

MÉTODO DE CARACTERIZAÇÃO DE ARGAMASSAS HISTÓRICAS: PROPOSIÇÃO E ESTUDOS DE CASO

1) Nascimento, C. B. do; 2) Oliveira, M. C. B. de; 3) Quarcioni, V. A.; 4) Katinsky, J. R.; 5) Silva, H. A. A.

- 1) Universidade de São Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, São Paulo, Brasil (aluna de doutorado); cb_nascimento@terra.com.br
- 2) Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT, Brasil; 55-11 37674367; (pesquisador); miriancr@ipt.br
- 3) Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo- IPT, Brasil; 55-11 37674969;(pesquisador); quarciva@ipt.br
- 4) Universidade de São Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, São Paulo, Brasil (professor titular); jrkatinsky@uol.com.br
- 5) Universidade de São Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, São Paulo, Brasil (professora do Departamento de Projeto); lena.ayoub@uol.com.br

RESUMO

Nas duas últimas décadas do século XX veio se consolidando, no âmbito de estudos científicos internacionais, propostas de ensaios de caracterização de argamassas visando manter as características semelhantes à argamassa original e assim subsidiar a formulação da argamassa a ser utilizada em recuperação ou restauro. Esta conduta está em consonância com o princípio da intervenção mínima, indicada para intervenções no revestimento das fachadas de edificação histórica, que limita a remoção e substituição do revestimento apenas aos trechos deteriorados, ou seja, sempre que possível, a argamassa original em boas condições deve ser mantida.

O IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo tem aplicado nos últimos 10 anos em várias edificações históricas, tais como o prédio da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, a Estação da Luz, no município de São Paulo, e o Castelo Mourisco da Fundação Oswaldo Cruz na cidade do Rio de Janeiro, um método de trabalho baseado nas seguintes técnicas:

- Análise mineralógica por difratometria de raios-X: focando identificar os minerais presentes, tanto na pasta como no agregado. É especialmente útil na caracterização de aglomerantes.
- Análise petrográfica: visando obter uma espécie de "retrato" da microestrutura da argamassa. São obtidos dados quanto: ao agregado (natureza, granulometria e interface com a pasta); aos vazios (distribuição, forma e tipo); e à pasta (presença, intensidade e distribuição da carbonatação, presença de minerais de cimento e/ou de cal). Permite também observar e caracterizar as microfissuras presentes.
- Reconstituição de traço a partir da análise química da argamassa: obtém-se a relação aglomerante(s)/agregado e a identificação do tipo de aglomerante, que é solubilizado em meio ácido. Ensaios químicos específicos podem ser executados para identificar a presença de sais solúveis e de aditivos modificadores de propriedades, incorporados na produção das argamassas.

- Descrição do agregado com auxílio da microscopia óptica, podendo se associar à análise granulométrica: fornece a caracterização do agregado, quanto à cor, forma, natureza e granulometria.

O acesso às informações históricas da edificação pelo laboratório é fundamental para a caracterização das argamassas, pois serve de balizamento para a interpretação dos resultados. A interpretação conjunta dos resultados dessas análises permite, em geral, corroborar a precisão dos dados de reconstituição do traço da argamassa original, bem como inferir indicações sobre técnicas construtivas, época da construção, a fonte do agregado e informações sobre possíveis intervenções que possam ter ocorrido ao longo do tempo, auxiliando na arqueometria da construção. Em casos específicos, a metodologia aplicada no IPT permite identificar o sítio geológico que forneceu o agregado da argamassa original.

No entanto, cabe ressaltar que embora a caracterização da argamassa original seja importante, é apenas um dos aspectos a ser considerado no restauro de edifícios de valor histórico, em que há necessidade de reposição parcial do revestimento de argamassa das fachadas.

Introdução

O Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo- IPT, Brasil, congrega atualmente 30 laboratórios e 10 seções técnicas reunidos em 14 Unidades Técnicas. O Instituto com 110 anos é reconhecido pela sua atuação em serviços tecnológicos desenvolvendo diagnósticos, estudos e análises teórico-experimentais. Em 2001, laboratórios do Instituto reuniram-se para a formação da Rede de Apoio à Restauração e à Conservação do Patrimônio Histórico – RETECOP¹. A diversidade de áreas de conhecimento nas quais atuam os técnicos do Instituto, com ampla experiência na aplicação dos conhecimentos específicos dessas áreas em edificações, contribuiu na formação dessa rede. O Instituto passou recentemente por uma reestruturação interna, porém seus técnicos mantiveram a RETECOP com a proposta inicial de atuação integrada. No entanto, esse artigo discorre especificamente sobre o método de investigação de argamassas antigas que vem sendo aplicado na última década no Instituto, envolvendo equipe formada por engenheiros, químicos e geólogos.

A proposta do IPT, em consonância com técnicas disseminadas por pesquisadores europeus [PUERTAS et al. (1989); GUTIERREZ-SOLANA; JAUREGUI (1989); BONECCHI et al. (1990) MARTINET et al. (1992); SAKAR (1992); SAKAR et al. (1994); LUXÁN et al. (1995); LUXÁN; DORREGO (1996); GULEÇ; TULUN (1997)], foi aplicada em inúmeros edifícios de valor histórico e cultural brasileiros, dentre os quais se destacam: Museu Nacional da Quinta da Boa Vista (RJ), Teatro Municipal (RJ), Biblioteca Nacional (RJ), Pavilhão Mourisco da Fundação Oswaldo Cruz (RJ), Escola Preparatória de Cadetes do Exército (SP), Estação da Luz (SP), Museu Paulista (SP), Museu de Zoologia (SP), Edifício Vila Penteado da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo e Edifícios da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (SP). O IPT, com o apoio dos contratantes, tem procurado

¹ Participação na **Rede de Estruturas e Materiais** por meio da pesquisa "Reintegração das Argamassas Históricas" promovida pela Fundação Oswaldo Cruz – FIOCRUZ; e na **Rede de Processos e técnicas de avaliação e intervenção em bens culturais** por meio do projeto "Rede de Apoio à Restauração e à Conservação do Patrimônio Histórico – RETECOP" promovida pelo IPT, no qual se realizou o estudo de forma integrada do edifício Adriano Marchini, primeiro prédio administrativo do campus do Instituto.

disseminar os resultados obtidos por meio de publicações técnicas² por entender que esse tipo de troca de informações contribui sobremaneira para o avanço do conhecimento das técnicas construtivas e técnicas de investigação aplicadas ao patrimônio construído. Neste artigo são apresentados como estudos-de-caso o Edifício Principal e o Edifício Oscar Freire da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (SP).

O método proposto tem como objetivo caracterizar o revestimento de argamassas inorgânicas e suas particularidades por meio de investigação com enfoque técnico-científico para subsidiar o reconhecimento da estratigrafia arquitetônica, não documentada pelos métodos usuais. O termo "arqueometria" tem sido recentemente utilizado para designar esta fase de investigação. A interdisciplinaridade é uma das principais características dessa atividade, que requer a interação entre os técnicos dos laboratórios e historiadores ou pessoas que conheçam o histórico do edifício para relacionar as evidências perceptíveis em função dos resultados das técnicas analíticas e informações documentais pré-existentes.

Cabe ressaltar que em função do princípio de intervenção mínima e da pequena disponibilidade de técnicas de análises não destrutivas, o levantamento técnico preliminar à intervenção pode requerer informações complementares, possíveis somente após o início de obras de intervenção.

Caracterização de revestimentos de argamassa: a experiência do IPT

A caracterização de revestimentos inorgânicos deve iniciar, preferencialmente, com a inspeção tátil-visual do edifício, que subsidia a definição dos locais e do procedimento de amostragem, a seleção das técnicas instrumentais e a interpretação dos resultados obtidos. Durante a inspeção procura-se identificar trechos pouco alterados, que tenham preservado suas características originais e que possam servir de testemunho de textura e aspecto. Um elemento fundamental é o conjunto de informações referentes ao histórico da obra, subsídio para balizamento da amostragem e da interpretação dos resultados obtidos.

O esquema adotado para a caracterização das amostras de argamassa é evidenciado na Figura 1.

² NASCIMENTO, C. B.; OLIVEIRA, M. C. B.; QUITETE, E. B.; TANTOS, A. P. Revestimento de fachada do Museu de Belas Artes da cidade do Rio de Janeiro: pigmentado ou pintado? In: 1º Simpósio Latino Americano sobre Métodos Físicos e Químicos em Arqueologia, Arte e Conservação do Patrimônio Cultural. LASMAC 2007. Museu de Arte de São Paulo. São Paulo. 2007.

NASCIMENTO, C. B.; OLIVEIRA, M. C. B.; QUARCIONI, V. A.. Presença de gipsita em revestimento de fachada de edificação histórica da cidade de São Paulo. In: VI Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas. SBTA 2005. Florianópolis.

NASCIMENTO, C. B.; OLIVEIRA, M. C. B.; QUARCIONI, V. A.; SILVA, J. M.. Interação do restaurador de campo e laboratórios. In: II Seminário Caminhos da Arquitetura em Manguinho, 2005, Rio de Janeiro (em publicação).

NASCIMENTO, C. B. ; QUARCIONI, V. A. ; OLIVEIRA, M. C. ; MONTEIRO ; CINCOTTO ; CHOTOLI . Influência do ataque fúngico de ripas de juçara em argamassa de estuque - Estudo de caso. In: Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, 2001, Brasília. Anais. São Paulo : Páginas & Letras Editora e Gráfica Ltda., 2001. v. 1. p. 533-546.

NASCIMENTO, C. B. et al. Caracterização da argamassa do forro visando restauro da edificação histórica Vila Penteados. In: V CONGRESSO IBEROAMERICANO DE PATOLOGIA DE LAS CONSTRUCCIONES, 1999, Montevideo. v. 3. p. 1437-1445.

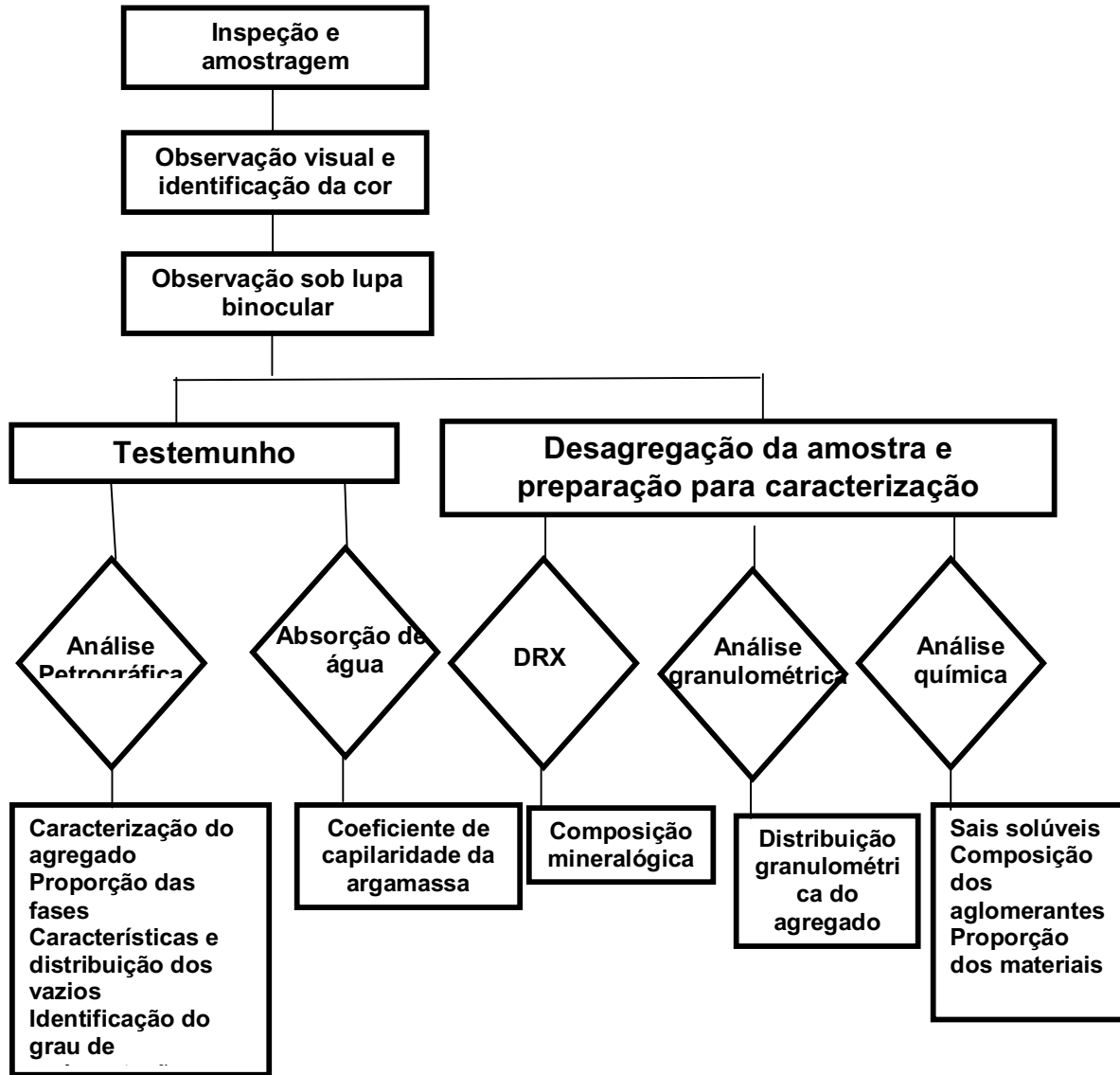


Figura 1. Esquema do método de caracterização de argamassas adotado pelo IPT.

Amostragem

Adota-se como procedimento de amostragem das argamassas, a coleta de uma ou duas amostras por fachada para verificação da composição específica. Pretende-se, desta forma, obter amostras representativas do revestimento, causando menor interferência no edifício, de modo a obter uma composição de referência para a formulação da argamassa de reparo, que poderá requerer ajustes em função dos materiais disponíveis comercialmente, das novas condições de mistura, bem como das características atuais do substrato.

Alguns aspectos que provavelmente contribuem para a heterogeneidade na composição dos revestimentos de trechos distintos do edifício são: o envelhecimento natural, a falta de controle no processo de mistura das argamassas, assim como a ocorrência de proporção volumétrica sem cuidados prévios como, por exemplo, o efeito de inchamento das areias pela alteração do teor de umidade.

Técnicas laboratoriais para caracterização das argamassas

Os recursos técnicos e laboratoriais encontram-se dispersos pelo campus do IPT, no entanto, a interpretação dos resultados obtidos costuma ser integrada, conforme a proposta de atuação da RETECOP.

Na maioria dos casos, inicia-se pela descrição da amostra a olho nu, recorrendo-se a *Rock Color Chart* para a descrição da cor/tonalidade das camadas do revestimento. As sub-amostras são preparadas e encaminhadas para a realização das análises mineralógica por difratometria de raios-X, petrográfica (microscopia óptica), granulométrica do agregado e reconstituição do traço a partir da análise química, por via úmida e/ou instrumental³, que conjuntamente fornecem informações complementares entre si.

A análise mineralógica por difratometria de raio-X consiste em uma radiação monocromática que, ao incidir sobre uma amostra cristalina provoca difrações, na medida em que intercepta os planos cristalográficos, permitindo identificar substâncias cristalinas existentes em uma amostra. É realizada em amostra finamente moída.

A análise petrográfica, inicia pela observação de um fragmento da amostra em lupa estereoscópica e análise por microscopia óptica de lâmina delgada, geralmente preparada a partir da seção transversal do revestimento. A análise é qualitativa e permite a observação dos seguintes aspectos: características microestruturais das camadas do revestimento e das interfaces, a natureza mineralógica dos agregados (quartzosa, carbonática); faixa granulométrica, grau de arredondamento e de esfericidade dos agregados indicando a procedência geológica provável (fluvial, eólico, pedreira). Permite também a obtenção de informações importantes com relação à pasta, tais como: presença de clínquer. Presença, intensidade e distribuição de carbonatação, presença de conchas e materiais biogênicos, bem como de relictos de cal mal calcinada. Essas informações fornecem pistas importantes quanto à utilização de cal (calcítica/dolomítica) ou cimento, bem como à origem da cal utilizada (se proveniente de sambaquis, por exemplo). O procedimento realizado pelo IPT para a aplicação dessa técnica para o estudo de revestimentos de argamassas foi descrito detalhadamente por Oliveira et al. (1999).

A análise granulométrica do agregado quantifica as frações granulométricas e classifica-o segundo SHEPARD (1954). A fração agregado de interesse para esta análise é separada da fração aglomerante por ataque ácido baseado no método proposto por KATZ;FRIEDMAN (1965). Essa análise normalmente é acompanhada da observação dos grãos do agregado em lupa binocular, para identificação de aspectos texturais, tais como rugosidade superficial e coloração.

A reconstituição do traço baseia-se nos dados obtidos na análise química por via úmida, titulometria/gravimetria. A interpretação e cálculo da reconstituição do traço adota características de materiais de referência. O procedimento adotado foi consolidado no estudo experimental de QUARCIONI (1998). As principais informações obtidas são a natureza química dos aglomerantes (gesso, cal cálcica, cal dolomítica, cimento) e a proporção, em massa, de aglomerante:agregados.

Em intercâmbio recente de pesquisadores do Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Portugal, com pesquisadores do IPT verificou-se que as propostas de caracterização das argamassas são semelhantes, conforme documentado em LNEC (2004). O método proposto pelo LNEC, adota como técnicas principais: a análise química, análise mineralógica por difratometria de raios-X, análises térmicas (termogravimetria/termodiferencial), microscopia eletrônica de varredura e espectrofotometria de infravermelho.

Kanan (2005) apresenta vantagens e desvantagens das diversas técnicas instrumentais para caracterização de argamassas. A pesquisadora do Instituto do Patrimônio Histórico

³ Outras técnicas analíticas disponíveis no IPT, que são utilizadas em casos específicos, são: identificação de espécies químicas solúveis, ensaios térmicos (análise térmica diferencial e termogravimetria), porosimetria por intrusão de mercúrio, análise por microscopia eletrônica de varredura e espectrofotometria no infravermelho.

Nacional, do Brasil, apresenta um estudo de caso onde aplica a análise petrográfica e a microscopia eletrônica de varredura com microanálise de raios-X por dispersão de energia (EDS) para a caracterização do revestimento edifício em Florianópolis, Santa Catarina.

Estudo-de-Caso

Edifício Principal da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

O estudo-de-caso do edifício principal da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo teve por objetivo subsidiar o projeto de restauro das fachadas, contemplando os seguintes objetivos específicos:

- identificação das anomalias e causas prováveis, bem como o comprometimento da aderência do revestimento;
- verificação e identificação dos microorganismos presentes nas manchas negras, por vezes esverdeadas, comuns no revestimento;
- caracterização de amostras de argamassa visando avaliar a heterogeneidade do revestimento em virtude de diferentes épocas de construção, ou seja, 1931, 1937 e 1944, e fornecer informações de referência para a formulação de argamassa de revestimento de restauro;
- caracterização de amostras de argamassa de elementos decorativos: elemento da cimalha e capitel de uma das colunas da janela do quinto pavimento;
- apresentação de diretrizes para o restauro e conservação do revestimento.

Concomitantemente às atividades do IPT, foi realizada a avaliação do revestimento por meio de percussão e o mapeamento das anomalias da fachada pelo Estúdio Sarasá Conservação e Restauro Ltda.

A construção do edifício principal da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo iniciou em março de 1928, sendo resultante de um empreendimento relevante com recursos financeiros do Governo do Estado de São Paulo e da Fundação Rockefeller. O projeto do edifício foi de autoria de Souza Campos e Rezende Puech, tendo sido elaborado com base na avaliação técnica realizada em 200 instituições internacionais por uma Comissão de Estudos que incluía professores da faculdade e os projetistas.

A estrutura do edifício foi construída em concreto armado, posteriormente encoberta por alvenaria de tijolos maciços, como pôde ser observado no registro fotográfico da construção (arquivo). Quanto às fachadas tem-se: "A fachada executada pelo Escritório Técnico F. P. Ramos de Azevedo apresenta poucos detalhes ornamentais executados em argamassa armada. Caracteriza-se principalmente por linhas verticais, poucos adornos e uma repetição ritmada com marcação com todos os caixilhos."⁴

O presente artigo aborda somente a metodologia de caracterização das argamassas de revestimento: descrição da amostra a olho nu, recorrendo-se a *Rock Color Chart* para a descrição da cor/tonalidade das camadas do revestimento; análises mineralógica por difratometria de raios-X, petrográfica (microscopia óptica), granulométrica do agregado e reconstituição do traço. Foram preparadas lâminas delgadas da seção transversal e da superfície do revestimento, esta última para verificação e identificação de minerais que justificassem a discreta alteração da coloração do revestimento entre os contornos de janelas e demais tonalidades, também observadas em fotos antigas.

Considerações sobre as características das amostras do revestimento de argamassa do edifício principal da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

⁴ FACULDADE DE MEDICINA DE SÃO PAULO (1931). O novo prédio dos laboratórios. Notas sobre o projeto – descrição de alguns aspectos característicos do edifício. São Paulo Editora Ltda.

Não foi identificado o uso de argamassa de chapisco no revestimento desse edifício, sendo portanto objeto de caracterização as argamassas de reboco (camada de acabamento) e de emboço (camada de regularização).

Os resultados das análises realizadas acham-se apresentados na Tabela 1. As fotomicrografias 1 a 4 ilustram as características petrográficas das amostras de revestimento analisadas.

A interpretação conjunta das análises efetuadas permitiu verificar:

- semelhanças entre as amostras de argamassa de reboco coletadas em trechos construídos em 1937 e 1944, que evidenciaram que o revestimento ocorreu na mesma época, apesar dos registros existentes de que os trechos do edifício foram construídos em épocas diferentes;
- semelhanças entre três amostras de argamassa de reboco coletadas em trecho construído em 1931, constituindo-se em um único grupo, que difere do conjunto das amostras citadas anteriormente;
- distinção entre as amostras de argamassa de elementos decorativos entre si e em relação às argamassas de reboco.

A distinção entre os dois grupos de argamassa de reboco foi possível pela identificação da natureza da cal (amostras do trecho de 1937 e 1944 – dolomítica; amostras do trecho de 1931 – calcítica), pois todas as amostras eram constituídas de argamassa mista de cimento e cal com proporções de materiais (ou traços) semelhantes (1:2 – 1:4, em massa) e agregados procedentes, provavelmente, de mesmo ambiente geológico, compatível com ambiente fluvial próximo à área fonte, como por exemplo, do alto do rio Tietê.

A argamassa do capitel da coluna constituía-se de argamassa simples de cimento e areia na proporção, em massa, 1:0,6, coerentemente com a grande dificuldade na coleta da amostra.

A argamassa do elemento da cimalha possui duas camadas, sendo a externa constituída de argamassa mista de cimento, cal calcítica e areia, com proporção aglomerante:agregado de 1:2,5, em massa. Essa argamassa diferia da argamassa de reboco pela distribuição granulométrica do agregado, provavelmente procedentes do mesmo ambiente geológico.

A análise petrográfica da superfície das amostras não se mostrou eficaz para explicar a diferença de coloração observada pela avaliação visual (*yellowish gray* 5Y 7/2 e *yellowish gray* 5Y 8/1). Provavelmente, a aplicação da técnica de microscopia eletrônica de varredura com microanálise de raios-X por dispersão de energia teria sido mais adequada ao caso, pois a preparação da lâmina delgada foi dificultada pela grande incidência de agregado na superfície.

Em anexo são apresentadas as fotomicrografias das amostras.

Considerações sobre a metodologia de caracterização de revestimentos de argamassa

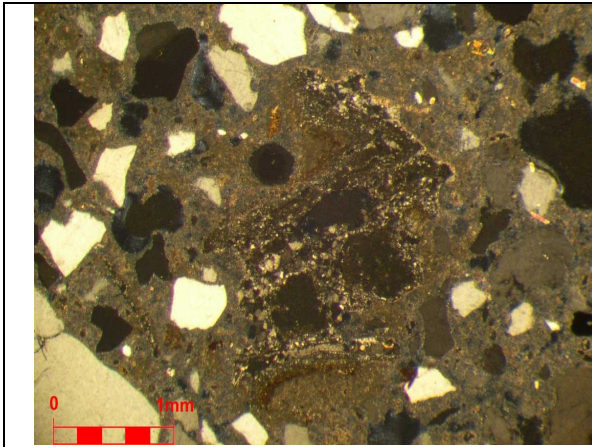
A metodologia de caracterização apresentada vem sendo aplicada no estudo de argamassas de revestimento nos últimos dez anos, e tem permitido confirmar ou não as informações sobre as intervenções pré-existentes e dar subsídios para as atividades de restauro e na formulação de argamassas de reposição.

Cabe ressaltar que embora a caracterização da argamassa original seja importante, é apenas um dos aspectos a ser considerado no restauro de edifícios de valor histórico, em que há necessidade de reposição parcial do revestimento de argamassa das fachadas.

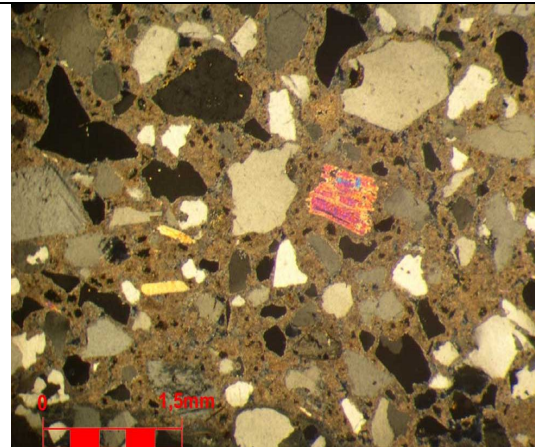
REFERENCIAS

- GULEÇ, A.; TULUN, T. "PHYSICO-CHEMICAL AND PETROGRAPHICAL STUDIES OF OLD MORTARS AND PLASTER OF ANATOLIA." *Cement and Concrete Research*, v. 27, p. 227 – 34, feb., 1997.
- GUTIERREZ-SOLANA, F.; JAUREGUI, M. "ANÁLISIS DE MORTEROS MEDIEVALES DE DOS CASTILLOS DE CANTABRIA/ESPAÑA." *Materiales de Construcción*, v. 39, n. 213, p. 37 – 45, enero/febrero/marzo, 1989.
- KANAN, M. I.. "LIME: TECHNICAL ADVANCES FOR CONSERVATION AND CASES STUDIES." 1a. ed. 2a. Série no. 92. RIL Editores. Santiago. Chile. 2005.
- LICHTENSTEIN, N. B. "PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES." São Paulo: EPUSP. (Boletim técnico 06). 1986.
- LUXÁN, M. P.; DORREGO, F.; LABORDE, A. "ANCIENT GYPSUM MORTARS FROM ST. ENGRACIA, ZARAGOZA, SPAIN: CHARACTERIZATION, IDENTIFICATION OF ADDITIVES AND TREATMENTS." *Cement and Concrete Research*, v. 25, n. 8, p. 1755-65, dec, 1995.
- LUXÁN, M. P.; DORREGO, F. "ANCIENT XVI CENTURY MORTAR FROM DOMINICAN REPUBLIC: ITS CHARACTERISTICS, MICROSTRUCTURE AND ADDITIVES." *Cement and Concrete Research*, v. 26, n. 6, p. 841-9, jun, 1996.
- MARTINET, G.; DELOYE, F. X.; LE ROUX, A. "NATURES ET ALTERATIONS DES MORTIERS DE RESTAURATION DU TEMPLE D'AMON A KARNAK." *Bulletin des Laboratoires des Ponts et Chaussées*, n. 182, p. 21 –6, nov./déc., 1992.
- NASCIMENTO, C. B.. "DETERIORAÇÃO DE FORRO EM ESTUQUE REFORÇADO COM RIPAS VEGETAIS: O CASO VILA PENTEADO (FAUUSP)." *Dissertação (Mestrado)*. EPUSP. São Paulo. 2002.
- OLIVEIRA, M.C.B., NASCIMENTO, C.B., CINCOTTO, M.A., "MICROESTRUTURA DE ARGAMASSAS ENDURECIDAS: UMA CONTRIBUIÇÃO DA PETROGRAFIA." Montevideo, Congr. Iberoamericano de Patologia das Construcoes. *Anais*. 1999.
- PUERTAS, F.; BLANCO-VARELA, M. T.; PALOMO, A. "STUCOS Y HORMIGONES ROMANOS DE LA CIUDAD DE BAELO CLAUDIA (CÁDIZ): CARACTERIZACIÓN Y CAUSAS DE DETERIORO." *Materiales de Construcción*, v. 39, n. 213, p. 37 – 45, enero/febrero/marzo, 1989.
- QUARCIONI, V.A.. "RECONSTITUIÇÃO DE TRAÇO DE ARGAMASSAS SIMPLES E MESTAS DE CIMENTO PORTLAND E CAL HIDRATADA: ATUALIZAÇÃO DO METODO DO IPT." *Dissertação (Mestrado)*. EPUSP. São Paulo, .1998.
- Rock-color Chart Committee "ROCK COLOR CHART." Nova Iorque,
- SARKAR, S. L. "MICROSTRUCTURAL INVESTIGATION OF RENAISSANCE MORTAR FROM MONTREAL, QUÉBEC, CANADA." *Cement and Concrete Research*, vol. 22, p. 1011 – 18, nov., 1992.
- SARKAR, S. L.; BHADRA, A. K.; MANDAL, P. K. "INVESTIGATION OF MORTAR AND STONE DETERIORATION IN THE VICTORIA MEMORIAL, CALCUTTA." *Materials and Structures*, vol. 27, p. 548 – 556, nov., 1994.
- SHEPARD, F.P., "NOMENCLATURE BASED ON SAND-SILT-CLAY RATIOS" .1954.v. 24,p. 151-158.

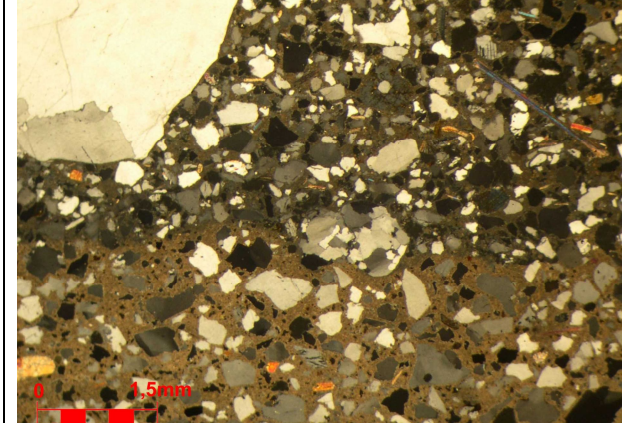
FOTOMICROGRAFIAS 1 a 4



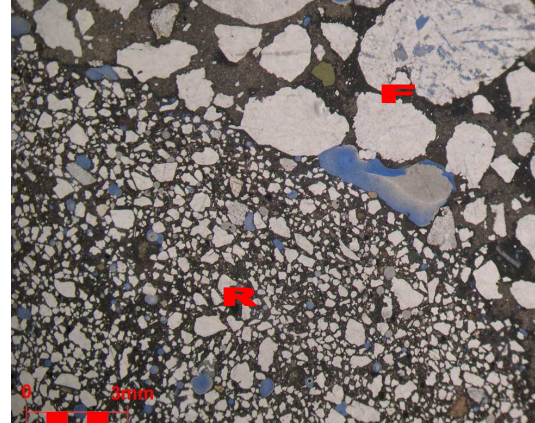
Fotografia 1. Reboco 1. Agregado de gipso no centro (polarizadores cruzados).



Fotografia 2. Reboco 2. Pasta carbonatada (polarizadores cruzados).



Fotografia 3. Reboco e Emboço 5. Zona de contato entre as camadas (polarizadores cruzados).



Fotografia 4. Cimalha. Zona de contato entre o elemento decorativo e a argamassa de fixação (polarizadores paralelos).

Tabela 1: Resultados das análises de caracterização das argamassas.

Identificação da amostra	Difratometria de raios-X	Análise petrográfica							Análise granulométrica (%) Nota: ϕ é o diâmetro em mm	Análise Química (expressos na base não volátil)						Relação Aglo:Agre (em massa)
		Distribuição de fases			Composição Mineralógica Agre.					RI	SiO ₂	R ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	
		P	V	Agre	Quartzo	Feldspato	Torrões de argila	Outros								
REBOCO 1	Qz; F; Mc; Cao; Ca; CSH; C ₂ S; C ₄ A; Etr	10-15	5-10	80	90	5-10	tr	<5	0,062 < ϕ < 2 = 93,01 0,004 < ϕ < 0,062 = 4,90 ϕ < 0,004 = 2,09	83,3	2,00	0,87	10,7	3,47	0,36	1 : 3,9 (cimento-cal dolomítica : agregado)
REBOCO 2	Qz; F; Mc; Ca; CSH; C ₂ S; C ₄ A; CaOH; Etr	20-25	<5	75	95	<5	<5	tr	0,062 < ϕ < 2 = 87,12 0,004 < ϕ < 0,062 = 8,57 ϕ < 0,004 = 4,31	75,9	1,58	1,41	18,8	0,33	1,82	1 : 2,8 (cimento-cal cálcica : agregado)
REBOCO 3	Qz; F; Mc; Ca; CSH; C ₄ A; C ₂ S; CaOH; Do	15-20	10	70-75	>95	<5	tr	tr	0,062 < ϕ < 2 = 88,25 0,004 < ϕ < 0,062 = 8,20 ϕ < 0,004 = 3,55	74,9	1,96	1,08	16,5	4,54	0,17	1 : 2,0 (cimento-cal dolomítica : agregado)
REBOCO 4	Qz; F; Mc; Ca; CSH; C ₄ A; Etr; CaOH	15-20	10	70-75	90	5	<5	<5	0,062 < ϕ < 2 = 88,97 0,004 < ϕ < 0,062 = 6,84 ϕ < 0,004 = 3,12	82,2	1,30	0,96	15,0	0,25	0,53	1 : 3,8 (cimento-cal cálcica : agregado)
REBOCO 5	Qz; F; Mc; Ca; CSH; Do; C ₄ A; Etr	20-25	<5	70	>95	<5	tr	tr	ϕ > 2 = 7,04 0,062 < ϕ < 2 = 86,81 0,004 < ϕ < 0,062 = 8,25 ϕ < 0,004 = 4,73	78,0	1,29	1,41	18,4	0,30	0,27	1 : 2,9 (cimento-cal cálcica : agregado)
EMBOÇO 4	---	5-10	20-25	70	>95	tr	<5	tr	---	---	---	---	---	---	---	---
EMBOÇO 5	Qz; F; Mc; Ca; CSH; CaOH; Etr;	5	15	80	>95	tr	tr	<5	0,062 < ϕ < 2 = 85,26 0,004 < ϕ < 0,062 = 5,52 ϕ < 0,004 = 2,18	84,3	1,64	0,99	12,6	0,29	0,87	1 : 4,5 (cimento-cal cálcica : agregado)
CIMALHA	Qz; F; Mc; Ca; CSH; C ₂ S; C ₄ A; Etr; Va	15 - 20	5-10	75	>95	<5	tr	tr	0,062 < ϕ < 2 = 93,01 0,004 < ϕ < 0,062 = 4,90 ϕ < 0,004 = 2,09	74,3	3,09	2,29	20,2	0,40	0,30	1 : 2,5 (cimento-cal cálcica : agregado)
FIXAÇÃO DA CIMALHA	---	35	5	60	40	60	tr	tr	---	65,6	6,88	3,75	23,2	0,39	0,67	1 : 1,8 (cimento : agregado)
CAPITEL DA COLUNA	Qz; F; Mc; Ca; CSH; C ₄ A; C ₂ S; CaOH; Etr; Va	50	5	45	>95	-	<5	-	ϕ > 2 = 9,03 0,062 < ϕ < 2 = 59,51 0,004 < ϕ < 0,062 = 25,39 ϕ < 0,004 = 6,07	41,4	12,3	5,71	38,1	0,71	1,81	1 : 0,6 (cimento : agregado)

Nota: Qz = quartzo; F = feldspato; M = mica; Cao = caulinita; Ca = calcita; CSH = silicato de cálcio hidratado; C₂S = clínquer anidro ; C₄A = aluminato cálcico hidratado; Etr = etringita; CaOH = portlandita; Do = dolomita; Va = vaterita; Outros = opacos, estaurólita, turmalina, zircão, fragmentos de rochas; P = pasta; V = vazios; Agre = agregado; Aglo = aglomerante