulo. Disponível em: <<http://www.infohab.org.br>>. Acesso em: 16 jan. 2009.
9. LEINZ, V.; AMARAL, S. E. *Geologia geral*. 11. ed. São Paulo: Nacional, 1989. 399p.
10. MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. *Concreto: estrutura, propriedades e materiais*. Tradução e adaptação: Paulo Roberto do Lago Helene (Coord.) et al. São Paulo: Pini, 1994. 573p.
11. MINASIT. *Granitina*. Disponível em: <<http://www.minasit.com.br/>>. Acesso em: 09 out. 2007.
12. CASTRO, M. A. R. (Org.). *Guia de bens tombados de Belo Horizonte*. Belo Horizonte: Lastro, 2006. 316p.
13. METAMORPHOSE. [Sem título]. Belo Horizonte, 2007. (Comunicação verbal).

- 
14. MINASIT. [Sem título]. Belo Horizonte, 2007. (Comunicação verbal).
  15. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13276: *Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - preparo da mistura e determinação do índice de consistência*. Rio de Janeiro, 2005.
  16. \_\_\_\_\_. NBR 7215: *Cimento Portland - determinação da resistência à compressão*. Rio de Janeiro, 1996.
  17. \_\_\_\_\_. NBR 13528: *Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - determinação da resistência de aderência à tração*. Rio de Janeiro, 1995.
  18. \_\_\_\_\_. NBR NM 248: *Agregados – determinação da composição granulométrica*. Rio de Janeiro, 2003c.
  19. \_\_\_\_\_. NBR NM ISO 3310-1: *Peneiras de ensaio - requisitos técnicos e verificação - parte 1: peneiras de ensaio com tela de tecido metálico*. Rio de Janeiro, 1997.
  20. \_\_\_\_\_. NBR NM 46: *Agregados - determinação do material fino que passa através da peneira 75 micrômetros, por lavagem*. Rio de Janeiro, 2003.
  21. \_\_\_\_\_. NBR 11579: *Cimento Portland - determinação da finura por meio da peneira 75 micrômetros (número 200)*. Rio de Janeiro, 1991.
  22. \_\_\_\_\_. NBR NM 52: *Agregado miúdo - determinação de massa específica e massa específica aparente*. Rio de Janeiro, 2003.
  23. \_\_\_\_\_. NBR 13281: *Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - requisitos*. Rio de Janeiro, 2005.
  24. \_\_\_\_\_. NBR 13749: *Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - especificação*. Rio de Janeiro, 1996.
  25. RIBEIRO, C. C.; PINTO, J. D. S.; STARLING, T. *Materiais de construção civil*. 2. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2002. 102p.