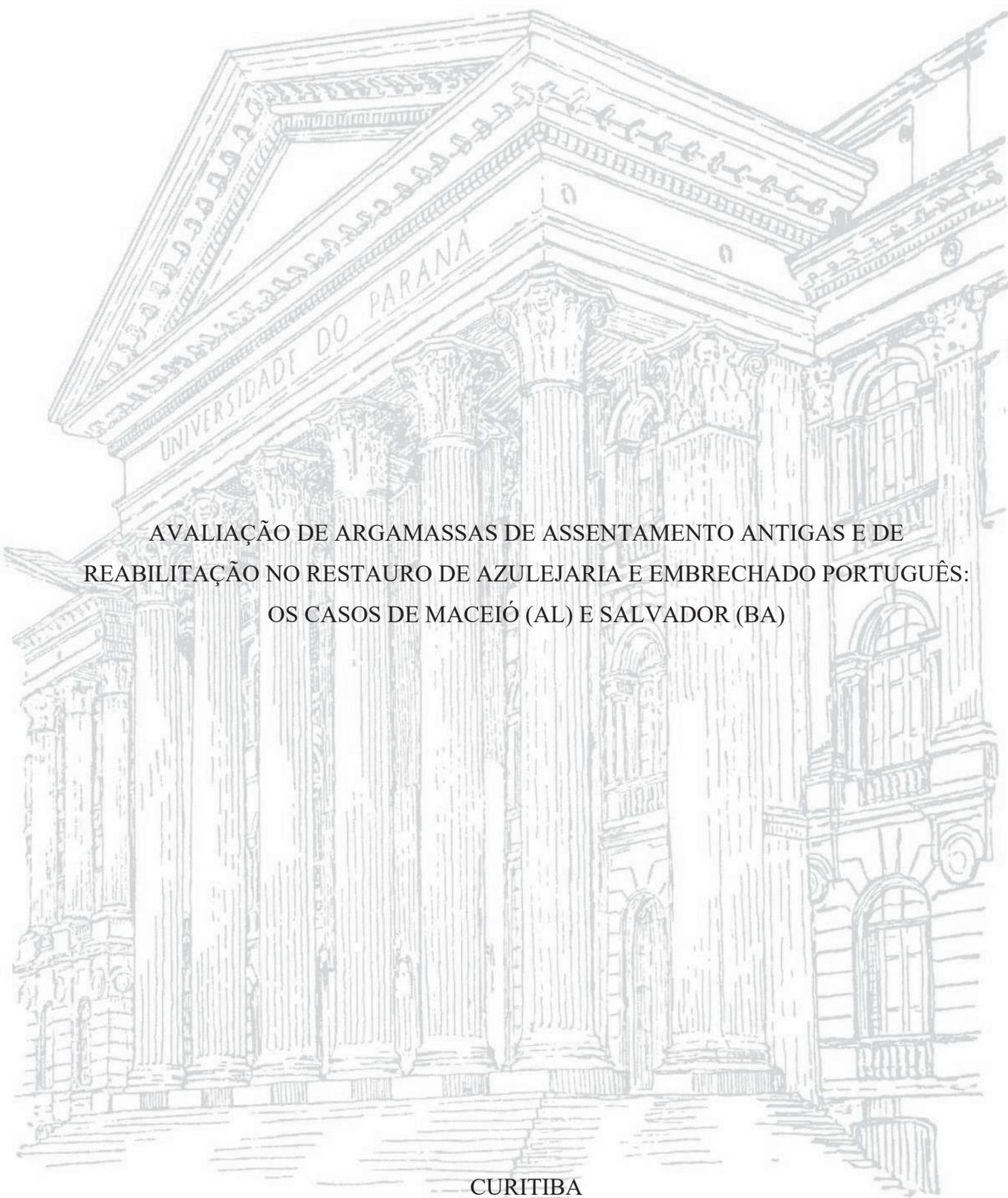


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

MAYARA DI CASTRO SILVA

A detailed architectural line drawing of the main facade of the University of Paraná. The drawing shows a grand neoclassical structure with a prominent portico supported by tall, fluted columns. The pediment above the columns is inscribed with the text 'UNIVERSIDADE DO PARANÁ'. To the right of the main portico, there are arched windows and a balcony. The drawing is executed in a fine-line, hatched style, typical of architectural sketches.

AVALIAÇÃO DE ARGAMASSAS DE ASSENTAMENTO ANTIGAS E DE
REABILITAÇÃO NO RESTAURO DE AZULEJARIA E EMBRECHADO PORTUGUÊS:
OS CASOS DE MACEIÓ (AL) E SALVADOR (BA)

CURITIBA

2022

MAYARA DI CASTRO SILVA

AVALIAÇÃO DE ARGAMASSAS DE ASSENTAMENTO ANTIGAS E DE
REABILITAÇÃO NO RESTAURO DE AZULEJARIA E EMBRECHADO PORTUGUÊS:
OS CASOS DE MACEIÓ (AL) E SALVADOR (BA)

Defesa de mestrado apresentada ao curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, como requisito final à obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Marianne do Rocio de Mello Maron da Costa

CURITIBA

2022

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Silva, Mayara Di Castro

Avaliação de argamassas de assentamento antigas e de reabilitação no restauro de azulejaria e embrechado português: os casos de Maceió (AL) e Salvador (BA). / Mayara Di Castro Silva. – Curitiba, 2022.

1 recurso on-line : PDF.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Marianne do Rocio de Mello Maron da Costa

1. Argamassa. 2. Igrejas – conservação e restauração. 3. Brandi, Cesare, 1906-1988. I. Universidade Federal do Paraná. II. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. III. Costa, Marianne do Rocio de Mello Maron da. IV. Título.

Bibliotecária: Roseny Rivelini Morciani CRB-9/1585

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação ENGENHARIA CIVIL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de **MAYARA DI CASTRO SILVA** intitulada: **AVALIAÇÃO DE ARGAMASSAS DE ASSENTAMENTO ANTIGAS E DE REABILITAÇÃO NO RESTAURO DE AZULEJARIA E EMBRECHADO PORTUGUÊS - OS CASOS DE MACEIÓ (AL) E SALVADOR (BA)**, sob orientação da Profa. Dra. **MARIENNE DO ROCIO DE MELLO MARON DA COSTA**, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua **APROVAÇÃO** no rito de defesa.

A outorga do título de mestra está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 26 de Setembro de 2022.

Assinatura Eletrônica

26/09/2022 18:20:48.0

MARIENNE DO ROCIO DE MELLO MARON DA COSTA

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

27/09/2022 10:39:35.0

CARLOS FREDERICO ALICE PARCHEN

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

14/10/2022 08:58:10.0

ANA LUÍSA PINHEIRO LOMELINO VELOSA

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE DE AVEIRO)

Centro Politécnico - CURTIBA - Paraná - Brasil

CEP 81531-980 - Tel: (41) 3361-1110 - E-mail: ppgecc@ufpr.br

Documento assinado eletronicamente de acordo com o disposto na legislação federal Decreto 8539 de 08 de outubro de 2015.

Gerado e autenticado pelo SIGA-UFPR, com a seguinte identificação única: 225045

Para autenticar este documento/assinatura, acesse <https://www.prppg.ufpr.br/siga/visitante/autenticacaoassinaturas.jsp>
e insira o código 225045

AGRADECIMENTOS

À Deus que mantém viva a chama de nossa fé interior, mesmo diante dos desafios. Aos médicos e enfermeiros de todo o Brasil que lutam diariamente para que possamos continuar firmes frente à tormenta.

Aos meus pais Dimas e Neide pela vida e esteio familiar. À minha irmã Cassiê e sobrinhos Eduardo e Felipe pela alegria da presença brincalhona. Ao meu cachorro Jack que ilumina os meus dias com sua fiel companhia.

Às minhas amigas Christianne e Rosângela que me ensinaram a paixão por viagens, história e arquitetura e me possibilitaram passar bons momentos em Portugal, onde descobri a arte do azulejo e embrechado. À Loane por todas as conversas acolhedoras e sinceras. À Dayana e família pela hospitalidade durante os dias passados em Maceió (AL).

À minha professora orientadora Dr^a Marianne do Rocio de Mello Maron da Costa por acreditar inicialmente em mim, acolhendo-me na linha de pesquisa. Meus sinceros agradecimentos também por seus ensinamentos técnicos e conselho amigo. À professora Dr^a Ana Luísa Pinheiro Lomelino Velosa, da Universidade de Aveiro (PT), que despendeu seu tempo para me prestar dicas valiosas e compartilhar estudos referência na temática das argamassas de reabilitação.

Ao professor Dr. Marcelo Henrique Farias de Medeiros, do Departamento de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFPR, que foi a ponte para tornar concreto a realização desta dissertação tal como ela é, apresentando-me a Fernando Eraldo Medeiros, chefe do Escritório Técnico do IPHAN de Porto Seguro (BA). Agradeço profundamente o contato que se seguiu junto ao restaurador Júlio Cesar Garrido Maia, que se tornou um anjo amigo, guiando-me para o mundo do restauro.

Minha gratidão também ao Dr. Bruno César Sampaio Tavares, superintendente do IPHAN na Bahia e por Sandro Gama de Araújo, superintendente do IPHAN em Alagoas, autorizando-me a coleta de amostras de argamassas antigas. À Tatiana Lopes Salciotto do Arquivo Central do IPHAN no Rio de Janeiro, que me forneceu documentação escaneada mesmo à distância.

Ao professor Dr Mário Mendonça de Oliveira, do Departamento de Pós-Graduação em

Arquitetura e Urbanismo da UFBA, por ter me aberto às portas de sua casa. Ao arquiteto consultor em restauro Francisco de Assis Santana, que juntamente com o professor, compartilharam comigo sua vasta experiência em restauro de patrimônios históricos na Bahia.

Meus sinceros agradecimentos ao restaurador Estácio Fernandes e à arquiteta Thamiris Fróis que me receberam na Igreja e Convento de São Francisco em Salvador, transmitindo seus conhecimentos tão essenciais para esta pesquisa. Sou grata também ao restaurador Humberto Gonza, que juntamente com Estácio Fernandes, me recebeu na Igreja Bom Jesus dos Martírios em Maceió, compartilhando comigo informações fundamentais.

À professora Me. Géssica Katalyne Bilcati, do Departamento de Engenharia Civil da UTFPR - Campus Guarapuava, que me possibilitou a parceria na realização dos ensaios DRX e MEV, bem como ao professor Dr. Eduardo Pereira, do Departamento de Engenharia Civil da UEPG, que possibilitou a parceria na realização do ensaio FRX.

Ao técnico Alexandre Gonçalves, do Centro Multiusuário de Caracterização de Materiais da UTFPR - Campus Curitiba, por todo o seu trabalho e apoio. Ao Instituto Carlos Chagas (Fiocruz-PR), em nome da tecnologista Bruna Hilzendeger Marcon do Departamento de Microscopia Confocal e Eletrônica, pela metalização das amostras.

À Engenheira Civil Me. Leidiane Kotoviezy, em nome da Votorantim Cimentos, pelo auxílio e aconselhamento na execução do ensaio de aderência. À Argafácil do Brasil pelo apoio no teste de arrancamento e ao Dr. Alécio Mattana pelo contato. Ao Museu do Azulejo que disponibilizou as amostras de azulejo para o ensaio. À Itambé Cimentos pela parceria com a UFPR na aquisição do material.

À Rosina Coeli Alice Parchen, superintendente do IPHAN no Paraná, pelo interesse e incentivo em minha pesquisa. Aos professores integrantes da banca de qualificação, Dr. Carlos Frederico Alice Parchen e Dr. Thiago Melanda Mendes pelas críticas construtivas.

Agradeço imensamente, por fim, à UFPR, ao Laboratório de Materiais e Estruturas (LAME) e ao Laboratório de Tecnologia da Argamassa (LATECA) do qual faço parte, pelo apoio à ciência e ao desenvolvimento tecnológico brasileiro.

“O tempo de ser de cada coisa. A liturgia que a tudo encaminha ao desuso, ao estado de não ser mais útil. A roupa que não serve, o objeto que obsoleto, a casa que precisa ser demolida. Mas o que dizer das coisas que permanecem, do sacramental de memória que se inscreve na pele da matéria? Sim, há objetos que fogem à regra da perecibilidade, porque se tornaram grávidos de saudade, prenes de histórias que nos fazem lembrar.”

(Pe. Fábio de Melo)

RESUMO

Azulejos e embrechados portugueses são bens integrados a patrimônios históricos e artísticos brasileiros, capazes de registrar no tempo a evolução da tecnologia dos materiais. O uso inadequado de argamassas para reassentar estes elementos originam manifestações patológicas a curto e médio prazo. Além de causarem danos irreparáveis aos exemplares, as anomalias demandarão novas intervenções, acarretando em custos ao orçamento público. Ademais, na ciência do restauro se discute sobre o emprego de materiais e técnicas tradicionais conforme conceitos propostos pelo teórico Cesare Brandi. Sendo assim, tem-se como objetivo central a avaliação do desempenho de argamassas de assentamento utilizadas nos restauros de azulejaria e embrechado português, tomando por base recomendações técnicas canônicas. Para tanto, mapeou-se a microestrutura de testemunhos de argamassas antigas do Claustro da Igreja e Convento de São Francisco (BA) e testemunhos da Igreja Bom Jesus dos Martírios (AL), de maneira a averiguar a presença de material cimentício ou outras contaminações oriundas de intervenções anteriores. Deste modo, aplicaram-se os métodos de difração de raio x, fluorescência de raio x e microscopia eletrônica de varredura com espectroscopia por dispersão de energia. Foram analisadas ainda as propriedades físicas e mecânicas aos 90 dias das argamassas de reabilitação em uso nas obras de restauro supracitadas (cola polimérica e argamassa mista, cimento e cal, de traço volumétrico 1:1:8) e comparadas com as amostras de argamassa de cal hidratada com traço volumétrico 1:4. O programa experimental contou ainda com os ensaios de densidade de massa aparente no estado endurecido, módulo de elasticidade estático, resistência à tração na flexão e à compressão axial, porosidade por absorção capilar e resistência de aderência à tração. Verificaram-se vestígios de material cimentício e demais contaminações em praticamente todos os testemunhos coletados nas obras. Também foi possível identificar manifestações patológicas nos revestimentos, tais como trincas e fissuras, perda do vidro e destacamento provenientes da utilização de argamassas de base cimentícia. Por fim, dentre as argamassas de reabilitação analisadas, a argamassa de cal, mesmo sem adição pozolânica, foi a única que atendeu a praticamente todos os requisitos necessários na aplicação em restauro com exceção da resistência de aderência à tração que, para as idades de amostras de azulejos de 50 e 80 anos, ficou abaixo do esperado.

Palavras-chave: Argamassas de Reabilitação; Cesare Brandi; Teoria da Restauração; Manifestações Patológicas; Igreja Bom Jesus dos Martírios; Igreja e Convento de São Francisco.

ABSTRACT

Portuguese tiles and embrechados are assets integrated into Brazilian historical and artistic heritage, capable of recording the evolution of material technology over time. The inappropriate use of mortars to resettle these elements causes pathological manifestations in the short and medium term. In addition to causing irreparable damage to the specimens, the anomalies will require new interventions, resulting in costs to the public budget. Furthermore, in the science of restoration, the use of traditional materials and techniques is discussed according to concepts proposed by theorist Cesare Brandi. Therefore, the main objective is to evaluate the performance of laying mortars used in Portuguese tile and embrechado restorations, based on canonical technical recommendations. In order to do so, the microstructure of ancient mortar testimonies from the Cloister of the Church and Convent of São Francisco (BA) and testimonies from the Bom Jesus dos Martírios Church (AL) were mapped, in order to ascertain the presence of cement material or other contamination from previous interventions. Thus, the methods of x-ray diffraction, x-ray fluorescence and scanning electron microscopy with energy dispersion spectroscopy were applied. The physical and mechanical properties at 90 days of the rehabilitation mortars in use in the aforementioned restoration works were also analyzed (polymeric glue and mixed mortar, cement and lime, with a 1:1:8 volumetric trace) and compared with the samples of mortar of hydrated lime with a 1:4 volumetric trace. The experimental program also included tests of apparent mass density in the hardened state, static modulus of elasticity, tensile strength in bending and axial compression, porosity by capillary absorption and tensile adhesion strength. Traces of cementitious material and other contamination were found in practically all the samples collected in the works. It was also possible to identify pathological manifestations in the coatings, such as cracks and fissures, loss of glaze and detachment resulting from the use of cement-based mortars. Finally, among the rehabilitation mortars analyzed, the lime mortar, even without pozzolanic addition, was the only one that met practically all the necessary requirements in the application in restoration, with the exception of the tensile bond strength which, for the ages of samples of 50 and 80 year old tiles, was below expectations.

Keywords: Rehabilitation Mortars; Cesare Brandi; Restoration Theory; Pathological Manifestations; Bom Jesus dos Martírios Church; Church and Convent of San Francisco.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1- Tripé da Sustentabilidade | 25 |
| Figura 2- Importância da valorização histórica | 27 |
| Figura 3 - Exemplar holandês de azulejo figurativo ou de figura avulsa..... | 31 |
| Figura 4 - Exemplar de azulejos de padrão pombalino | 32 |
| Figura 5 - Exemplar de tapete cerâmico no Convento de São Francisco em Olinda (PE)..... | 34 |
| Figura 6 - Painel em azul de cobalto com fundo branco da Igreja da Ordem Terceira de São Francisco em Salvador (BA) | 34 |
| Figura 7 - Embrechados já restaurados da Igreja de Bom Jesus dos Martírios em Maceió, Alagoas | 38 |
| Figura 8 - Exemplar de embrechado cerâmico na Quinta da Fidalga no Seixal, Portugal..... | 39 |
| Figura 9 - Exemplar de embrechado pétreo no Convento de Santa Cruz e Via Sacra, Bussaco, Portugal..... | 40 |
| Figura 10 - Capela dos Ossos na Igreja de São Francisco, Évora, Portugal | 40 |
| Figura 11 - Quinta da Fidalga no Seixal, Portugal | 41 |
| Figura 12 - Paço das Alcáçovas, Alentejo, Portugal | 41 |
| Figura 13 - Exemplar de embrechado no Jardim das Princesas, na Quinta da Boa Vista, Rio de Janeiro..... | 41 |
| Figura 14 - Torre sineira da Igreja de Bom Jesus dos Aflitos em Salvador, Bahia..... | 42 |
| Figura 15 - Torre sineira da Igreja Bom Jesus dos Martírios em Maceió, Alagoas | 43 |
| Figura 16 - Frontão da Igreja de Nossa Senhora da Penha em Salvador, Bahia | 43 |
| Figura 17 - Caição em Santa Susana, Portugal..... | 46 |
| Figura 18 - Ocorrência de desprendimento em azulejo português | 52 |
| Figura 19 - Ocorrência de fendilhação em fachada azulejar de Aveiro, Portugal..... | 52 |
| Figura 20 - Dificuldade de remoção dos azulejos devido argamassa cimentícia na Ala da Sacristia no Claustro da Igreja de São Francisco (BA) | 54 |
| Figura 21 - Parede da Ala da Sacristia no Claustro da Igreja de São Francisco (BA) sendo submetida a reforço para amarração de fissura, após retirada dos painéis de azulejo..... | 55 |
| Figura 22 - Azulejo com perda de vidrado e perda de matéria cerâmica na Ala da Rua no Claustro da Igreja de São Francisco (BA) | 57 |
| Figura 23 - Azulejos próximos ao solo com presença de crescimento biológico e manchas de bolor na Igreja Bom Jesus dos Martírios (AL) | 57 |

| | |
|---|----|
| Figura 24 - Cristalização de sais com desagregação do tardo e incrustações salinas no vidrado | 59 |
| Figura 25 - Destacamento do vidrado e quebra do azulejo após desprendimento na Ala da Igreja no Claustro de São Francisco (BA) | 59 |
| Figura 26 - Exterior e interior da Igreja de São Francisco, Salvador (BA)..... | 60 |
| Figura 27 - Vista inferior e superior do Claustro da Igreja de São Francisco | 61 |
| Figura 28 - Pavimento superior e escadaria com painéis azulejares portugueses | 62 |
| Figura 29 - Fachada principal e detalhes azulejares da Igreja Bom Jesus dos Martírios | 64 |
| Figura 30 - Coruchéus com embrechados de uma das torres | 64 |
| Figura 31 - Alternância de azulejos e embrechados nas tonalidades azul e branco | 64 |
| Figura 32 - Detalhe do embrechado da torre | 65 |
| Figura 33 - Composição de azulejo e embrechado..... | 65 |
| Figura 34 - Sistema Eletrônico de Informação (SEI!) para pesquisa pública na plataforma do IPHAN | 66 |
| Figura 35 - Fluxograma experimental | 67 |
| Figura 36 - Amostras de argamassa de assentamento sendo retiradas da Igreja Bom Jesus dos Martírios | 69 |
| Figura 37 - As quatro alas do Claustro da Igreja de São Francisco | 72 |
| Figura 38 - Elevação Frontal com marcação das posições de coleta | 72 |
| Figura 39 - Detalhe dos coruchéus parcialmente coletados para amostragem..... | 72 |
| Figura 40 - Elevação Lateral Esquerda e planta com a marcação das posições de coleta | 72 |
| Figura 41 - Aplicação de cola polimérica no reassentamento de azulejos portugueses no Claustro da Igreja de São Francisco | 73 |
| Figura 42 - Aplicação de argamassa mista no reassentamento de azulejos e embrechados portugueses na Igreja Bom Jesus dos Martírios | 73 |
| Figura 43 - Peneiramento da areia utilizada para a confecção das argamassas de reabilitação | 75 |
| Figura 44 - Amostras presas a adesivo condutivo para metalização | 79 |
| Figura 45 - Amostras em estufa a aproximadamente 60°C | 79 |
| Figura 46 - Amostra sendo desagregada em almofariz de cerâmica e pistilo | 80 |
| Figura 47 - Amostra desagregada passando na peneira de malha de 150 µm | 80 |
| Figura 48 - Corpos de prova não endurecidos e corpos de prova alternativos de cola polimérica | 85 |
| Figura 49 - Argamassadeira mecânica em funcionamento..... | 86 |

| | |
|--|-----|
| Figura 50 - Verificação do índice de consistência das argamassas produzidas..... | 86 |
| Figura 51 - Corpos de prova de argamassa tradicional de cal recém moldados..... | 86 |
| Figura 52 - Medidas geométricas dos corpos de prova tiradas com auxílio do paquímetro ... | 87 |
| Figura 53 - Massas de cada corpo de prova medidas com o auxílio da balança digital..... | 87 |
| Figura 54 - Amostra alternativa de cola polimérica em ensaio de resistência à tração na flexão | 87 |
| Figura 55 - Amostras de argamassas na prensa em ensaio de resistência à tração na flexão...88 | 88 |
| Figura 56 - Amostra de argamassa tradicional de cal rompida no ensaio de compressão axial | 88 |
| Figura 57 - Corpo de prova de argamassa tradicional de cal com célula de carga e extensômetros | 89 |
| Figura 58 - Corpos de prova em contato com lâmina de água para o ensaio de porosidade...90 | 90 |
| Figura 59 - Coloração dos tardozes em diferentes anos de fabricação devido processos de queima | 91 |
| Figura 60 - Azulejos de diferentes idades assentados com cola polimérica e argamassa de cal | 91 |
| Figura 61 - Pastilhas metálicas coladas com cola epóxi sobre os azulejos | 92 |
| Figura 62 - Esquema de corpo de prova pronto para teste de arrancamento..... | 92 |
| Figura 63 - Dinamômetro em funcionamento para teste de arrancamento..... | 92 |
| Figura 64 - Pontos de umidade identificados nos embrechados da cobertura..... | 98 |
| Figura 65 - Deslocamento de azulejos portugueses identificado no Claustro..... | 98 |
| Figura 66 - Azulejo aderido ao suporte com dificuldade de remoção e presença de material cimentício..... | 100 |
| Figura 67 - Recortes com Makita para tentativa de desagregação da argamassa do tardo..101 | 101 |
| Figura 68 - Demonstração do desgaste dos discos da Makita devido à alta dureza da argamassa | 101 |
| Figura 69 - Fragmentação de painel azulejar por aderência excessiva ao substrato..... | 101 |
| Figura 70 - Retirada de azulejos em blocos para preservação dos módulos..... | 101 |
| Figura 71 - Registro na argamassa de intervenções inadequadas ocorridas em restauros anteriores..... | 102 |
| Figura 72 - Comparativo de produtividade na retirada e limpeza de painéis azulejares por tipo de argamassa de assentamento utilizada..... | 103 |
| Figura 73 - Incremento de massa gerado pela aderência da argamassa cimentícia ao tardo..103 | 103 |
| Figura 74 - Amarração nas alvenarias históricas com fissuras por incremento de tensões.... | 104 |

| | |
|--|-----|
| Figura 75 - Esquema de costura nas alvenarias históricas com pedra granítica..... | 104 |
| Figura 76 - Índice médio de salinidade encontrado nas amostras de argamassas antigas..... | 104 |
| Figura 77 - Comparativo visual entre rodapés assentados em restauros anteriores com argamassa cimentícia e com argamassa de cal..... | 105 |
| Figura 78 - Azulejos da Igreja Bom Jesus dos Martírios retirados com maior facilidade por meio de micro retifica e talhadeiras..... | 105 |
| Figura 79 - Azulejos do Claustro da Igreja e Convento de São Francisco retirados com maior dificuldade por meio de furadeira de impacto, marteleto e rompedora..... | 106 |
| Figura 80 - Espessa camada de argamassa cimentícia aderida no tardo do módulo de azulejos..... | 106 |
| Figura 81 - Desprendimento da argamassa cimentícia recortada em gomos..... | 107 |
| Figura 82 - Aplicação de lixadeira nos tardozes para retirada completa da argamassa cimentícia..... | 107 |
| Figura 83 - Aplicação de micro retifica nos tardozes para retirada completa da argamassa de cal..... | 107 |
| Figura 84 - Argamassa mista de reabilitação aplicada na Igreja Bom Jesus dos Martírios... | 131 |
| Figura 85 - Ensaio de arrancamento executado no local com a cola polimérica em três formas de aplicação..... | 132 |
| Figura 86 - Aplicação pontual da cola polimérica diretamente no tardo dos azulejos do Claustro..... | 132 |
| Figura 87 - Restauro do guarda corpo externo do Claustro..... | 133 |
| Figura 88 - Assentamento de azulejos do guarda corpo externo com argamassa mista..... | 133 |
| Figura 89 - Teste de aderência com argamassa de cal e pó de tijolo..... | 134 |
| Figura 90 - Preparo da placa cimentícia com chapisco e resina, respectivamente..... | 134 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|--|-----|
| Gráfico 1 - Curva granulométrica da areia utilizada para a confecção das argamassas | 75 |
| Gráfico 2 - Percentual de argamassa cimentícia encontrada na Ala da Sacristia | 102 |
| Gráfico 3 - Percentual de argamassa cimentícia encontrada na Ala do Convento | 102 |
| Gráfico 4 - Percentual de argamassa cimentícia encontrada na Ala da Rua | 103 |
| Gráfico 5 - Percentual de argamassa cimentícia encontrada na Ala da Igreja..... | 103 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|-----|
| Quadro 1 - Parâmetros necessários para argamassas de reabilitação | 50 |
| Quadro 2 - Ficha de amostragem de argamassas antigas | 69 |
| Quadro 3 - Classificação dos finos na Escala de Cores de Munsell | 80 |
| Quadro 4 - Manifestações patológicas identificadas na Igreja Bom Jesus dos Martírios e no Claustro da Igreja e Convento de São Francisco | 95 |
| Quadro 5 - Morfologia porosa das argamassas tradicionais de cal em imagens eletrônicas ampliadas 2500x | 111 |
| Quadro 6 - Alteração visual das microestruturas das argamassas antigas em imagens eletrônicas ampliadas 2500x | 112 |
| Quadro 7 - Presença de formas cristalinas e microestrutura compacta observada nas argamassas antigas em imagens eletrônicas ampliadas 2500x | 112 |
| Quadro 8 - Presença de elementos com número atômico elevado devido tons claros demonstrados em alguns pontos das imagens eletrônicas ampliadas 2500x | 113 |
| Quadro 9 – Compilação das manifestações patológicas identificadas nos azulejos e embrechados das obras em estudo | 123 |
| Quadro 10 – Comparativo entre a constituição química/mineralógica dos testemunhos de argamassa de cal e argamassa cimentícia das obras em estudo | 124 |
| Quadro 11 – Processo de remoção e limpeza das cerâmicas realizado nas obras em estudo | 126 |
| Quadro 12 – Métodos de assentamento dos azulejos e embrechados utilizados nas obras em estudo | 145 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|-----|
| Tabela 1 - Limites numéricos para as principais propriedades das argamassas de reabilitação | 51 |
| Tabela 2 - Argamassas de reabilitação estudadas e seus traços em volume..... | 74 |
| Tabela 3 - Análise granulométrica da areia utilizada para a confecção das argamassas | 75 |
| Tabela 4 - Propriedades físicas do cimento CPIV-32 RS..... | 76 |
| Tabela 5 - Propriedades químicas do cimento CPIV-32 RS | 76 |
| Tabela 6 - Propriedade mecânica do cimento CPIV-32 RS | 76 |
| Tabela 7 - Propriedades físicas da cal cálcica hidratada tipo CH-I..... | 77 |
| Tabela 8 - Propriedades químicas da cal cálcica hidratada tipo CH-I..... | 77 |
| Tabela 9 - Propriedades físicas da cola polimérica..... | 77 |
| Tabela 10 - Propriedades químicas da cola polimérica..... | 78 |
| Tabela 11 - Constituição mineralógica dos testemunhos pelo método DRX..... | 108 |
| Tabela 12 - Constituição mineralógica dos testemunhos pelo método EDS..... | 114 |
| Tabela 13 - Constituição mineralógica dos testemunhos pelo método FRX..... | 118 |
| Tabela 14 - Densidade de massa aparente no estado endurecido das argamassas de reabilitação..... | 134 |
| Tabela 15 - Resistência à compressão axial e tração na flexão das argamassas de reabilitação..... | 136 |
| Tabela 16 - Módulo de elasticidade estática das argamassas de reabilitação..... | 138 |
| Tabela 17 - Porosidade por absorção capilar das argamassas de reabilitação..... | 139 |
| Tabela 18 - Resistência de aderência à tração das argamassas de reabilitação..... | 141 |
| Tabela 19 - Variabilidade de comportamento físico e mecânico da cola polimérica e da argamassa mista (1:1:8) em relação à argamassa tradicional de cal (1:4) e à literatura..... | 146 |

LISTA DE SIGLAS

- 30AZ1 - 30AZ9** - Azulejo com datação aproximada de 30 anos: amostras 1 a 9
- 50AZ1 - 50AZ9** - Azulejo com datação aproximada de 50 anos: amostras 1 a 9
- 80AZ1 - 80AZ9** - Azulejo com datação aproximada de 80 anos: amostras 1 a 9
- AC1 – AC13** - Argamassa de cal hidratada: amostras 1 a 13
- ACSF1** - Ala do Convento – Galeria Sudoeste/ Claustro da Igreja São Francisco: amostra 1
- ACSF2** - Ala do Convento – Galeria Sudoeste/ Claustro da Igreja São Francisco: amostra 2
- ACV** - Avaliação do Ciclo de Vida
- AISF1** - Ala da Igreja – Galeria Nordeste/ Claustro da Igreja São Francisco: amostra 1
- AISF2** - Ala da Igreja – Galeria Nordeste/ Claustro da Igreja São Francisco: amostra 2
- AL** - Alagoas
- AM1 – AM10** - Argamassa mista de cimento e cal: amostras 1 a 10
- ARSF1** - Ala da Rua – Galeria Noroeste/ Claustro da Igreja São Francisco: amostra 1
- ARSF2** - Ala da Rua – Galeria Noroeste/ Claustro da Igreja São Francisco: amostra 2
- ASSF1** - Ala da Sacristia – Galeria Sudeste/ Claustro da Igreja São Francisco: amostra 1
- ASSF2** - Ala da Sacristia – Galeria Sudeste/ Claustro da Igreja São Francisco: amostra 2
- BA** - Bahia
- BSE** – *Back Scattered Electrons*
- CETA** - Centro Tecnológico da Argamassa
- CH-I** - Cal hidratada com alto grau de pureza
- C-LABMU** - Complexo de Laboratórios Multiusuários
- CMCM** - Centro Multiusuário de Caracterização de Materiais
- COVID-19** - *Coronavirus Disease 2019*
- CPIV-32 RS** - Cimento Portland pozolânico resistente a sulfatos com resistência à compressão de 32 MPa
- CPL1 - CPL6** - Cola polimérica de base vinílica: amostras 1 a 6
- CTBJ1** - Coruchéu Torre Esquerda/ Igreja Bom Jesus dos Martírios: amostra 1
- DRX** - Difração de Raio X
- EDS** - Espectroscopia por dispersão de energia
- EPIs** - Equipamento de Proteção Individual
- Fiocruz** - Fundação Oswaldo Cruz
- FRX** - Fluorescência de Raio X

GBC - *Green Building Council*

ICDD - *International Centre for Diffraction Data*

ICOMOS - *International Council on Monuments and Sites*

IPHAN - Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional

LAME - Laboratório de Materiais e Estruturas

LATECA - Laboratório de Tecnologia de Argamassas

LEBJ1 - Elevação Lateral Esquerda/ Igreja Bom Jesus dos Martírios: amostra 1

LEBJ2 - Elevação Lateral Esquerda/ Igreja Bom Jesus dos Martírios: amostra 2

LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil de Portugal

MA - Maranhão

MEV - Microscopia Eletrônica de Varredura

NBR - Norma Brasileira

NM - Norma Mercosul

NTPR - Núcleo de Tecnologia da Preservação e Restauração

PA - Pará

PE - Pernambuco

PPGEC - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

PT - Portugal

PVA - Acetato de polivinila

RJ - Rio de Janeiro

SANEPAR - Companhia de Saneamento do Paraná

SE - *Secondary electrons*

SECULT - Secretaria Especial da Cultura

SEI - Sistema Eletrônico de Informação

SOC - *State of Conservation Information System*

SPPEA - Secretaria de Perícia, Pesquisa e Análise

SPPI - Secretaria Especial do Programa de Parcerias de Investimentos

SPU - Secretaria de Patrimônio da União

UEPG - Universidade Estadual de Ponta Grossa

UFBA - Universidade Federal da Bahia

UFPR - Universidade Federal do Paraná

UNESCO - *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*

UTFPR - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

SUMÁRIO

| | | |
|----------|--|----|
| 1 | INTRODUÇÃO | 22 |
| 1.1 | PROBLEMA DE PESQUISA | 23 |
| 1.2 | HIPÓTESE | 24 |
| 1.3 | OBJETIVO GERAL | 24 |
| 1.3.1 | Objetivos Específicos | 24 |
| 1.4 | JUSTIFICATIVA | 25 |
| 1.4.1 | Ambiental | 26 |
| 1.4.2 | Sociocultural | 26 |
| 1.4.3 | Econômica | 27 |
| 1.4.4 | Técnica..... | 28 |
| 2 | ESTADO DA ARTE | 29 |
| 2.1 | A ORIGEM DA AZULEJARIA | 29 |
| 2.1.1 | O surgimento da azulejaria em Portugal..... | 30 |
| 2.1.2 | Influências da azulejaria portuguesa no Brasil | 33 |
| 2.2 | A ORIGEM DO EMBRECHADO | 36 |
| 2.2.1 | O surgimento do embrechado em Portugal..... | 39 |
| 2.2.2 | Influências do embrechado português no Brasil..... | 41 |
| 2.3 | ARGAMASSAS ANTIGAS DE ASSENTAMENTO | 43 |
| 2.3.1 | O emprego das argamassas antigas de assentamento em Portugal | 45 |
| 2.3.2 | O emprego das argamassas antigas de assentamento no Brasil..... | 47 |
| 2.4 | OS CONCEITOS DE CESARE BRANDI E A CARTA DE VENEZA..... | 48 |
| 2.5 | RECOMENDAÇÕES TÉCNICAS PARA ARGAMASSAS DE RESTAURO | 50 |
| 2.6 | O EMPREGO DE ARGAMASSAS E AS ANOMALIAS DECORRENTES | 51 |
| 2.6.1 | Aderência excessiva e incremento de tensões ao substrato | 53 |
| 2.6.2 | Permeabilidade e porosidade comprometidas..... | 55 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 2.6.3 | Ocorrência de eflorescência e criptoflorescência | 58 |
| 2.7 | OS CASOS DE MACEIÓ (AL) E SALVADOR (BA)..... | 60 |
| 2.7.1 | Claustro da Igreja e Convento de São Francisco, Salvador (BA)..... | 60 |
| 2.7.2 | Igreja Bom Jesus dos Martírios, Maceió (AL) | 63 |
| 3 | PROGRAMA EXPERIMENTAL | 66 |
| 3.1 | MATERIAIS SOB INVESTIGAÇÃO | 68 |
| 3.1.1 | Testemunhos das argamassas antigas de assentamento..... | 68 |
| 3.1.2 | Amostras das argamassas para reabilitação de assentamento..... | 73 |
| 3.1.2.1 | Água de amassamento | 74 |
| 3.1.2.2 | Agregado miúdo..... | 75 |
| 3.1.2.3 | Cimento Portland tipo CPIV-32 RS | 76 |
| 3.1.2.4 | Cal cálcica hidratada tipo CH-I | 76 |
| 3.1.2.5 | Cola polimérica de base vinílica..... | 77 |
| 3.2 | MÉTODO PARA AVALIAÇÃO DE ARGAMASSAS ANTIGAS..... | 78 |
| 3.2.1 | Preparação das Amostras | 79 |
| 3.2.2 | Difração de Raio X (DRX)..... | 82 |
| 3.2.3 | Fluorescência de Raio X (FRX) | 83 |
| 3.2.4 | Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV/EDS)..... | 83 |
| 3.3 | MÉTODO PARA AVALIAÇÃO DE ARGAMASSAS DE REABILITAÇÃO | 84 |
| 3.3.1 | Densidade de massa aparente no estado endurecido | 86 |
| 3.3.2 | Resistência à tração na flexão e à compressão axial..... | 87 |
| 3.3.3 | Módulo de elasticidade estático..... | 88 |
| 3.3.4 | Porosidade por absorção capilar | 89 |
| 3.3.5 | Resistência de aderência à tração | 90 |
| 4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES | 93 |
| 4.1 | ARGAMASSAS DE ASSENTAMENTO EM RESTAUROS ANTIGOS..... | 93 |
| 4.1.1 | Manifestações patológicas identificadas nos azulejos e embrechados | 94 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 4.1.2 | Danos gerados ao patrimônio por incompatibilidade de assentamento..... | 99 |
| 4.1.3 | Difração de Raio X (DRX)..... | 108 |
| 4.1.4 | Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)..... | 110 |
| 4.1.4.1 | Espectroscopia por Dispersão de Energia (EDS)..... | 114 |
| 4.1.5 | Fluorescência de Raio X (FRX)..... | 118 |
| 4.1.6 | Discussões finais acerca das argamassas de assentamento em restauros antigos..... | 122 |
| 4.2 | ARGAMASSAS DE ASSENTAMENTO EM RESTAUROS ATUAIS..... | 127 |
| 4.2.1 | Especificações técnicas estabelecidas nos editais de licitação..... | 127 |
| 4.2.1.1 | Seleção das argamassas para o assentamento de azulejos e embrechados..... | 130 |
| 4.2.2 | Densidade de massa aparente no estado endurecido..... | 134 |
| 4.2.3 | Resistência à tração na flexão e à compressão axial..... | 136 |
| 4.2.4 | Módulo de elasticidade estático..... | 138 |
| 4.2.5 | Porosidade por absorção capilar..... | 139 |
| 4.2.6 | Resistência de aderência à tração..... | 141 |
| 4.2.7 | Discussões finais acerca das argamassas de assentamento em restauros atuais..... | 145 |
| 5 | CONCLUSÕES | 147 |
| 5.1 | CUMPRIMENTO DOS OBJETIVOS..... | 148 |
| 5.2 | SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS..... | 148 |
| | REFERÊNCIAS | 150 |
| | APÊNDICE I - QUANTIFICAÇÃO DE COMPOSTOS QUÍMICOS POR PONTOS EM EDS E DIFRATOGRAMAS EM DRX | 164 |

1. INTRODUÇÃO

Embora a azulejaria em Portugal tenha já alguns séculos de existência, nomeadamente desde o século XVI, só a partir do século XIX tomou expressão nacional (TEIXEIRA, 2008). Segundo Veloso et al. (1991), o Brasil é outro país cuja tradição de azulejaria de fachada é muito expressiva, sobretudo a partir das trocas comerciais iniciadas com Portugal na época dos descobrimentos. Ainda os autores revelam que no século XVI os “empresários” portugueses levavam para o Brasil azulejos (entre outras coisas) como “moeda de troca” para trazerem café, ouro e açúcar. A cultura brasileira rapidamente assimilou esta novidade, incorporando-a nas fachadas, o que até então não se via em Portugal. Conforme Ferreira (2007), foram os portugueses que regressaram à Portugal oriundos do Brasil, os denominados “brasileiros”, que trouxeram a prática e tendência da azulejaria de fachada.

Além de embelezar as fachadas, o azulejo tinha a função utilitária de proteção contra a umidade, típica do clima tropical brasileiro, agravada nas cidades litorâneas ou cidades situadas às margens de rios, devido à salinidade (WANDERLEY, 2006). Segundo a autora, o azulejo impermeabilizava e isolava os exteriores, garantindo melhor durabilidade. Cavalcanti (2002) explica que as cidades que mais receberam fachadas azulejadas foram as que apresentavam tais características, como Belém (PA), São Luiz (MA), Rio de Janeiro (RJ), Salvador (BA) e Recife (PE). Embora o registro histórico afirme que houve a disseminação deste material pelas principais cidades do Brasil à época, seu legado encontra-se praticamente esquecido. Como relata Teixeira (2008), a herança do revestimento de azulejaria de fachada deve ser respeitada e merece ser conservada, pois marcou uma época histórica do país.

As azulejarias e embrechados portugueses, nos primeiros tempos de colonização eram assentados por sobre argamassas de cal incorporadas com resíduos de telhas de barro e tijolos. Segundo Kanan (2008) as argamassas antigas ainda guardam evidências sobre a história construtiva do edifício, os métodos e os materiais. A autora revela também que o emprego de pó de tijolo como pozolana artificial em argamassas à base de cal ocorreu desde o tempo dos romanos e se manteve na Itália até o séc. XX, onde telhas cerâmicas trituradas eram acrescentadas à cal para fazer *cocciopesto* e obter um componente hidráulico. A facilidade em encontrar estas argamassas, atualmente, em edifícios históricos e sítios arqueológicos, é bastante reveladora de sua durabilidade (MATIAS, 2014).

Ao longo dos séculos, os patrimônios edificados passam por inúmeras intervenções estéticas, estruturais e funcionais a fim de manter sua integridade, intervenções estas que nem sempre são pautadas em regramentos técnicos. A falta de aprofundamento teórico em práticas de restauro pode gerar perdas irreparáveis de valor histórico e artístico. Discussões, tais como as de Cesare Brandi, que aborda o emprego de materiais e técnicas, propondo reflexões sobre a necessidade ou não de se manter sua origem, são fundamentais para a definição de um plano de atuação. Desse modo, pode-se reconhecer a ligação indissolúvel que existe entre a restauração e a obra de arte, pelo fato de a obra de arte condicionar a restauração e não o contrário (BRANDI, 2008).

Segundo Câmara (2008), somos confrontados com o existente e o já desaparecido, interrogando-nos e apercebendo-nos que o estudo crítico e o levantamento da azulejaria em Portugal e no Brasil persiste como uma área de investigação em aberto que conta com algumas dificuldades. Estas estão relacionadas não só à perda de conjuntos em decorrência de demolições, roubos, transferências, mas também à restauros não sistematizados. Tais constatações nos evidencia a importância do uso de metodologias mais aprofundadas para as intervenções em restauro, de modo a evitar danos irreversíveis ao patrimônio histórico e seus bens integrados.

1.1. PROBLEMA DE PESQUISA

Nas recomendações do estado da arte, como as que constam no Manual de Materiais e Técnicas Tradicionais de Assentamento de Azulejos de Fachadas (Câmara Municipal de Ovar, 2012), são estabelecidas certas restrições quanto ao uso das argamassas de assentamento em restauro, priorizando materiais e técnicas que remetam às originais. As argamassas formuladas com cimento Portland, por exemplo, não são indicadas devido a evidências no aparecimento à longo prazo de manifestações patológicas. Em contrapartida, entende-se que a evolução da tecnologia dos materiais modifica no tempo o modo como ocorrem as intervenções nos patrimônios históricos.

Mesmo diante de discussões teóricas acerca do tema, ainda há um claro distanciamento das práticas produzidas em campo para o que se postula em meio acadêmico. Isto posto, os editais de licitação para as obras brasileiras de restauro solicitam o emprego de argamassas de assentamento com base em materiais e técnicas tradicionais? Quais implicações podem decorrer

do processo decisório do emprego de determinado material no assentamento de azulejos e embrechados portugueses?

1.2. HIPÓTESE

Assume-se a hipótese de que, apesar das recomendações teóricas indicarem para o assentamento de azulejos e embrechados portugueses o emprego de materiais e técnicas em proximidade com o tradicional, os editais de licitação para as obras brasileiras de restauro não são específicos em seus requisitos. Entende-se que este fato pode possibilitar a seleção de argamassas e o emprego de tecnologias diversas por parte das empresas responsáveis, o que vem a acarretar manifestações patológicas futuras à edificação histórica, comprometer o princípio da reversibilidade em restauros, entre outras problemáticas que serão averiguadas na presente pesquisa.

1.3. OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho é avaliar, com base em recomendações técnicas da literatura, o desempenho das argamassas de assentamento antigas e de reabilitação utilizadas nos restauros de azulejaria e embrechado português de Maceió (AL) e Salvador (BA).

1.3.1. Objetivos Específicos

As diretrizes que aqui norteiam a avaliação do desempenho das argamassas de assentamento, são as que seguem:

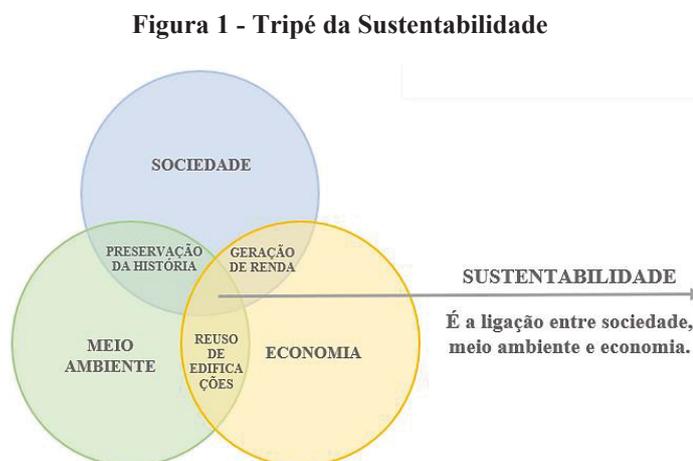
- averiguar se há vestígios de material cimentício e demais contaminações devido intervenções anteriores de restauro, conhecendo as características microestruturais dos testemunhos históricos;
- identificar se há manifestações patológicas em azulejos e embrechados portugueses, tais como trincas e/ou fissuras, perda do vidrado e destacamento, decorrentes da utilização de argamassas de assentamento não tradicionais;

- verificar se as propriedades físicas e mecânicas das argamassas utilizadas nos restauros atuais apresentam similaridade com os parâmetros das argamassas formuladas com cal, em traço volumétrico 1: 4.

1.4. JUSTIFICATIVA

A temática da dissertação tem sua origem na carência de estudos de caso brasileiros no que tange ao estado de conservação da azulejaria tradicional e embrechado português, às peculiaridades nas composições químicas e mineralógicas das argamassas antigas e às práticas consideradas adequadas para o reassentamento em patrimônios históricos. Ironicamente, é no Brasil que se concentra a maior parte do registro da produção de azulejaria portuguesa fora de Portugal, por isso a importância de se valorizar e manter este legado histórico.

A importância de se trabalhar a questão advém também da necessidade de se fomentar um pensamento sistêmico sob o prisma ambiental, sociocultural, econômico e tecnológico (Figura 1).



Nos primeiros anos do século XXI a atenção se orienta cada vez mais para identificar e fortalecer o significado que o patrimônio desempenha nas diferentes escalas, onde os bens culturais não possuem apenas valores históricos e/ou artísticos, mas também monetários. Possui ainda relação com o desenvolvimento sustentável: preservar com atitudes responsáveis não apenas do ponto de vista cultural, mas também social, econômico, com respeito ao meio ambiente e sem lesar seus verdadeiros valores, porque, os bens culturais se inter-relacionam com os motores do desenvolvimento: desafio das próximas décadas (LAGUNES, 2011).

1.4.1. Ambiental

No que tange às questões ambientais, a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) desenvolveu recentemente o *State of Conservation Information System* (SOC), cujo objetivo é conservar os patrimônios históricos e culturais, transcendendo às gerações futuras. O Sistema de Informação oferece um acervo de dados confiáveis sobre o estado de conservação dos bens do Patrimônio Mundial desde 1979 e as ameaças que enfrentaram ou enfrentam atualmente. Por meio dessa ferramenta, pode-se ter acesso a milhares de relatórios e decisões adotadas pelo Comitê do Patrimônio Mundial, como parte de um dos mais completos sistemas de monitoramento de qualquer convenção internacional (UNESCO, 2020).

Do ponto de vista das práticas de reabilitação, Baracho (2013) revela que a manutenção e conservação de edifícios históricos diminuem a geração dos resíduos oriundos de demolição e de novas construções. A autora explica também que um edifício existente já possui energia incorporada, considerada uma das principais métricas para o impacto ambiental de construções analisado mediante Avaliação do Ciclo de Vida (ACV).

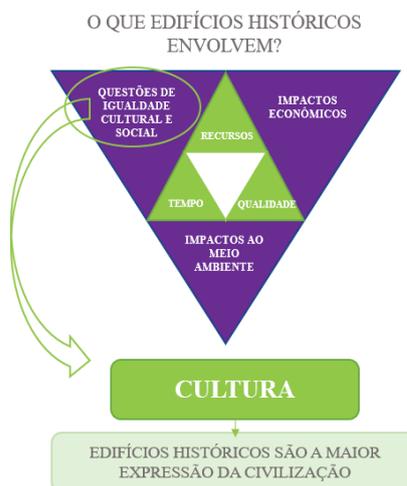
1.4.2. Sociocultural

No âmbito sociocultural, a justificativa se dá pela necessidade de se demonstrar a importância de manter o legado e a ligação das raízes históricas luso-brasileiras. Segundo Simões (1965), o século XVIII foi um período de grande exportação de produtos portugueses para o Brasil e, em contrapartida, o Brasil tornou-se o grande provedor de Portugal. Isto possibilitou a incorporação artística azulejar portuguesa em território brasileiro, fato este que é corroborado pela maior existência, mesmo que escassa, de exemplares setecentista e oitocentistas em bens imóveis locais.

Conforme Wanderley (2006), o uso de azulejo de fachadas e embrechado é grande no Brasil, porém em Portugal a concentração de exemplares mantidos atualmente é bem maior. Isso se deve, entre outras razões, à falta de incentivo governamental nas últimas décadas para a conservação deste patrimônio cultural. Os azulejos e embrechados, além de serem materiais de cunho decorativo, são documentos vivos desse longo processo de consolidação de nossa história.

Ainda, enfatizando a importância fundamental da valorização histórica por meio dos registros materiais presentes nos bens imóveis, o *Green Building Council* (2015) revela que as edificações históricas são a maior expressão da civilização (**Figura 2**).

Figura 2 - Importância da valorização histórica



Fonte: Adaptado de GBC (2015)

Os meios para alcançar a sustentabilidade sociocultural são através da educação, da formação, da pesquisa, da documentação, do desenvolvimento de atividades públicas e institucionais e de processos integrados nas tomadas de decisão, todos relacionados diretamente com a conservação do patrimônio (ROSS e POWTER, 2008).

1.4.3. Econômica

Conforme Cajado (2016), a falta de informação sobre as características e funcionalidades dos materiais originais faz com que frequentemente estes sejam removidos e substituídos por soluções nem sempre adequadas, provocando danos muitas vezes irreparáveis à fachada e ao imóvel como um todo. Isto impacta diretamente em gastos públicos, uma vez que será preciso em curto período de tempo refazer as intervenções, gerando abertura de novas licitações e aditivos.

Outro fator econômico relevante é a recuperação de patrimônios históricos e culturais para aproveitamento turístico e geração de emprego e renda no país. Com este intuito, o Ministério do Turismo do Brasil e o Ministério da Economia de Portugal, firmaram, em março de 2020, um protocolo de cooperação luso-brasileira que viabilizará a implementação do Programa Revive no Brasil. Segundo o site oficial do Ministério do Turismo do Brasil, o

programa promoverá a requalificação de imóveis com valor cultural, por meio de investimentos privados, a partir de contratos de concessão pública. A iniciativa contará com apoio da Secretaria Especial da Cultura (SECULT), Instituto de Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), Secretaria de Patrimônio da União (SPU) e Secretaria Especial do Programa de Parcerias de Investimentos (SPPI).

1.4.4. Técnica

De acordo com Veiga (2018), o emprego de argamassas de cal tradicionais, seja aérea ou hidratada, é por razões éticas e técnicas o mais adequado na conservação de edifícios antigos e no restauro de azulejos e embrechados. Mesmo diante da discussão acerca do tema, ainda se opta por sua substituição, a exemplo do uso frequente do cimento Portland. Mas por que ainda há pouca utilização da cal em argamassas de assentamento e a insistência no emprego do cimento Portland? A autora acredita que há alguns fatores que podem responder esta pergunta:

(a) falta de conhecimento técnico, principalmente ao nível das condições locais: clima, características das alvenarias e diferentes naturezas dos materiais de base para execução das argamassas de cal;

(b) fator humano: a formação dos técnicos e a formação teórica e prática dos aplicadores é um aspecto essencial, dadas as diferenças em relação aos materiais mais modernos e a maior necessidade de cuidado que a cal necessita;

(c) fator tempo, em particular relativamente à necessidade do planejamento das intervenções tendo em conta os tempos necessários à hidratação da cal virgem e o processo lento de carbonatação da cal hidratada.

Isto posto, reforçar a aplicação da cal na composição das argamassas se faz necessário, demonstrando as manifestações patológicas possíveis decorrentes do não cumprimento desta recomendação. Pesquisas relacionadas à aplicação de argamassas em restauro são importantes meios para divulgar os benefícios tecnológicos que o material pode incorporar no traço. Segundo Kanan (2008), argamassas de cal envelhecem sem provocar danos ao substrato, apresentam boa porosidade e permeabilidade (comportamento higroscópico), resistência mecânica, inércia térmica e durabilidade, quando bem feitas e mantidas. Outras vantagens estão na possibilidade de se empregar mão de obra local na produção da argamassa e facilidade em manutenção periódica de superfícies antigas sem danificar substratos.

2. ESTADO DA ARTE

Como embasamento da pesquisa, faz-se necessário a busca sistemática por literaturas canônicas sobre o assunto, bem como a varredura com descritores relacionados a técnicas de reabilitação em patrimônios históricos, história da azulejaria e embrechado português, argamassas antigas de cal, manifestações patológicas em azulejaria e embrechado português, desempenho de argamassas de assentamento para restauro, a fim de identificar o estado da arte.

2.1. A ORIGEM DA AZULEJARIA

Segundo os autores Valente (2008), Martins (2010), Cajado (2016) e Botas (2019), a origem etimológica da palavra azulejo remonta do árabe *azzelij* e suas derivações (*al zuleycha*, *al zuléija*, *al zulaiju*, *al zulaco*) cujo significado é ‘pequena pedra polida’. Esta palavra era utilizada pelos bizantinos à época para designar seus mosaicos, servindo *a posteriori* para denominar “[...] uma peça de cerâmica de pouca espessura, comumente quadrada, na qual uma das faces é vidrada, resultado da cozedura de um revestimento geralmente denominado como esmalte, que se torna impermeável e brilhante.” (LISBOA, 2021).

A história da cerâmica vitrificada inicia-se no antigo Egito, se espalhando posteriormente para a Mesopotâmia e Oriente Próximo, e, só depois da expansão islâmica, foi introduzida na Europa (JAPIASSÚ, 2011). Lisboa (2021) relata que “[...] durante a permanência islâmica na Península Ibérica, a produção do azulejo cria bases próprias na Espanha, por meio de artesãos muçulmanos [...]”. Segundo Damas (2017), as primeiras aplicações de azulejo decorativo de que há registo na Península Ibérica datam dos séculos XIII-XIV, na Andaluzia. No século XV, Sevilha, Valência, Málaga e Toledo eram os principais centros produtores de azulejo da região (CORONA; LEMOS, 1989 *apud* WANDERLEY, 2006).

Além das influências mouriscas, a azulejaria do mundo europeu sofreu influências chinesas, por meio das porcelanas comercializadas na Rota da Seda. Conforme referências da série de artigos A RELÍQUIA - O Azulejo Através dos Tempos (2001)

“[...] no século XIV, porcelanas chinesas monocromáticas, chamadas "céladons", e as azuis e brancas, chegam em grande quantidade à Pérsia e ao Oriente Próximo. Isto fez com que se tornasse comum copiar os modelos chineses, os oleiros islâmicos adotando, também, a técnica de aplicar o azul sob o vidrado, principalmente porque o azul de cobalto era encontrado no Oriente Médio, de onde era exportado para a China. Egito (Fosfat), Síria

(Damasco) e Turquia (Izmik e Kutaya) seguiram a moda do azul e branco, sendo que as inúmeras fabricas turcas também produziram belas peças policromadas.”.

2.1.1. O surgimento da azulejaria em Portugal

Há cinco séculos que a azulejaria ocupa uma posição de destaque entre as artes decorativas de Portugal e, apesar de ter sofrido múltiplas influências ao longo da sua história, desenvolveu ali características específicas entre as quais merecem destaque a riqueza cromática, a monumentalidade, o sentido cenográfico e a integração na arquitetura (LISBOA, 2021).

De acordo com Trindade (2009), as primeiras peças cerâmicas documentadas em Portugal, que datam da segunda metade do século XIII e estão conservadas na Abadia de Santa Maria de Alcobaça, são documentos vivos da presença de óxido de estanho em cerâmicas de Portugal. Apesar deste registo histórico, “[...] apenas na transição para o século XVI é que o azulejo, vindo maioritariamente de Sevilha, se expandiu verdadeiramente dentro do país.” (AMARAL, 2015). Simões (1990) e Monteiro (2001) relatam que a difusão e interesse pelos revestimentos azulejares remontam de D. Manuel I que durante uma visita, em 1498, a Toledo e Saragoça, passando por Andaluzia, avistou esta decoração, encomendando posteriormente a uma oficina em Sevilha os azulejos para o Palácio da Vila de Sintra.

Trindade (2009) e Coentro (2017) discorrem que durante o reinado de D. Manuel I surge a primeira referência documental em relação à fabricação do vidrado de cor azul, através de síntese mineral, assim como a primeira notícia do emprego do azul de cobalto em cerâmica. Mas somente no final do século XVII é que o azulejo de duas cores, azul e branco, referência à louça tradicional chinesa e aos azulejos holandeses de Delft e Roterdã, torna-se popular. Nesta época, a pintura de azulejo estava confinada a mestres pintores, alguns deles pintores de cavalete com formação erudita (SERRÃO, 2003). Sobre influência direta dos holandeses, “[...] houve um cuidado e aprendizagem das regras de representação em perspectiva e o aparecimento da azulejaria figurativa ou de figura avulsa [...]” (**Figura 3**) (CASTELO, 2018).

A azulejaria portuguesa de que se tem vestígio no Brasil, em grande parte é do século XVIII, pois somente nesta época Portugal atinge seu ápice na produção, “[...] o que levou uma diminuição das importações dos azulejos holandeses.” (CASTELO, 2018).

Figura 3 - Exemplar holandês de azulejo figurativo ou de figura avulsa

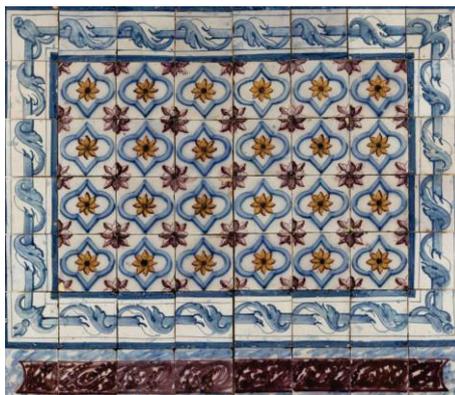


Fonte: https://es.wikipedia.org/wiki/Azulejo_de_figura#/media/Archivo:Azulejos_de_figura_avulsa_com_cavaleiros.jpg

Os autores Lemmen (1994) e Meco (1989) revelam que após o terremoto de 1755 e pela influência exercida por Sebastião José de Carvalho e Melo, o azulejo foi bastante requisitado para a reconstrução da Baixa Pombalina de Lisboa, por serem reconhecidas as suas qualidades como material de acabamento bastante duradouro, higiênico e ao mesmo tempo decorativo. Surgiram assim os azulejos de padrão pombalino (**Figura 4**) produzidos em série nas fábricas das cidades de Lisboa, Porto e Vila Nova de Gaia, como a Fábrica de Sant’Anna ou a Real Fábrica de Louça do Rato (PAIS et al., 2002). Cajado (2016) informa que nesse momento as fábricas passaram a imprimir suas marcas nos tardozees, o que poderia significar uma ajuda preciosa aos pesquisadores e responsáveis pela restauração desses elementos, se não fosse pelo fato de que esse procedimento não era usual a todas as fábricas e, além disso, muito se plagiava nessa época e assim não era raro encontrar o mesmo padrão de azulejos sendo produzido em mais de uma fábrica.

A partir de 1790 até quase a metade do século XIX, os azulejos passam a complementar pinturas decorativas nas paredes, sendo colocados na parte inferior das mesmas (CAJADO, 2016). No início do século XIX devido as invasões francesas ao território português e a guerra civil entre absolutistas e liberais, a produção local de azulejos praticamente fica paralisada. Apenas na sua segunda metade é que emigrantes portugueses vindos do Brasil, conhecidos como “brasileiros”, impulsionam novamente a produção de azulejos, mas agora para uso em fachadas.

Figura 4 - Exemplar de azulejos de padrão pombalino



Fonte:<https://artsandculture.google.com/asset/painel-de-azulejos-de-padr%C3%A3o-pombalino-real-f%C3%A1brica-de-lou%C3%A7a-ao-rato/dQHArtelyy3j3Q?hl=pt-PT>

A clientela crescente do Brasil e a burguesia que renasce em Portugal, incluído os emigrantes enriquecidos que retornam a Portugal, “os brasileiros” ou “torna viagem” como eram denominados, contribuíram para a recuperação e modernização do setor cerâmico (MONTEIRO, 2012). Sobre este fato, Amaral (2015) comenta que

“[...] essa retomada terá sido feita em grande parte por influência dos emigrantes portugueses no Brasil, que regressavam na década de 40 para Portugal, trazendo consigo um novo gosto: o azulejo de fachada. Este novo tipo de azulejo, que inicialmente teve fraca adesão no país por se considerar de mau gosto, era já usado no Brasil pelos emigrantes portugueses, pelas suas qualidades plásticas, mas sobretudo construtivas. Quando se instalaram no Porto, de onde eram maioritariamente oriundos, os “brasileiros” compravam velhas fábricas de cerâmica, [...] e revestiram o exterior de suas próprias casas com o novo azulejo. Com o passar do tempo, o exemplo gerou novos gostos que irradiaram pela cidade e pelo país inteiro, ao ponto de no fim do século XIX quase todas as casas que se construíam serem azulejadas.”.

Surgiu então, grande procura e a proliferação do azulejamento das fachadas, o que caracterizava não apenas o crescimento da indústria e do mercado consumidor, mas também a tentativa de os proprietários de casas e armazéns que ascendiam econômica e socialmente, exibirem seu novo status social, enobrecendo suas propriedades (WANDERLEY, 2006). Posteriormente, ainda no século XIX, por influência da Revolução Industrial, “[...] os azulejos importados de Inglaterra, Holanda, França e Bélgica, de qualidade superior e com preços convidativos (dado que o azulejo nacional era mais caro que o importado), pressionou a produção nacional a melhorar os seus métodos de fabricação ainda artesanais, apesar de nunca se ter atingido uma produção em moldes totalmente industriais (SABO; FALCATO, 1998).

Na primeira metade do século XX o azulejo é utilizado como revestimento decorativo de espaços públicos, tais como os mercados e as estações ferroviárias, mesmo assim, o testemunho representativo dos diferentes séculos e produções fez com que o azulejo se afirmasse ganhando um estatuto ímpar no contexto da arte portuguesa (BRITO, 2016). Em suma, como concluem Simões (1974), Cordeiro (1996), Domingues (2004) e Ferreira (2009), em Portugal os azulejos assumiram uma especial importância no contexto universal da criação artística, pela longevidade do seu uso, sem interrupção durante cinco séculos; pelo elemento que individualiza as arquiteturas através de grandes revestimentos de fachadas exteriores e pelo modo como foi entendido e interpretado ao longo dos séculos. Firmou-se não só como arte decorativa, mas também como suporte de renovação do gosto e do registro do imaginário, percorrendo assim estilos e linguagens de todos os tempos.

2.1.2. Influências da azulejaria portuguesa no Brasil

Os azulejos portugueses chegaram ao Brasil no século XVII sendo aplicados inicialmente como revestimentos internos na decoração de colégios, mosteiros, conventos e igrejas. Estes monumentos eram, conforme Simões (1965), “[...] agências de catequese artística, servindo de moldura e de exemplo à sua missão evangelizadora e educadora.”. Ainda segundo o autor, o primeiro registro dos azulejos portugueses no Brasil, data do ano de 1620, e é atribuído à azulejaria que ornamentou o Convento de Santo Amaro de Água-Fria, em Olinda, hoje exposta no Museu Regional de Olinda-PE. Entre as antigas colônias de Portugal, o Brasil foi um dos adeptos mais fervorosos do revestimento azulejar, possuindo superfícies tratadas com este material que estão entre as maiores do mundo português, como é o caso da Igreja e Convento de São Francisco de Salvador, com os seus 2.500,00 m² de azulejos (LISBOA, 2021).

É inegável a relação do emprego do azulejo colonial à ostentação econômica que se pretendia marcar igrejas, engenhos e prédios públicos. Alcântara (2001) corrobora esta afirmação dizendo que “[...] os azulejos mais antigos que possuímos em quantidade significativa são do século XVII e estão concentrados na região Nordeste, devido à economia açucareira, à agroindústria, aos engenhos, à riqueza”. Ainda, de acordo com Cajado (2016), “[...] no Brasil, sobretudo no litoral nordestino, os azulejos eram encomendados de Portugal por famílias lusitanas abastadas, acostumadas com o uso desse material no interior das casas.”.

Os azulejos do início do século XVII são representados, predominantemente, pelos tapetes cerâmicos policromáticos (**Figura 5**) e, posteriormente, na transição para o século

XVIII, passaram a ser confeccionados em azul de cobalto com fundo branco (**Figura 6**), quando foram amplamente aplicados nas paredes dos conventos do Nordeste, conservando-se assim por todo o período (MUNIZ, 2009). Segundo Simões (1959), este tempo “[...] atesta o valor que o azulejo mereceu, e que faz com que no Brasil persistam exemplares notáveis por extremamente raros.”

Figura 5 - Exemplo de tapete cerâmico no Convento de São Francisco em Olinda (PE)



Fonte: <https://www.fundaj.gov.br/index.php/lista-dos-objetos/10401-painel-de-azulejos>

Figura 6 – Painel em azul de cobalto com fundo branco da Igreja da Ordem Terceira de São Francisco em Salvador (BA)



Fonte: <https://infonet.com.br/blogs/salvador-ba-maior-acervo-da-azulejaria-lusitana-fora-de-portugal/>

Segundo Muniz (2009), há época provavelmente não havia encomenda de produção azulejar especial e única destinada ao Brasil, sendo os azulejos coloniais no decorrer dos séculos XVII e XVIII, os mesmos confeccionados e utilizados nas edificações europeias. Também no que tange à composição e execução dos painéis, pouco se diferenciava de sua pátria-mãe. O estudioso dos azulejos, Santos Simões (1965), relata ainda que

“[...] foi durante o período de 1725 e 1755 - época das Oficinas Anônimas - que se enraizou o gosto pelo azulejo, provocando a sua aplicação em grande escala. Nessa época que a produção foi volumosa de fato, conseguiu-se uma grande evolução na composição e ornamentação dos azulejos, despertando em consequência, um incomum interesse tanto dos artistas como dos novos e

promissores clientes. E o azulejo perde, então, aquele semblante de autoria e torna-se anônimo, vindo aos milhares de Lisboa, de Coimbra e do Porto.”.

Há registros, de acordo com Lisboa (2021), que “[...] em 1737, chegam de Portugal os magníficos painéis da Capela-mor do Convento de São Francisco de Salvador - Bahia, o mais vasto repositório de azulejos portugueses existentes sob um mesmo teto, depois de São Vicente de Fora, em Lisboa. Além da faixa litorânea da Bahia, ainda no século XVII, se tem vestígios da presença de azulejos coloniais em Pernambuco, espalhando-se posteriormente, já no século XVIII para outras partes do país, como: Rio de Janeiro, Paraíba, Alagoas, Maranhão, Sergipe – e ainda com pouca expressividade – em São Paulo e Minas Gerais.

Segundo pode-se notar, o azulejo colonial foi utilizado de três maneiras: como função comunicativa, principalmente de cunho evangelizador franciscano; como elemento estético e nobre, representativo de figuras de passeio e mitológicas; e como propriedade material, por propiciar proteção de fachadas contra intempéries. A função comunicativa era aplicada essencialmente para as práticas religiosas do novo mundo e se estabeleciam de duas formas: “[...] a contemplativa (que consistia na oração e/ou contemplação pessoal) e a da liturgia (culto público oficializado/instituído pela igreja por meio de mensagens verbais) ambas revestidas de forte apelo emocional, inseridas em uma ambiência com decoração de painéis em azulejos parietais.” (MUNIZ, 2009). Os painéis eram encontrados frequentemente em mosteiros, igrejas e conventos e apresentavam temática de cenas do Antigo e Novo Testamento, além de cenas hagiográficas (relacionadas à vida e obra dos santos católicos) e figuras mitológicas/textos da Antiguidade Clássica. Um exemplo relevante, segundo Muniz (2009) são “[...] os painéis situados no claustro do Convento de São Francisco, em Salvador, com mensagens verbais tanto em português como em latim [...]”.

Quanto à utilização do azulejo como meio de proteção, “[...] a escassez de materiais para acabamento externo das fachadas, juntamente com o clima quente e úmido do litoral brasileiro, que dificultava a conservação e impermeabilização, podem ter levado os construtores desse século a utilizar o azulejo, mais econômico (pela sua durabilidade), para enfeitar e garantir a boa conservação das fachadas de igrejas e adros.” (WANDERLEY, 2006). Este fato é reafirmado por Tinoco (2010), que, segundo ele

“[...] é interessante observar que, no caso brasileiro, a despeito da grande influência portuguesa, o desenvolvimento da azulejaria não se deve unicamente à dependência cultural, econômica e política de Portugal, mas a

aspectos funcionais, sobretudo, por causa das chuvas frequentes e do calor constante, principalmente no litoral. Em razão de suas características o azulejo tornou as residências mais frescas e reduziu os custos de conservação e manutenção, já que era refratário à ação do sol e impedia a deterioração das paredes pela umidade.”.

Somente no final do século XIX inicia-se vagarosamente a produção brasileira de azulejos (ALCÂNTARA, 2001). Ainda, conforme a série de artigos A RELÍQUIA - O Azulejo Através dos Tempos (2001)

“[...] a fabricação brasileira teve início no século XIX, provavelmente, em Niterói por Antônio Survílio & Cia, que expôs seus produtos na I Exposição Nacional, em 1861. No Rio de Janeiro dois fabricantes, José Botelho de Araújo e Rougeot-Ainé, participaram da II Exposição Nacional realizada em 1866. Existem registros de trabalhos de faianças, ladrilhos e de outros produtos cerâmicos nas exposições 1873, 1875 e na Exposição da Indústria Nacional de 1881.”.

Isto posto, pode-se perceber a importância de se preservar este legado histórico que conta a trajetória do berço brasileiro e que pouco é conservado em território nacional. Infelizmente, o registro de nossa história vem sendo apagado paulatinamente por descaso, negligência ou mesmo desconhecimento. Nada melhor do que fechar este tópico com a reflexão de Santos Simões (1959), expressando a relevância do patrimônio azulejar brasileiro como sendo “[...] essa continuação de “ar de família” que notamos tão exuberantemente desde o Pará ao Rio de Janeiro, um curioso fenômeno de inversão de influências, um extraordinário exemplo de comunhão cultural.”.

2.2. A ORIGEM DO EMBRECHADO

A etimologia da palavra embrechado pode-se remeter ao francês “*brèche*” que “[...] significa fissura, fenda, ruína ou sulco, sem equivalência em outras línguas, definindo igualmente um tipo decorativo muito usual e, de certa forma, único nos jardins portugueses a partir do século XVII.” (MACHADO, 2012). Além disso, pode-se relacionar ao termo “[...] imbricar que no latim tem o étimo *imbrex* e que se apresenta como sendo uma técnica de sobreposição de materiais de uma forma desencontrada.” (SILVA, 2012).

A palavra embrechado ou emberchado foi incluída ao dicionário português, em 1713, pelo padre Raphael Bluteau, definindo-a como pedrinhas, montículos de cristal ou outros

componentes que produzem grutas nos jardins; esta conceituação de teor conciso se refere basicamente aos materiais que o compõem e, não especificamente, ao tipo de construção ou aos aspectos decorativos (BLUTEAU, 1712 *apud* ALBERGARIA, 1997).

Conforme Santos Neta (2017), o embrechado se disseminou pela Europa, entre os séculos XVI e XVIII, sendo que gradativamente foi explorando lugares distintos. Considerado um elemento artístico e integrado à arquitetura, compõem reprodução estética semelhante à técnica do mosaico. Esta decoração denota representação de poder, nos espaços públicos ou privados, recobrando as estruturas edificadas com composições formuladas por escórias ou até mesmo materiais não utilizados comumente no cotidiano, categorizados como: pétreos (seixos rochosos); conquiliológicos (conchas, búzios); vítreos (contas, canutilhos e canudos) e cerâmicos (azulejos, faianças e porcelanas) (MARCONDES, 1998).

Segundo Letts (1982), os primeiros exemplares da técnica do embrechado de que se tem notícia surgiram na Itália, durante a primeira metade do século XVI. Foram inicialmente produzidos com compostos pétreos e conquiliológicos na tentativa de representar grutas naturais e somente a partir do século XVIII vê-se uma maior diversificação, adotando-se vítreos e cerâmicas. A autora Machado (2012) revela que “[...] os palácios italianos agregaram a seu partido arquitetônico grutas artificiais confeccionadas com pedras naturais e rochas, caracterizando o embrechado sob a forma da mentalidade renascentista.”

Assim como o emprego inicial da azulejaria, a técnica do embrechado estava diretamente ligada à riqueza e ascensão social. Na maioria das vezes, a execução destes espaços se dava ao gosto da nobreza e era solicitada aos artistas renomados (ALBERGARIA, 1997). Com a divulgação desta prática por toda a nobreza europeia, “[...] a reprodução de grutas com embrechamento, torna-se uma prática obsessiva dentro do ciclo da elite social europeia.” (SANTOS NETA, 2017). O comércio de conchas na época chegou a mobilizar um mercado de alto valor.

Com a difusão do embrechado na Europa, esta técnica se estende aos muros dos jardins, à decoração de salas, fontes e paredes. A disseminação espalha-se para a França, Inglaterra, Alemanha, Flandres e Portugal, incentivando o intercâmbio de artistas estudiosos. Já no século XVIII, torna-se habitual o emprego das louças, as quais são visualizadas de forma mais diversificada na configuração do embrechado, é notória a presença de pratos e pires apresentando motivos, estilos, padrões artísticos, tamanhos e atributos brilhosos variados, encontrados de maneira fragmentada ou inteira (SANTOS NETA, 2017). O uso da louça

possivelmente foi devido ao brilho esmaltado que produz sob efeito da luz e a facilidade de aquisição à época. Um bom exemplo é a composição de embrechados da Igreja Bom Jesus dos Martírios em Maceió, Alagoas (**Figura 7**).

Figura 7 - Embrechados já restaurados da Igreja de Bom Jesus dos Martírios em Maceió, Alagoas



Fonte: Relatório Técnico da Construtora (2021)

No tocante à adequação e triagem destes materiais, salienta-se que estes são talhados seguindo certa simetria, proporcionando angulações e dimensões propícias para a exatidão do encaixe das peças durante a confecção, definidas como pastilhas de embrechamentos (ETCHEVARNE, 2003). Conforme revela Santos Neta (2017), a escolha das escórias é priorizada levando em consideração os fatores referentes à resistência, durabilidade, uniformidade estrutural e aspectos estéticos. A autora comenta também que “[...] a técnica tradicional de elaboração do embrechado e da aplicação das pastilhas se dá em suporte de alvenaria de pedras ou tijolos sob fina camada de argamassa em cal e areia, aplicadas com o escopo de nivelar e conter as alterações na superfície da construção.”.

Infelizmente, este legado artístico integrado à arquitetura que tanto se difundiu pela Europa, é hoje esquecido em sua relevância histórica, desaparecendo materialmente ou decompondo-se pela ação do tempo. Encerra-se este tópico com uma reflexão proposta por Santos Neta (2017) que considera

“[...] os embrechados como indícios culturais do tempo, onde as suas formas, cores, tamanhos, conteúdos, contexto em que está inserido, sociedade e os sujeitos que a integram, reportam a estes produtos características funcionais e simbólicas que correspondem às relações com seu sistema cultural, à medida que o indivíduo ressignifica os materiais empregados em sua composição, atribuindo-lhes diferentes signos e significados.”.

2.2.1. O surgimento do embrechado em Portugal

O movimento renascentista chega a Portugal no século XVI e artisticamente foi expresso, entre outros aspectos, pela técnica do embrechado que se espalhava por toda a Europa. No campo das artes, o embrechamento destacava-se como arte decorativa integrada à arquitetura, passando a fazer parte do cotidiano da comunidade portuguesa (MACHADO, 2012). Segundo Santos Neta (2017) “[...] há indicações de que assim como os azulejos, os imbricados representavam duas das tendências mais influentes no âmbito da arte durante o final do Renascimento.”.

No entanto, foi em Portugal que essa arte ganhou novo espaço e possibilidades, por acrescentar materiais diversificados, como fragmentos de porcelana, vidro, seixo, contas e azulejos, estes últimos aplicados basicamente para arrematar as composições (MECO, 1997). Os materiais cerâmicos foram usados nos embrechados durante os séculos XVIII, XIX e XX, e um exemplo desta aplicação se encontra na Quinta da Fidalga no Seixal (**Figura 8**). É importante enfatizar que, além da aplicação de novos materiais aos embrechados, suas representações portuguesas não se ativeram “[...] apenas aos espaços públicos e profanos, estendendo-se aos conjuntos religiosos, como: no interior das capelas, corredores ou até mesmo, nas fachadas dos conventos.” (SILVA, 2012).

Quanto a utilização de materiais pétreos nos embrechados, o mais comum era o uso do quartzito, mármore e calcita, por serem materiais que remetem mais profundamente as grutas naturais. Um exemplo desta aplicação encontra-se no Convento de Santa Cruz e a Via Sacra do Bussaco (**Figura 9**). Ali, segundo Meco (2008), “[...] foi empregada apenas a combinação de duas cores de seixos incrustados nas paredes – influência clara do tipo italiano.”.

Figura 8 - Exemplar de embrechado cerâmico na Quinta da Fidalga no Seixal, Portugal



Fonte: <https://mapio.net/pic/p-59678282/>

Figura 9 - Exemplo de emblema pétreo no Convento de Santa Cruz e Via Sacra, Bussaco, Portugal



Fonte: <https://pt.trekearth.com/gallery/Europe/Portugal/North/Aveiro/Mealhada/photo1224773.htm>

Portugal realizou tanta inovação em termos de emblema que chega a surpreender, edificando uma capela de ossaturas humanas no século XVII, localizada na igreja de São Francisco em Évora (**Figura 10**).

Figura 10 - Capela dos Ossos na Igreja de São Francisco, Évora, Portugal



Fonte: <https://recreio.uol.com.br/mapa-mundi/visita-sinistra-conheca-a-capela-de-ossos-em-portugal.phtml>

Materiais conchiliológicos também foram utilizados nos emblemas portugueses. Como exemplo representativo tem-se a Quinta da Fidalga no Seixal (**Figura 11**) e o Paço das Alcáçovas (**Figura 12**).

Figura 11 - Quinta da Fidalga no Seixal, Portugal



Fonte: <https://mapio.net/pic/p-59632524/>

Figura 12 - Paço das Alcáçovas, Alentejo, Portugal



Fonte: <https://media-cdn.tripadvisor.com/media/photo-m/1280/17/3a/ec/1c/capela-das-conchas-saida.jpg>

2.2.2. Influências do embrechado português no Brasil

Estima-se que a origem do embrechado em território brasileiro remonta ao século XIX, principalmente no Nordeste do país, também apresentando ocorrências tímidas no Sudeste e Centro-Oeste. Segundo Santos Neta (2017), o embrechado apareceu “[...] supostamente pela primeira vez, no estado do Rio de Janeiro, especificamente na residência imperial da Quinta da Boa Vista, no Jardim das Princesas.” (Figura 13). Neste espaço, o embrechado ornava o horto, de autoria atribuída à imperatriz Tereza Cristina e suas duas filhas, os materiais que recobrem os bancos, paredes e fontes são conchas e fragmentos de faiança fina inglesa (ETCHEVARNE, 2003).

Figura 13 – Exemplar de embrechado no Jardim das Princesas, na Quinta da Boa Vista, Rio de Janeiro



Fonte: <https://blogs.oglobo.globo.com/ancelmo/post/nunca-aberto-visitacao-publica-jardim-das-princesas-no-paco-de-sao-cristovao-sera-revitalizado.html>

No embrechado europeu, em sua maioria, a utilização do azulejo se dava apenas para complementar a composição, em tom de retoque final. Já no embrechado brasileiro, era aplicado

como função essencial, de maneira fragmentada ou inteira, muitas vezes sendo alternativa mais modesta para reposição de revestimentos em obras de restauro. Assim como em Portugal, no Brasil o embrechado se fortaleceu “[...] preferencialmente em ambientes sacros ou jardins pertencentes a nobres casarões, e estava relacionada à espiritualidade.” (MACHADO, 2012). Conforme relata Etchevarne (2003), os embrechados presentes em fachadas e torres, valiam-se tanto de fragmentos de louças quanto peças inteiras policromadas, como se percebe na Igreja de Bom Jesus dos Aflitos (**Figura 14**), onde repousam em sua torre e pináculos, restos irregulares de pratos, xícaras, sopeiras, dentre outros, os quais foram dispostos com o intuito de proporcionar um recobrimento em cor branca.

Figura 14 – Torre sineira da Igreja de Bom Jesus dos Aflitos em Salvador, Bahia



Fonte: A autora (2021)

Tanto a azulejaria quanto o embrechado cerâmico foram pontos marcantes do acervo de bens integrados artístico coloniais nos estados da Bahia e de Alagoas. De maneira semelhante ao da Igreja de Bom Jesus dos Aflitos em Salvador, encontram-se dispostos embrechados em torres e frontões das igrejas alagoanas. Um exemplo importante se situa no Centro Histórico de Maceió, a Igreja Bom Jesus dos Martírios (**Figura 15**). O monumento seria uma evidência histórica de embrechados em composição intencional, também característicos de outras igrejas católicas do período colonial brasileiro, como é o caso da Igreja Matriz de Nossa Senhora da Penha (**Figura 16**), em Salvador.

Figura 15 – Torre sineira da Igreja Bom Jesus dos Martírios em Maceió, Alagoas



Fonte: A autora (2021)

No Brasil são escassos os exemplares restantes atualmente, persistindo às intempéries e ao descaso. Meco (2008) atesta que o embrechado deve ter sido prática frequente no passado, pois ainda há vestígios que decoram alguns interiores e exteriores de edifícios históricos célebres. Azulejos e embrechados, apesar de serem influências portuguesas, representam matéria viva da história brasileira capaz de registrar visivelmente no tempo o esquecimento que temos sobre nossas origens.

Figura 16 – Frontão da Igreja de Nossa Senhora da Penha em Salvador, Bahia



Fonte: A autora (2021)

2.3. ARGAMASSAS DE ASSENTAMENTO ANTIGAS

Não se pode falar do legado histórico e artístico que provém dos azulejos e embrechados portugueses sem atribuir importância às argamassas antigas de assentamento e ao modo como eram feitas. A tecnologia dos materiais avançou no decorrer dos séculos, desapegando de

‘velhos costumes’ e nos impondo novos, porém utilizar o material da ‘moda’ nem sempre recorre em acertos, principalmente no que se refere ao restauro de patrimônios tombados.

As argamassas consideradas antigas ou tradicionais são aquelas manipuladas anteriormente ao advento do cimento Portland, em 1824, e segundo Veiga (2007) “[...] as argamassas aplicadas em revestimentos e assentamentos antigos eram constituídas por argamassas de cal aérea e areia.”. Até meados do século XIX, a cal era o aglomerante por excelência utilizado nas construções, tanto para assentamento, quanto para revestimento (SALLES, 2017). A primeira utilização conhecida da cal, inicialmente misturada com areia, na formulação de argamassas de revestimento e assentamento chega com os gregos (séc. VII a.C. a II a.C.) (PAPAYIANNI et al., 2013).

Além dos gregos, os etruscos e romanos também utilizaram argamassas de cal em suas construções. O uso de pozolanas naturais pelos romanos data de cerca de 300 a. C. que coincide com o uso de argamassas de cal para fins estruturais em Roma (TORRACA, 2009). De acordo com Souza (2013), “[...] a primeira descrição em manuscrito que sobreviveu e chegou como conhecimento sobre a forma do uso das técnicas tradicionais de se construir no período de domínio Romano, foi escrito por Vitrúvio.”. Intitulado ‘*De Architectura Libri Decem*’ e escrito no século I a.C, foi somente descoberto em 1414 e chegou a influenciar toda uma geração de arquitetos tratadistas que viria séculos mais tarde, a exemplo de Alberti, Andrea Palladio e Michelangelo.

Os autores Alvarez et al. (2005) nos revelam que as argamassas descritas nos manuscritos de Vitrúvio “[...] eram constituídas basicamente por cal hidratada, areia vulcânica ativa, pozolana artificial obtida a partir de telhas moídas e argila caolítica calcinada a aproximadamente 800°C.”. Além destes compostos principais, os romanos tinham basicamente três variações de argamassas: *opus cementicium* (composição formada por cal, areia e pozolana, ou pedaços de tijolo ou turfa), *cocciopesto* (mistura de cal com pedaços de tijolo) e *opus signinum* (argamassa de areia com grande dureza proveniente do norte de Roma denominada *carbunculus*). O arquiteto romano ainda explica em seus livros que após a extinção da cal virgem, esta deveria ser misturada com três partes de areia, se de origem fóssil, e duas partes de areia, se de origem fluvial ou marinha, considerando estas as proporções ideais para aplicação.

A cal aérea passou a ser utilizada em menor proporção nas argamassas quando houve a decadência do Império Romano, já que esse aglomerante era o material mais caro (JAPIASSÚ,

2011). Segundo Alvarez et al. (2005), com o fim da hegemonia romana, as argamassas foram decaindo em qualidade, apresentando teores de argila e areia mais elevados.

Na Idade Média, com as expansões marítimas em alta e a necessidade de argamassas capazes de aglomerar em contato com água, a descoberta da cal hidráulica no século XVI e a sequência de estudos aprofundados de John Smeaton no século XVIII, viria a revolucionar as possibilidades de emprego. Outra contribuição importante de estudos sobre argamassas foi a de Louis Vicat, no início do século XIX, demonstrando que “[...] para se obterem ligantes hidráulicos ou cimentos não era necessário que a argila estivesse naturalmente incorporada no calcário, bastando misturar argila com calcários finamente moídos e cozendo essa mistura para se obter, por via artificial, o que naturalmente se obtinha pela cozedura dos calcários argilosos.” (COUTINHO, 1988 *apud* MARGALHA, 2011).

Em 1824, Joseph Aspdin patenteia, então, o processo de obtenção da cal hidráulica artificial. Conforme Margalha (2011) citando Coutinho (1988), “[...] o cimento obtido através dessa cal ficou conhecido como cimento Portland devido às suas semelhanças em termos de cor, solidez e durabilidade ao calcário da ilha de Portland, sendo, no entanto, um produto diferente do cimento Portland dos dias de hoje.”. Com isso, o cimento passa a ser produzido em larga escala a partir da segunda metade do século XIX, sendo ainda hoje o ligante mais utilizado em construção. A expansão do uso do cimento Portland em substituição à cal, possivelmente, se deu devido a elevada resistência mecânica já nos primeiros dias e a rapidez de ganho na execução que se obtinha com isso.

Apesar da nova tendência no emprego do cimento Portland em argamassas, a cal não foi de todo abandonada, chegando a produzir combinações de cimento, cal e areia, denominadas por argamassas mistas. Mesmo que adequadas para as construções atuais, argamassas de cimento Portland “[...] revelam-se incompatíveis com a generalidade das construções antigas e, contrariamente aos conceitos nutridos durante anos, apresentam menor durabilidade que as argamassas de cal, quando estas são bem executadas e devidamente aplicadas.” (VEIGA, 2007).

2.3.1. O emprego das argamassas antigas de assentamento em Portugal

As misturas que dão origem às argamassas tradicionais, na maioria das vezes, seguiam o costume do mestre de fazeres (encarregado das obras) e a utilização de matéria prima local (RODRIGUES, 2013). Kanan (2008) revela que no passado houve uso de materiais diversos, tais como: mucilagem vegetal, proteínas (caseína do leite, clara de ovo), óleos animais (peixes,

baleia), óleos vegetais (linhaça) e gorduras (sebo), fibras vegetais e animais (palhas, crina, estrume). Estes aditivos naturais influenciavam, principalmente, na trabalhabilidade da argamassa e no controle de retrações em estado endurecido.

Conforme os escritos do padre português Ignácio de Vasconcellos (1733), em Lisboa foi encontrada uma terra avermelhada conhecida por saibro que fazia boa liga com a cal, sendo esta provavelmente integrada na maioria das argamassas lisboetas de cal da época. Ainda segundo o pesquisador português Santos (1994), “[...] nas casas da Baixa Pombalina, em Lisboa, era usado o saibro, uma areia argilosa amarelo avermelhada, misturada com cal em pedra e porções de sebo.”.

No sul de Portugal, era muito comum o uso tradicional de cal como revestimento de paredes, conhecido por caiação (**Figura 17**), de influência muçulmana, devido ao longo período de ocupação no território português, perdurando do século VII ao XII. Consolida-se o hábito “[...] de cair anualmente as paredes das casas e os muros das habitações que ainda hoje se verifica em algumas aldeias e em parte nas cidades [...]” (MARGALHA, 2011).

Provavelmente devido ao seu custo, em Portugal o cimento foi inicialmente introduzido em obras em que a hidráulica era fundamental pela presença constante de água, como fossas sépticas, infraestruturas de águas e esgotos (CAJADO, 2016). Em seguida, o cimento passa a ser incorporado nas argamassas mistas portuguesas, tornando-se na segunda metade do século XX seu principal ligante. Com a modificação do cenário, a cal portuguesa cai em completo desuso, assim como por toda a Europa.

Figura 17 - Caiação em Santa Susana, Portugal



Fonte: <https://whotrips.com/2019/06/12/o-azul-de-santa-susana/>

2.3.2. O emprego das argamassas antigas de assentamento no Brasil

Assim como as referências artísticas do azulejo e do embrechado, as argamassas tradicionais de assentamento cerâmico seguiram influências lusitanas, que por sua vez, eram pautadas nos ensinamentos de Vitruvius. O uso de argamassas de cal no Brasil remonta do período colonial, antecedendo a fundação da cidade de Salvador, em 1549. Segundo Santiago (2012) com base nos Arquivos Nacionais da Torre do Tombo de 1551, para a construção da capital, teriam vindo de Portugal, além de outros profissionais, os caeiros. Estes profissionais seriam responsáveis pelo preparo do aglomerante, visto que esta técnica “[...] era aprimorada ao longo do tempo, a partir de tentativa e erro e esse conhecimento adquirido e repassado por gerações.” (CHAROLA; HENRIQUES, 1999).

Desde o início da colonização no Brasil foi utilizada a queima de conchas marinhas na obtenção da cal, fato evidente nas argamassas de revestimento e assentamento dos fortes, casarios e azulejos da cidade de Salvador, Bahia (KANAN, 2008). No século XVII, em Belém, nos bairros da Cidade Velha e Campina, foram construídos fornos para calcinação de conchas, com o objetivo de produção de cal para aplicação nas argamassas utilizadas na construção das edificações do centro histórico (SANTIAGO, 2007).

Um registro interessante é o de Sousa (1587) que “[...] informava não ser necessário o envio de pedras de lioz de Portugal para a confecção da cal, já que os corais atendiam muito bem ao objetivo, conseguindo-se obter uma cal de ótima qualidade [...]”. Diante destes relatos, fica claro que a cal brasileira de início era produzida a partir da extração de corais e conchas, diferentemente de como era em Portugal, por meio de rochas calcárias.

De acordo com Souza (2013), os traços em volume mais comumente utilizados eram o 1:1, 1:2, 1:3 e 1:4 com variações nas adições de alguns materiais, a exemplo o pó de tijolo e pó de pedra, com propriedade pozolânica, e óleos, tendo como aglomerante principal a cal maturada. Há indícios de utilização de argamassas bastardas (aqui no Brasil denominadas argamassas de cal com adição de solo) também por influência portuguesa. Ainda que raro o emprego das argamassas de cal em práticas de restauro, Santiago (2012) afirma que, “[...] o solo é acrescentado à argamassa de cimento, sob a forma de caulim ou arenoso, em algumas regiões do país, com a função básica de alteração da plasticidade e minoração da retração [...]”.

De forma muito semelhante com o ocorrido em Portugal e por toda a Europa, após o período colonial, a cal entra em desuso nas práticas de reabilitação brasileiras, juntamente com

todo o conhecimento experimental e empírico gerado por séculos de aplicação. Com isso, “[...] a substituição das argamassas de cal por argamassas de cimento no patrimônio arquitetônico tornou-se comum, criando novos problemas.” (SALLES, 2017).

2.4. OS CONCEITOS DE CESARE BRANDI E A CARTA DE VENEZA

A Carta de Veneza de 1964 é um documento basilar e deontológico, fruto do II Congresso Internacional de Arquitetos e de Técnicos de Monumentos Históricos, realizado na cidade de Veneza (ICOMOS, 1971). Considerada uma carta patrimonial de caráter indicativo e não normativo, constituinte do pilar do ICOMOS (*International Council on Monuments and Sites*), tem evidentes influências do pensamento brandiano, divulgado um ano antes de sua publicação. De acordo com Kühn (2010), é pautada no conceito de que as práticas de restauro não devem voltar a um estado anterior e sim ir em direção a uma conformação renovada, que respeite as fases precedentes e as próprias marcas da passagem do tempo. Também revela que se deve trabalhar com plena consciência de que qualquer ação é sempre ato do presente, não provedora da reversibilidade do tempo, intervindo na realidade figurativa do bem, controlando e prefigurando suas transformações.

Segundo a carta, toda a ação de restauro não deve inviabilizar intervenções futuras, pois mudanças de situação, a existência de uma crítica mais bem esclarecida ou de técnicas mais adequadas, podem tornar necessário – ou oportuno – intervir novamente na obra. O documento vem a corroborar o pensamento brandiano que afirma, segundo Kühn (2010), que o escopo essencial da restauração não é apenas assegurar a subsistência da obra no presente, mas também assegurar sua transmissão às gerações futuras. Visto que não há como garantir que a obra não terá necessidade de outras intervenções ao longo do tempo, mesmo que simplesmente conservativas, deve-se facilitar e não impedir as eventuais práticas posteriores. Ainda, em seu artigo 9º

‘A restauração é uma operação que deve ter caráter excepcional. Tendo por objetivo conservar e revelar os valores estéticos e históricos do monumento e fundamentar-se no respeito ao material original e aos documentos autênticos.’

Complementando o artigo 9º, o artigo 10º declara que

‘Quando as técnicas tradicionais se revelarem inadequadas, a consolidação do monumento pode ser assegurada com o emprego de todas as técnicas modernas

de conservação e construção cuja eficácia tenha sido demonstrada por dados científicos e comprovada pela experiência.’

Conforme Kühn (2010), a Carta de Veneza demonstra maior prudência que a Carta de Atenas (1931) quando permite, com exceções, o emprego de novos materiais e técnicas nas práticas de restauro. Na década de 30, não se tinha o controle adequado dos materiais, nem conhecimentos suficientes sobre o comportamento destes incorporados ao restauro à longo prazo. Anteriormente à sua publicação, aprovava-se o emprego de todos os recursos da técnica moderna, especialmente, o uso do cimento e do concreto armado. Isto gerou uma série de intervenções equivocadas, a exemplo dos trabalhos no Partenon. Ao exigir, no corpo da Carta, a eficácia dos materiais e técnicas adotadas comprovadas pela experiência e dados científicos, preconiza a compatibilidade destes, ainda reiteradamente desrespeitada na prática. Brandi vem a se manifestar quanto a isto, antes mesmo da publicação oficial de sua Teoria da Restauração de 1963, conforme consta no trecho de seu artigo sobre restauração de pinturas antigas, publicado em 1958

‘Deve-se ser terminantemente contrário ao uso de novos materiais sintéticos ou mesmo de aglomerados, prensados e assim por diante, cuja experiência seja de apenas poucos quinquênios. Antes de substituir um material de longo uso de que se tenha a experiência de séculos e de que, por isso, se conheçam bem tanto os defeitos quanto as qualidades, deve-se ter certa prudência que jamais será excessiva.’

Brandi também admite que, em função das condições do objeto a ser restaurado, uma parte da consistência material poderá ser sacrificada, levando-se em conta a prevalência da instância estética. De acordo com Oliveira et al. (2017), isto significa dizer que, caso necessário, haverá uma hierarquia de valores, a qual fará decidir o sacrifício de uma parte para preservação de outra tida como mais relevante. Diante deste pensamento, os autores definem que, quanto à azulejaria e embrechado, a obra de arte está no desenho e na policromia (ou monocromia) da superfície vidrada, sendo o biscoito seu suporte direto e, conseqüentemente, secundário, embora não desprezível, como testemunho de valor cultural. Quanto à argamassa de assentamento, localizada mais abaixo, portanto considerada o substrato do substrato do desenho, encontra-se esta colocada em terceiro plano. Assim, de acordo com os autores, poderia ser sacrificada se a integridade da obra de arte estiver ameaçada.

2.5. RECOMENDAÇÕES TÉCNICAS PARA ARGAMASSAS DE RESTAURO

De acordo com Cury (2004), citando a Carta de Veneza (ICOMOS, 1971) e Brandi (2008), o conceito de intervenção mínima é a premissa para se trabalhar com argamassas de assentamento de azulejos e embrechados. Desse modo, o Manual de Materiais e Técnicas Tradicionais de Assentamento de Azulejos de Fachadas da Câmara Municipal de Ovar (2012), em Portugal, estabeleceu requisitos (**Quadro 1**) a serem considerados em técnicas retrospectivas:

- (a) preservar as técnicas e materiais das paredes antigas onde serão aplicadas;
- (b) garantir compatibilidade mecânica, química e física;
- (c) apresentar resistência e durabilidade;
- (d) garantir o princípio da reversibilidade (amovibilidade garantida sem causar danos ao conjunto histórico pré-existente).

Quadro 1 – Parâmetros necessários para argamassas de reabilitação

| Propriedade das argamassas | Parâmetro |
|---|---|
| Retração | Reduzida |
| Módulo de Elasticidade | Reduzido |
| Resistência à Compressão e Tração na Flexão | Similar às argamassas antigas |
| Aderência | Suficiente, mas sem impedir reversibilidade |
| Coefficiente de Capilaridade | Reduzido |
| Permeabilidade ao Vapor de Água | Elevado |
| Conteúdo em Sais Solúveis e Higroscópicos | Nulo |

Fonte: Adaptado de CÂMARA MUNICIPAL DE OVAR (2012)

Assim como em Portugal, no Brasil há o Manual de Conservação e Intervenção em Argamassas e Revestimentos à Base de Cal, proposto pelo IPHAN e desenvolvido por Kanan (2008) que segue na mesma linha de raciocínio. A autora relata que garantir a compatibilidade entre a argamassa de restauro e o substrato e/ou a argamassa antiga, não significa obrigatoriamente seguir a composição original, mas formulá-la de modo a se adequar com a estrutura e suas necessidades, apresentando boa resistência aos sais solúveis e outros agentes de degradação. Desse modo, Veiga (2005) estabelece limites numéricos para as propriedades das argamassas de reabilitação seguindo requisitos físicos, químicos e mecânicos que permitam a adequada compatibilização entre substrato antigo e reconstituente (**Tabela 1**).

Tabela 1 – Limites numéricos para as principais propriedades das argamassas de reabilitação

| Módulo de elasticidade (MPa) | Resistência à tração (MPa) | Resistência à compressão (MPa) | Coefficiente de capilaridade (kg/m².h^{1/2}) |
|-------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|--|
| 2000 - 5000 | 0,20 - 0,70 | 0,40 - 2,50 | 8,00 - 12,00 |

Fonte: Adaptado de VEIGA (2005)

Além disso, no estudo de Santos e Veiga (2012), delimitou-se a resistência de aderência à tração ideal para as argamassas de assentamento em edificações históricas compreendida entre 0,1 e 0,3 MPa. Conforme já dito anteriormente, as argamassas que melhor atendem estes parâmetros são àquelas com cal aérea ou hidratada. As argamassas de cal têm um baixo potencial de eflorescência devido à sua pureza química ser relativamente alta. As mesmas também apresentam “[...] menores resistências mecânicas, são menos rígidas e estão sujeitas a um menor grau de fissuração que as argamassas de cimento.” (BOTAS, 2009).

De acordo com Ferreira (2009), até se pode admitir reforço do traço com aplicação de argamassas mistas (baseadas em cal aérea e hidráulica) ou argamassas de cal com aditivos pozolânicos, em casos pontuais onde haja, por exemplo, um histórico de roubo de azulejos, normalmente em níveis acessíveis. Já Veiga (2003) defende que as argamassas com cal aérea e pozolanas seriam as ideais, visto que possuem propriedades intermediárias entre as argamassas compostas somente de cal ou somente de cimento, e melhoram algumas características das argamassas sem ocasionar manifestações patológicas.

As recomendações citadas são fundamentais para minimizar ou até mesmo impedir o desenvolvimento de manifestações patológicas nos azulejos e embrechados, tais como trincas e/ou fissuras, perda do vidrado e destacamento. No tocante às argamassas para reabilitação de assentamento, a aderência e o coeficiente de capilaridade são as propriedades mecânicas e físicas mais discutidas, porém todas podem afetar em algum grau a vida útil das cerâmicas. Quanto aos materiais constituintes, os manuais técnicos não discutem sobre a possibilidade de emprego de novas tecnologias, como é o caso das colas e argamassas poliméricas, nem estabelecem parâmetros numéricos específicos para elas.

2.6. O EMPREGO DE ARGAMASSAS E AS ANOMALIAS DECORRENTES

O uso crescente de argamassas de cal hidráulica no início do século XIX e o cimento como aglutinante no século XX levou a uma forte tendência à aplicação desses novos materiais

também em práticas de restauro. Em relação ao patrimônio cultural e arquitetônico, a substituição das argamassas de cal por argamassas de cimento se tornou corriqueira, tendo em vista as facilidades do uso destas últimas em razão da pega rápida e do desenvolvimento de resistência inicial elevada do aglomerante hidráulico (SALLES, 2017). No entanto, de acordo com Appleton (2011) “[...] diversas anomalias associadas às argamassas de cimento ocorrem não só em revestimentos correntes, como os rebocos, mas também em revestimentos associados aos azulejos, causando frequentemente desprendimentos (quando se rompe a ligação entre os azulejos e a argamassa de assentamento) (Figura 18) e fendilhação (quando a resistência dos azulejos é inferior à resistência de ligação entre a argamassa e o azulejo) (Figura 19)”. Ainda segundo Botas et al. (2017), o cimento pode causar contaminação por sais solúveis, redução da permeabilidade da parede ao vapor de água e adesão excessiva comprometendo a reversibilidade do material. Estes fatores em conjunto afetam a vida útil das argamassas de cimento em relação às tradicionais de cal (traços 1:3 a 1:4 com adição de cerâmicas moídas) e a isto implica novos custos com intervenções.

Figura 18 - Ocorrência de desprendimento em azulejo português



Fonte: FREITAS (2015)

Figura 19 - Ocorrência de fendilhação em fachada azulejar de Aveiro, Portugal



Fonte: MARTINS (2010)

O Manual de Conservação e Intervenção em Argamassas e Revestimentos à Base de Cal, proposto pelo IPHAN e desenvolvido por Kanan (2008) revela que “[...] o uso de cimento não é recomendado, pois, em grandes quantidades, produz argamassas muito fortes e impermeáveis, quase sempre incompatíveis com as características dos edifícios históricos.”. A autora explica também que mesmo “[...] o cimento em pouca quantidade (até 5%) em argamassas à base de cal aérea mostrou-se negativo, tal como os resultados da pesquisa de Teutonico et al. (1994)”. Na pesquisa os autores identificaram que o cimento atrapalha a carbonatação da argamassa mista, interferindo em seu processo de cura. Corroborando esta informação, o estudo de

Martínez e Carro (2007) avaliou oito traços diferentes de argamassas mistas (cimento e cal) com teores diversos dos aglomerantes. Em todos os casos analisados, as argamassas apresentaram baixa permeabilidade ao vapor de água e presença de sais, mesmo aquelas com concentração de cimento inferior a 33%. Além disso, nas concentrações de cimento superiores a 33% foi verificado também alta resistência mecânica.

Mesmo diante do estado da arte que comprova os malefícios do uso de argamassas cimentícias na reabilitação, ainda assim “[...] são poucos os profissionais que, ao intervir em uma edificação antiga, com ou sem fachada azulejada, não utilizem a solução mais barata e mais rápida que consiste no uso de argamassas contendo o cimento Portland.” (CAJADO, 2016). Esta situação decorre muitas vezes da falta de rigor no cumprimento de requisitos fundamentais, como a compatibilidade a nível mecânico, físico e químico entre as argamassas ‘novas’ e as alvenarias antigas que os revestimentos têm função de proteger e conservar (FARIA et al., 2008).

2.6.1. Aderência excessiva e incremento de tensões ao substrato

Qualquer nova argamassa usada na conservação de edifícios antigos deve fornecer a reversibilidade da intervenção por vários motivos: necessidade de descontaminação ou limpeza de azulejos; verificação de incompatibilidades físicas e/ou químicas após a aplicação; possível reparação do suporte do edifício com a remoção de alguns ladrilhos (BOTAS et al., 2017). Caso tenha sido aplicada argamassa cimentícia em algum momento da história da edificação, isto é claramente percebido durante o processo de intervenção de azulejos e embrechados (**Figura 20**). Conforme Oliveira et al. (2017), no documento intitulado ‘Projeto de Restauro da Azulejaria Franciscana do Claustro da Igreja de São Francisco, em Salvador (BA)’,

“[...] se a argamassa for original ela é de cal e areia e não oferece resistência à remoção das peças. Somente nos casos em que os azulejos já se soltaram e foram reaplicados, inadequadamente, com cimento Portland, a dificuldade é bem maior.”

Este fato é confirmado por Cajado (2016) ao revelar que “[...] na possibilidade de uma intervenção futura a fim de se retirar o cimento aplicado e substituí-lo por um material adequado, os azulejos podem ser totalmente inutilizados, pois devido à forte adesão a que estarão submetidos, não sairão íntegros da fachada.”.

Figura 20 – Dificuldade de remoção dos azulejos devido argamassa cimentícia na Ala da Sacristia no Claustro da Igreja de São Francisco (BA)



Fonte: Relatório Técnico da Construtora (2020)

Outro fator complicador que se pode citar é a pega quase instantânea das argamassas cimentícias, o que segundo Kanan (2008) “[...] nem sempre é uma vantagem quando aplicadas nas estruturas antigas que se acomodam lentamente às ações do tempo e das intervenções, além de eventualmente provocarem danos a tais estruturas.”. O seu rápido endurecimento provoca a deterioração do suporte devido às tensões produzidas, e os elevados módulos de elasticidade, de resistência à tração e de aderência geram tensões muito grandes na alvenaria que resultam frequentemente na fissuração, e logo, na entrada de água no suporte (FERREIRA, 2009). Estas fissuras podem chegar, em maior grau, a colapsar a edificação, necessitando de intervenções rápidas em reforços de alvenaria (**Figura 21**), pois “[...] as alvenarias antigas são estruturadas com materiais porosos e deformáveis, onde a capacidade de resistência é assegurada essencialmente por sua espessura e revestimentos.” (VEIGA, 2003). As fissuras no suporte, aparecem geralmente porque as argamassas cimentícias, mais rígidas se comparadas às argamassas tradicionais de cal aérea, não conseguem acompanhar a deformação da alvenaria antiga.

Ainda se pode comentar a respeito do coeficiente de expansão térmica das argamassas cimentícias que, segundo Elert (2002), pode ser até duas vezes maior que o das argamassas de cal e da maioria dos tipos de tijolo e pedra. Diante disto, Mateus (2013) realizou em sua pesquisa a termografia em diagnóstico de azulejos, observando que as juntas dos azulejos que apresentaram temperatura inferior possuíam argamassa de natureza cimentícia aplicada em intervenções anteriores. Esta diferença observada na termografia é possivelmente devido ao coeficiente de expansão térmica do cimento ser diferente daquele das argamassas tradicionais,

conduzindo ao incremento de tensões ao redor e o conseqüente destacamento dos azulejos contíguos.

Figura 21 - Parede da Ala da Sacristia no Claustro da Igreja de São Francisco (BA) sendo submetida a reforço para amarração de fissura, após retirada dos painéis de azulejo



Fonte: Relatório Técnico da Construtora (2020)

Em relação à resistência à compressão aos 28 dias, a pesquisa de Souza et al. (2012), comparou um traço em volume de argamassa cimentícia (1:3), um traço em volume de argamassa de cal aérea (1:3) e outro traço em volume de argamassa mista (1:1:6). A argamassa mista (cimento e cal) atingiu 6,73 MPa, enquanto a argamassa de cal aérea, em mesma idade, apenas 1,24 MPa. Já a argamassa cimentícia chegou em aproximadamente 15 MPa, representando resistência à compressão aos 28 dias cerca de doze vezes maior.

2.6.2. Permeabilidade e porosidade comprometidas

A umidade é a principal causa de degradação dos revestimentos, tais como azulejos e embrechados. A utilização de cimento na composição das argamassas de assentamento e revestimento favorece o acúmulo de água no interior do substrato e na interface que não foram preparados inicialmente para recebê-la com intensidade.

As edificações antigas eram formadas por paredes espessas e porosas, muitas delas autoportantes, em conjunto com argamassas tradicionais de cal aérea, sendo fundamentais para a estabilidade da edificação. De acordo com Souza (2013), não havia a necessidade de impedir a capilaridade ascendente, visto que, a própria estrutura permitia e facilitava a liberação da água por evaporação através do revestimento, evitando a permanência prolongada de umidade excessiva. Já com o advento da aplicação do cimento em novas edificações e o conhecimento

de que este material é mais impermeável, “[...] o sistema construtivo das edificações atuais passa a ser estruturado de forma a impedir ao máximo a penetração de água do exterior, com o uso das chamadas cintas de amarração de concreto armado e de cortes de capilaridade junto das fundações que dificultam a capilaridade ascendente, além do uso de aditivos hidrófugos e revestimentos impermeabilizantes.” (SOUZA, 2013). Tem-se, portanto, uma problemática visível: a aplicação de material de baixa capacidade de absorção de água por capilaridade e baixa permeabilidade ao vapor de água em edificações históricas não consonantes com suas características.

Conforme Kanan (2008), os potenciais danos causados pelas argamassas de cimento são decorrentes de sua porosidade, inferior à das argamassas à base de cal, e formada por microporos de maior força capilar e maior impermeabilidade, o que provoca maior retenção de umidade nas paredes. Corroborando esta informação, Henriques (2007) afirma que a ascensão da água nas paredes está relacionada com a porosimetria (tamanho dos poros) dos materiais constituintes, pois quanto menor o diâmetro dos poros maior é a altura teórica que a água pode atingir. Este fenômeno ocorre na medida em que a água evaporada pelo revestimento compense a água que penetra por capilaridade ascendente, proveniente do contato das fundações com o solo. Isto significa que, se há barreiras que dificultam a evaporação da água pela face externa das paredes, a ascensão da água no interstício do substrato será muito maior e muito mais danosa que a desejada. Henriques (2007) relata ainda que “[...] quanto maior a espessura da alvenaria maior será o nível de umidade atingido por ela [...]”, fato já existente nas edificações históricas por si só, mesmo sem a aplicação de argamassa cimentícia.

Cajado (2016) desenvolve uma linha de raciocínio bem didática e direta sobre o ciclo prejudicial do uso de argamassa cimentícia em edificação histórica no que tange à umidade:

“Como consequência, a água que naturalmente entrava e saía da edificação graças à elevada porosidade e permeabilidade das argamassas originais de cal, permanecerá por mais tempo, principalmente na interface entre a camada de azulejos e o suporte. Estará em contato, portanto, com o tardo dos azulejos, pois a sua tendência natural é a de sair pela fachada. Essa umidade constante no tardo será transmitida a todo o corpo do azulejo o qual se expandirá ao máximo, devido à absorção de uma quantidade de água além da sua capacidade. Os próximos ciclos de molhagem/secagem, novamente expandirão o azulejo que na sequência, se descolará da fachada. O descolamento do azulejo transmite esforços de compressão aos demais que possivelmente também se destacarão, formando conjuntos de azulejos

instáveis que em seguida se desprenderão inteiros da fachada. Posteriormente à queda de alguns exemplares, a fachada fica ainda mais vulnerável aos agentes agressores externos, recomeçando o ciclo com intensidade ainda maior.”

O acúmulo de água por longo período nas alvenarias históricas e nas interfaces dos azulejos e embrechados provocam, além de risco estrutural à edificação, danos muitas vezes irreversíveis de valor histórico-artístico. A água, juntamente com a presença de sais solúveis, é responsável pela perda do vidrado (chegando a mais de 70%) e perda de matéria cerâmica, apagando as mensagens contidas nas imagens (**Figura 22**). Além disso, segundo Magalhães (2008), a presença de umidade é a condição necessária para a disseminação de outros agentes deteriorantes, tais como gases poluentes e crescimento biológico. Na **Figura 23** pode-se perceber a presença de vegetação incrustada nos rejunte dos azulejos e manchas de bolor tomando conta após queda do vidrado, nas fiadas próximas ao solo.

Figura 22 – Azulejo com perda de vidrado e perda de matéria cerâmica na Ala da Rua no Claustro da Igreja de São Francisco (BA)



Fonte: Relatório Técnico da Construtora (2020)

Figura 23 – Azulejos próximos ao solo com presença de crescimento biológico e manchas de bolor na Igreja Bom Jesus dos Martírios (AL)



Fonte: Relatório Técnico da Construtora (2020)

2.6.3. Ocorrência de eflorescência e criptoflorescência

A impermeabilidade da camada de assentamento devido ao uso do cimento, também provoca a alteração do percurso habitual da água e das soluções salinas, modificando a lógica funcional dos edifícios antigos e propiciando a ocorrência da cristalização dos sais em regiões onde suas consequências podem ser ainda mais danosas (CAJADO, 2016). Sendo assim, segundo os autores Antunes e Tavares (2003), “[...] a adição de cimento às argamassas de cal deve ser evitada, pois o cimento Portland transporta íons alcalinos que têm um efeito desastroso sobre os ladrilhos.”.

Os álcalis presentes na composição do cimento Portland variam, de acordo com Adamson (1990), em média entre 0,02% e 0,09% em peso de cimento e não representam sozinhos os únicos vilões da possível ocorrência do fenômeno da eflorescência. Guterres (2016) relata que os sulfatos contidos nos cimentos contribuem para constituir a suspeita de que estes elementos podem ser tão significativos quanto os teores de álcalis para a manifestação de eflorescência. A adição comum de gesso, composto basicamente por sulfato de cálcio, ao cimento para o retardo da pega é uma grande problemática. Durante o seu endurecimento, formam-se sais solúveis em água que “[...] podem ser perigosos para os revestimentos, principalmente quando o suporte é pouco resistente.” (MARGALHA, 2011). Confirmando este fato, Gonçalves (2011) considera que a ação dos sais solúveis afeta de forma geral edifícios antigos e constituem uma das principais causas da sua degradação, diminuindo progressivamente a segurança estrutural das construções.

Quando se atua em conjunto a umidade excessiva, a baixa permeabilidade ao vapor de água e a presença de sais solúveis inicia-se um ciclo de cristalização e recristalização microscópica com efeitos expansivos capazes de expulsar azulejos e embrechados inteiros do suporte, ou em casos extremos, carcomer o vidro e o material cerâmico. Os sais presentes na argamassa e/ou no substrato ao entrar em contato com a água, dissolvem-se e são transportados por ela para a superfície da parede, fenômeno conhecido por eflorescência (**Figura 24**). Como o ar interage diretamente na superfície, este cristaliza os sais que passam a se depositar no revestimento e reduz ainda mais a permeabilidade que já se encontrava comprometida com a aplicação do material cimentício. A concentração de sais cristalizados e impossibilitados de deixar a edificação, transmite esforços ao suporte, podendo este não resistir e fissurar. Os fatores termodinâmicos e cinéticos, que influenciam a pressão de recristalização, estão diretamente ligados a presença da umidade, a ascensão capilar, a evaporação, a hidratação do

cimento, aos sais que contatam o edifício e, também, pela atividade metabólica de micróbios (SANDERS et al. 2007).

Figura 24 – Cristalização de sais com desagregação do tardo e incrustações salinas no vidrado



Fonte: ESTEVES et al. (2016)

Quando os sais migram para o interior da edificação, estes se cristalizam e atingem poros e vasos capilares de materiais estruturais, reduzindo a vida útil do imóvel como um todo, fenômeno denominado criptoflorescência (CAJADO, 2016). De acordo com Souza (2013) a criptoflorescência é quando a cristalização dos sais ocorre entre o revestimento e o substrato, e/ou nos poros e/ou vasos capilares destes materiais, gerando aumento de volume por serem expansivos. A expansão gera o desprendimento dos azulejos e embrechados do suporte, provocando quedas, quebras e acidentes, tais como o ocorrido na **Figura 25**.

Figura 25 – Destacamento do vidrado e quebra do azulejo após desprendimento na Ala da Igreja no Claustro de São Francisco (BA)



Fonte: Relatório Técnico da Construtora (2020)

2.7. OS CASOS DE MACEIÓ (AL) E SALVADOR (BA)

Segue-se uma breve caracterização dos monumentos que tiveram suas intervenções de restauro acompanhadas durante a pesquisa, de modo que se possa entender a relevância histórica e artística nacional que representam.

2.7.1. Claustro da Igreja e Convento de São Francisco, Salvador (BA)

O Convento e Igreja de São Francisco, em Salvador (BA), foi o primeiro monumento tombado individualmente pelo IPHAN, inscrito sob o nº 1 do Livro Histórico e nº 11 do Livro de Belas Artes, em 31 de março de 1938. De acordo com o Parecer Técnico nº 767/2019 da Secretaria de Perícia, Pesquisa e Análise (SPPEA), a edificação é inserida em área tombada pelo IPHAN, no Conjunto Arquitetônico, Paisagístico e Urbanístico do Centro Histórico da cidade de Salvador, em 19 de julho de 1984. Esta área foi também inscrita na lista de Patrimônio Cultural Mundial pela UNESCO, em 2 de dezembro de 1985, e reconhecida como Patrimônio da Humanidade, tamanha sua importância.

O monumento pode ser considerado, segundo Meco (1998), “[...] o mais extraordinário conjunto da azulejaria barroca existente.” e foi eleito como uma das Sete Maravilhas de Origem Portuguesa no Mundo, uma relíquia artística dos franciscanos que passaram pelo Brasil durante a colonização. Conforme Jackisch (2019), destaca-se pela sua história, arquitetura barroca, exuberância do seu interior com talhas revestidas em folhas de ouro e seu rico acervo da azulejaria portuguesa (**Figura 26**). Também estima-se ter o segundo maior revestimento da azulejaria portuguesa sob o mesmo teto no Brasil.

Figura 26 – Exterior e interior da Igreja de São Francisco, Salvador (BA)



Fonte: A autora (2021)

No livro intitulado ‘Igrejas e Conventos da Bahia’ de Maria Helena Ochi Flexor, conta-se que os franciscanos se instalaram inicialmente em capela e casas provisórias já existentes no mesmo lugar do atual conjunto do convento, em 1585. Sua construção teve início pelo convento e por uma pequena capela em 1587, mas foi destruída na invasão holandesa. Em 1723 a reconstrução da igreja foi dada como concluída, mas as obras só terminaram em 1782, atribuindo-se sua coordenação ao mestre Manuel Quaresma. Quando a igreja completou um século de existência, azulejaram-se as duas torres com pedras brancas e azuis, vindas de Portugal. Ainda, de acordo com Flexor (2010), em 2 de março de 1893, houve a vinda de frades alemães da Província da Saxônia. Com o consentimento de Roma, esses frades iniciaram a restauração da ordem, no início do século XX, e promoveram uma grande reforma na igreja entre 1926 e 1930, reforma esta que se estima ser responsável pelo emprego de argamassas cimentícias no reassentamento dos azulejos portugueses à época.

O autor Augusto Carlos da Silva Telles em ‘Atlas dos Monumentos Históricos e Artísticos do Brasil’, revela que o convento franciscano de Salvador, assim como a igreja, forma uma quadra em torno do pátio central do claustro e segue o modelo franciscano comum por todo o Nordeste. O claustro tem galerias no térreo e avarandado no segundo piso, onde colunas suportam diretamente o beiral do telhado; suas paredes e os guarda-corpos são revestidos de silhares de azulejo (TELLES, 2007) (**Figura 27**).

Figura 27 – Vista inferior e superior do Claustro da Igreja de São Francisco



Fonte: A autora (2021)

Segundo Flexor (2010), o claustro do convento de São Francisco foi feito com pedras da ilha de Boipeba, mandadas buscar pelo guardião frei Álvaro da Conceição, entre 1729 e 1732. De acordo com Jackisch (2019), em 1752, foram terminadas as obras do claustro, com o mais importante acervo de azulejos encomendados de Lisboa (Portugal) para o Brasil, pintados pelo

artista português Bartolomeu Antunes de Jesus. Os azulejos do claustro são datados de 1743-1746 e os da antessala e da sacristia de 1749-1752. Nas torres e em parte da fachada os azulejos datam de 1805-1808 (JACKISCH, 2019).

No térreo há uma escadaria que dá acesso ao pavimento superior elaborada em pedra de Boipeba e cercada de azulejos. No pavimento superior do claustro encontram-se pilares revestidos de azulejos, com temas diversos, tais como meses do ano, paisagens marítimas e terrestres, combates e cenas bucólicas (**Figura 28**). Conforme consta no Edital de Licitação para a Obra de Restauro dos Painéis de Azulejo do Claustro (IPHAN-BA, 2019), o guarda-corpo do andar superior, do lado externo, é composto por 36 painéis azulejares, já do lado interno, é composto por 20 painéis, divididos entre cenas de caças, divertimentos infantis e figurações decorativas, todas semelhantes às das paredes superiores do Claustro. Em relação ao andar térreo do claustro, este possui um conjunto de 37 painéis cuja função, segundo Oliveira et al. (2017), era fazer, didaticamente, com que os religiosos enclausurados meditassem sobre os valores cristãos. Em vista disso, o claustro franciscano ficou conhecido por ‘Sermão de Azulejos’, como o denominou o Frei Pedro Sinzig (1933).

Figura 28 – Pavimento superior e escadaria com painéis azulejares portugueses



Fonte: A autora (2021)

Os painéis eram geralmente associados a inscrições em latim, pois para os religiosos, a associação de uma imagem a um dito favorecia não só a memorização, mas também a reflexão. Na escadaria do convento, por exemplo, temas religiosos foram expostos em lados opostos a temas pagãos, simbolizando os dois caminhos possíveis para a vida – um penoso, mas seguro e um prazeroso, porém incerto (SEREZA, 1999).

2.7.2. Igreja Bom Jesus dos Martírios, Maceió (AL)

Bem imóvel tombado pelo Estado de Alagoas no decreto nº 33.127 de 31 de agosto de 1988 e em processo de Tombamento Federal em conjunto com outras igrejas do Centro Histórico da cidade, por compor “[...] construção singular do século XIX, tendo por ápice compositivo os embrechados das torres – o mais trabalhado do conjunto de igrejas do centro de Maceió.” (BRASILEIRO, 2019). É também bem inventariado pelo IPHAN no documento GT Patrimônio Azulejar devido aos azulejos parietais dos séculos XIX e XX aplicados em suas fachadas e no interior. Ainda segundo Brasileiro (2019), “[...] pela riqueza de sua azulejaria tanto do revestimento externo como dos painéis existentes na capela mor, e rodapés que percorrem todas as paredes laterais, já se justifica a importância deste templo para nossa história.”.

De acordo com Méro (1987), em 1864, o Comendador Tibúrcio Alves de Carvalho autoriza o início das obras da Igreja dos Martírios, existente até hoje. A construção se delonga até 1881, com paralização em 1869 e novo impulso somente em 1877, graças ao missionário capuchinho Frei Cassiano de Comachio da Penha. Segundo Lima Júnior (2002) “[...] muita gente carregou tijolos, telhas, pedra, areia, barro e cal, da Levada, de Bebedouro e de outros pontos da cidade.”, pois a construção paroquial era um esforço coletivo da comunidade local.

Em 1902 a 1911, é construído em frente à Igreja Bom Jesus dos Martírios, a sede do governo e o prédio da Intendência, marcando o ápice na valorização do monumento e de seus bens artísticos. Castro (1981) revela que “[...] após receber investimentos importantes em obras de arte e ser reconhecida como uma das igrejas mais belas do Brasil, a Igreja Bom Jesus dos Martírios, com a ação do tempo e a falta de manutenção foi perdendo o seu brilho inicial.”. Chegou a ser registrado em jornais de 1961, roubo e vandalismo nos azulejos portugueses da fachada, até ocorrer, uma década após, o restauro comandado pelo Frei Caetano Hunold, reassentando réplicas vindas de Portugal.

O Edital de Licitação para a Obra de Restauro da Igreja Bom Jesus dos Martírios (2019), relata que

“[...] a igreja construída ao longo de duas décadas, apresenta uma fachada eclética onde podemos observar tendências do neoclássico aliada aos arcos em ogivas, de influência do gótico e torres com influência mourisca, encontrada somente neste templo em todo o Nordeste. Compõe-se de duas torres laterais

e um corpo central com uma entrada principal, três janelas e um frontão triangular. O revestimento em azulejaria denota detalhe maior à mesma, composta por conjuntos de azulejos portugueses do século XIX e um riquíssimo trabalho de embrechado nas cúpulas das torres, trazendo por arremate coruchéus retorcidos.” (Figura 29).

Figura 29 - Fachada principal e detalhes azulejares da Igreja Bom Jesus dos Martírios



Fonte: A autora (2021)

As torres, de acordo com IPHAN-AL (2019), são de terminação bulbar com coruchéus em forma de tocheiros, ladeados por pináculos com a mesma forma arquitetônica, de influência moura (Figura 30). Ambas revestidas com azulejos do século XIX em azul e branco, alternados com embrechados de fragmentos de porcelana de mesma cor (Figura 31).

Figura 30 - Coruchéus com embrechados de uma das torres



Fonte: MACHADO (2012)

Figura 31 - Alternância de azulejos e embrechados nas tonalidades azul e branco



Fonte: Relatório Técnico da Construtora (2020)

De acordo com Machado (2012), os azulejos são fixados nas áreas retas da forma arquitetônica e o embrechado acompanha as formas volumosas (**Figura 32**). Ainda segundo a autora, são dois padrões de azulejos azuis encontrados nas formas volumosas das torres: um geométrico e floral, cobrindo a base da torre e os desenhos da cúpula; outro mais escuro com efeitos de luz e sombra (**Figura 33**). Como coloração de fundo, têm-se porcelanas brancas, que são mescladas com as azuis, propiciando sensação de volume e contorção nos coruchéus.

Figura 32 - Detalhe do embrechado da torre



Fonte: Relatório Técnico da Construtora (2020)

Figura 33 – Composição de azulejo e embrechado



Fonte: MACHADO (2012)

3. PROGRAMA EXPERIMENTAL

O método de pesquisa se estruturou inicialmente por meio de visitas presenciais, durante o mês de janeiro de 2021, no Claustro da Igreja e Convento de São Francisco em Salvador (BA) e na Igreja Bom Jesus dos Martírios em Maceió (AL). Foi executado inventário fotográfico das práticas de restauro que estavam sendo executadas no momento e entrevistado os responsáveis técnicos pelas obras e os consultores. Deste modo, desenvolveu-se um relatório contendo: as manifestações patológicas identificadas nos azulejos e embrechados possivelmente decorrentes da aplicação de assentamentos anteriores, a presença visual de material cimentício nos testemunhos e as especificações técnicas dos materiais de assentamento utilizados nas intervenções atuais. Nesta etapa também foram coletados doze testemunhos de argamassas antigas de assentamento dos painéis azulejares e coruchéus das igrejas em questão para ensaios de caracterização microestrutural, a fim de verificar se estas apresentavam características das argamassas tradicionais de cal, usualmente aplicadas à época das construções.

Na questão documental, verificaram-se os editais de licitação de 2019, sob responsabilidade da Superintendência do IPHAN de Alagoas e da Superintendência do IPHAN da Bahia, a fim de identificar o teor presente no que concerne às recomendações para reabilitação de argamassas de assentamento de azulejos e embrechados portugueses. Os laudos técnicos e perícias, coletados no Sistema Eletrônico de Informação (SEI!) do IPHAN (**Figura 34**) com identificação processual nº 01403.000372/2019-84 e nº 01502.001329/2019-18, foram fundamentais para diagnosticar as manifestações patológicas existentes nos monumentos, passível de correlacionar àquelas cujas origens podem ter sido causadas pela utilização de argamassas não tradicionais.

Figura 34 – Sistema Eletrônico de Informação (SEI!) para pesquisa pública na plataforma do IPHAN

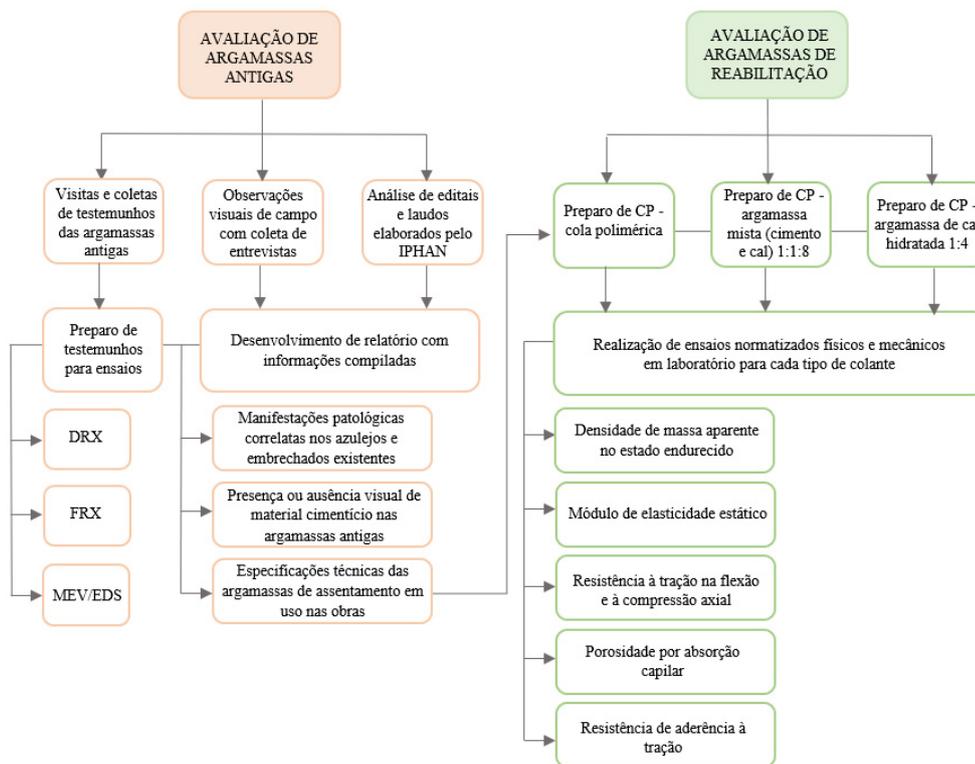
The screenshot shows the 'Pesquisa Pública' (Public Search) interface of the SEI! system. At the top, it identifies the 'INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL' and the 'sei! Produção' logo. The search area includes a text input field for the process or document number, a search type dropdown menu (set to 'Processos'), and a date range selector (set to 'Período explícito'). To the right, there is a CAPTCHA image with the numbers '6877' and a 'Pesquisar' (Search) button. Below the search area, there are several empty input fields for 'Pesquisa Livre', 'Interessado / Remetente', 'Unidade Geradora', 'Tipo do Processo', and 'Tipo do Documento'.

Fonte: https://sei.iphan.gov.br/sei/modulos/pesquisa/md_pesq_processo_pesquisar.php?acao_externa=protocolo_pesquisar&acao_origem_externa=protocolo_pesquisar&id_orgao_acesso_externo=0

Na plataforma de pesquisa pública (SEI!) também foi possível fazer a leitura das medições técnicas das empresas responsáveis pelas obras, bem como dos laudos e vistorias realizadas pelo IPHAN-AL e IPHAN-BA. Estes documentos são importantes, pois neles constam os diários de obra e todas as atividades executadas mensalmente e descritas de forma detalhada. A análise dos arquivos compreendeu um espaço temporal de fevereiro de 2020 até agosto de 2022, visto que ambas as igrejas tiveram seus cronogramas de obra atrasados devido à pandemia de COVID-19, estendendo-se além do prazo de conclusão da presente pesquisa.

Em um segundo momento, avaliaram-se, por meio de ensaios normatizados, as propriedades físicas e mecânicas das argamassas e colas poliméricas em uso atualmente pelas empresas responsáveis. Assim, os resultados obtidos nos ensaios foram comparados com os da argamassa de cal hidratada em traço volumétrico 1:4, recomendada pela literatura (com exceção da adição pozolânica). Deste modo pode-se verificar se há algum grau de proximidade com as recomendações de desempenho das argamassas de cal. Como ferramenta para a identificação da causalidade do estudo aplicou-se, portanto, o método experimental representado no fluxograma da **Figura 35**.

Figura 35 – Fluxograma experimental



Fonte: A autora (2022)

3.1. MATERIAIS SOB INVESTIGAÇÃO

Os materiais analisados compreenderam duas categorias de argamassas: testemunhos históricos coletados nominados no trabalho como argamassas antigas de assentamento; e argamassas utilizadas nas obras para o reassentamento de azulejos e embrechados, nominadas no trabalho como argamassas para reabilitação de assentamento. A seleção dos patrimônios históricos de influência portuguesa que foram amostrados foi feita primeiramente mediante consulta ao Livro do Tombo Histórico do IPHAN. Neste livro são inscritos os bens culturais em função do valor histórico. É formado pelo conjunto dos bens móveis e imóveis existentes no Brasil e cuja conservação seja de interesse público por sua vinculação a fatos memoráveis da história do país (IPHAN, 2010). Em um segundo momento, foi consultada a literatura de Mattoso (2010): O Patrimônio de Origem Portuguesa no Mundo - América do Sul. Além disso, optou-se por edificações históricas com representação artística nacionalmente relevante no que tange à azulejaria e ao embrechado e em processo de intervenção durante o tempo de realização da dissertação, para que fosse possível seu acompanhamento. Deste modo, as obras analisadas foram o Claustro da Igreja e Convento de São Francisco em Salvador (BA) e a Igreja Bom Jesus dos Martírios em Maceió (AL).

3.1.1. Testemunhos das argamassas antigas de assentamento

As coletas dos testemunhos de argamassa de assentamento de azulejos e embrechados das duas igrejas foram devidamente autorizadas pelas Superintendências do IPHAN-AL e do IPHAN-BA. Restringiu-se, portanto, aos bens imóveis azulejares e embrechados de influência portuguesa datados entre meados do século XVIII e final do século XIX, pois neste período temporal há mais exemplares ainda conservados no Brasil.

A técnica de amostragem utilizada priorizou, conforme propõe Velosa (2006), efetuar a recolha de material a diversas alturas do solo devido aos efeitos da capilaridade e da pluviosidade, assim como retirar amostras de fachadas diferentes devido à sua orientação. Também se levou em conta as recomendações do ‘Manual de Conservação e Intervenção em Argamassas e Revestimentos à Base de Cal’, proposto pelo IPHAN e Kanan (2008), para se realizar uma boa investigação em argamassas antigas:

- (a) coletaram-se amostras íntegras e representativas das argamassas antigas;

(b) definiram-se os ensaios a realizar com a amostragem, limitando-se o número de amostras a tirar (12 amostras totais) e sua quantidade mínima indispensável (50g cada), de modo a ser possível realizá-los sem danificar demasiadamente o suporte;

(c) verificou-se a documentação dos edifícios, que incluíam informações sobre localização, data da construção, reparações e intervenções anteriores, assim como as condições físicas das áreas em análise, tais como pontos visíveis de deterioração, presença de manchas de umidade, eflorescências e outras alterações;

(d) utilizaram-se equipamentos apropriados para as coletas, que foram realizadas com um pequeno cinzel (cortador, estilete, talhadeira) e um martelo (**Figura 36**), e guardadas em sacos plásticos selados, limpos e secos. As embalagens contendo as amostras foram rotuladas indicando-se o número da amostra, a identificação do edifício e o local da retirada;

Figura 36 - Amostras de argamassa de assentamento sendo retiradas da Igreja Bom Jesus dos Martírios



Fonte: A autora (2021)

(e) catalogaram-se os testemunhos em ficha de amostragem (**Quadro 2**), por meio de fotografias e breve descrição macroscópica visual da textura, cor, estado de conservação e facilidade ou dificuldade de retirada.

Quadro 2 – Ficha de amostragem de argamassas antigas

| Fragmento da Amostra | Código da Amostra | Local da Amostra | Função | Descrição Macroscópica |
|---|-------------------|---|--------------------------------------|---|
|  | AISF1 | Ala da Igreja – Galeria Nordeste/ Claustro da Igreja São Francisco (BA) | Argamassa de assentamento de azulejo | Coloração branca e uniforme, porosa, em bom estado e com fácil retirada |

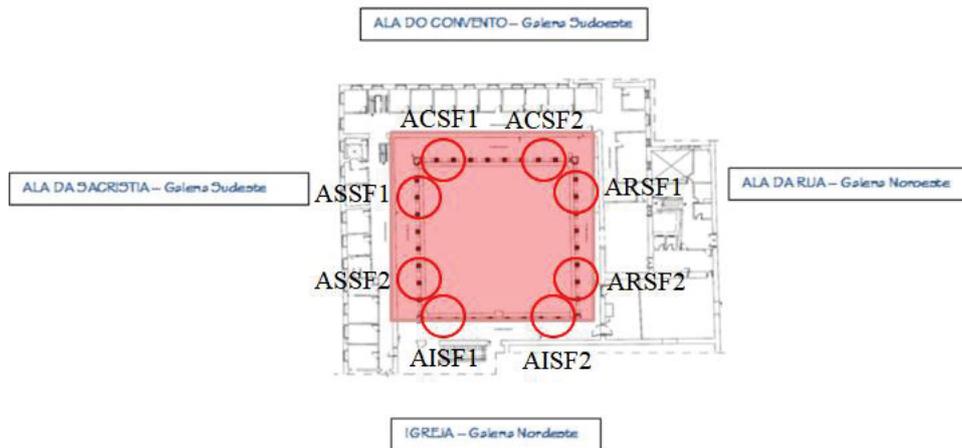
| | | | | |
|---|-------|--|--|--|
|  | AISF2 | Ala da Igreja – Galeria Nordeste/ Claustro da Igreja São Francisco (BA) | Argamassa de assentamento de azulejo | Coloração cinza em três tonalidades, coesa, em bom estado e com difícil retirada |
|  | ASSF1 | Ala da Sacristia – Galeria Sudeste/ Claustro da Igreja São Francisco (BA) | Argamassa de assentamento de azulejo | Coloração branca e uniforme, porosa, em bom estado e com fácil retirada |
|  | ASSF2 | Ala da Sacristia – Galeria Sudeste/ Claustro da Igreja São Francisco (BA) | Argamassa de assentamento de azulejo | Coloração cinza com presença pontual de cor bege, muito coesa, em bom estado e com difícil retirada |
|  | ACSF1 | Ala do Convento – Galeria Sudoeste/ Claustro da Igreja São Francisco (BA) | Argamassa de assentamento de azulejo | Coloração bege com presença pontual de cor cinza, medianamente porosa, em bom estado e com certa dificuldade na retirada |
|  | ACSF2 | Ala do Convento – Galeria Sudoeste/ Claustro da Igreja São Francisco (BA) | Argamassa de assentamento de azulejo | Coloração cinza com presença pontual de cor bege e de alvenaria incrustada, coesa, em bom estado e com difícil retirada |
|  | ARSF1 | Ala da Rua – Galeria Noroeste/ Claustro da Igreja São Francisco (BA) | Argamassa de assentamento de azulejo | Coloração cinza em duas tonalidades com presença pontual de cor bege, muito coesa, em bom estado e com difícil retirada |
|  | ARSF2 | Ala da Rua – Galeria Noroeste/ Claustro da Igreja São Francisco (BA) | Argamassa de assentamento de azulejo | Coloração cinza com presença pontual de cor bege, muito coesa, com presença de sais e difícil retirada |

| | | | | |
|---|-------|--|---|--|
|  | LEBJ1 | Elevação Lateral Esquerda/ Igreja Bom Jesus dos Martírios (AL) | Argamassa de assentamento de azulejo | Coloração cinza com presença pontual de cor bege e branca, presença de alvenaria incrustada, coesa, em bom estado e difícil retirada |
|  | LEBJ2 | Elevação Lateral Esquerda/ Igreja Bom Jesus dos Martírios (AL) | Argamassa de assentamento de azulejo | Coloração bege, porosa, em bom estado e com fácil retirada |
|  | CTBJ1 | Coruchéu Torre Esquerda/ Igreja Bom Jesus dos Martírios (AL) | Argamassa de assentamento de embrechado | Coloração bege com presença pontual de cor cinza, embrechado incrustado, coesa, com pontos de umidade e difícil retirada |
|  | CTBJ2 | Coruchéu Torre Esquerda/ Igreja Bom Jesus dos Martírios (AL) | Argamassa de assentamento de embrechado | Coloração bege com presença pontual de cor branca, muito coesa, com pontos de umidade e difícil retirada |

Fonte: A autora (2021)

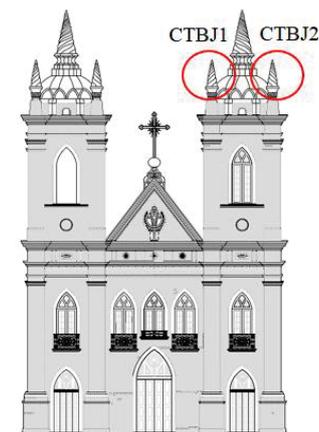
Os testemunhos totalizaram oito exemplares do Claustro da Igreja de São Francisco (BA): dois exemplares da Ala do Convento – Galeria Sudoeste, dois exemplares da Ala da Igreja – Galeria Nordeste, dois exemplares da Ala da Sacristia – Galeria Sudeste e dois exemplares da Ala da Rua – Galeria Noroeste, todas argamassas de assentamento de azulejo português em paredes internas. A **Figura 37** demonstra o posicionamento em planta das alas do Claustro e das amostras retiradas para maior esclarecimento. Também foram coletados quatro testemunhos da Igreja Bom Jesus dos Martírios (AL): dois exemplares dos Coruchéus da Torre Esquerda (**Figura 38** e **Figura 39**), ambas argamassas de assentamento de embrechado português externo, e dois exemplares da Elevação Lateral Esquerda (**Figura 40**), ambas argamassas de assentamento de azulejo português em parede externa.

Figura 37 – As quatro alas do Claustro da Igreja de São Francisco



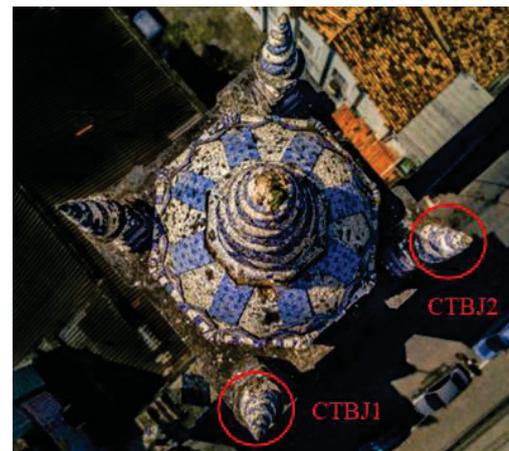
Fonte: Adaptado de OLIVEIRA et al. (2017)

Figura 38 – Elevação Frontal com marcação das posições de coleta



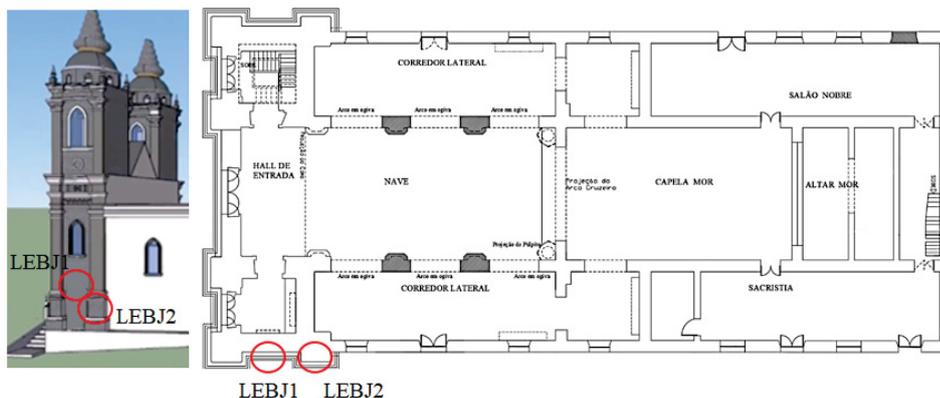
Fonte: Adaptado de BRASILEIRO (2019)

Figura 39 - Detalhe dos coruchéus parcialmente coletados para amostragem



Fonte: Adaptado de <https://stock.adobe.com/contributor/207796369/robledo-bragar>

Figura 40 – Elevação Lateral Esquerda e planta com a marcação das posições de coleta



Fonte: Adaptado de RELU UFAL (2015) e BRASILEIRO (2019)

Cabe ainda ressaltar que o processo e a definição do local de retirada dos testemunhos foram indicados e supervisionados pelos profissionais responsáveis do restauro, pois deveriam se adequar à etapa de intervenção que estava ocorrendo no momento, sem causar prejuízo ao cronograma das obras.

3.1.2. Amostras das argamassas para reabilitação de assentamento

Em relação às argamassas de assentamento para reabilitação, estas foram moldadas de acordo com as aplicadas nas obras das empresas responsáveis. No Claustro da Igreja de São Francisco foi identificada a utilização de cola polimérica de base vinílica (sem necessidade de adição de água) para o reassentamento dos azulejos portugueses (**Figura 41**). Já no restauro da Igreja Bom Jesus dos Martírios, tanto o reassentamento dos azulejos quanto dos embrechados, foram realizados com argamassa mista, sem aditivo, com traço em volume de 1: 1: 8 (cimento Portland CPIV-32 RS: cal hidratada CH-I: areia média) e relação a/materiais secos de 0,2. (**Figura 42**). A cola polimérica utilizada foi a mesma da obra do Claustro, uma vez que esta é fornecida pronta pelo fabricante. Quanto à argamassa mista reproduzida pela autora, esta foi constituída por materiais de mesma categoria, porém de fabricantes locais, devido inviabilidade de transporte para Curitiba (PR). Vale ressaltar que os resultados obtidos para as propriedades analisadas são aproximações do que de fato seriam obtidos caso a argamassa mista fosse produzida com os mesmos materiais de alagoas.

Figura 41 – Aplicação de cola polimérica no reassentamento de azulejos portugueses no Claustro da Igreja de São Francisco



Fonte: Relatório Técnico da Construtora (2020)

Figura 42 – Aplicação de argamassa mista no reassentamento de azulejos e embrechados portugueses na Igreja Bom Jesus dos Martírios



Fonte: Relatório Técnico da Construtora (2020)

Ainda com o propósito de melhor confrontar os dados das duas categorias ensaiadas, foram moldados corpos de prova no traço em volume de 1:4 com argamassa de cal hidratada CH-I e areia média, padrão tradicional recomendado pelo estado da arte (com exceção da adição de cerâmicas moídas). Optou-se por respeitar a mesma relação a/materiais secos de 0,2 considerada na argamassa mista para a argamassa de cal hidratada. Sendo assim, tem-se a **Tabela 2** representativa dos traços em volume que foram estudados, bem como a quantidade total de corpos de prova moldados.

Tabela 2 – Argamassas de reabilitação estudadas e seus traços em volume

| Descrição da formulação | Código de identificação | Traço em volume | Número de corpos de prova |
|---------------------------------|--------------------------------|------------------------|----------------------------------|
| Cola polimérica | CPL1 – CPL6 | - | 6 |
| Argamassa mista (cimento e cal) | AM1 – AM10 | 1: 1: 8 | 10 |
| Argamassa de cal hidratada | AC1 – AC13 | 1: 4 | 13 |

Fonte: A autora (2021)

Deste modo foi possível realizar ensaios de caracterização física e mecânica, confrontando os dados obtidos com àqueles recomendados pelo estado da arte no que concerne à compatibilização em obras de restauro. Os materiais constituintes das argamassas de reabilitação, descritos a seguir, foram adquiridos com fabricantes locais, exceto a cola polimérica que foi adquirida em revenda de material de construção.

3.1.2.1 Água de amassamento

O teor de água empregado nos traços 1:1:8 e 1:4 foi o mesmo, de modo a respeitar a composição original da argamassa mista utilizada por uma das empresas responsáveis. Esta foi proveniente da rede de distribuição da Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR), disponível para utilização no Laboratório de Materiais e Estruturas (LAME) da Universidade Federal do Paraná (UFPR). Já na cola polimérica não foi adicionada água de amassamento, uma vez que esta já vem pronta para uso.

3.1.2.2 Agregado miúdo

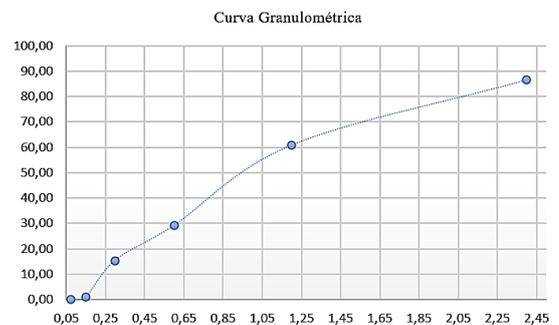
A areia usada nos traços 1:1:8 e 1:4 foi de granulometria média (**Tabela 3**) e proveniente de britagem. O ensaio de análise granulométrica foi executado conforme NBR 17054:2022 ‘Agregados – Determinação da composição granulométrica’ (**Figura 43**). Vale ressaltar que apesar de não ser adequada a utilização de material pulverulento (abaixo de 75 µm) para concretos, Cincotto e Carneiro (1999) recomendam seu uso em argamassas para restauro, pois facilita o rolamento entre partículas e a compactação. Deste modo, foi incorporado material pulverulento para a construção da curva granulométrica (**Gráfico 1**).

Tabela 3 – Análise granulométrica da areia utilizada para a confecção das argamassas

| Peneiras (mm) | M retida (g) | % retida | % retida acum. |
|---------------|--------------|----------|----------------|
| 2,4 | 136,16 | 13,616 | 13,616 |
| 1,2 | 256,89 | 25,689 | 39,305 |
| 0,6 | 316,60 | 31,660 | 70,965 |
| 0,3 | 137,15 | 13,715 | 84,680 |
| 0,15 | 144,22 | 14,422 | 99,102 |
| 0,075 | 8,99 | 0,899 | 100 |
| 1000 | | 100 | |

Fonte: A autora (2022)

Gráfico 1 – Curva granulométrica da areia utilizada para a confecção das argamassas



Fonte: A autora (2022)

Figura 43 – Peneiramento da areia utilizada para a confecção das argamassas de reabilitação



Fonte: A autora (2022)

3.1.2.3 Cimento Portland tipo CPIV-32 RS

O cimento usado na argamassa mista de traço 1:1:8 foi do tipo CPIV-32 RS, de acordo com os mesmos parâmetros daquele incorporado na reabilitação da Igreja Bom Jesus dos Martírios (AL). O material apresentou proporção pozolânica em sua constituição e resistência à sulfatos, em respeito à NBR 16697:2018 ‘Cimento Portland – Requisitos’. O fabricante forneceu a ficha técnica do produto, onde foi possível verificar as propriedades físicas, químicas e mecânicas, que se encontram resumidas em: **Tabela 4**, **Tabela 5** e **Tabela 6**, respectivamente.

Tabela 4 - Propriedades físicas do cimento CPIV-32 RS

| Expansibilidade a quente (mm) | Tempo de pega início (min) – fim (min) | | Consistência normal (%) | Blaine (cm ² /g) | Finura #200 (%) | Finura #325 (%) |
|-------------------------------|--|-----|-------------------------|-----------------------------|-----------------|-----------------|
| 0,30 | 241 | 305 | 30,4 | 4341 | 0,52 | 2,45 |

Fonte: Adaptado do Fabricante (2022)

Tabela 5 - Propriedades químicas do cimento CPIV-32 RS

| Al ₂ O ₃ (%) | SiO ₂ (%) | Fe ₂ O ₃ (%) | CaO (%) | MgO (%) | SO ₃ (%) | Perda ao fogo (%) | CaO livre (%) | Resíduo insolúvel (%) | Equivalente alcalino (%) |
|------------------------------------|----------------------|------------------------------------|---------|---------|---------------------|-------------------|---------------|-----------------------|--------------------------|
| 9,43 | 29,27 | 3,86 | 44,98 | 2,57 | 2,19 | 5,23 | 1,32 | 24,66 | 1,10 |

Fonte: Adaptado do Fabricante (2022)

Tabela 6 - Propriedade mecânica do cimento CPIV-32 RS

| Resistência à compressão | | | |
|--------------------------|--------------|--------------|---------------|
| 1 dia (MPa) | 3 dias (MPa) | 7 dias (MPa) | 28 dias (MPa) |
| 14,8 | 26,1 | 32,6 | 45,2 |

Fonte: Adaptado do Fabricante (2022)

3.1.2.4 Cal cálcica hidratada tipo CH-I

A cal usada na argamassa mista de traço 1:1:8 e na argamassa de cal tradicional 1:4 foi do tipo CH-I, de acordo com os mesmos parâmetros daquela incorporada na reabilitação da Igreja Bom Jesus dos Martírios (AL). O material era de origem cálcica e, portanto, apresentou alto grau de pureza em respeito à NBR 7175:2003 ‘Cal hidratada para argamassas – Requisitos’.

O fabricante forneceu a ficha técnica do produto, onde foi possível verificar as propriedades físicas e químicas, que se encontram resumidas em: **Tabela 7** e **Tabela 8**, respectivamente.

Tabela 7 - Propriedades físicas da cal cálcica hidratada tipo CH-I

| Umidade (%) | Finura #30 (%) | Finura #200 (%) |
|-------------|----------------|-----------------|
| 0,1 | 0,0 | 4,9 |

Fonte: Adaptado do Fabricante (2022)

Tabela 8 - Propriedades químicas da cal cálcica hidratada tipo CH-I

| Perda ao fogo (%) | SiO ₂ + Resíduo Insolúvel (%) | CaO (%) | MgO (%) | Óxidos totais (%) | CO ₂ (%) | Óxidos totais não hidratados (%) | Água combinada | CaO não hidratado (%) |
|-------------------|--|---------|---------|-------------------|---------------------|----------------------------------|----------------|-----------------------|
| 26,1 | 2,8 | 40,9 | 29,7 | 95,4 | 3,2 | 5,0 | 23,0 | 0,0 |

Fonte: Adaptado do Fabricante (2022)

3.1.2.5 Cola polimérica de base vinílica

O material utilizado foi o mesmo da reabilitação do Claustro da Igreja de São Francisco (BA), composto por adesivo à base de resinas homopolímeras de PVA, incorporado com aditivos (tensoativos e plastificantes). O material seguiu os requisitos da NBR 16590:2017 ‘Composto polimérico para assentamento em alvenaria de vedação’. Vale ressaltar que ainda não há norma brasileira específica para assentamento de azulejos com este tipo de cola, principalmente no que tange à prática de restauro. O fabricante forneceu a ficha técnica do produto, onde foi possível verificar as propriedades físicas e químicas, que se encontram resumidas em: **Tabela 9** e **Tabela 10**, respectivamente.

Tabela 9 - Propriedades físicas da cola polimérica

| Aspecto | Tempo de pega (min) | Tempo de secagem (h) | Viscosidade (cP) (s6/20 rpm a 25°C) | Sólidos (%) | Densidade (g/mL) |
|---------------------|---------------------|----------------------|-------------------------------------|-------------|------------------|
| Pasta de cor branca | 15 | 24 | 40000 - 65000 | 69,0 – 74,0 | 1,55 – 1,70 |

Fonte: Adaptado do Fabricante (2022)

Tabela 10 - Propriedades químicas da cola polimérica

| pH | Adesivo vinílico 109 (%) | Associação de tensoativos (%) | Hidroxi etil celulose (%) | Hexileno glicol (%) | Dolomita (%) | Plastificante (%) | 1,2- benzisotiazolina- 3-ona (%) |
|-----------|-----------------------------------|--|------------------------------------|---------------------------|-----------------|----------------------|--|
| 6,5 – 8,5 | 10 – 30 | 0 – 10 | 0 – 10 | 0 – 10 | 20 – 80 | 1 – 20 | 23,0 |

Fonte: Adaptado do Fabricante (2022)

3.2. MÉTODO PARA AVALIAÇÃO DE ARGAMASSAS ANTIGAS

As doze amostras coletadas nas igrejas foram submetidas aos ensaios de caracterização microestrutural para averiguar a proximidade com as argamassas tradicionais de cal e possíveis indicativos de cimento Portland em sua constituição. Para tanto, houve o preparo inicial dos testemunhos, conforme descrito em 3.2.1. A seleção dos ensaios adotados levou em consideração os indicados no ‘Manual de Conservação e Intervenção em Argamassas e Revestimentos à Base de Cal’, proposto pelo IPHAN e Kanan (2008); as recomendações do Laboratório Nacional de Engenharia Civil de Portugal (LNEC, 1998); bem como os estudos de Velosa (2006), Matta (2012), Rodrigues (2013) e Lima e Chotoli (2020). Sendo assim, optaram-se pelos seguintes:

- (a) Difração de Raio X (DRX);
- (b) Fluorescência de Raio X (FRX);
- (c) Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) com Espectroscopia por Dispersão de Energia (EDS).

Esta etapa contou com a colaboração do Centro Multiusuário de Caracterização de Materiais (CMCM) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) para os ensaios DRX e MEV-EDS; do Instituto Carlos Chagas (FiocruzPR) para a metalização das amostras do MEV-EDS e do Complexo de Laboratórios Multiusuários (C-LABMU) da Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG) para o ensaio FRX. Os ensaios de caracterização dos testemunhos das argamassas antigas de assentamento, bem como o método de preparo inicial utilizado, são descritos a seguir.

3.2.1. Preparação das amostras

Após a extração das amostras nas duas igrejas, seguiu-se para a preparação em laboratório. Nos ensaios DRX e FRX os exemplares tiveram que ser inicialmente desagregados em partículas finas, já no ensaio MEV-EDS estes precisaram ser recobertos com ouro, completamente secos e presos a um suporte com adesivo condutivo (**Figura 44**). No caso das amostras para MEV-EDS, o laboratorista responsável do Centro Multiusuário de Caracterização de Materiais (CMCM), da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), efetivou o preparo em suporte, sendo estas metalizadas posteriormente no Instituto Carlos Chagas (FiocruzPR).

O preparo das amostras para os ensaios DRX e FRX foi realizado no Laboratório de Materiais e Estruturas (LAME) da Universidade Federal do Paraná (UFPR) pela autora. Antes de ocorrer a moagem das amostras, estas ficaram em estufa a aproximadamente 60°C por 48h, de modo a retirar possível umidade dos materiais (**Figura 45**).

Figura 44 – Amostras presas a adesivo condutivo para metalização



Fonte: A autora (2021)

Figura 45 – Amostras em estufa a aproximadamente 60°C



Fonte: A autora (2021)

Após a retirada da estufa, estas foram desagregadas com almofariz de cerâmica e pistilo de ponta emborrachada, sendo em alguns momentos necessário a utilização de socador metálico e pistilo de rocha granítica para as amostras muito coesas (**Figura 46**). A moagem foi realizada até que fosse possível passar cerca de 10g de cada amostra em peneira de malha de 150 μm (**Figura 47**), das quais 5g seriam destinadas para cada ensaio.

Figura 46 – Amostra sendo desagregada em almofariz de cerâmica e pistilo



Fonte: A autora (2021)

Figura 47 – Amostra desagregada passando na peneira de malha de 150 µm

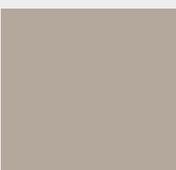
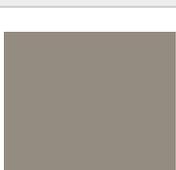


Fonte: A autora (2021)

Os finos foram classificados na Escala de Cores de Munsell (**Quadro 3**), conforme indicado no ‘Manual de Conservação e Intervenção em Argamassas e Revestimentos à Base de Cal’, proposto pelo IPHAN e Kanan (2008); e armazenados em sacos hermeticamente fechados e identificados para encaminhamento aos ensaios DRX e FRX. Armazenaram-se também os fragmentos restantes e intactos das amostras para encaminhamento ao CMCM e preparo do MEV-EDS.

Quadro 3 – Classificação dos finos na Escala de Cores de Munsell

| Finos da Amostra | Código da Amostra | Massa (g) | Escala de Cores de Munsell COR/Código da cor | |
|---|-------------------|-----------|--|--|
|  | AISF1 | 10 |  | Hue 5P 7/1 <i>light purple gray</i> |
|  | AISF2 | 10 |  | Hue 5PB 6/1 <i>bluish gray</i> |
|  | ASSF1 | 10 |  | Hue N 8/0 <i>grayish white</i> |

| | | | | |
|---|-------|----|--|--|
|  | ASSF2 | 10 |  | Hue 5R 7/1 <i>light reddish gray</i> |
|  | ACSF1 | 10 |  | Hue 7.5 YR 7/2 <i>light brownish gray</i> |
|  | ACSF2 | 10 |  | Hue 5PB 7/1 <i>light bluish gray</i> |
|  | ARSF1 | 10 |  | Hue 10YR 7/1 <i>light gray</i> |
|  | ARSF2 | 10 |  | Hue N 6/0 <i>gray</i> |
|  | LEBJ1 | 10 |  | Hue N 7/0 <i>grayish white</i> |
|  | LEBJ2 | 10 |  | Hue 2.5Y 6/1 <i>yellowish gray</i> |
|  | CTBJ1 | 10 |  | Hue 7.5 YR 7/1 <i>light brownish gray</i> |

| | | | | |
|---|-------|----|--|------------------------------------|
|  | CTBJ2 | 10 |  | Hue 10R 6/1 <i>reddish gray</i> |
|---|-------|----|--|------------------------------------|

Fonte: A autora (2021)

3.2.2. Difração de Raio X (DRX)

A análise por difração de raios X é uma técnica fiável e largamente utilizada na caracterização mineralógica de argamassas antigas (DAMAS, 2017). É considerada não destrutiva, permitindo identificar as fases cristalinas presentes em amostras, sendo possível, com isso, obter informações sobre o tipo de ligante, os agregados e eventual material pozolânico. O equipamento usado para o ensaio foi o difratômetro XRD-7000 da Shimadzu com movimentação do tubo e do detector de raios-X e amostra fixada na horizontal. Foi utilizada uma fonte de radiação de cobre ($\text{CuK}\alpha$) com tensão 30,0 kV, corrente 30,0 mA e comprimento de onda de 1,54 Å (ångström). Foram efetuadas varreduras contínuas na geometria $\theta - 2\theta$ entre $5^\circ < 2\theta < 100^\circ$ de intervalo de leitura e passo de $0,02^\circ$ com velocidade de varredura de $2^\circ/\text{min}$. As amostras constaram de finos secos com partículas de 20 mg e $\phi < 150 \mu\text{m}$. O preenchimento do porta amostras foi realizado depositando os finos com o auxílio de espátula e efetuando a rasadura, de modo a obter uma pastilha de amostra compacta, coesa e totalmente preenchida.

Com os dados do difratômetro foi possível gerar o difratograma (espectro) de cada amostra, onde a intensidade da radiação difratada é dada em função de seu ângulo de incidência, fator discutido em 4.1.3. A identificação dos picos e padrões de difração foi feita com o programa *X'Pert HighScore* versão 1.0, utilizando padrões difratométricos do *International Centre for Diffraction Data* (ICDD).

Vale ressaltar que o ensaio possui certo grau de incerteza, uma vez que “[...] alguns compostos, embora diferentes, apresentam picos com valores de 2θ semelhantes o que, obviamente, complica a identificação de cada um.” (ROSA, 2016). Outro fator que pode afetar a leitura dos resultados é o baixo teor de determinado composto, dificultando sua detecção. Além disso, a presença de impurezas nas amostras pode interferir na identificação dos componentes cristalinos, criando certo ‘ruído’ capaz de alterar os picos reais da estrutura.

Ainda de acordo com o autor “[...] o ‘ruído’ trata-se de um conjunto de sinais que não estão diretamente relacionados com a amostra em análise, mas que resultam da presença de impurezas.”. Portanto, na presente pesquisa optou-se por utilizar em conjunto outros ensaios de caracterização, a exemplo do FRX e do MEV-EDS, de modo a cruzar as informações e obter conclusões mais assertivas.

3.2.3. Fluorescência de Raio X (FRX)

O ensaio foi usado de modo a complementar a informação da análise de difração de raio x (DRX). O preparo das amostras seguiu procedimento análogo ao descrito em 3.2.1. A técnica consistiu em aplicar um feixe de raios x na amostra moída do material, permitindo detectar os elementos químicos presentes em sua constituição. Após a moagem do material, aproximadamente 5g deste foram colocados no porta amostras. O compartimento foi então inserido no equipamento Espectrômetro de Fluorescência Rigaku ZSX Primus II e nele emitidos raios x por tubo de ródio. Considerada uma técnica semiquantitativa aplicada, permitiu a identificação de elementos das amostras em quantidades superiores a 0,1%.

3.2.4. Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV/EDS)

A microscopia eletrônica de varredura (MEV) possibilita a obtenção de informações da composição microestrutural (morfologia e textura) das amostras em forma de imagem eletrônica e, com o auxílio de uma sonda acoplada ao microscópio, é possível também realizar a análise química das amostras mediante espectroscopia por dispersão de energia (EDS) (RODRIGUES, 2013). Este método, apesar de muito utilizado para a caracterização de amostras de argamassas antigas, apresenta certa limitação de acordo com Teles (2010), pois a “[...] necessidade de vácuo e a alta energia do feixe de elétrons dificultam a análise de materiais orgânicos que possam ter sido empregados como aditivos na argamassa.”.

O princípio de funcionamento do ensaio consiste na emissão em direção à amostra, de um feixe de elétrons com aceleração mediante diferença de potencial de 1 a 50 kV. Os elétrons emitidos afetam diretamente o material, que reenvia elétrons como resposta, os chamados elétrons secundários (SE). Estes são responsáveis pela visualização computacional, em forma de imagens, da profundidade (topografia) da amostra. O feixe de elétrons incidente pode também gerar como resposta raios x e elétrons rebatidos (BSE – *Back Scattered Electrons*) responsáveis pelos tons das imagens obtidas, que estão diretamente relacionados com o número

atômico médio dos elementos da amostra. Quanto maior for o número atômico médio de um elemento, mais claro será o tom em pixel que o representa. Já os raios x podem ser captados pelo detector EDS acoplado ao microscópio, permitindo a análise química do material.

As frações de 40g de argamassa utilizadas neste ensaio foram dimensionadas de modo a se adequar no porta amostra (*stub*), não ultrapassando a dimensão de (2x2x1) cm. Assim como os finos dos ensaios DRX e FRX, estas foram colocadas em estufa com temperatura de aproximadamente 60°C por 48h. Na sequência, o *stub* foi inserido no equipamento Quanta Quorum Q150R ES para recobrimento com ouro. As observações foram realizadas no microscópio eletrônico de varredura da marca Zeiss, modelo EVO MA 15, com filamento de tungstênio e câmara para amostras com movimento total em XYZ e inclinação. Além disso, utilizou-se o detector da *Oxford Instruments* EDS X-Max de 20 mm² acoplado para a microanálise química.

Assim, finalizou-se a etapa de averiguação dos vestígios de material cimentício e demais contaminações presentes nas argamassas antigas de assentamento de azulejo e embrechado português, cuja unidade de análise centrou-se em oito amostras do Claustro da Igreja de São Francisco (BA) e quatro amostras da Igreja Bom Jesus dos Martírios (AL).

3.3. MÉTODO PARA AVALIAÇÃO DE ARGAMASSAS DE REABILITAÇÃO

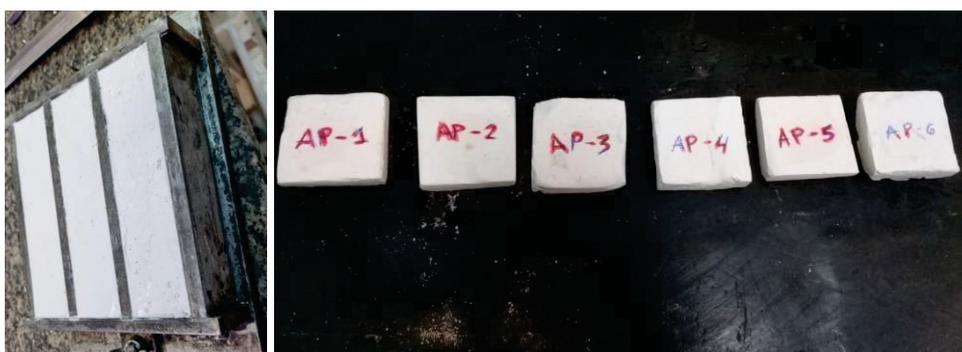
As amostras de argamassas de reabilitação utilizadas nas obras foram submetidas a uma campanha experimental no estado endurecido com o propósito de verificar seus comportamentos físicos e mecânicos. Conforme dito anteriormente, foram trabalhadas três composições distintas, correlacionando seus dados entre si.

Foram moldados dez corpos de prova de argamassa mista de cimento CPIV32-RS e cal hidratada CH-I (1:1:8), juntamente com treze corpos de prova de argamassa tradicional de cal hidratada CH-I (1:4). As amostras, prismáticas de dimensões (4x4x16) cm, seguiram o recomendado pela NBR 16541:2016 ‘Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura para a realização de ensaios’. Cinco corpos de prova de argamassa mista e seis corpos de prova de argamassa tradicional de cal foram destinados para os ensaios a 90 dias: densidade de massa aparente, módulo de elasticidade estática e porosidade por absorção capilar. Os restantes foram destinados ao ensaio de resistência à tração e à compressão também aos 90 dias. A idade de 90 dias para a realização dos ensaios foi devido ao

comportamento usual de baixo ganho de resistência inicial do cimento CPIV32-RS, obtendo tardiamente, portanto, dados mais fidedignos de comparação.

Quanto à cola polimérica, esta apresentou dificuldade no completo endurecimento da massa dentro da forma metálica. Observou-se uma película resistente próxima à superfície que estava em contato com o ar, em aproximadamente 2,00 cm de profundidade, permanecendo ainda viscosa até o fundo da forma. Portanto, optou-se por corpos de prova alternativos de dimensões (5x5x2) cm para que se pudesse então realizar a maioria dos ensaios em estado endurecido. Foram preenchidos com cola polimérica pronta seis corpos de prova conforme **Figura 48**, sendo estes somente submetidos aos ensaios de densidade de massa aparente, porosidade por absorção capilar e resistência à tração na flexão, uma vez que os corpos de prova alternativos impossibilitaram a execução dos demais ensaios.

Figura 48 – Corpos de prova não endurecidos e corpos de prova alternativos de cola polimérica



Fonte: A autora (2022)

Os ensaios seguiram as normas brasileiras vigentes: NBR 13280:2005, NBR 8522:2017, NBR 13279:2005, NBR 15259:2005 e NBR 14081-4:2012. Os procedimentos de cada ensaio, bem como seus resultados e o tratamento estatístico dos dados, seguiram os preceitos padrões. As misturas ocorreram em argamassadeira mecânica (**Figura 49**) e foram verificados os índices de consistência (**Figura 50**) obtidos para a mesma relação a/materiais secos, conforme NBR 13276:2016.

Figura 49 – Argamassadeira mecânica em funcionamento



Fonte: A autora (2021)

Figura 50 – Verificação do índice de consistência das argamassas produzidas



Fonte: A autora (2021)

A moldagem dos corpos de prova foi executada imediatamente após o término do preparo das argamassas. Quanto à cura das argamassas, foi priorizado simular a condição de obra, sendo estas apenas expostas ao ar em temperatura e umidade ambiente, conforme **Figura 51**.

Figura 51 – Corpos de prova de argamassa tradicional de cal recém moldados



Fonte: A autora (2022)

3.3.1. Densidade de massa aparente no estado endurecido

O início da campanha experimental com as argamassas de reabilitação ocorreu com a realização do ensaio de densidade de massa aparente no estado endurecido aos 90 dias. Os corpos de prova de argamassa mista (AM2, AM4, AM6, AM8 e AM10), de argamassa tradicional de cal (AC2, AC4, AC6, AC7, AC10 e AC11) e de cola polimérica (CPL1, CPL2, CPL3, CPL4, CPL5 e CPL6) tiveram suas medidas tiradas em largura, altura e profundidade com o auxílio do paquímetro, conforme **Figura 52**. Em seguida, mediram-se as massas de cada corpo de prova com balança digital graduada, conforme **Figura 53**.

Figura 52 – Medidas geométricas dos corpos de prova tiradas com auxílio do paquímetro



Fonte: A autora (2022)

Figura 53 – Massas de cada corpo de prova medidas com o auxílio da balança digital



Fonte: A autora (2022)

A norma relacionada para efeito foi a NBR 13280:2005 ‘Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos — Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido’.

3.3.2. Resistência à tração na flexão e à compressão axial

Os ensaios foram realizados conforme a NBR 13279:2005 ‘Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos — Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão’, utilizando os corpos de prova de argamassa mista (AM-1, AM-3, AM-5, AM-7 e AM-9) e de argamassa tradicional de cal (AC-1, AC-3, AC-5, AC-8, AC-9, AC-12 e AC-13) aos 90 dias. Já as amostras de cola polimérica (CPL-1, CPL-2, CPL-3, CPL-4, CPL-5 e CPL-6) não puderam ter suas resistências à compressão registradas, somente suas resistências à tração na flexão (**Figura 54**), uma vez que os corpos de prova alternativos de dimensões (5x5x2) cm estavam fora do padrão normatizado para a prensa. Os resultados obtidos foram incorporados posteriormente no cálculo do módulo de elasticidade estático.

Figura 54 – Amostra alternativa de cola polimérica em ensaio de resistência à tração na flexão



Fonte: A autora (2022)

O equipamento manipulado foi a prensa EMIC DL-10000 para os dois casos, alterando-se a célula de carga, a aplicação da força no tempo e a geometria básica dos corpos de prova. Para o ensaio de resistência à tração na flexão, as amostras foram posicionadas conforme **Figura 55**, evitando que a face de rasadura ficasse em contato com os dispositivos de apoio e de carga.

Figura 55 – Amostras de argamassas na prensa em ensaio de resistência à tração na flexão



Fonte: A autora (2022)

Quanto ao ensaio de resistência à compressão axial, foram utilizadas as duas metades dos corpos de prova que romperam no ensaio de resistência à tração na flexão, serradas de modo a formar um cubo de aresta de 4cm. Estes também foram posicionados sobre a prensa de modo a evitar que a face de rasadura ficasse em contato com os pontos de apoio e de carga (**Figura 56**).

Figura 56 – Amostra de argamassa tradicional de cal rompida no ensaio de compressão axial



Fonte: A autora (2022)

3.3.3. Módulo de elasticidade estático

O ensaio foi executado com os corpos de prova no estado endurecido de acordo com o Método A da NBR 8522:2017 ‘Concreto - Determinação dos módulos estáticos de elasticidade e de deformação à compressão’. Vale ressaltar aqui que a realização do ensaio de módulo de elasticidade dinâmico, comumente aplicado em argamassas, não pode ser efetivado por

problemas no equipamento. Os valores obtidos neste item, foram convertidos para valores de módulo de elasticidade dinâmica, conforme indica o artigo de Marques et al. (2019). Foram utilizadas as mesmas amostras de (4x4x16) cm dos ensaios de densidade e de porosidade aos 90 dias: corpos de prova de argamassa mista (AM2, AM4, AM6, AM8 e AM10) e de argamassa tradicional de cal (AC2, AC4, AC6, AC7, AC10 e AC11). Quanto à cola polimérica, esta não pode ser avaliada, pois seus corpos de prova estavam fora do padrão do equipamento.

O ensaio consistiu na aplicação de tensão, previamente calculada pelo ensaio de resistência à compressão axial, durante 60 segundos no corpo de prova. Em seguida, a tensão foi reduzida para 0,5 MPa e, a partir disso, mais dois ciclos de carga foram realizados. Após o último ciclo de carga, as deformações das amostras foram verificadas por meio de instrumento elétrico que foi instalado no centro do corpo de prova antes do início do ensaio. Por fim, após as aferições da deformação, foram realizados os rompimentos. O deslocamento foi obtido por meio de dois extensômetros do tipo *clip gage*, com 100 mm de comprimento, fixados centralmente (**Figura 57**). Após realizada a medição do deslocamento, o módulo de elasticidade estático foi calculado.

Figura 57 – Corpo de prova de argamassa tradicional de cal com célula de carga e extensômetros



Fonte: A autora (2022)

3.3.4. Porosidade por absorção capilar

O ensaio foi realizado também aos 90 dias para os mesmos corpos de prova da densidade de massa aparente: corpos de prova de argamassa mista (AM2, AM4, AM6, AM8 e AM10), de argamassa tradicional de cal (AC2, AC4, AC6, AC7, AC10 e AC11) e de cola polimérica (CPL1, CPL2, CPL3, CPL4, CPL5 e CPL6). Ocorreu de acordo com a NBR 15259:2005

‘Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade’.

Inicialmente, foi necessário selecionar uma das faces quadradas de cada amostra para lixá-la e limpá-la com pincel, determinando na sequência sua massa. As faces escolhidas foram então posicionadas em contato com o suporte de um recipiente plástico. Foi preenchido parcialmente o recipiente com água de modo a formar uma lâmina constante de (5 ± 1) mm acima da face escolhida de cada corpo de prova (**Figura 58**).

Figura 58 – Corpos de prova em contato com lâmina de água para o ensaio de porosidade



Fonte: A autora (2022)

Foi deixado primeiramente estes em descanso por 10 min e determinada suas massas, parando o cronômetro. Rapidamente, a contagem foi retomada com as amostras novamente em contato com a água por mais 80 min, registrando-se suas massas. Em posse das massas, pode-se calcular a absorção de água e o coeficiente por capilaridade das amostras, para cada tempo.

3.3.5. Resistência de aderência à tração

O ensaio de resistência de aderência à tração foi realizado de acordo com as orientações da NBR 14081-4:2012 ‘Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas Parte 4: Determinação da resistência de aderência à tração’, porém com adaptações para o caso em questão. As amostras de azulejos foram adquiridas no Museu do Azulejo, uma vez que foi inviável utilizar amostras portuguesas originárias das edificações em estudo. Centrou-se na escolha das cerâmicas mais tardias disponíveis, estipulando então idades de fabricação de 80, 50 e 30 anos. Vale ressaltar que visivelmente estas cerâmicas apresentaram coloração de biscoito diferenciada, sendo indício claro de queimas em estágios de temperatura diversa. Os azulejos de 80 anos, por exemplo, continham tardo quase branco e os demais escureciam à medida que mais novos eram (**Figura 59**).

Os azulejos foram cortados em formato quadrado e na medida normativa padrão (5x1,5) cm, totalizando 10 amostras para cada tipologia de argamassa analisada. Quanto ao substrato para a simulação, foi utilizada a placa cimentícia padrão da NBR 14081-2: 2012 ‘Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas – Parte 2: Execução do substrato-padrão e aplicação de argamassa para ensaios’, também devido ao fato de terem sido aplicadas na obra do Claustro como base para o reassentamento dos azulejos portugueses. Após o corte das amostras, limpou-se o substrato padrão, o vidrado do azulejo e as pastilhas metálicas de mesma medida, garantindo-se assim a inexistência de impurezas durante o ensaio. As amostras de azulejo foram então assentadas nas placas com as argamassas de reabilitação analisadas, conforme demonstra a **Figura 60**.

Figura 59 – Coloração dos tardezes em diferentes anos de fabricação devido processos de queima



Fonte: A autora (2022)

Figura 60 – Azulejos de diferentes idades assentados com cola polimérica e argamassa de cal



Fonte: A autora (2022)

Depois do completo endurecimento das argamassas, cada qual em sua placa respectiva, aplicou-se uma camada de cola epóxi na superfície inferior das pastilhas metálicas, sendo estas, em seguida, pressionadas contra a superfície vidrada dos azulejos (**Figura 61**). As pastilhas foram centralizadas nas cerâmicas, finalizando o preparo dos corpos de prova para arrancamento, conforme esquema representado na **Figura 62**. Em seguida, completada a secagem da cola, um dinamômetro foi ligado às pastilhas por meio de pino de encaixe rotulado e nele aplicada a taxa de carregamento de 50 N/s até o momento da ruptura (**Figura 63**). Com o registro do carregamento de pico pelo dinamômetro, foi possível obter a resistência de aderência à tração para as três tipologias de argamassas analisadas. Devido à fragilidade das argamassas e eventuais erros que possam ocorrer durante o ensaio, as chances são de obtenção de valores reduzidos para algumas amostras assentadas com o mesmo material.

Figura 61 – Pastilhas metálicas coladas com cola epóxi sobre os azulejos



Fonte: A autora (2022)

Figura 62 – Esquema de corpo de prova pronto para teste de arrancamento



Fonte: Adaptado de JAPIASSÙ (2011)

Figura 63 – Dinamômetro em funcionamento para teste de arrancamento



Fonte: A autora (2022)

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo apresentam-se e discutem-se os resultados obtidos na análise quanto a tradicionalidade das argamassas de assentamento em duas vertentes: aplicação em restauros antigos e aplicação em restauros atuais. Para tanto, foram realizadas técnicas de caracterização química e mineralógica de argamassas antigas (DRX, MEV, EDS e FRX) a fim de averiguar possíveis contaminações nas argamassas tradicionais de cal. Nesta primeira fase da pesquisa, também se coletou informações dos editais de licitação, diários de obra e fiscalizações técnicas relativas ao Claustro da Igreja e Convento de São Francisco (BA) e à Igreja Bom Jesus dos Martírios (AL). Pode-se verificar também as manifestações patológicas que atingiram os azulejos e embrechados e as consequências do emprego de argamassas incompatíveis geradas ao patrimônio histórico. Na segunda vertente do trabalho, foram realizados ensaios de caracterização mecânica e física (densidade no estado endurecido, resistência à tração e à compressão, módulo de elasticidade, porosidade e aderência) para as amostras de argamassas de reabilitação que estão sendo empregadas nas obras em questão. Neste momento, foi verificado se as mesmas se encontravam dentro dos parâmetros indicados nas literaturas para argamassas de restauro e o quão próximo seus desempenhos estavam em relação ao das argamassas tradicionais de cal. Por fim, analisaram-se novamente os documentos das obras com ênfase nas técnicas de reassentamento utilizadas e nas peculiaridades de cada caso.

4.1. ARGAMASSAS DE ASSENTAMENTO EM RESTAUROS ANTIGOS

Como anteriormente relatado no programa experimental, a leitura das medições técnicas das empresas responsáveis pelas obras, bem como dos laudos e vistorias realizadas pelo IPHAN-AL e IPHAN-BA, foi fundamental para o mapeamento das manifestações patológicas que envolviam os patrimônios. A análise dos arquivos compreendeu, portanto, um espaço temporal de fevereiro de 2020 até agosto de 2022. Neles fica nítido que os azulejos e embrechados são afetados por toda e qualquer ação que provoque reação no substrato afixado. Verificou-se, por meio dos métodos de caracterização das argamassas de assentamento de ambas as igrejas, a proliferação de agentes diversos de contaminação: umidade advinda dos solos (capilaridade ascendente) e das coberturas (capilaridade descendente), sais provenientes de ambiente agressivo (proximidade das obras com o mar), materiais orgânicos constituintes da própria composição original (fibras naturais, óleos), cimento Portland (usado em intervenções anteriores mais recentes), entre outros.

4.1.1. Manifestações patológicas identificadas nos azulejos e embrechados

Azulejos e embrechados históricos são acometidos por diversas manifestações patológicas ao longo de sua vida útil, devido fatores tais como os expostos por Freitas (2015):

a) defeitos de origem: provenientes de descuidos no transporte dos azulejos. As peças podem vir apresentando defeitos ocasionados por um mal acondicionamento durante o transporte;

b) defeitos de tecnologia produtiva: são danos adquiridos ao longo do tempo e são acarretados por matéria prima de má qualidade, falhas durante os processos de adensamento da argila, secagem do biscoito, queima, dentre outras etapas ligadas à tecnologia produtiva cerâmica;

c) defeitos de execução: assentamento deficiente dos azulejos no suporte por utilização de argamassa de má qualidade ou incompatível, espaçamentos entre as peças mal executados e assentamento caótico das peças, sem preocupação figurativa;

d) defeitos de conjunto: efeitos da movimentação da estrutura de um suporte deficiente do painel, provocado por ações mecânicas de dilatação/retração térmica ou por surgimento de carregamento adicional nas paredes;

e) defeitos por ação da umidade: proveniente do substrato, que absorve a umidade por capilaridade ascendente/descendente, ou proveniente do próprio painel, por exposição à intempérie;

f) defeitos por ação antrópica: furtos, vandalismo ou tentativas inapropriadas de manutenção (recomposição das perdas no corpo cerâmico e/ou de pintura com materiais e procedimentos inadequados).

De acordo com Tinoco (2010), Muniz (2009) e adaptações da presente autora, os principais danos identificados em azulejos e embrechados são: alteração cromática, contaminação, concreção, desagregação, desordem, eflorescência, elemento espúrio, esfoliação, trinca e fissura, lacuna ou descolamento, sujidade, fratura do biscoito (chacota), perda do vidrado, deformação, vandalismo, aderência excessiva ou inamovibilidade, craquele, perfuração, recomposição de pintura e reposição sucessiva de material. O **Quadro 4** a seguir retrata o compilado de manifestações patológicas identificadas, com imagens do Claustro da Igreja e Convento de São Francisco em Salvador (BA) e da Igreja Bom Jesus dos Martírios em

Maceió (AL). Vale enfatizar que nem todas estão diretamente relacionadas com os defeitos de execução, foco deste estudo no tópico subsequente.

Quadro 4 – Manifestações patológicas identificadas na Igreja Bom Jesus dos Martírios e no Claustro da Igreja e Convento de São Francisco

| Identificação | Manifestação Patológica | Descrição | Possíveis Causas |
|---|------------------------------|---|--|
|  | Perda do vidrado | Destacamento de parte ou totalidade do esmalte do azulejo, sem afetar o corpo cerâmico. | Cristalização dos sais trazidos pela umidade, baixa resistência mecânica a impactos externos superficiais. |
|  | Fatura do biscoito (chacota) | Destacamento de parte ou totalidade do corpo cerâmico. | Ação de pressões mecânicas desiguais dos diferentes materiais (suporte/biscoito), cristalização de sais, desgaste do material pela umidade e por esforços externos excessivos. |
|  | Esfoliação | Desagregação com desprendimento de lâminas (descamação) do vidrado e da chacota. | Cristalização dos sais trazidos pela umidade, baixa resistência mecânica a impactos externos excessivos. |
|  | Lacuna ou descolamento | Área de perda total de uma ou mais peças de azulejo. | Perda da argamassa de rejunte, perda de coesão da argamassa de assentamento, introdução de plantas ou raízes no tardo, infiltração de água, ação humana (remoção por ignorância, roubo ou colecionismo). |

| | | | |
|---|----------------------------|---|---|
|  | <p>Alteração cromática</p> | <p>Reação química dos elementos constitutivos das cerâmicas ou dos vernizes de proteção.</p> | <p>Exposição às intempéries (poluição atmosférica, ventos do mar), má conservação, oxidação entre o vidrado e o biscoito, presença de fungos, lodo, mofo, salinidade e outros que causam redução da visibilidade dos padrões decorativos.</p> |
|  | <p>Desordem</p> | <p>Assentamento caótico dos azulejos no silhar.</p> | <p>Ausência de orientação e falta de conhecimento do acervo azulejar, geralmente são peças não pertencentes à composição gráfica sendo assentadas para suprir lacunas decorrentes da degradação das peças originais.</p> |
|  | <p>Desagregação</p> | <p>Reação física de esfacelamento e dissolução do corpo cerâmico e vítreo em decorrência de ações físico-químicas deletérias. Muito comum em rodapés.</p> | <p>Mal uso de instrumentos (vassouras, rodos, entre outros) e materiais (cloro, pinho sol e ácido muriático) de limpeza.</p> |
|  | <p>Deformação</p> | <p>Falhas durante o processo produtivo da peça, afetando tardo e/ou vidrado.</p> | <p>Materiais estranhos na composição do corpo cerâmico do azulejo durante a manufatura que causam cavidades e bolhas de ar.</p> |
|  | <p>Trinca e fissura</p> | <p>Reação física do corpo cerâmico às tensões a ele aplicadas.</p> | <p>Movimentações na estrutura do edifício tendo efeito direto nos suportes do azulejo, restaurações mal feitas utilizando argamassas inadequadas, efeitos da água na forma líquida ou em processo de evaporação.</p> |
|  | <p>Vandalismo</p> | <p>Dano antrópico gerado por agressão intencional à estética dos azulejos.</p> | <p>Desfiguração das faces das figuras dos painéis historiados pela fricção com ferramenta, danificando o vidrado.</p> |

| | | | |
|---|------------------|---|---|
|  | Eflorescência | Depósitos, geralmente brancos e porosos, sobre o corpo cerâmico do azulejo. | Umidade excessiva, baixa permeabilidade ao vapor de água pelo material de assentamento e presença de sais solúveis provocando efeitos expansivos. |
|  | Sujidade | Manchas superficiais facilmente retiráveis e sem comprometimento do corpo cerâmico. | Falta de manutenção adequada (deficiência na conservação), material de limpeza (cloro, cera, detergentes, entre outros) mal conduzido e inadequado às matérias-primas dos azulejos. |
|  | Concreção | Massa escura e endurecida acumulada no corpo cerâmico. | Formada por sucessivas precipitações ou exsudações magnesianas e calcárias, provocando efeitos expansivos com perda do vidrado. |
|  | Elemento espúrio | Agressão à estética do silhar e ao corpo cerâmico com emprego de material grosseiro na tentativa de reparo das peças. | Conduta deficiente e falta de conhecimento do acervo azulejar pelo pessoal encarregado da manutenção, emprego de material adverso à preservação dos azulejos. |
|  | Contaminação | Alteração físico-química da chacota e vidrado pela presença de corpo estranho. | Proliferação de material orgânico (vegetação), patogênicos, entre outros, infiltrados no corpo cerâmico devido principalmente à umidade e exposição às intempéries. |
|  | Perfuração | Furos no vidrado e chacota em anexo à corpo estranho. | Fatores mecânicos (antrópicos) provocados por tensões internas e externas, pela inserção de buchas, parafusos, pregos entre outros. |

| | | | |
|---|---|---|--|
|  | <p>Aderência excessiva ou inamovibilidade</p> | <p>Argamassa incompatível com o substrato em reparos pontuais (grosseiros).</p> | <p>Conduta deficiente e falta de conhecimento do acervo azulejar pelo pessoal encarregado da manutenção, emprego de material adverso à preservação dos azulejos.</p> |
|---|---|---|--|

Fonte: A autora (2022)

Foi possível observar que a aplicação de revestimento de azulejos e embrechados nas alvenarias históricas não proporcionou completa estanqueidade (impermeabilização), devido, sobretudo, a diversidade dos materiais reunidos em sua execução (paredes de arenito com aproximadamente 1,0 m de espessura e preenchimentos de pedregulhos ligados com areia e cal). Pontos identificados de infiltrações oriundas das coberturas (**Figura 64**) e do solo, provocaram percolação de umidade descendente e ascendente, afetando as paredes (detectadas com trincas, revestimentos descamados, deslocamentos (**Figura 65**) e deterioração dos azulejos históricos, entre outros).

Figura 64 – Pontos de umidade identificados nos embrechados da cobertura



Fonte: Relatório Técnico da Construtora (2020)

Figura 65 – Deslocamento de azulejos portugueses identificado no Claustro



Fonte: Relatório Técnico da Construtora (2020)

A umidade retida nas alvenarias, mesmo encontrando certa resistência por parte do revestimento cerâmico, foi conduzida à superfície do substrato pelos poros dos materiais. A permeabilidade das alvenarias em conjunto com a umidade excessiva também foi responsável pela precipitação e cristalização de sais na chacota (biscoito), apresentando expansões das peças, seguida de esfoliação e destacamento da camada vítrea (vidrado). Este fato veio a ser confirmado pelos métodos de caracterização realizados nos testemunhos das argamassas de assentamento, que registraram presença de cloro.

Outra questão relevante é a observação visual de que os trechos onde existiam maior incidência solar direta, também foram os que apresentaram manifestações patológicas mais graves nos azulejos e embrechados. Os azulejos assentados a céu aberto (fachadas externas), por consequência expostos diariamente às intempéries, foram os mais atingidos por variações térmicas em relação aos afixados em ambientes internos. Estas diferentes temperaturas causaram a retração e a expansão das peças, contribuindo para a sucessão de danos.

Em suma, pode-se citar um trecho diretamente retirado dos Relatórios Técnicos de Fiscalização nº 11/2020, 17/2020 e 21/2020 do IPHAN-BA que relata

“[...] a existência de goteiras, deterioração das colunas de suporte da estrutura de madeira do telhado do pavimento superior, deslocamento de telhas, calhas com entupimento, apodrecimento de estrutura de madeira e presença de limo devido à infiltração na cobertura do pavimento superior, tubos de queda e sistema de drenagem deteriorado, desprendimento e estufamento de peças de ladrilho no piso do pavimento superior, bem como a incidência direta da água da chuva nas alas do pavimento superior, causam infiltrações tanto nos azulejos fixados na área externa e interna, quanto no piso de ladrilho hidráulico e paredes do pavimento superior. Estas infiltrações de forma descendente se deslocam para as paredes e abóbadas de aresta do claustro inferior. A presença de umidade, excelente condutor de sais, causa danos como descolamento de pintura, argamassa pulverulenta, desagregação da argamassa. Tais danos também são agravados pela presença de trechos com argamassa à base de cimento, incompatível com o suporte e argamassa de assentamento existente, e pintura com tinta imprópria para o reboco existente.”

4.1.2. Danos gerados ao patrimônio por incompatibilidade de assentamento

Neste tópico serão abordados exclusivamente os danos em azulejos e embrechados do Claustro da Igreja e Convento de São Francisco em Salvador (BA) e da Igreja Bom Jesus dos Martírios em Maceió (AL), no que tange ao processo de execução em restauros anteriores. O enfoque será, portanto, no assentamento deficiente no suporte por uso de argamassa de má qualidade ou incompatível, aquém da argamassa tradicional de cal originalmente utilizada.

Assim como anteriormente exposto, o uso da cal na mistura, por suas qualidades físicas e químicas, auxilia a evaporação da umidade para fora da edificação, garantindo a capacidade de recepção e respiração das estruturas, devido ao seu fator de permeabilidade. Apesar deste

conhecimento consolidado, não é incomum o registro de uso de argamassa cimentícia substituindo as falhas ou faltas de azulejos e embrechados na composição de painéis. De acordo com Muniz (2009), este inadequado procedimento passou a ser mais comum a partir da metade do século passado, quando se verificava a presença de salitre na antiga argamassa e/ou nas paredes de suporte ou quando se desejava tornar o assentamento mais duradouro.

Como era o esperado, ambas as igrejas apresentaram vestígios de assentamentos anteriores com argamassas de cimento Portland, porém foi no Claustro da Igreja e Convento de São Francisco que os danos relativos ao seu emprego se tornaram mais relevantes e visíveis. Alguns painéis de azulejos estavam completamente aderidos ao suporte (**Figura 66**), apresentando dificuldade de remoção para dar continuidade à obra de restauro. A dificuldade de retirada exigiu um cuidado muito maior para evitar a quebra e desagregação de peças com utilização de equipamentos além do estimado, demandando mais tempo e mão de obra para executar os serviços subsequentes e comprometendo assim o cronograma contratual.

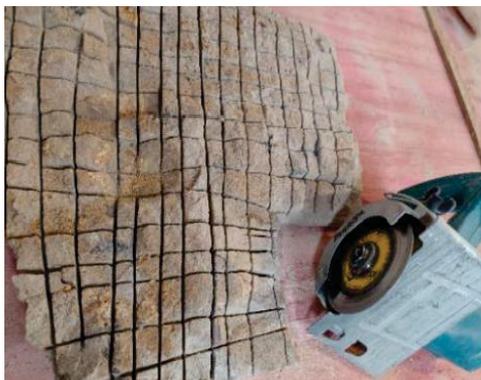
Figura 66 – Azulejo aderido ao suporte com dificuldade de remoção e presença de material cimentício



Fonte: Relatório Técnico da Construtora (2020)

A remoção de cada painel para efetuar o restauro levou de 4 a 5 dias, a depender da quantidade de argamassa de cimento encontrada nas alvenarias. A etapa subsequente, relativa à limpeza do tardo para desagregação completa do assentamento, levou em média 3 a 4 dias por painel, sendo necessário recortes com Makita (**Figura 67**). Tãmanha era a dureza do material que desgastava o disco do equipamento, consumindo uma média de 15 a 20 discos por mês (**Figura 68**).

Figura 67 – Recortes com Makita para tentativa de desagregação da argamassa do tardo



Fonte: Relatório Técnico da Construtora (2020)

Figura 68 – Demonstração do desgaste dos discos da Makita devido à alta dureza da argamassa



Fonte: Relatório Técnico da Construtora (2020)

No início da obra, adotando os métodos convencionais de restauro de azulejos, havia ocorrência de fragmentação de muitos elementos o que comprometia testemunhos e sua conformação artística (**Figura 69**). Isto criou a necessidade de estudos de aplicação de novos equipamentos para que fosse possível um procedimento que salvaguardasse a integridade dos azulejos. Visto isto, foi empregado o método de retirada de azulejos em blocos para preservação dos módulos (**Figura 70**). Ainda assim, houve dificuldade para a separação individual das peças, presente até a fase de limpeza na bancada.

Figura 69 – Fragmentação de painel azulejar por aderência excessiva ao substrato



Fonte: Relatório Técnico da Construtora (2020)

Figura 70 – Retirada de azulejos em blocos para preservação dos módulos



Fonte: Relatório Técnico da Construtora (2020)

Os painéis de azulejo da obra de restauro do Claustro da Igreja e Convento de São Francisco são compostos por 13.770 peças, sendo que destas, 7.710 foram visualmente identificadas assentadas com argamassa cimentícia. Isto significa que, em média, 60% do bem foi alterado ao longo do tempo com intervenções inadequadas, possivelmente ocorridas em mais de um momento na história do monumento, conforme indica a **Figura 71**.

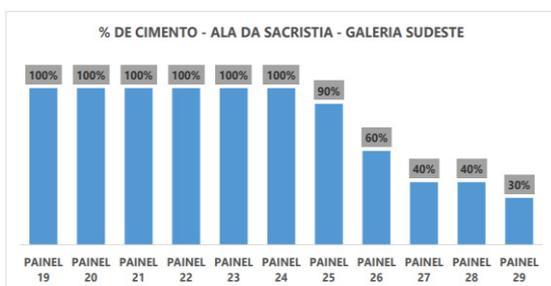
Figura 71 – Registro na argamassa de intervenções inadequadas ocorridas em restauros anteriores



Fonte: Relatório Técnico da Construtora (2021)

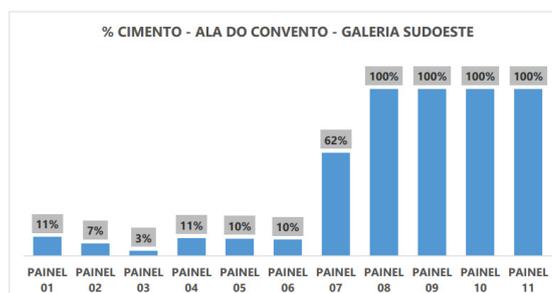
Dos 37 painéis que faziam parte do escopo da obra, somente o PAINEL 16 e o PAINEL 17 da Ala da Igreja não apresentaram resquícios de argamassa cimentícia, fato evidenciado pelos **Gráficos 2 ao 5**. Diante do observado, a empresa responsável pelo restauro, avaliou a produtividade das equipes na retirada das peças com presença de cimento em comparação com a produtividade usual na remoção de azulejos em obras com argamassa à base de cal. O resultado obtido revelou que a produtividade é reduzida quase pela metade quando se há presença de argamassa cimentícia. Levando-se em conta uma equipe composta por dois funcionários trabalhando em um turno de 9h diárias, estes seriam capazes de remover 76 peças assentadas com argamassa à base de cal, representando um índice de produtividade de 8,5 peças/h. Já quando se analisa a remoção de peças assentadas com argamassa cimentícia, a mesma equipe seria capaz de remover 43 peças, representando um índice de produtividade de 4,77 peças/h (**Figura 72**).

Gráfico 2 – Percentual de argamassa cimentícia encontrada na Ala da Sacristia



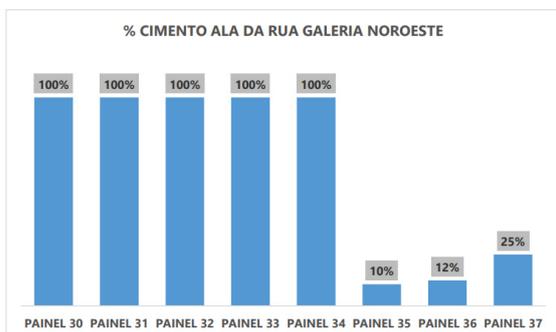
Fonte: Relatório Técnico da Construtora (2022)

Gráfico 3 – Percentual de argamassa cimentícia encontrada na Ala do Convento



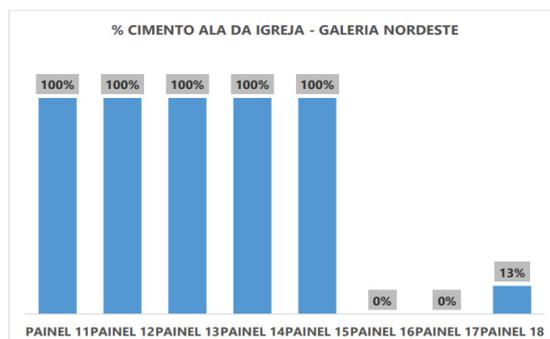
Fonte: Relatório Técnico da Construtora (2020)

Gráfico 4 – Percentual de argamassa cimentícia encontrada na Ala da Rua



Fonte: Relatório Técnico da Construtora (2022)

Gráfico 5 – Percentual de argamassa cimentícia encontrada na Ala da Igreja



Fonte: Relatório Técnico da Construtora (2022)

Figura 72 – Comparativo de produtividade na retirada e limpeza de painéis azulejares por tipo de argamassa de assentamento utilizada

| | | | | |
|-----------------------------|--------|--------------------|----------------|------------|
| Argamassa à base de Cal | 01 DIA | ----- 76 pçs ----- | 8,5pçs/h----- | 02 pessoas |
| Argamassa à base de Cimento | 01 DIA | ----- 43 pçs ----- | 4,77pçs/h----- | 02 pessoas |

Fonte: Relatório Técnico da Construtora (2022)

Outra observação interessante a se fazer em relação às práticas de assentamento incompatíveis é quanto ao incremento de carregamentos gerados às alvenarias históricas. Um azulejo representativo do Painel 19 da Ala da Sacristia, teve a massa registrada em 1,576 kg, levando-se em consideração o conjunto (cerâmica + argamassa cimentícia). Já, quando se mediu a massa do azulejo com seu tardez limpo, esta reduziu para 0,364 kg, o que significa dizer que somente a argamassa foi capaz de incrementar em média 1,212 kg por azulejo (**Figura 73**).

Figura 73 – Incremento de massa gerado pela aderência da argamassa cimentícia ao tardez



Fonte: Relatório Técnico da Construtora (2022)

Ainda quanto à influência do incremento de carregamentos gerados pelas argamassas cimentícias, foram identificadas alvenarias históricas no Claustro da Igreja e Convento de São Francisco com presenças de fissuras que comprometiam a estabilidade da edificação, uma vez

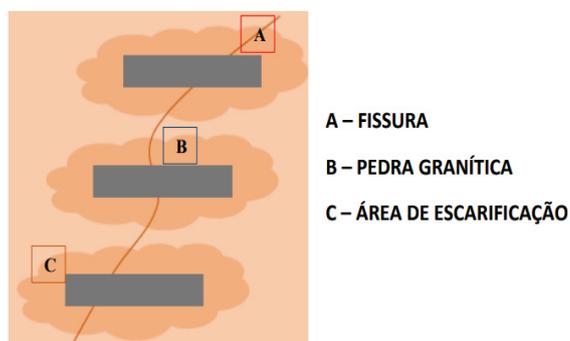
que são autoportantes (**Figura 74**). Devido a este fato, foi necessário realizar a amarração das paredes de suporte dos painéis de azulejos por meio da escarificação, com remoção parcial de tijolos, e da costura, com preenchimento de pedras graníticas (**Figura 75**). As pedras foram assentadas com argamassa de cal e areia e um percentual de cimento adicionado para dar hidráulica à mistura. A incorporação do cimento foi de 1/6, ou seja, para cada 6 partes de argamassa de cal+areia no traço 1:3, uma parte de cimento Portland pozolânico.

Figura 74 – Amarração nas alvenarias históricas com fissuras por incremento de tensões



Fonte: Relatório Técnico da Construtora (2020)

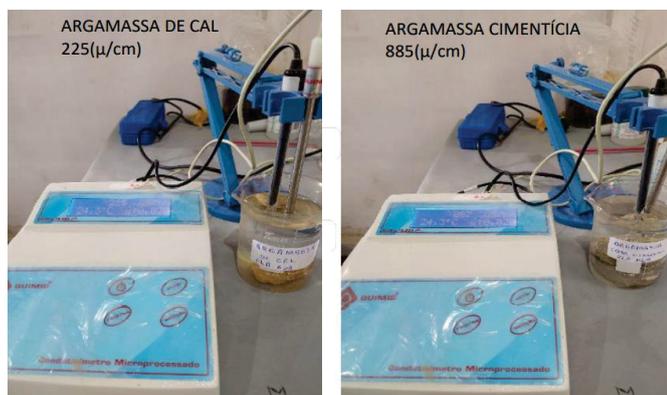
Figura 75 – Esquema de costura nas alvenarias históricas com pedra granítica



Fonte: Relatório Técnico da Construtora (2022)

Fazendo um comparativo entre as argamassas de assentamento tradicionais de cal e as argamassas incorporadas com cimento Portland, identificaram-se alterações quanto ao processo de dessalinização dos painéis. Os sulfatos, usualmente presentes nas argamassas à base de cimento, retardaram o processo. O teste executado entre as argamassas (diluídas em água) para medir o índice médio de salinidade encontrado na Ala da Rua resultou em 225 μm para as argamassas de cal e 885 μm para as argamassas cimentícias, representando um valor praticamente quadruplicado (**Figura 76**).

Figura 76 – Índice médio de salinidade encontrado nas amostras de argamassas antigas



Fonte: Relatório Técnico da Construtora (2021)

Outro comparativo interessante foi em relação aos azulejos dos rodapés assentados com argamassa cimentícia e com argamassa tradicional de cal (**Figura 77**). Entre os rodapés dos painéis da Ala da Sacristia, assentados com argamassa cimentícia, e os rodapés dos painéis da Ala do Convento, assentados com argamassa tradicional de cal, houve registro de perda de mais de 50% do vitrado.

Figura 77 – Comparativo visual entre rodapés assentados em restauros anteriores com argamassa cimentícia e com argamassa de cal



Fonte: Relatório Técnico da Construtora (2021)

Quanto à diferença nos métodos de execução para o restauro de azulejos e embrechados de ambas as igrejas, esta foi identificada apenas na etapa de extração e limpeza do tardo das cerâmicas. Na Igreja Bom Jesus dos Martírios em Maceió (AL), parte das cerâmicas estava assentada com argamassa tradicional de cal (**Figura 78**), não apresentando resistência para a remoção com os equipamentos usuais (micro retífica e talhadeira). Já em relação ao Claustro da Igreja e Convento de São Francisco, como dito anteriormente, a dureza significativa na argamassa de assentamento das peças exigiu a aquisição de equipamentos mais resistentes. Foi necessário utilizar, além do convencional, furadeira de impacto, martelo e rompedora (**Figura 79**).

Figura 78 – Azulejos da Igreja Bom Jesus dos Martírios retirados com maior facilidade por meio de micro retífica e talhadeiras



Fonte: Relatório Técnico da Construtora (2020)

Figura 79 – Azulejos do Claustro da Igreja e Convento de São Francisco retirados com maior dificuldade por meio de furadeira de impacto, martetele e rompedora



Fonte: Relatório Técnico da Construtora (2020)

Para esse processo, fora o investimento dos equipamentos, houve também um consumo muito grande de acessórios (discos e ponteiros) e de manutenção de fábrica, visto a utilização intempestiva com relação a rigidez do material. Em função da dificuldade encontrada na remoção dos azulejos e devido à grande concentração de cimento aderido nas peças, muitas fragmentaram, necessitando de consolidação do biscoito. Essa premissa exigiu também esforços de mão de obra, influenciando no andamento do cronograma, visto o tempo despendido para a retirada em módulos (**Figura 80**), no sentido de minimização da fragmentação das peças. Isto demandou esforço físico com a manipulação de equipamentos pesados, promovendo o rodízio das equipes, como forma de preservar a integridade dos trabalhadores envolvidos. Após a retirada dos azulejos em módulos, houve a necessidade do recorte na bancada da argamassa aderida em gomos, para que esta pudesse ser então desagregada com maior facilidade (**Figura 81**).

Figura 80 – Espessa camada de argamassa cimentícia aderida no tardo do módulo de azulejos



Fonte: Relatório Técnico da Construtora (2022)

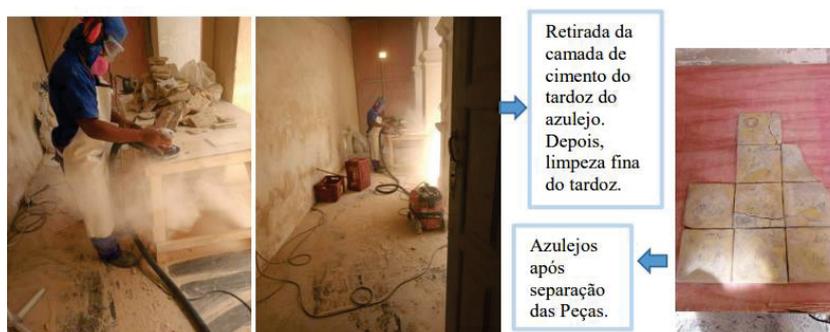
Figura 81 – Desprendimento da argamassa cimentícia recortada em gomos



Fonte: Relatório Técnico da Construtora (2022)

Após esta etapa, ainda foi necessário o emprego de lixadeira para a limpeza dos tarozes e só assim, pode haver a separação completa dos azulejos (**Figura 82**). Neste processo, também foi necessário a aquisição de EPIs, devido ao ambiente inóspito provocado pela poeira fina, danosa ao trato respiratório dos colaboradores envolvidos. Já em relação à Igreja Bom Jesus dos Martírios, o procedimento foi convencional, mediante o uso de micro retifica e talhadeira (**Figura 83**).

Figura 82 – Aplicação de lixadeira nos tarozes para retirada completa da argamassa cimentícia



Fonte: Relatório Técnico da Construtora (2022)

Figura 83 – Aplicação de micro retifica nos tarozes para retirada completa da argamassa de cal



Fonte: Relatório Técnico da Construtora (2020)

4.1.3. Difração de Raio X (DRX)

A constituição mineralógica dos testemunhos retirados do Claustro da Igreja e Convento de São Francisco em Salvador (BA) e da Igreja Bom Jesus dos Martírios em Maceió (AL) é fundamentalmente composta de quartzo e calcita, sendo estes minerais únicos e abundantes em AISF1, ASSF1 e LEBJ2 (**Tabela 11**).

Tabela 11 – Constituição mineralógica dos testemunhos pelo método DRX

(continua)

| Composto Químico | AISF1 | AISF2 | ASSF1 | ASSF2 | ACSF1 | ACSF2 |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Quartzo (SiO ₂) | ++++ | ++++ | ++++ | ++++ | ++++ | ++++ |
| Calcita (CaCO ₃) | ++++ | + | ++++ | + | ++++ | + |
| Alumina (Al ₂ O ₃) | - | + | - | + | vstg | + |
| Fluoreto de sódio (NaF) | - | - | - | - | - | - |
| Dióxido de urânio (UO ₂) | - | - | - | - | - | - |
| Praseodímio (Pr) | - | - | - | - | - | - |
| Fluoreto de cálcio (CaF ₂) | - | - | - | - | - | - |
| Bornita (Cu ₅ FeS ₄) | - | - | - | - | - | - |

Convenção: (++++) Abundante; (+) Presença; (vstg) Vestígio; (-) Não detectado

Fonte: A autora (2022)

Tabela 11 – Constituição mineralógica dos testemunhos pelo método DRX

(conclusão)

| Composto Químico | ARSF1 | ARSF2 | LEBJ1 | LEBJ2 | CTBJ1 | CTBJ2 |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Quartzo (SiO ₂) | ++++ | ++++ | ++++ | ++++ | ++++ | ++++ |
| Calcita (CaCO ₃) | + | + | ++++ | ++++ | + | + |
| Alumina (Al ₂ O ₃) | + | + | vstg | - | + | + |
| Fluoreto de sódio (NaF) | vstg | - | - | - | vstg | vstg |
| Dióxido de urânio (UO ₂) | vstg | vstg | - | - | vstg | vstg |

| | | | | | | |
|--|------|------|---|---|------|------|
| Praseodímio (Pr) | vstg | vstg | - | - | vstg | vstg |
| Fluoreto de cálcio (CaF ₂) | vstg | vstg | - | - | vstg | vstg |
| Bornita (Cu ₃ FeS ₄) | vstg | vstg | - | - | vstg | vstg |

Convenção: (+++++) Abundante; (+) Presença; (vstg) Vestígio; (-) Não detectado

Fonte: A autora (2022)

Isto indica que, como se espera em argamassas antigas, o ligante principal é a cal aérea composta por materiais majoritariamente silicosos. Ainda sobre o ligante, vale ressaltar que em nenhum difratograma foi identificado a portlandita (Ca(OH)₂). Isto pode ser devido ao fato de que o DRX é um método restrito na detecção de constituintes minoritários ou pode ser indício de que a carbonatação da cal foi praticamente completa. Quanto às areias comumente utilizadas em argamassas antigas, estas eram provenientes de rio e constituídas, em maioria, por quartzo (dióxido de silício), devido à boa resistência às ações corrosivas dos agentes externos. A presença de sílica também pode indicar, segundo Japiassú (2011) citando Guimarães (2002), a utilização de cal hidráulica ou de fragmentos cerâmicos produzidos com cal aérea, constituindo assim uma reação pozolânica.

Os difratogramas dos demais testemunhos, demonstraram ainda a presença de alumina (AISF2, ASSF2, ACSF2, ARSF1, ARSF2, CTBJ1 e CTBJ2) e vestígio de alumina (ACSF1 e LEBJ1). Isto pode significar o emprego de cimento Portland em restaurações recentes, uma vez que visualmente a coloração acinzentada e a dificuldade da retirada destes testemunhos já representavam indícios “in loco”. De acordo com Margalha (2011), tanto o cimento Portland quanto a cal hidráulica são constituídos pelas mesmas matérias primas, o que pode haver dúvidas quanto à origem da alumina. Porém, levando em consideração que no Brasil não era comum o uso de cal hidráulica, ao contrário do que se vê em Portugal, ainda se pode sustentar a tese. Conforme Cristelo (2001), na presença de um ambiente alcalino e quantidade de água suficiente, os íons de cálcio (Ca₂⁺) e os íons hidroxilos (OH⁻) constituintes da cal, podem se combinar com os íons de sílica e alumina livres, originando, por meio de reações pozolânicas, hidratos de cálcio, como silicatos e aluminatos de cálcio hidratados. Estes compostos de reação constituem uma contribuição para o aumento da resistência comum nas argamassas tradicionais de cal, apresentando características hidráulicas expressas pelos altos teores de alumina dos testemunhos (AISF2, ASSF2, ACSF2, ARSF1, ARSF2, CTBJ1 e CTBJ2).

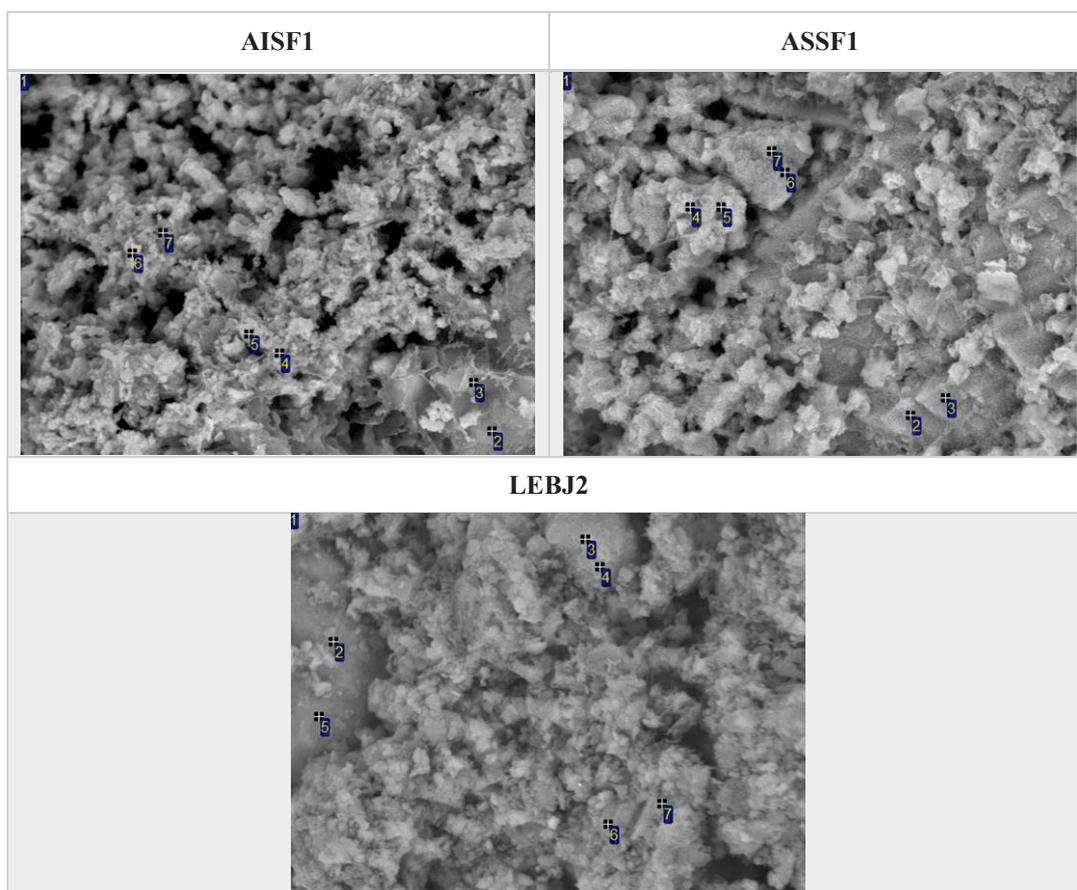
Ainda, pode-se observar que quatro testemunhos com alumina apresentaram também contaminação por fluoretos (ARSF1, ARSF2, CTBJ1 e CTBJ2). Não se pode afirmar a origem da contaminação das argamassas por fluoretos, porém esta parece ter relação direta com a possível presença de cimento Portland nos testemunhos. De acordo com Narloch et al. (2015), há possibilidade de se empregar, na substituição do gesso constituinte do cimento, o fosfogesso, resíduo originado de indústrias fertilizantes. O fosfogesso é composto principalmente, por cálcio dihidratado e algumas impurezas, como fluoretos, metais e radionuclídeos. Isto também pode explicar o fato da presença de contaminação por dióxido de urânio, uma vez que o urânio é da categoria dos radionuclídeos. A contaminação por dióxido de urânio também pode ter relação com a contaminação por praseodímio observada nos mesmos testemunhos. O praseodímio ocorre naturalmente em depósitos aluviais e em territórios que geologicamente já foram praias (paleopraias). Este metal possui em quantidades reduzidas a sílica e o urânio, podendo ter incorporado estes elementos nas argamassas através de agregados contaminados.

Por fim, os mesmos quatro testemunhos (ARSF1, ARSF2, CTBJ1 e CTBJ2) contaminados com fluoretos, dióxido de urânio e praseodímio, também apresentaram contaminação por bornita. Este minério ocorre associado a sulfetos de Cu e Fe, calcita e quartzo, podendo ter sido incorporado nas argamassas por meio de contaminação de agregados. De acordo com Dobrovolski (2021), caso haja oxidação do contaminante, este libera íons sulfato na matriz cimentícia, o qual reage com a portlandita, dando origem a compostos expansivos, como a gipsita e etringita, gerando tensões sobressalentes dentro da estrutura, fissuras e manchas superficiais de cor marrom, em virtude da formação de hidróxido de ferro ($\text{Fe}(\text{OH})_3$).

4.1.4. Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

Como dito anteriormente, o ensaio DRX demonstrou que a constituição mineralógica dos testemunhos é fundamentalmente composta de quartzo e calcita, sendo estes minerais únicos e abundantes em AISF1, ASSF1 e LEBJ2. Isto foi confirmado através do mapeamento MEV de imagens eletrônicas ampliadas em 2500x. Com base na microscopia, pode-se perceber que os exemplares de material poroso (AISF1, ASSF1 e LEBJ2) apresentaram relevo com capilaridades demonstradas pelo sombreamento uniforme da imagem (**Quadro 5**), assemelhando-se a recifes de corais.

Quadro 5 – Morfologia porosa das argamassas tradicionais de cal em imagens eletrônicas ampliadas 2500x

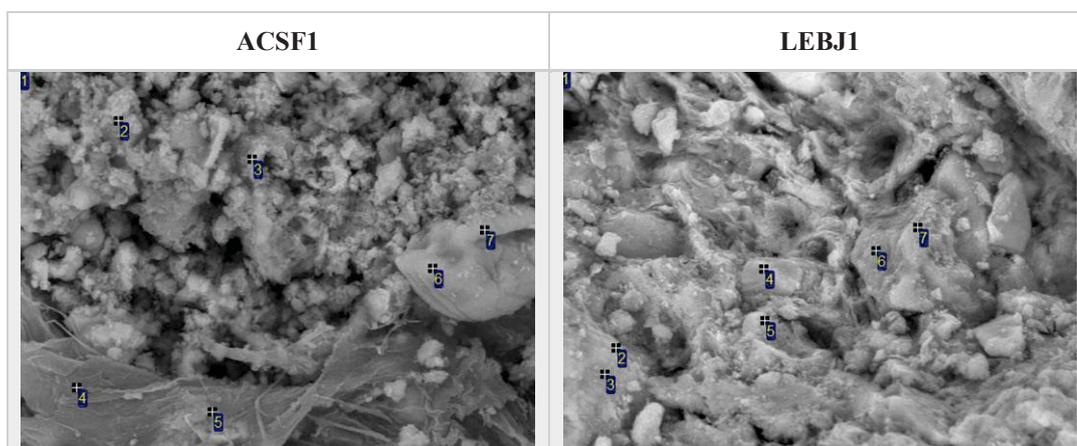


*A constituição mineralógica dos pontos selecionados nas imagens, encontra-se descrita no Apêndice I

Fonte: A autora (2021)

Em relação aos testemunhos ACSF1 e LEBJ1, na extração dos exemplares “in loco” notou-se que os materiais eram medianamente porosos, apresentando certa dificuldade na sua retirada se comparados aos testemunhos AISF1, ASSF1 e LEBJ2. O ensaio DRX corroborou esta observação ao identificar baixa concentração de alumina na composição de ambos, o que também pode ser observado pela alteração visual de suas microestruturas captadas pelo MEV (**Quadro 6**). Vale ressaltar também que foi constatada a presença de fibras orgânicas no testemunho ACSF1, conforme indicado nos pontos 4 e 5 do **Quadro 6**. Isto é fato interessante, uma vez que confirma a informação de Kanan (2008) de que no passado houve uso de fibras vegetais e animais, entre outros materiais, como aditivos naturais para o controle de retração no estado endurecido.

Quadro 6 – Alteração visual das microestruturas das argamassas antigas em imagens eletrônicas ampliadas 2500x

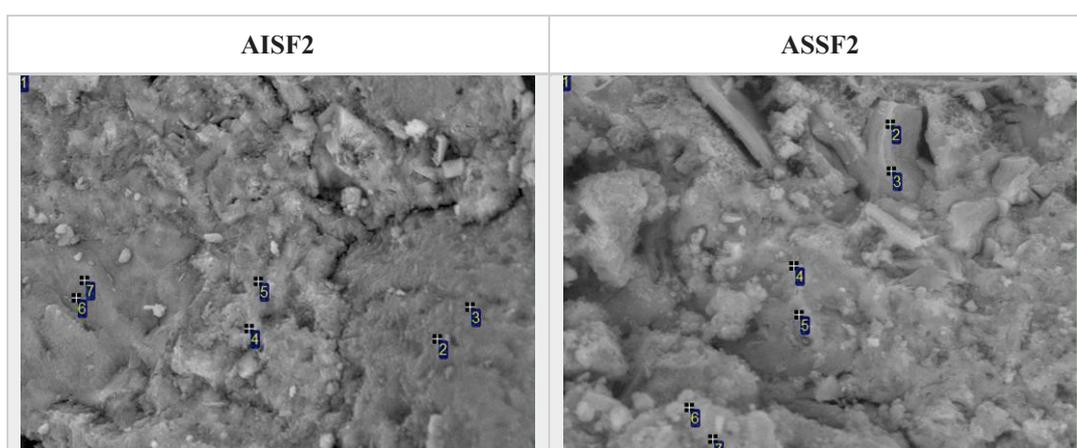


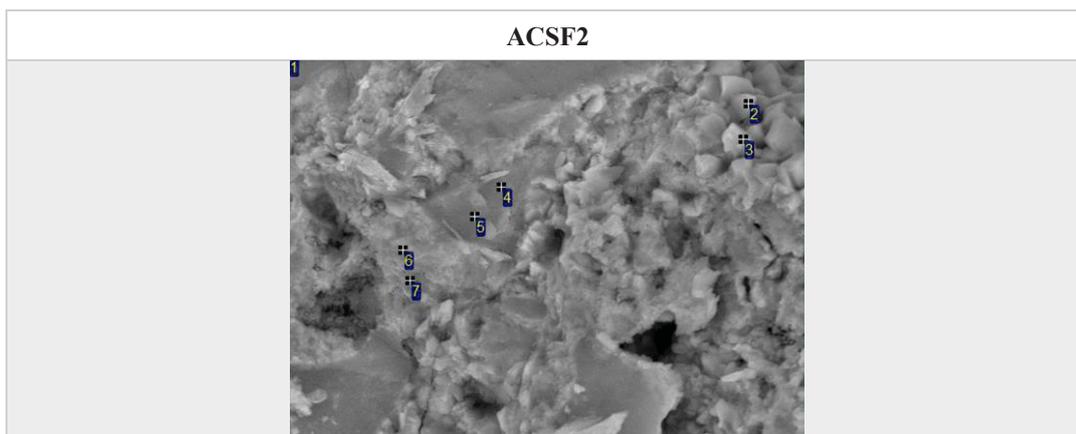
*A constituição mineralógica dos pontos selecionados nas imagens, encontra-se descrita no Apêndice I

Fonte: A autora (2021)

Quanto aos testemunhos AISF2, ASSF2 e ACSF2, na extração dos exemplares “in loco” notou-se que os materiais eram coesos, apresentando grande dificuldade na sua retirada em relação aos testemunhos AISF1, ASSF1, LEBJ2, ACSF1 e LEBJ1. O ensaio DRX corroborou esta observação ao identificar alta concentração de alumina, o que também pode ser observado pela alteração visual de suas microestruturas captadas pelo MEV. Nas imagens há presenças pontuais de formas cristalinas, a exemplo dos pontos 2 e 3 das amostras ASSF2 e ACSF2, que contribuem na compactação do conjunto e consequentemente na diminuição da porosidade do material (**Quadro 7**). Acentua-se, com isso, que a alteração microestrutural possivelmente é resultante das contaminações incorporadas às argamassas antigas de cal, a exemplo do cimento Portland.

Quadro 7 – Presença de formas cristalinas e microestrutura compacta observada nas argamassas antigas em imagens eletrônicas ampliadas 2500x





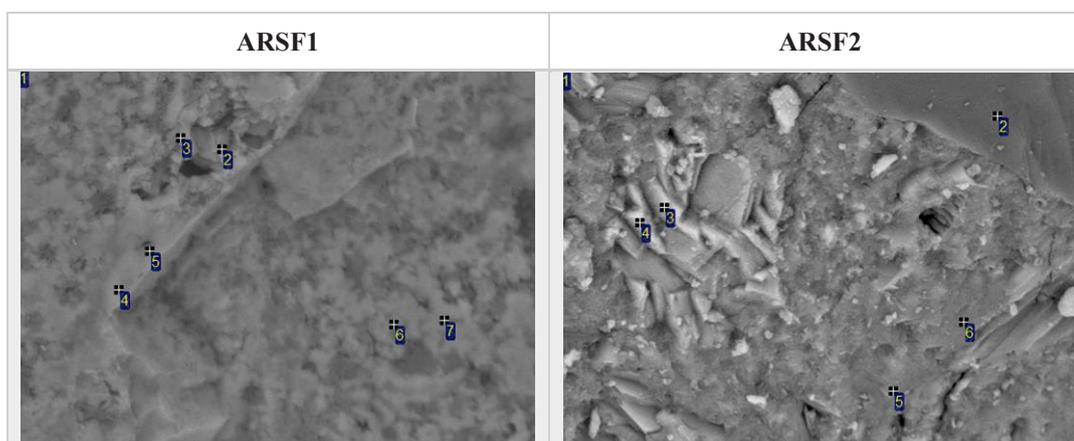
*A constituição mineralógica dos pontos seleccionados nas imagens, encontra-se descrita no Apêndice I

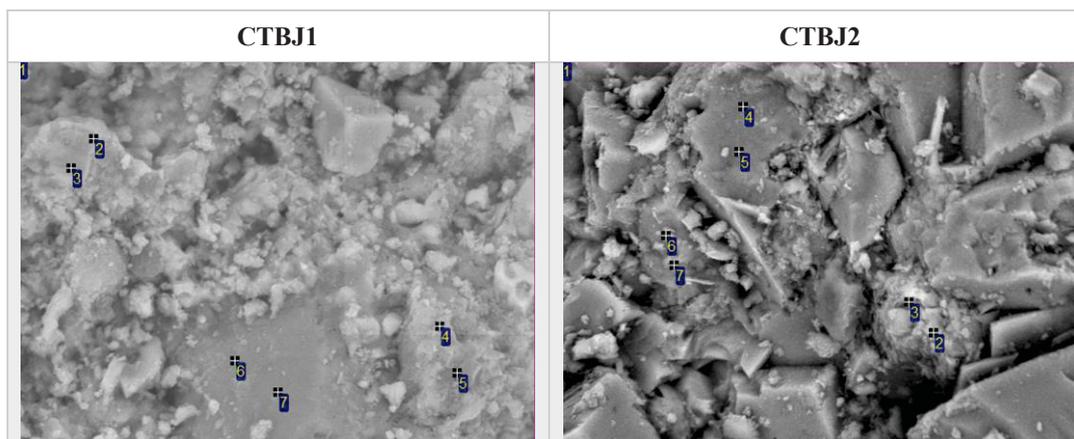
Fonte: A autora (2021)

Ainda, conforme o ensaio DRX, quatro testemunhos com alumina (ARSF1, ARSF2, CTBJ1 e CTBJ2) apresentaram também contaminação por fluoretos, dióxido de urânio, praseodímio e bornita. Este fato pode ser confirmado pela alteração microestrutural captada pelo MEV, onde se pode observar a presença de minerais e metais com diferentes números atômicos (**Quadro 8**).

Nas imagens, quanto maior o número atômico médio do elemento, mais claro foi o tom em pixel que o representava. Nota-se ainda que a contaminação impactou tanto na aderência da argamassa ao substrato, expressa em termos da dificuldade na extração dos exemplares, quanto em sua porosidade, visivelmente afetada na microscopia.

Quadro 8 – Presença de elementos com número atômico elevado devido tons claros demonstrados em alguns pontos das imagens eletrônicas ampliadas 2500x





*A constituição mineralógica dos pontos selecionados nas imagens, encontra-se descrita no Apêndice I

Fonte: A autora (2021)

4.1.4.1. Espectroscopia por Dispersão de Energia (EDS)

Como complemento ao ensaio MEV, o EDS permite avaliar qualitativamente os elementos químicos encontrados em cada testemunho através do mapeamento em seis a sete pontos visivelmente heterogêneos entre si (**Tabela 12**). Vale ressaltar que a interação entre os resultados dos demais ensaios é fundamental, pois segundo Diamond (1986), ao se realizar, por exemplo, um EDS em um ponto de uma amostra com 1 cm² e magnificação de 10.000x, obtém-se a amostragem de apenas 0,001% da superfície em estudo.

Tabela 12 – Constituição mineralógica dos testemunhos pelo método EDS
(continua)

| Elemento Químico | Percentual Médio em Massa (%) | | | | | |
|------------------|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | AISF1 | AISF2 | ASSF1 | ASSF2 | ACSF1 | ACSF2 |
| C | 8,95 | 9,20 | 14,67 | 21,76 | 7,45 | 9,74 |
| O | 57,45 | 58,05 | 55,54 | 47,84 | 56,30 | 58,26 |
| Na | 0,17 | - | 0,74 | - | 0,40 | - |
| F | - | - | - | 0,45 | - | - |
| Mg | 4,19 | 0,48 | 0,16 | 0,47 | 2,88 | 5,28 |
| Al | 0,99 | 1,67 | 0,20 | 1,67 | 1,15 | 1,98 |
| Si | 8,74 | 14,35 | 13,90 | 1,63 | 13,86 | 8,69 |
| P | - | - | - | 2,72 | 0,15 | - |
| S | - | - | - | - | - | - |

| | | | | | | |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| K | 0,16 | - | - | - | 0,08 | 0,03 |
| Cl | - | - | - | - | 0,94 | 0,61 |
| Ca | 18,29 | 15,80 | 14,76 | 22,81 | 16,13 | 14,85 |
| Ti | 0,13 | 0,06 | - | 0,04 | - | 0,02 |
| Fe | 0,93 | 0,39 | 0,03 | 0,61 | 0,66 | 0,54 |
| Ba | - | - | - | - | - | - |
| W | - | - | - | - | - | - |
| Cu | - | - | - | - | - | - |

Fonte: A autora (2022)

Tabela 12 – Constituição mineralógica dos testemunhos pelo método EDS
(conclusão)

| Percentual Médio em Massa (%) | | | | | | |
|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Elemento Químico | ARSF1 | ARSF2 | LEBJ1 | LEBJ2 | CTBJ1 | CTBJ2 |
| C | 3,04 | - | 11,67 | 9,22 | 1,06 | 3,42 |
| O | 59,89 | 63,61 | 56,62 | 54,69 | 53,72 | 55,54 |
| Na | 0,22 | - | - | - | 0,59 | 0,18 |
| F | 0,30 | 0,42 | - | - | 0,44 | 0,32 |
| Mg | 0,87 | 0,95 | 0,38 | 0,15 | 4,19 | 0,24 |
| Al | 3,50 | 4,22 | 1,16 | 0,45 | 4,95 | 6,87 |
| Si | 17,46 | 21,66 | 7,74 | 14,56 | 20,27 | 26,84 |
| P | - | - | 0,06 | - | - | - |
| S | 0,29 | 0,10 | - | - | 1,03 | 0,17 |
| K | 0,33 | 0,27 | 0,03 | - | 0,91 | 0,69 |
| Cl | 0,08 | 0,27 | - | - | 1,00 | 0,37 |
| Ca | 12,89 | 6,64 | 21,78 | 20,78 | 3,30 | 1,29 |
| Ti | 0,12 | 0,07 | 0,02 | - | 0,03 | 0,38 |
| Fe | 0,94 | 1,74 | 0,54 | 0,15 | 5,50 | 3,63 |
| Ba | - | - | - | - | 1,85 | - |
| W | - | - | - | - | 1,11 | - |
| Cu | 0,07 | 0,05 | - | - | 0,05 | 0,06 |

Fonte: A autora (2022)

As micrografias identificaram vestígios de sódio nos testemunhos AISF1, ASSF1, ACSF1, ARSF1, CTBJ1 e CTBJ2, variando entre 0,17% e 0,74% de massa. O Na pode ser indicativo da presença de óxido de sódio (Na_2O) e/ou fluoreto de sódio (NaF), o que será verificado confrontando os dados do FRX. Vale ressaltar que o DRX já havia apresentado NaF nas amostras ARSF1, CTBJ1 e CTBJ2, porém não havia identificado vestígios de sódio em AISF1, ASSF1 e ACSF1. Isto corrobora o fato de que o DRX possui certa limitação ao detectar elementos presentes em pequenas proporções, sendo necessária a integração dos dados com outros ensaios de constituição. Com o EDS foi possível verificar também vestígios de flúor nos testemunhos ASSF2, ARSF1, ARSF2, CTBJ1 e CTBJ2, variando entre 0,30% e 0,45% de massa. O F pode ser indicativo da presença de fluoreto de sódio (NaF) e/ou fluoreto de cálcio (CaF_2), conforme já apontado pelo DRX. Entretanto, nota-se que o DRX não foi capaz de detectar F no testemunho ASSF2.

A constituição mineralógica em EDS apontou vestígios de magnésio nos testemunhos AISF2, ASSF1, ASSF2, ARSF1, ARSF2, LEBJ1, LEBJ2 e CTB2, variando entre 0,15% e 0,95% de massa. Já para as amostras AISF1, ACSF1, ACSF2, e CTBJ1, os resultados das micrografias apresentaram maiores concentrações de Mg, variando entre 2,88% e 5,28% de massa. A presença de Mg poderia ser atribuída à fosterita (SiO_4Mg_2) ou dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) provavelmente contida junto com o material argiloso utilizado nas argamassas. Nota-se que os difratogramas não haviam identificado o magnésio em nenhuma das amostras. Outra divergência encontrada entre o EDS e o DRX foi quanto à presença de alumínio, sendo este identificado em todas as micrografias, enquanto nos difratogramas apenas nas amostras coesas (variação em EDS entre 6,87% e 1,67% de massa) e medianamente coesas (variação em EDS entre 1,15% e 1,16% de massa). Isto ratifica o fato de que o DRX apresenta baixa sensibilidade na detecção de elementos, uma vez que para as amostras porosas (variação em EDS entre 0,95% e 0,20% de massa) não houve este registro. Pode-se, portanto, afirmar que mesmo àquelas argamassas antigas de cal que não foram contaminadas em restauros posteriores com cimento Portland, apresentaram certa hidraulicidade proveniente de reações pozolânicas para ganho de resistência.

As micrografias, confirmando os resultados do DRX, apontaram presença de silício em todos os testemunhos, variando entre 1,63% e 26,84% de massa. O Si é provavelmente oriundo, não somente da caulinita, mas também do quartzo contido nas areias de confecção das argamassas. Quanto aos vestígios de fósforo, estes foram identificados somente nos testemunhos ASSF2, ACSF1 e LEBJ1, variando entre 0,06% e 2,72% de massa. O P pode estar

associado à hidroxiapatita, mineral composto de fosfato de cálcio ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) e presente nos ossos e dentes dos seres vertebrados, o que, segundo Rodrigues (2013), evidenciaria o uso de ossadas animais moídas para obtenção das argamassas antigas de cal.

Corroborando com o apontamento do DRX para os testemunhos ARSF1, ARSF2, CTBJ1 e CTBJ2, a constituição mineralógica em EDS identificou vestígios de enxofre, variando entre 0,10% e 1,03% de massa, provavelmente proveniente da contaminação dos agregados por bornita (Cu_5FeS_4). Ainda pode-se identificar vestígios de potássio nas amostras AISF1, ACSF1, ACSF2, ARSF1, ARSF2, LEBJ1, CTBJ1 e CTBJ2, variando entre 0,03% e 0,91% de massa. O K pode estar associado ao nitrato de potássio (KNO_3), proveniência de fezes animais, ou ao óxido de potássio (K_2O), resultado da reação de oxidação, sendo isto melhor apurado com o cruzamento dos dados do FRX. O potássio também, juntamente com o cloro, pode formar o cloreto de potássio (KCl), significando a presença de material cimentício. Os vestígios de cloro foram identificados nos testemunhos ACSF1, ACSF2, ARSF1, ARSF2, CTBJ1 e CTBJ2, variando entre 0,08% e 1,00% de massa. De acordo com Bauer (1988), o cloreto de potássio (KCl) é um dos sais solúveis contidos no cimento Portland.

Quanto ao cálcio, nota-se que foi o elemento químico com maior proporção em massa (desconsiderando os elementares carbono e oxigênio) identificado para grande parte dos testemunhos, exceto para ARSF1, ARSF2, CTBJ1 e CTBJ2. Nestas amostras, o silício apresentou destaque, sendo estas também identificadas como mais coesas e impermeáveis pelo MEV. A presença de cálcio, variando entre 1,29% e 22,81% de massa, provavelmente contido na calcita e caulinita, confirma que as argamassas antigas foram majoritariamente confeccionadas com cal. Quanto mais elevado o teor de cálcio nas amostras AISF1, AISF2, ASSF1, ASSF2, ACSF1, ACSF2, LEBJ1 e LEBJ2, maior terá sido possivelmente a quantidade de aglomerante incorporado. Vale ressaltar também a detecção de vestígios de titânio em todos os testemunhos, exceto em ASSF1, ACSF1 e LEBJ2, variando entre 0,02% e 0,38% de massa. Este elemento químico, possivelmente pertencente ao dióxido de titânio (TiO_2), faz parte da constituição de alguns materiais da construção civil, tais como o cimento branco e as cerâmicas, que podem ter sido incorporados nas argamassas para ganho de resistência.

As micrografias apontaram também a presença de ferro em todos os testemunhos, variando entre 0,03% e 5,50% de massa. O Fe pode ter origem da bornita, como apontado no DRX, ou ainda ser proveniente da hematita, também conhecida como ferrugem. Quanto aos vestígios de bário, estes foram identificados somente na amostra CTBJ1, com 1,85% de massa. O Ba pode estar associado ao carbonato de bário (BaCO_3) ou à barita (BaO), muito presente na

fabricação de porcelanas e tijolos, o que poderia corroborar a hipótese de incorporação de cerâmicas para obtenção de reação pozolânica. Interessante observar que a amostra CTBJ1 também foi a única a apresentar vestígios de tungstênio, com 1,11% de massa. O W pode estar associado ao trióxido de tungstênio (WO_3), utilizado em pigmentos para cerâmicas. Por fim, tem-se o registro da presença de cobre nos testemunhos ARSF1, ARSF2, CTBJ1 e CTBJ2, variando entre 0,05% e 0,07%. Isto pode confirmar a contaminação por bornita (Cu_5FeS_4) detectada pelo DRX ou ainda significar associação ao óxido de cobre (CuO), também utilizado em pigmentos para cerâmicas.

4.1.5. Fluorescência de Raio X (FRX)

A fluorescência de raio x foi a técnica experimental utilizada para o fechamento da caracterização das argamassas antigas, uma vez que, assim como a DRX, fornece os compostos químicos (**Tabela 13**), porém com maior grau de sensibilidade de detecção.

Tabela 13 – Constituição mineralógica dos testemunhos pelo método FRX

(continua)

| | AISF1 | AISF2 | ASSF1 | ASSF2 | ACSF1 | ACSF2 |
|--------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Composto Químico | Massa (%) |
| Na ₂ O | 0,41 | 0,67 | 4,66 | 0,93 | 0,62 | 0,27 |
| MgO | 1,56 | 1,89 | 1,15 | 2,26 | 12,10 | 0,59 |
| Al ₂ O ₃ | 4,60 | 7,15 | 0,97 | 7,22 | 5,33 | 8,21 |
| SiO ₂ | 33,00 | 39,70 | 37,40 | 18,1 | 26,86 | 32,40 |
| P ₂ O ₅ | 0,15 | 0,14 | 0,15 | 0,14 | 0,17 | 0,19 |
| SO ₃ | 0,92 | 2,00 | 1,10 | 0,80 | 0,86 | 1,83 |
| Cl | - | 0,23 | - | 0,11 | 1,44 | 1,15 |
| K ₂ O | 0,36 | 0,47 | 0,52 | 0,39 | 1,03 | 0,39 |
| CaO | 56,58 | 44,61 | 50,71 | 64,07 | 42,30 | 51,47 |
| Fe ₂ O ₃ | 1,45 | 2,90 | 2,98 | 4,78 | 8,67 | 3,25 |
| SrO | 0,97 | 0,13 | 0,21 | 0,40 | 0,16 | 0,12 |
| ZnO | - | 0,06 | 0,05 | 0,05 | 0,04 | 0,03 |
| ZrO ₂ | - | 0,05 | 0,03 | 0,06 | - | 0,06 |

| | | | | | | |
|-------------------|---|---|------|------|------|------|
| BaO | - | - | - | - | - | - |
| TiO ₂ | - | - | - | 0,65 | - | - |
| MnO ₂ | - | - | - | - | 0,42 | - |
| CuO | - | - | 0,07 | 0,04 | - | 0,04 |
| Rb ₂ O | - | - | - | - | - | - |
| Br | - | - | - | - | - | - |

Fonte: A autora (2021)

Tabela 13 – Constituição mineralógica dos testemunhos pelo método FRX

(conclusão)

| | ARSF1 | ARSF2 | LEBJ1 | LEBJ2 | CTBJ1 | CTBJ2 |
|--------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Composto Químico | Massa (%) |
| Na ₂ O | 2,19 | 0,63 | 0,44 | 0,39 | 0,33 | 1,15 |
| MgO | 0,77 | 1,66 | 2,08 | 2,80 | 2,28 | 1,09 |
| Al ₂ O ₃ | 9,84 | 11,10 | 5,53 | 2,40 | 15,30 | 25,40 |
| SiO ₂ | 43,20 | 44,93 | 30,38 | 40,64 | 44,26 | 53,43 |
| P ₂ O ₅ | - | 0,09 | 0,12 | 0,30 | 0,29 | 0,18 |
| SO ₃ | 0,90 | 1,37 | 0,57 | 0,59 | 1,53 | 2,79 |
| Cl | 1,15 | 0,66 | 0,34 | - | 0,16 | 0,15 |
| K ₂ O | 0,29 | 1,09 | 1,38 | 0,81 | 0,28 | 2,99 |
| CaO | 40,09 | 35,80 | 55,80 | 48,20 | 29,20 | 5,64 |
| Fe ₂ O ₃ | 0,79 | 2,15 | 2,73 | 3,39 | 3,97 | 5,49 |
| SrO | 0,05 | 0,41 | 0,25 | 0,20 | 0,45 | 0,09 |
| ZnO | - | 0,04 | 0,08 | 0,03 | - | 0,07 |
| ZrO ₂ | 0,10 | 0,03 | 0,06 | 0,13 | 0,15 | 0,09 |
| BaO | - | - | - | - | 0,24 | - |
| TiO ₂ | 0,59 | - | - | - | 1,49 | 1,31 |
| MnO ₂ | - | - | - | - | - | - |
| CuO | 0,04 | 0,04 | 0,24 | 0,12 | 0,07 | 0,10 |
| Rb ₂ O | - | - | - | - | - | 0,02 |
| Br | - | - | - | - | - | 0,01 |

Fonte: A autora (2021)

Os mapeamentos identificaram vestígios de óxido de sódio (Na_2O) em todos os testemunhos, variando entre 0,27% e 4,66% de massa. Nota-se que a EDS apenas identificou sódio em AISF1, ASSF1, ACSF1, ARSF1, CTBJ1 e CTBJ2, enfatizando a importância da integração de dados entre as técnicas experimentais. Pode-se afirmar, portanto, que o fluoreto de sódio identificado na DRX, possivelmente era na verdade óxido de sódio. Os óxidos de sódio são compostos básicos que podem reagir com ácido e produzir sal e água, sendo extremamente prejudicial para as argamassas. Este composto pode ter sido incorporado na mistura através da adição de cerâmicas vitrificadas moídas. Outra divergência importante entre os métodos experimentais a ser ressaltada é a identificação do flúor, que não foi detectado por FRX, apesar de ter sido apresentado em forma de fluoreto na DRX e de elemento químico na EDS.

Com a FRX foi possível verificar também vestígios de óxido de magnésio (MgO) em todos os testemunhos, variando entre 0,59% e 12,10% de massa. Nota-se que a EDS apenas identificou magnésio em AISF2, ASSF1, ASSF2, ARSF1, ARSF2, LEBJ1, LEBJ2 e CTB2, enquanto a DRX não detectou sinal do elemento, tendo sido necessária a correlação entre os métodos experimentais. A presença de MgO confirma a hipótese de constituição de agregados de origem dolomítica ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), sendo seu maior teor para aquelas de maior proporção de material argiloso utilizado nas argamassas.

A FRX detectou em todas as amostras o óxido de alumínio (Al_2O_3), também conhecido por alumina, corroborando a presença de alumínio encontrado na EDS. Os teores de alumina identificados apresentaram grande variação, entre 0,97% e 25,40% de massa, possivelmente pela contaminação diferenciada por cimento Portland em restauros anteriores. É importante salientar que quanto maior a dificuldade de retirada da amostra in loco, ou seja, maior aderência ao substrato, mais elevados foram os teores de alumina captados na FRX. A técnica experimental, portanto, confirmou a hipótese de que todas as argamassas antigas de cal apresentaram certo grau de hidráulidade.

Assim como identificado nas micrografias, a FRX detectou presença de dióxido de silício (SiO_2) em todos os testemunhos, também conhecido por sílica, variando entre 18,10% e 53,43% de massa. A sílica, juntamente com o óxido de cálcio (CaO), foi um dos compostos químicos que apresentou os maiores teores, o que se justifica pelo quartzo contido nas areias de confecção das argamassas e pelo cimento Portland incorporado em algumas amostras. Quanto aos vestígios de fósforo, estes foram identificados em todos os testemunhos por meio do anidrido fosfórico (P_2O_5), com exceção de ARSF1, variando entre 0,09% e 0,30% de massa. Deste modo,

diferentemente do que se imaginava, o P não está associado à hidroxiapatita e sim ao pentóxido de fósforo, advindo da contaminação dos aglomerantes e agregados.

Quanto à presença de enxofre, apesar de ter sido detectado pela DRX e EDS somente nos testemunhos ARSF1, ARSF2, CTBJ1 e CTBJ2, em se tratando da FRX, houve identificação de resquícios para todas as amostras. O elemento químico apareceu associado como sulfato (SO_3), variando entre 0,57% e 2,79% de massa. Isto sugere que, além da contaminação dos agregados por bornita (Cu_5FeS_4) demonstrada em DRX, a formação de sulfatos pode ter relação com a gipsita adicionada ao clínquer para obtenção do cimento Portland. O FRX ainda revelou vestígios de cloro em todas as amostras, com exceção de AISF1, ASSF1 e LEBJ2, variando entre 0,11% e 1,44% de massa. O Cl, caso associado ao potássio, pode ter sido proveniente de materiais cimentícios com sais solúveis em sua constituição. Quanto ao K, este apareceu em forma de óxido de potássio (K_2O) para todos os testemunhos, variando entre 0,28% e 2,99% de massa. Deste modo, pode-se excluir a hipótese anterior de associação ao nitrato de potássio e confirmar efeitos de oxidação presente nas argamassas antigas.

Os teores de cálcio na FRX, expressos por meio do óxido de cálcio (CaO), foram bastante elevados em relação aos demais compostos químicos para a maioria dos testemunhos, variando entre 5,64% e 64,07% de massa. Nota-se que, assim como demonstrado em EDS, as amostras ARSF1, ARSF2, CTBJ1 e CTBJ2 apresentaram o silício como destaque, sendo estas também identificadas como mais coesas e impermeáveis pelo MEV. Os altos teores de CaO confirmam, portanto, que as argamassas antigas foram maioritariamente confeccionadas com cal. Quanto mais baixo o teor de cálcio em conjunto com altos teores de alumina e silício nas amostras, a exemplo da CTBJ2 com 5,64%, 25,40% e 53,43% de massa, respectivamente, maior a quantidade de cimento Portland provavelmente incorporado em restauros anteriores.

As fluorescências confirmaram para todos os testemunhos a presença de ferro, por meio da hematita (Fe_2O_3), variando entre 0,79% e 8,67% de massa. Com isto, pode-se estimar que além da contaminação dos agregados por bornita (Cu_5FeS_4) demonstrada em DRX, há a hipótese mais assertiva de incrustação de ferrugem nas argamassas antigas. Vale ressaltar também a detecção de vestígios de óxido de estrôncio (SrO) para todas as amostras, composto químico não identificado nas demais técnicas experimentais. Os teores de SrO variaram entre 0,05% e 0,97% de massa, podendo ter sido incorporados nas argamassas por meio da adição de pó de cerâmica.

Em relação aos teores de óxido de zinco (ZnO), estes somente foram identificados via FRX, não sendo detectados nos demais ensaios. Todos os testemunhos apresentaram ZnO, exceto AISF1, ARSF1 e CTBJ1, variando entre 0,03% e 0,08% de massa. Este composto pode ser indicativo da presença de argila nas argamassas antigas. Além disso, o zircônio (ZrO₂) também foi detectado nas amostras somente via FRX, com exceção de AISF1, ACSF, ARSF1 e CTBJ1. Os teores de zircônio variaram entre 0,03% e 0,15% de massa, corroborando a utilização de pó de cerâmica nas argamassas.

Quanto aos vestígios de bário, estes foram identificados na amostra CTBJ1 por meio da barita (BaO), assim como estimado na EDS. O teor de BaO foi de 0,24% de massa e confirma a hipótese de utilização de cerâmica para obtenção de reação pozolânica nas argamassas antigas. Interessante observar também que o titânio detectado em EDS para praticamente todos os testemunhos, foi captado pela FRX somente em ASSF2, ARSF1, CTBJ1 e CTBJ2, por meio do dióxido de titânio (TiO₂). Este composto teve variação entre 0,59% e 1,49% de massa, apresentando outro indício de adição cerâmica. Nota-se também que, na técnica FRX não houve detecção do tungstênio, apesar deste ter sido apontado em EDS para a amostra CTBJ1.

O registro do dióxido de manganês (MnO₂) somente ocorreu na técnica FRX para a amostra ACSF1, com 0,42% de massa. Este composto é muito utilizado para pinturas e vernizes em cristais e cerâmicas, podendo assim ter contaminado a argamassa em questão. Quanto à presença de cobre, este foi identificado por meio do óxido de cobre (CuO) em todos os testemunhos, com exceção de AISF1, AISF2 e ACSF1, variando entre 0,04% e 0,24% de massa. Com isso, pode-se afirmar que, além da contaminação por bornita (Cu₅FeS₄) detectada pelo DRX, ainda há associação ao óxido de cobre (CuO), pigmento comumente utilizado em cerâmicas. Por fim, a FRX ainda detectou vestígio de 0,02% de massa em óxido de rubídio (Rb₂O) e 0,01% de massa em bromo (Br) no testemunho CTBJ2, possivelmente impurezas advindas dos minerais presentes nos agregados da argamassa.

4.1.6. Discussões finais acerca das argamassas de assentamento em restauros antigos

O propósito deste tópico é compilar as informações obtidas ao longo da pesquisa a respeito dos restauros anteriores do Claustro da Igreja e Convento de São Francisco em Salvador (BA) e da Igreja Bom Jesus dos Martírios em Maceió (AL). Identificaram-se as manifestações patológicas presentes nos azulejos e embrechados das edificações históricas que se encontram resumidas no **Quadro 9**.

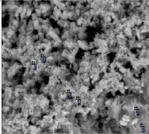
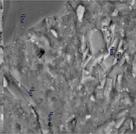
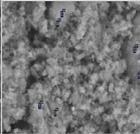
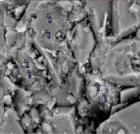
Quadro 9 – Compilação das manifestações patológicas identificadas nos azulejos e embrechados das obras em estudo

| Manifestações patológicas identificadas nos azulejos e embrechados | Claustro de São Francisco - Salvador (BA) | Igreja Bom Jesus dos Martírios Maceió (AL) |
|--|---|--|
| alteração cromática | | |
| concreção | | - |
| desagregação | | - |
| desordem | | - |
| eflorescência | | |
| elemento espúrio | | - |
| trinca e fissura | | |
| lacuna ou descolamento | | |
| sujidade | | |
| fratura do biscoito (chacota) | | |
| perda do vidrado | | |
| deformação | | - |
| vandalismo | | - |
| aderência excessiva ou inamovibilidade | | |
| perfuração | | - |
| contaminação | - | |
| esfoliação | | - |

Fonte: A autora (2022)

Nota-se que o Claustro apresentou maiores danos, possivelmente decorrente das intervenções anteriores em argamassa cimentícia (praticamente 60% do bem integrado), fora o fato da própria edificação ter datação mais tardia, o que por si só já demandaria maiores cuidados. A única categoria não identificada visualmente nos painéis azulejares do Claustro foi a contaminação, geralmente representada por crescimento vegetativo nos rejuntas. Já na igreja alagoana, notou-se um crescimento vegetativo expressivo, tanto nos rejuntas próximos ao chão, quanto nos coruchéus da cobertura. Na sequência, tem-se o **Quadro 10**, representativo da comparação entre um testemunho de argamassa tradicional de cal (AISF1) e um testemunho de argamassa majoritariamente cimentícia (ARSF2), ambos do Claustro.

Quadro 10 – Comparativo entre a constituição química/mineralógica dos testemunhos de argamassa de cal e argamassa cimentícia das obras em estudo

| | | Claustro de São Francisco - Salvador (BA) | | Igreja Bom Jesus dos Martírios Maceió (AL) | |
|---|--|---|--|---|---|
| | | AISF1 (arg. cal) | ARSF2 (arg.cim) | LEBJ2 (arg. cal) | CTBJ2 (arg.cim) |
| | |  |  |  |  |
| Compostos químicos | Indícios |  |  |  |  |
| óxido de sódio (Na ₂ O) | adição de cerâmicas vitrificadas moídas | | | | |
| óxido de magnésio (MgO) | constituição de agregados de origem dolomítica | | | | |
| óxido de alumínio (Al ₂ O ₃) | contaminação por cimento Portland e/ou cal hidráulica | | | | |
| dióxido de silício (SiO ₂) | quartzo contido nas areias e/ou contaminação por cimento Portland | | | | |
| anidrido fosfórico (P ₂ O ₅) | aglomerantes e agregados contaminados por corpo estranho | | | | |
| sulfato (SO ₃) | gipsita adicionada ao clínquer para obtenção do cimento Portland e bornita | | | | |
| cloro (Cl) | materiais cimentícios c/sais solúveis e contaminação por infiltrações | - | | - | |
| óxido de potássio (K ₂ O) | efeitos de oxidação | | | | |

| | | | | | |
|--|---|---|---|---|--|
| óxido de cálcio (CaO) | argamassas à base de cal com ou sem contaminações | | | | |
| hematita (Fe ₂ O ₃) | incrustação de ferrugem | | | | |
| óxido de estrôncio (SrO) | adição de cerâmicas moídas | | | | |
| óxido de zinco (ZnO) | presença de material argiloso | - | | | |
| zircônio (ZrO ₂) | adição de cerâmicas moídas | - | | | |
| dióxido de titânio (TiO ₂) | utilização de cerâmica para obtenção de reação pozolânica | - | - | - | |
| óxido de cobre (CuO) | pigmento comumente utilizado em cerâmicas e bornita | - | | | |
| óxido de rubídio (Rb ₂ O) | impureza dos agregados | - | - | - | |
| bromo (Br) | impureza dos agregados | - | - | - | |

Fonte: A autora (2022)

O mesmo raciocínio também foi feito entre um testemunho de argamassa tradicional de cal (LEBJ2) e um testemunho de argamassa majoritariamente cimentícia (CTBJ2), ambos da Igreja Bom Jesus dos Martírios. Nota-se que em termos de constituição química/mineralógica, as amostras de argamassa de cal de ambas as igrejas pouco se diferenciaram: microestrutura porosa identificada em MEV, presença de médio teor de silício (indicativo de quartzo contido nas areias), ausência de cloro (sem materiais cimentícios com sais solúveis e sem contaminação por infiltrações), alto teor de óxido de cálcio (indicativo de argamassas à base de cal) e pouca contaminação de corpo estranho, a exemplo de processos de ferrugem.

Ao serem analisadas as duas amostras de argamassa cimentícia entre as obras, também pouca divergência foi encontrada: microestrutura densa identificada em MEV, médio teor de óxido de alumínio (indicativo da presença de cimento Portland e/ou cal hidráulica), alto teor de dióxido de silício (indicativo de quartzo contido nas areias e cimento Portland), baixo a médio teor de óxido de cálcio (indicativo de que argamassas à base de cal foram altamente

contaminadas por restauros posteriores) e vestígios de corpo estranho, a exemplo do óxido de rubídio e bromo.

Já no **Quadro 11**, tem-se um resumo das informações referentes às etapas de remoção e limpeza dos azulejos e embrechados que foram realizadas para as duas obras em questão.

Quadro 11 – Processo de remoção e limpeza das cerâmicas realizado nas obras em estudo

(continua)

| Obra de Restauo | Tempo de remoção por painel | Equipamentos utilizados | Índice de produtividade | Intervenções inadequadas |
|--|------------------------------------|---|--------------------------------|---------------------------------|
| Claustro da Igreja e Convento de São Francisco Salvador (BA) | 4 a 5 dias | furadeira de impacto, martelete e rompedora | 4,77 peças/h | 60% |
| Igreja Bom Jesus dos Martírios Maceió (AL) | sem info. | micro retifica e talhadeira | 8,5 peças/h | sem info. |

Fonte: A autora (2022)

Quadro 11 – Processo de remoção e limpeza das cerâmicas realizado nas obras em estudo

(conclusão)

| Obra de Restauo | Tempo de limpeza do tardozes por painel | Equipamentos utilizados | Presença de danos no suporte | Etapas adicionais |
|--|--|--------------------------------|-------------------------------------|---|
| Claustro da Igreja e Convento de São Francisco Salvador (BA) | 3 a 4 dias | lixadeira mecânica | fissuras e umidade excessiva | Necessidade de recorte (Makita) da argamassa aderida nos tardozes |
| Igreja Bom Jesus dos Martírios Maceió (AL) | sem info. | micro retifica | umidade excessiva | sem necessidade |

Fonte: A autora (2022)

Pode-se concluir que as argamassas de assentamento de base cimentícia, utilizadas em restauros anteriores, impactaram de modo expressivo no andamento da obra do Claustro, sendo

necessário inclusive a aquisição de equipamentos pesados. Este fato ficou evidente pelo baixo índice de produtividade média da obra (4,77 peças/h) se comparado com o registrado usualmente em restauros desta categoria (8,5 peças/h). Deste modo, uma constatação importante a se fazer é que a correta seleção dos materiais nos processos técnicos, não só é imprescindível para a compatibilização do conjunto (revestimento + argamassa de assentamento + substrato), mas também para garantir a reversibilidade, um dos princípios básicos do restauro.

4.2. ARGAMASSAS DE ASSENTAMENTO EM RESTAUROS ATUAIS

Os ensaios de caracterização mecânica e física (densidade, resistência à tração e à compressão, módulo de elasticidade, porosidade e aderência) para as argamassas de assentamento atuais, permitiram identificar a variabilidade de comportamento em relação à argamassa tradicional de cal, diante de esforços externos e umidade. Nesta etapa da pesquisa, também foi possível notar a ausência de direcionamento dos editais de licitação no que tange ao processo de assentamento de azulejos e embrechados. Notou-se, por fim, que há certa divergência de opiniões e procedimentos técnicos em obras de restauro transcorridas no mesmo espaço temporal. Isto faz crer que ainda há muito caminho a percorrer quando o assunto diz respeito às argamassas de assentamento para reabilitação histórica.

4.2.1. Especificações técnicas estabelecidas nos editais de licitação

Neste tópico serão abordadas exclusivamente as técnicas utilizadas para o assentamento de azulejos e embrechados nas obras de restauro atuais do Claustro da Igreja e Convento de São Francisco em Salvador (BA) e da Igreja Bom Jesus dos Martírios em Maceió (AL). O enfoque será, portanto, na seleção das argamassas de assentamento pelas construtoras responsáveis e nas exigências dos editais quanto ao seu emprego, verificando se a argamassa tradicional de cal foi considerada em algum momento.

Os editais para licitação das obras estiveram sobre responsabilidade do IPHAN-AL e IPHAN-BA, ambos realizados em 2019. As premissas abordadas para os restauros como um todo, seguiam as seguintes diretrizes gerais:

(a) autenticidade de materiais: preservar os materiais originais e evitar falsos artísticos e históricos. Em casos especiais, utilizar materiais outros que garantam compatibilidade (características químicas, físicas e estéticas) sem, no entanto, serem confundidos entre si;

(b) autenticidade histórica: garantir que a intervenção não venha a alterar ou falsificar qualquer dos aspectos associados ao bem, permitindo a manutenção dos valores históricos contidos nos materiais, técnicas construtivas, aspectos estéticos e espaciais;

(c) autenticidade estética: garantir respeito à ideia original e às alterações introduzidas ao longo do tempo;

(d) autenticidade nos processos construtivos: utilizar técnica de recuperação/restauração que seja compatível e que mantenha as características do sistema existente;

(e) autenticidade do espaço: garantir a compreensão do contexto em que está inserido o bem, preservando sua ambiência;

(f) reversibilidade: garantir a possibilidade de substituição dos materiais empregados, no futuro ou ao final de sua vida útil, sem danos para o bem;

(g) fundamentação teórica da intervenção: conceituar preliminarmente a intervenção proposta, observadas as premissas estabelecidas pela contratante;

(h) cartas e recomendações nacionais e internacionais: utilizar os documentos que, mesmo que ainda não regulamentados, sejam referências consensuais nos projetos e obras de intervenção sobre bens do patrimônio;

(i) não deslocar bens integrados para outro local: deverão ser esgotadas as possibilidades de tratamento do acervo ainda aplicado sobre os suportes originários. Em casos especiais, projetar suportes independentes, de acordo com técnicas e materiais compatíveis, garantindo a permanência do conjunto na área onde foi encontrado. Os acervos deverão, por princípio, permanecer na edificação para onde foram projetados, a menos que a integridade do bem esteja ameaçada. A remoção deverá estar devidamente justificada, considerando-se uma exceção;

(j) sentido pedagógico: toda a intervenção deverá prever e garantir a informação do público e turistas quanto ao acervo e às técnicas construtivas empregadas no restauro. A obra deverá ter caráter de canteiro aberto à visitação pública, com placas indicativas sobre a intervenção e segurança;

(k) legibilidade: a intervenção deverá ser reconhecida pelo observador comum, através de análise a olho nu. No entanto, deverá ser garantida a unidade estética da obra de arte.

Quanto às especificações técnicas no âmbito do assentamento de azulejos e embrechados, os editais abordaram recomendações mais genéricas, sem o direcionamento para argamassas específicas, deixando a cargo da construtora responsável a seleção destas:

(a) todas as peças soltas, removidas, ou mesmo de manufatura nova devem ser reaplicadas;

(b) peças com possibilidades de descolamento do suporte devem ser estabilizadas com consolidador indicado pelo responsável técnico da restauração;

(c) peças pequenas soltas ou fraturadas devem ser coladas de imediato com cola reversível e peças soltas inteiras, descoladas da alvenaria, devem ser acondicionadas para colagens. O adesivo escolhido deve ter boa exotermicidade, resistência, aparência, reversibilidade, viscosidade e tensão superficial com baixo grau de envelhecimento, bom índice de contração e compatibilidade com o suporte. Pode ser usado adesivos diferentes para diferentes problemas;

(d) deve ser indicada pelo restaurador o tipo de argamassa mais compatível com o suporte e de um tipo que não permita o surgimento de manifestações patológicas nos azulejos;

(e) só devem ser retiradas peças de azulejo com risco de descolamento ou que estejam danificados com necessidade de tratamento em laboratório, porém, se a aderência da argamassa comprometer o painel, deve-se estudar sua retirada total para reaplicação com argamassa flexível;

(f) azulejos com danos patológicos que exijam sua remoção para tratamento podem ser removidos;

(g) deve ser retirado com cuidado o rejunte circundante e reboco até atingir a argamassa colante da peça. Pressões necessárias à remoção da peça devem ser feitas paralelamente e de forma sucessiva, nunca perpendicular ou utilizando pancadas fortes;

(h) o corte nas argamassas deve ocorrer a cerca de 0,02 m do tardo dos azulejos para provocar seu descolamento da parede suporte. Deve ser uma ação gradual, previamente estudada, e deve ser feita através de ferramentas leves, como espátulas de betumar;

(i) os azulejos devem ser removidos um a um exercendo ligeira pressão para que deslizem ao longo da parede, nunca tentando dobrar pelas juntas;

(j) deve-se facear peças próximas para que, durante o processo, não haja queda das mesmas;

(k) ao serem desprendidas do substrato, as peças devem, com a ajuda de uma espátula, ter a argamassa aderente ao tardo removida.

Nota-se pelas recomendações expostas, contidas nos editais analisados, que muito se fala em reversibilidade e compatibilidade, porém pouco se esclarece seus termos e impactos advindos do não cumprimento destas questões. Por não haver uma especificação acerca das argamassas de assentamento consideradas mais adequadas para azulejos e embrechados históricos, abre-se margem para uma gama de opções, que nem sempre estão alinhadas com as premissas gerais. Já quanto às argamassas de revestimento, os editais são mais específicos, indicando que estas devem ser recompostas com granulometria o mais próxima possível da antiga, constituída por cal e areia no traço 1:3. Neles também constam que para argamassa utilizada na recomposição de trechos de reboco em fachadas, pode ser adicionado para cada volume de cal até 5% de cimento Portland. Finalizam ainda indicando consulta ao Manual de Conservação e Intervenção em Argamassas e Revestimentos à Base de Cal, de Maria Isabel Kanan, produzido pelo programa Monumenta do IPHAN.

Como se pode observar, os editais são mais detalhados no quesito argamassa de revestimento, chegando até mesmo a citar uma das bibliografias canônicas sobre esta temática. Verifica-se, portanto, a necessidade de maior clareza dos editais no direcionamento dos materiais adequados para o assentamento de azulejos e embrechados históricos.

4.2.1.1. Seleção das argamassas para o assentamento de azulejos e embrechados

Na obra de restauro da Igreja Bom Jesus dos Martírios em Maceió (AL), optou-se, como dito anteriormente, pelo emprego da argamassa mista de cimento CPIV32-RS e cal hidratada CH-I (1:1:8). A incorporação de cimento foi justificada pelo fato de que os azulejos e embrechados se encontravam assentados nas fachadas externas da edificação, expostos por intempéries diversas e com possibilidade de deslocamentos, necessitando de maior aderência (**Figura 84**). Nos itens subsequentes, foram avaliadas e discutidas algumas propriedades da

argamassa mista reproduzida no intuito de verificar a proximidade de desempenho com a argamassa tradicional de cal.

Figura 84 – Argamassa mista de reabilitação aplicada na Igreja Bom Jesus dos Martírios



Fonte: Relatório Técnico da Construtora (2020)

Já na obra de restauro do Claustro da Igreja e Convento de São Francisco em Salvador (BA), optou-se, como dito anteriormente, pelo emprego da cola polimérica de base vinílica. A escolha foi justificada pelo fato de que os azulejos, em maioria, se encontravam assentados nas fachadas internas da edificação e que, desta forma, se evitaria o emprego de cimento Portland. Diferentemente da igreja em Alagoas, a reaplicação dos azulejos portugueses restaurados teve de ser em um suporte impermeável intermediário (placas cimentícias) assentado nas alvenarias históricas em mestras de argamassa com parafusos inox. Esta foi a alternativa encontrada para proteger os painéis de novas infiltrações que pudessem vir a ocorrer, uma vez que o monumento não foi licitado para ser restaurado por completo.

A cola polimérica foi submetida “in loco” ao ensaio de resistência de aderência à tração pelo Centro Tecnológico da Argamassa – CETA da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia. A norma utilizada foi a NBR 13754/96: ‘Revestimento de paredes internas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante – Procedimento’ com adaptações. Para efetivação do ensaio usou-se um equipamento de arrancamento com capacidade de 1500 kgf e resolução de 1 kgf. Diferentemente do realizado pela presente autora, os azulejos empregados no teste não foram recortados no tamanho da pastilha e eram de datação recente, o que podem

ter sido razões da discrepância de valores obtida. Ainda, foram assentados no teste apenas três azulejos com a cola polimérica, sendo que cada um deles teve aplicação distinta da cola no tardo. A cola polimérica foi aplicada em cinco pontos (um em cada extremidade e um central) no tardo de uma das amostras, na segunda amostra foi aplicada de maneira uniforme com desempenadeira dentada e na última, aplicaram-se quatro pontos, seguindo a lógica das diagonais (**Figura 85**).

Figura 85 – Ensaio de arrancamento executado no local com a cola polimérica em três formas de aplicação



Fonte: Relatório Técnico da Construtora (2020)

A resistência de aderência à tração para a primeira amostra foi de 0,07 MPa, enquanto para a segunda e terceira foi de 0,12 MPa e 0,13 MPa, respectivamente. Com base nestes resultados, a construtora responsável pela obra optou pela aplicação em cinco pontos, justificando que esta seria ideal pela menor aderência obtida e assim garantiria a reversibilidade. Nota-se que esta escolha vai na contramão do que se diz no boletim técnico do fabricante quanto às instruções de uso. Nele consta que a aplicação da cola deve ser feita com uma espátula plástica dentada sobre a superfície que receberá o revestimento, não podendo aplicar pontualmente e nem no verso do azulejo (**Figura 86**).

Figura 86 – Aplicação pontual da cola polimérica diretamente no tardo dos azulejos do Claustro



Fonte: Relatório Técnico da Construtora (2020)

Vale ressaltar também que o fabricante não garante a eficiência do produto no assentamento de azulejos históricos e em áreas externas. Ademais, a aplicação pontual de colas e argamassas pode acarretar deficiência de assentamento, deixando áreas ‘ocas’, geradoras de fraturas e acúmulos de materiais estranhos junto à chacota. Nos itens subsequentes, foram avaliadas e discutidas algumas propriedades desta cola no intuito de verificar a proximidade de desempenho com a argamassa tradicional de cal.

No andamento da obra, já na etapa de restauro do guarda corpo externo do Claustro (**Figura 87**), houve a necessidade de rever o método de assentamento definido, uma vez que havia condicionantes diferenciadas, como a incidência de luz solar direta, exposição à maresia e chuvas. Cidades litorâneas do nordeste do Brasil, apresentam temperaturas médias que variam entre 22°C e 38°C e umidade relativa do ar entre 60% e 98%, o que torna o ambiente propício e favorável à vida biológica e à proliferação de microrganismos, que, por sua vez, vão alimentar novamente o ciclo de degradação do biscoito e vidrado do azulejo. Ainda, o próprio biscoito dos azulejos portugueses dos séculos XVII e XVIII apresentam, de acordo com Núcleo de Tecnologia da Preservação e Restauração (NTPR), um índice de absorção total em água na ordem de 22%, o que leva a migração desta pelo interior do biscoito, fragilizando principalmente as áreas com perda de vidrado que sofreram intervenções e as peças colocadas em áreas externas. Aliado a isto, a inviabilização do assentamento, em conformidade com o projeto, foi agravada pela margem disponível de apenas 5cm (área ocupada pelos azulejos e argamassa) para execução das mestras, instalação das placas cimentícias e aplicação da cola. Desta forma, optou-se por aplicar uma camada de chapisco na alvenaria, fixar as placas cimentícias sobre o suporte, em seguida, aplicar uma resina para melhor aderência entre a argamassa e a placa cimentícia, e reassentar os azulejos com argamassa à base de cal, areia e porcentagem reduzida de cimento pozolânico (**Figura 88**).

Figura 87 – Restauro do guarda corpo externo do Claustro



Fonte: Relatório Técnico da Construtora (2022)

Figura 88 – Assentamento de azulejos do guarda corpo externo com argamassa mista



Fonte: Relatório Técnico da Construtora (2022)

Inicialmente, foi feito teste para aplicação de argamassa de assentamento no traço 1:3:3 (cal: pó de tijolo: areia), o que resultou em fraca aderência na placa cimentícia (**Figura 89**). Em seguida, ensaiou-se a proporção de 6 partes de argamassa de cal para uma parte de cimento pozolânico, representando um teor cimentício de 16,67%. Esta proporção foi testada em dois casos distintos de assentamento: após o chapisco na placa cimentícia e após a resina na placa cimentícia (**Figura 90**).

Figura 89 – Teste de aderência com argamassa de cal e pó de tijolo



Fonte: Relatório Técnico da Construtora (2022)

Figura 90 – Preparo da placa cimentícia com chapisco e resina, respectivamente



Fonte: Relatório Técnico da Construtora (2022)

Finalmente, optou-se pelo assentamento dos azulejos externos com argamassa mista na proporção de 4 partes de argamassa de cal para uma parte de cimento pozolânico, representando um teor cimentício de 25%. Esta escolha foi justificada, segundo a empresa responsável pela obra, por propiciar maior segurança e durabilidade. A cal para compor a mistura sofreu hidratação em canteiro.

4.2.2. Densidade de massa aparente no estado endurecido

Quanto às argamassas, nota-se que os corpos de prova de argamassa mista (AM2, AM4, AM6, AM8 e AM10) com incorporação de cimento no traço, resultaram aos 90 dias de cura, em maior densidade de massa aparente no estado endurecido dentre as tipologias analisadas, variando entre 1777,98 kg/m³ e 1804,21 kg/m³ (**Tabela 14**).

Tabela 14 – Densidade de massa aparente no estado endurecido das argamassas de reabilitação

| Código do corpo de prova | ρ (kg/m ³) | Código do corpo de prova | ρ (kg/m ³) |
|--------------------------|-----------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| AC2 | 1710,77 | AC7 | 1687,04 |

| | | | |
|-------------|---------|-------------|---------|
| AC4 | 1636,60 | AC10 | 1705,39 |
| AC6 | 1605,52 | AC11 | 1716,82 |
| AM2 | 1786,83 | AM8 | 1804,21 |
| AM4 | 1795,81 | AM10 | 1777,98 |
| AM6 | 1798,40 | - | - |
| CPL1 | 1597,59 | CPL4 | 1422,81 |
| CPL2 | 1488,26 | CPL5 | 1440,42 |
| CPL3 | 1449,05 | CPL6 | 1541,39 |

Fonte: A autora (2022)

A média de densidade obtida para as amostras de argamassa mista foi, portanto, 1792,65 kg/m³, representando um incremento de 302,73 kg/m³ em relação à cola polimérica. Já em relação a argamassa tradicional de cal (AC2, AC4, AC6, AC7, AC10 e AC11), os valores obtidos para a cura aos 90 dias foram menores que os de argamassa mista, variando entre 1605,52 kg/m³ e 1716,82 kg/m³. A média de densidade obtida para as amostras de argamassa tradicional de cal foi, portanto, 1677,02 kg/m³, representando um incremento de 187,10 kg/m³ em relação à cola polimérica e um decréscimo de 115,63 kg/m³ em relação à argamassa mista. A variação de densidade observada entre as argamassas, conforme consta na **Tabela 14**, se deve possivelmente em virtude do aumento do teor de finos pela presença do cimento CPIV-32 RS (finura de 0,52% em #200) em substituição parcial à cal CH-I (finura de 4,9% em #200), provocando maior grau de empacotamento das amostras.

Os corpos de prova de cola polimérica (CPL1, CPL2, CPL3, CPL4, CPL5, CPL6) apresentaram, aos 90 dias de cura, menor densidade de massa aparente no estado endurecido dentre as tipologias analisadas, variando entre 1422,81 kg/m³ e 1597,59 kg/m³. A média de densidade obtida para as amostras de cola polimérica foi, portanto, 1489,92 kg/m³. O assentamento de azulejos e embrechados com este material, representa em termos físicos um menor carregamento unitário agregado às alvenarias autoportantes da edificação. Isto analisado de forma isolada, sem a interação das demais propriedades aqui analisadas, poderia ser considerado um fator positivo de seu emprego na restauração.

4.2.3. Resistência à tração na flexão e à compressão axial

Quanto às argamassas, nota-se que os corpos de prova de argamassa mista (AM1, AM3, AM5, AM7 e AM9) com incorporação de cimento no traço, resultaram, aos 90 dias de cura, em maior resistência à compressão axial se comparada com a argamassa de cal, variando entre 5,39 MPa e 6,57 MPa (**Tabela 15**).

Tabela 15 – Resistência à compressão axial e tração na flexão das argamassas de reabilitação

| Código do corpo de prova | Rt (MPa) | Rc (MPa) | Código do corpo de prova | Rt (MPa) | Rc (MPa) |
|--------------------------|----------|----------|--------------------------|----------|----------|
| AC1 | 0,40 | 2,26 | AC9 | 0,51 | 2,22 |
| AC3 | 0,58 | 2,02 | AC12 | 0,49 | 2,28 |
| AC5 | 0,68 | 2,19 | AC13 | 0,56 | 2,14 |
| AC8 | 0,45 | 2,05 | - | - | - |
| AM1 | 1,37 | 6,16 | AM7 | 1,11 | 6,57 |
| AM3 | 1,42 | 6,03 | AM9 | 1,15 | 6,03 |
| AM5 | 0,95 | 5,39 | - | - | - |
| CPL1 | 2,97 | - | CPL4 | 2,92 | - |
| CPL2 | 2,76 | - | CPL5 | 2,72 | - |
| CPL3 | 2,78 | - | CPL6 | 2,86 | - |

Fonte: A autora (2022)

A média de resistência à compressão axial obtida para as amostras de argamassa mista foi, portanto, 6,04 MPa, representando um incremento de 3,88 MPa em relação à argamassa de cal. Este valor encontra-se muito acima dos limites numéricos de 0,4 a 2,5 MPa estabelecidos por Veiga (2005). Já em relação à resistência à tração na flexão, esta apresentou intervalo entre 0,95 MPa e 1,42 MPa. A média de resistência à tração na flexão obtida para as amostras de argamassa mista foi, portanto, 1,2 MPa, valor também muito acima — porém não superior ao da cola polimérica — dos limites numéricos de 0,2 a 0,7 MPa estabelecidos por Veiga (2005).

O assentamento de azulejos e embrechados com estes materiais, representa em termos mecânicos a geração de tensões elevadas na alvenaria que resultam frequentemente na fissuração, e logo, na entrada de água no suporte. Isto analisado de forma isolada, sem a interação das demais propriedades aqui analisadas, poderia ser considerado um fator negativo de seu emprego na restauração.

A argamassa tradicional de cal (AC1, AC3, AC5, AC8, AC9, AC12 e AC13), apresentou aos 90 dias menores resistências à compressão axial, variando entre 2,02 MPa e 2,28 MPa. A média de resistência à compressão axial obtida para as amostras de argamassa tradicional de cal foi, portanto, 2,16 MPa. Este valor encontra-se dentro dos limites numéricos de 0,4 a 2,5 MPa estabelecidos por Veiga (2005). Já em relação à resistência à tração na flexão, esta apresentou intervalo entre 0,40 MPa e 0,68 MPa. A média de resistência à tração na flexão obtida foi, portanto, 0,52 MPa, representando um decréscimo de 0,68 MPa em relação à argamassa mista e de 2,32 MPa em relação à cola polimérica. Sendo assim, este valor também se encontra dentro dos limites numéricos de 0,2 a 0,7 MPa estabelecidos por Veiga (2005). A variação de resistência à compressão axial e resistência à tração na flexão observada entre as argamassas, conforme consta na **Tabela 15**, se deve possivelmente em virtude da presença do cimento CPIV-32 RS em substituição parcial à cal CH-I, originando argamassas mais resistentes devido à presença do material pozolânico. Desse modo, conforme constatado por Coelho et al. (2009), as argamassas com cal absorvem melhor as movimentações das construções, evitando fissuras e até o levantamento (ou queda) dos revestimentos.

Os corpos de prova de cola polimérica (CPL1, CPL2, CPL3, CPL4, CPL5, CPL6) apresentaram, aos 90 dias de cura, maior resistência à tração na flexão se comparada à argamassa tradicional de cal e à argamassa mista, variando entre 2,72 MPa e 2,97 MPa. A média de resistência à tração na flexão obtida para as amostras de cola polimérica foi, portanto, 2,84 MPa. Este valor encontra-se muito acima dos limites numéricos de de 0,2 a 0,7 MPa estabelecidos por Veiga (2005) como intervalo de resistência à tração na flexão ideal para argamassas de reabilitação em restauro. Quanto aos valores do ensaio de resistência à compressão axial, estes não puderam ser analisados, uma vez que os corpos de prova alternativos de dimensões (5x5x2) cm estavam fora do padrão normatizado para a prensa.

4.2.4. Módulo de elasticidade estático

Os corpos de prova de argamassa mista (AM2, AM4, AM6, AM8 e AM10) com incorporação de cimento no traço, resultaram aos 90 dias de cura, em maior módulo de elasticidade estático se comparado à argamassa tradicional de cal, variando entre 3735 MPa e 4100 MPa (**Tabela 16**).

Tabela 16 – Módulo de elasticidade estática das argamassas de reabilitação

| Código do corpo de prova | E (MPa) | Código do corpo de prova | E (MPa) |
|---------------------------------|----------------|---------------------------------|----------------|
| AC2 | 2110 | AC7 | 2169 |
| AC4 | 2482 | AC10 | 2848 |
| AC6 | 2535 | AC11 | 2475 |
| AM2 | 3945 | AM8 | 3743 |
| AM4 | 3735 | AM10 | 3890 |
| AM6 | 4100 | - | - |

Fonte: A autora (2022)

A média do módulo de elasticidade estático para as amostras de argamassa mista foi, portanto, 3883 MPa. De acordo com o artigo de Marques et al. (2019), o módulo de elasticidade dinâmico para argamassas compostas por cimento é usualmente 1,1 a 1,5 vezes maior que o estático. Sendo assim, pode-se estimar um intervalo possível de módulo de elasticidade dinâmico médio entre 4271 MPa e 5825 MPa. Este intervalo encontra-se em partes acima dos limites numéricos de 2000 a 5000 MPa estabelecidos por Veiga (2005) como ideais para argamassas de reabilitação em restauro.

Já em relação a argamassa tradicional de cal (AC2, AC4, AC6, AC7, AC10 e AC11), os valores obtidos para a cura aos 90 dias foram menores que os de argamassa mista, variando entre 2110 MPa e 2848 MPa. A média do módulo de elasticidade estático para as amostras de argamassa tradicional de cal foi, portanto, 2437 MPa, representando um decréscimo de 1446 MPa em relação à argamassa mista. De acordo com o artigo de Marques et al. (2019), o módulo

de elasticidade dinâmico para argamassas compostas por cal é usualmente 1,15 a 1,3 vezes maior que o estático. Sendo assim, pode-se estimar um intervalo possível de módulo de elasticidade dinâmico médio entre 2803 MPa e 3168 MPa. Este intervalo encontra-se dentro dos limites numéricos de 2000 a 5000 MPa estabelecidos por Veiga (2005) como ideais para argamassas de reabilitação em restauro.

A variação do módulo de elasticidade observada entre as argamassas, conforme consta na **Tabela 16**, se deve possivelmente em virtude da presença do cimento CPIV-32 RS em substituição parcial à cal CH-I. Nota-se que o módulo de elasticidade se relaciona sensivelmente com as resistências à tração e à compressão, ou seja, argamassas mais resistentes são também mais rígidas à deformação. Vale também ressaltar que a compatibilização das propriedades físicas do revestimento e do suporte, tal como o módulo de elasticidade, é de suma importância para que não haja excesso de tensões internas por retração dos materiais envolvidos.

Quanto aos valores do módulo de elasticidade para a cola polimérica, estes não puderam ser obtidos, uma vez que os corpos de prova alternativos de dimensões (5x5x2) cm estavam fora do padrão normatizado para o ensaio.

4.2.5. Porosidade por absorção capilar

Quanto às argamassas, nota-se que os corpos de prova de argamassa mista (AM2, AM4, AM6, AM8 e AM10) com incorporação de cimento no traço, resultaram aos 90 dias de cura, em menor coeficiente de capilaridade no estado endurecido dentre as tipologias analisadas, variando entre 4,86 kg/m².h^{1/2} e 6,89 kg/m².h^{1/2}(**Tabela 17**).

Tabela 17 – Porosidade por absorção capilar das argamassas de reabilitação

| Código do corpo de prova | C (kg/m ² .h ^{1/2}) | Código do corpo de prova | C (kg/m ² .h ^{1/2}) |
|--------------------------|--|--------------------------|--|
| AC2 | 8,88 | AC7 | 8,61 |
| AC4 | 9,87 | AC10 | 9,38 |
| AC6 | 10,75 | AC11 | 9,63 |
| AM2 | 5,69 | AM8 | 4,86 |

| | | | |
|-------------|------|-------------|------|
| AM4 | 6,89 | AM10 | 6,21 |
| AM6 | 5,28 | - | - |
| CPL1 | 0,35 | CPL4 | 0,32 |
| CPL2 | 0,27 | CPL5 | 0,32 |
| CPL3 | 0,40 | CPL6 | 0,33 |

Fonte: A autora (2022)

A média de coeficiente de capilaridade obtida para as amostras de argamassa mista foi, portanto, $5,79 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{h}^{1/2}$, representando um incremento de $5,46 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{h}^{1/2}$ em relação à cola polimérica. Este valor ainda se encontra abaixo dos limites numéricos de 8,0 a $12,0 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{h}^{1/2}$ estabelecidos por Veiga (2005). Já em relação a argamassa tradicional de cal (AC2, AC4, AC6, AC7, AC10 e AC11), os valores obtidos para a cura aos 90 dias foram maiores que os de argamassa mista, variando entre $8,61 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{h}^{1/2}$ e $10,75 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{h}^{1/2}$. A média de coeficiente de capilaridade das amostras de argamassa tradicional de cal foi, portanto, $9,52 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{h}^{1/2}$, representando um incremento de $9,19 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{h}^{1/2}$ em relação à cola polimérica e de $3,73 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{h}^{1/2}$ em relação à argamassa mista. A variação observada entre as argamassas, conforme consta na **Tabela 17**, se deve possivelmente em virtude da presença do cimento CPIV-32 RS em substituição parcial à cal CH-I, provocando maior preenchimento dos vazios derivados de sua hidratação.

Em todas as amostras de argamassa tradicional de cal, a média obtida do coeficiente de capilaridade se manteve dentro do intervalo estabelecido por Veiga (2005), sendo a maior entre as tipologias. Isto se deve possivelmente devido a menor quantidade de poros preenchidos aos 90 dias, uma vez que o processo de carbonatação é lento. Ainda de acordo com Gaudêncio (2014), a porosidade e a densidade dos materiais influenciam a resistência das argamassas à passagem do vapor de água, uma vez que quanto menor a porosidade (ou maior a densidade) mais difícil se torna a passagem do vapor de água através da microestrutura dos materiais.

Os corpos de prova de cola polimérica (CPL1, CPL2, CPL3, CPL4, CPL5, CPL6) apresentaram, aos 90 dias de cura, menor coeficiente de capilaridade no estado endurecido dentre as tipologias analisadas, variando entre $0,27 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{h}^{1/2}$ e $0,40 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{h}^{1/2}$. A média de coeficiente de capilaridade para as amostras de cola polimérica foi, portanto, $0,33 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{h}^{1/2}$.

Este valor encontra-se muito abaixo dos limites numéricos de 8,0 a 12,0 kg/m².h^{1/2} estabelecidos por Veiga (2005) como coeficientes de capilaridade ideais para argamassas de reabilitação em restauro. Uma vez que o material é composto de adesivo à base de resinas homopolímeras de PVA, incorporado com aditivos (tensoativos e plastificantes), este tende a dificultar a absorção de água. Como, de acordo com Gaudêncio (2014), esta é uma propriedade diretamente relacionada com a porosidade do material, o fato da cola polimérica apresentar baixos coeficientes de capilaridade, indica inadequação de uso por impermeabilidade. Cabe aqui salientar que já no processo de cura dos corpos de prova, houve indícios deste fenômeno pela dificuldade no completo endurecimento da massa dentro da forma metálica. O assentamento de azulejos e embrechados com este material, representa em termos físicos uma maior retenção de umidade a longo prazo entre alvenarias e tardozeas, contribuindo para expansão e desprendimento das cerâmicas. Isto analisado de forma isolada, sem a interação das demais propriedades aqui analisadas, poderia ser considerado um fator negativo de seu emprego na restauração.

4.2.6. Resistência de aderência à tração

Quanto às argamassas, nota-se que as amostras de azulejo na idade de 30 anos assentados com argamassa mista (30AZ4, 30AZ5, 30AZ6), resultaram em menor resistência média de aderência à tração se comparadas às amostras de mesma idade assentadas com cola polimérica (Tabela 18).

Tabela 18 – Resistência de aderência à tração das argamassas de reabilitação

| Tipologia do material de assentamento | Código da amostra de azulejo | Resistência de aderência à tração (MPa) | Posição do rompimento |
|---------------------------------------|------------------------------|---|-----------------------|
| Cola Polimérica | 30AZ1 | 1,56 | substrato |
| | 30AZ2 | 1,52 | substrato |
| | 30AZ3 | 1,53 | substrato |
| | 50AZ1 | 1,49 | substrato |
| | 50AZ2 | 1,45 | substrato |
| | 50AZ3 | 1,40 | substrato |

| | | | |
|------------------------------------|--------|-------------|--------|
| | 80AZ1 | 0,96 | tardoz |
| | 80AZ2 | 1,29 | tardoz |
| | 80AZ3 | 1,03 | tardoz |
| | 80AZ4 | 0,99 | tardoz |
| Argamassa mista (1:1:8) | 30AZ4 | 0,45 | tardoz |
| | 30AZ5 | 0,46 | tardoz |
| | 30AZ6 | 0,44 | tardoz |
| | 50AZ4 | 0,37 | tardoz |
| | 50AZ5 | 0,35 | tardoz |
| | 50AZ6 | 0,36 | tardoz |
| | 80AZ5 | 0,32 | tardoz |
| | 80AZ6 | 0,28 | tardoz |
| | 80AZ7 | 0,30 | tardoz |
| | 80AZ8 | 0,33 | tardoz |
| Argamassa tradicional de cal (1:4) | 30AZ7 | 0,10 | tardoz |
| | 30AZ8 | 0,09 | tardoz |
| | 30AZ9 | 0,11 | tardoz |
| | 50AZ7 | 0,08 | tardoz |
| | 50AZ8 | 0,08 | tardoz |
| | 50AZ9 | 0,09 | tardoz |
| | 80AZ9 | 0,08 | tardoz |
| | 80AZ10 | 0,07 | tardoz |
| | 80AZ11 | 0,07 | tardoz |
| | 80AZ12 | 0,06 | tardoz |

Fonte: A autora (2022)

A resistência média de aderência à tração obtida para as amostras de argamassa mista aos 30 anos foi, portanto, 0,45 MPa, representando um decréscimo de 1,09 MPa em relação à cola polimérica. Quanto às amostras de azulejo na idade de 50 anos assentados com argamassa mista (50AZ4, 50AZ5, 50AZ6), também resultaram em menor resistência média de aderência à tração se comparadas às amostras de mesma idade assentadas com cola polimérica. A resistência média de aderência à tração obtida para as amostras de argamassa mista aos 50 anos foi, portanto, 0,36 MPa, representando um mesmo decréscimo de 1,09 MPa em relação à cola polimérica. Por fim, as amostras de azulejo na idade de 80 anos (80AZ5, 80AZ6, 80AZ7, 80AZ8), apresentaram menor resistência média de aderência à tração se comparadas às amostras de mesma idade assentadas com cola polimérica. A resistência média de aderência à tração obtida para as amostras de argamassa mista aos 80 anos foi, portanto, 0,31 MPa, representando um decréscimo de 0,76 MPa em relação à cola polimérica. Quanto aos limites de Santos e Veiga (2012), pode-se afirmar, analisando a propriedade isoladamente, que a argamassa mista se encontra adequada para utilização em edificações históricas cujos azulejos sejam datados em 80 anos ou mais.

Nota-se que, para a argamassa mista, a variação de resistência entre as idades de 50 e 80 anos representa um decréscimo de 0,05 MPa, enquanto, para a cola polimérica, esta variação é de 0,38 MPa. Pode-se assumir, portanto, que o tipo de material constituinte do tardo interage e influencia de maneira distinta a aderência das argamassas de reabilitação. A porosidade do azulejo é fundamental para uma eficiente fixação nas fachadas, pois a dimensão e distribuição dos poros da sua superfície estão diretamente relacionadas com o mecanismo de aderência azulejo/argamassa através da penetração da água e dos materiais finos da argamassa na placa cerâmica, mecanismo fundamental durante o processo de assentamento (BOTAS et al., 2017).

As amostras de azulejo na idade de 30 anos assentados com argamassa tradicional de cal (30AZ7, 30AZ8, 30AZ9), resultaram em menor resistência média de aderência à tração se comparadas às amostras de mesma idade assentadas com cola polimérica e argamassa mista (**Tabela 18**). A resistência média de aderência à tração obtida para as amostras de argamassa tradicional de cal aos 30 anos foi, portanto, 0,10 MPa, representando um decréscimo de 1,44 MPa em relação à cola polimérica e um decréscimo de 0,35 MPa em relação à argamassa mista. Quanto às amostras de azulejo na idade de 50 anos (50AZ7, 50AZ8, 50AZ9), também resultaram em menor resistência média de aderência à tração se comparadas às amostras de mesma idade assentadas com cola polimérica e argamassa mista. A resistência média de aderência à tração obtida para as amostras de argamassa tradicional de cal aos 50 anos foi,

portanto, 0,08 MPa, representando um decréscimo de 1,37 MPa em relação à cola polimérica e um decréscimo de 0,28 MPa em relação à argamassa mista. Por fim, as amostras de azulejo na idade de 80 anos (80AZ9, 80AZ10, 80AZ11, 80AZ12), também apresentaram menor resistência média de aderência à tração se comparadas às amostras de mesma idade assentadas com cola polimérica e argamassa mista. A resistência média de aderência à tração obtida para as amostras foi, portanto, 0,07 MPa, representando um decréscimo de 1,00 MPa em relação à cola polimérica e um decréscimo de 0,24 MPa em relação à argamassa mista.

Nota-se que, para a argamassa tradicional de cal, a variação de resistência entre as idades de 30, 50 e 80 anos foi pequena, pouco influenciando no desempenho de aderência da argamassa. Quanto aos limites de Santos e Veiga (2012), pode-se afirmar, analisando a propriedade isoladamente, que a argamassa tradicional de cal se encontra inadequada para utilização em edificações históricas, uma vez que os valores de resistência obtidos foram abaixo do limite inferior. Para aumentar a aderência das argamassas antigas de cal com traço 1:4 e torná-las aptas para o uso em assentamento, era comum o emprego de materiais com propriedade pozolânica, a exemplo do pó de tijolo e do pó de pedra. O assentamento de azulejos e embrechados com argamassa puramente composta de cal e sem o emprego de adições com propriedade pozolânica, representa risco à segurança e possibilidade de perda do bem, uma vez que poderá haver deslocamentos.

As amostras de azulejo na idade de 30 anos assentados com cola polimérica (30AZ1, 30AZ2, 30AZ3) apresentaram maior resistência média de aderência à tração se comparadas às demais tipologias e idades, sendo esta de 1,54 MPa. Já as amostras de azulejo na idade de 50 anos também assentados com cola polimérica (50AZ1, 50AZ2, 50AZ3) apresentaram um leve decaimento de resistência média de aderência à tração se comparadas às amostras de 30 anos, sendo esta de 1,45 MPa. Quanto às amostras de azulejo na idade de 80 anos (80AZ1, 80AZ2, 80AZ3, 80AZ4), estas apresentaram menor resistência média de aderência à tração (1,07 MPa), com a cola polimérica, se comparadas às demais idades. Esta variação das resistências médias de aderência à tração entre as idades de 30, 50 e 80 anos ocorreu para todos as argamassas analisadas. Pode-se notar um decaimento de resistência devido à idade do azulejo, possivelmente pela constituição dos tardozeos, uma vez que àqueles mais antigos eram feitos à base de gesso ou de cerâmica pouco cozida. Todo modo, os valores para as idades de 30, 50 e 80 anos encontram-se muito acima dos limites numéricos de resistência de aderência à tração ideal para as argamassas de assentamento em edificações históricas, estipulada por Santos e Veiga (2012) entre 0,1 e 0,3 MPa. Isto é corroborado pelo fato de ter havido rompimentos no

substrato, efeito indesejado em práticas de restauro, uma vez que se deve interferir o mínimo possível na edificação durante sua reabilitação.

4.2.7. Discussões finais acerca das argamassas de assentamento em restauros atuais

O propósito deste tópico é compilar as informações obtidas ao longo da pesquisa a respeito dos restauros atuais do Claustro da Igreja e Convento de São Francisco em Salvador (BA) e da Igreja Bom Jesus dos Martírios em Maceió (AL). No **Quadro 12** tem-se os métodos utilizados para o assentamento dos azulejos e embrechados, juntamente com o material empregado.

Quadro 12 – Métodos de assentamento dos azulejos e embrechados utilizados nas obras em estudo

| Obra de Restauro | Bem integrado restaurado | Argamassa de assentamento | Uso | Substrato | Modo de aplicação |
|--|---|---|----------|---------------------|-----------------------------------|
| Claustro da Igreja e Convento de São Francisco Salvador (BA) | azulejo português de 1743 - 1746 | cola polimérica de base vinílica | interior | placas cimentícias | pontual no tardo |
| Igreja Bom Jesus dos Martírios Maceió (AL) | azulejo e embrechado português de 1864 - 1877 | argamassa mista de cimento CPIV32-RS e cal hidratada CH-I (1:1:8) | exterior | alvenaria histórica | desempenadeira dentada no suporte |

Fonte: A autora (2022)

Pode-se perceber que em nenhum dos casos a argamassa tradicional de cal foi considerada e que há divergência no modo de aplicação destes. O comportamento físico e mecânico que desempenham foi mensurado com base em ensaios normatizados para as amostras reproduzidas.

Na **Tabela 19** fica evidente a variabilidade de comportamento físico e mecânico da cola polimérica e da argamassa mista (1:1:8) em relação à argamassa tradicional de cal (1:4) e aos parâmetros recomendados pela literatura.

Tabela 19 – Variabilidade de comportamento físico e mecânico da cola polimérica e da argamassa mista (1:1:8) em relação à argamassa tradicional de cal (1:4) e à literatura

| Propriedade em estado endurecido | Cola polimérica | | Argamassa mista (1:1:8) | | Argamassa tradicional de cal (1:4) | | Recomendação |
|--|-----------------|------|-------------------------|-------------|------------------------------------|-------------|------------------------------------|
| Densidade aparente (kg/m ³) | 1489,92 | | 1792,65 | | 1677,02 | | sem parâmetro |
| Resistência à tração na flexão (MPa) | 2,84 | | 1,2 | | 0,52 | | 0,2 a 0,7 Veiga (2005) |
| Resistência à compressão axial (MPa) | não id. | | 6,04 | | 2,16 | | 0,4 a 2,5 Veiga (2005) |
| Módulo de elasticidade dinâmico (MPa) | não id. | | 4271 a 5825 | | 2803 a 3168 | | 2000 a 5000 Veiga (2005) |
| Coefficiente de capilaridade / porosidade (kg/m ² .h ^{1/2}) | 0,33 | | 5,79 | | 9,52 | | 8,0 a 12,0 Veiga (2005) |
| Resistência de aderência à tração (MPa) | 30 anos | 1,54 | 30 anos | 0,45 | 30 anos | 0,10 | 0,1 e 0,3 Santos e Veiga (2012) |
| | 50 anos | 1,45 | 50 anos | 0,36 | 50 anos | 0,08 | |
| | 80 anos | 1,07 | 80 anos | 0,31 | 80 anos | 0,07 | |

Fonte: A autora (2022)

Nota-se que a argamassa de cal atende a praticamente todos os requisitos necessários para a aplicação em restauro com exceção da resistência de aderência à tração que, para as idades de amostras de azulejos de 50 e 80 anos, foram obtidos resultados abaixo do esperado. Em virtude disto, faz-se muito comum a adição de cerâmica moída nesta mistura, a fim de adquirir pozolanicidade e, por consequência, melhorar o desempenho no que tange a esta propriedade. Quanto à argamassa mista, esta apresentou adequabilidade somente no que se refere ao módulo de elasticidade dinâmico e à resistência de aderência à tração para amostras de azulejo de 80 anos. Para as demais idades, esta aderência se mostrou superior ao esperado em virtude da incorporação de cimento Portland na mistura, possivelmente prejudicando no processo de reversibilidade. Quanto à cola polimérica, esta revelou um comportamento físico e mecânico inadequado para a aplicabilidade a que se propõe, principalmente no que se refere ao coeficiente de capilaridade e à aderência. Em suma, pode-se dizer que este material é impermeável e excessivamente aderente.

5. CONCLUSÕES

Diante da presente pesquisa, pode-se notar claramente que os azulejos e embrechados são afetados por toda e qualquer ação que provoque reação no substrato afixado. Umidade proveniente de infiltrações oriundas das coberturas, como comprovado pela presença de cloro na maioria dos testemunhos; incidência solar direta nas cerâmicas; presença de sais, a exemplo do índice de salinidade de 885 μm encontrado em amostras de argamassa cimentícia; e vestígios de cimento Portland, incompatível com as alvenarias históricas, foram fatores degradantes e geradores das manifestações patológicas mais graves.

Vale ressaltar também que ficou evidente a ausência de direcionamento dos editais de licitação no que tange ao processo de assentamento, abrindo margem para que as empresas pudessem interpretá-los conforme suas convicções. A divergência de opiniões e procedimentos técnicos em obras de restauro transcorridas no mesmo espaço temporal, gerou escolha de argamassas cujas propriedades físicas e mecânicas se contrastaram entre si. Visto isto, de acordo com Carbonara (1997), é fundamental que se elaborem propostas interpretativas e aplicativas diversas, aprofundando aspectos técnicos e de execução, contanto que efetivamente se transmita estes conhecimentos aos procedimentos de projeto e de licitação.

Ainda, conforme Mimoso (2013) sobre os estudos acerca da azulejaria, o autor relata que falta aos historiadores a confirmação analítica de muitas hipóteses que a aplicação de métodos instrumentais pode por vezes permitir, e aos pesquisadores, faltam conhecimentos históricos que permitam estabelecer as hipóteses a testar, limitando assim o âmbito da análise e dificultando o enquadramento dos resultados em um todo mais amplo. Sugere, portanto, que haja o acompanhamento das novas intervenções pelos próprios restauradores das pretéritas, de maneira a avaliar a sua durabilidade e assim conseguir dados com vista a melhoria de processos e a readequação de materiais. Neste sentido, elaborar relatórios pormenorizados do estado da obra antes, durante e depois da restauração, torna-se fundamental.

O que deve mover as intervenções de restauro são as questões de cunho cultural (aspectos estéticos e históricos dos bens); científico (o conhecimento que as obras transmitem nos vários campos do saber); e ético, por não se ter o direito de apagar os testemunhos das gerações passadas e privar o presente e as gerações futuras dos bens portadores de elementos identitários (aspectos memoriais e simbólicos) (KÜHL, 2010).

5.1. CUMPRIMENTO DOS OBJETIVOS

De modo a avaliar, com base em recomendações técnicas da literatura, argamassas de assentamento antigas e de reabilitação utilizadas nos restauros de azulejaria e embrechado português em casos de Maceió (AL) e Salvador (BA), foram atingidos os objetivos específicos propostos. Averiguou-se, por meio de ensaios de caracterização mineralógica, que há vestígios de material cimentício e demais contaminações em praticamente todos os testemunhos coletados nas obras. Isto se deve, majoritariamente, devido intervenções anteriores de restauro não sistematizadas pelas recomendações e requisitos técnicos da literatura. Também foi possível identificar manifestações patológicas nos revestimentos, tais como trincas e fissuras, perda do vidrado e destacamento provenientes da utilização de argamassas de assentamento não tradicionais, entre outros fatores.

Por fim, verificaram-se as propriedades físicas e mecânicas das argamassas dos restauros atuais, comparando-as tanto aos parâmetros das argamassas tradicionais formuladas com cal, em traço volumétrico 1: 4, quanto às recomendações da literatura. Conclui-se que a argamassa de cal, mesmo sem adição pozolânica, foi a única que realmente atendeu a praticamente todos os requisitos necessários para a aplicação em restauro com exceção da resistência de aderência à tração. Quanto à argamassa mista, esta teve resultados de aderência excessiva em virtude da incorporação de cimento Portland na mistura, afetando no processo de reversibilidade. Quanto à cola polimérica, esta revelou um comportamento físico e mecânico inadequado para a aplicabilidade a que se propõe, principalmente no que se refere ao coeficiente de capilaridade e à aderência.

5.2. SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

Embora ciente das limitações acerca das condicionantes de amostragem, devido ao método destrutivo do substrato histórico e ao valor único dos revestimentos azulejares e embrechados antigos, considera-se oportuno aprimorar pesquisas no âmbito dos seguintes assuntos relacionados às argamassas de assentamento para restauro:

- Estudos sobre a relação da porosidade do biscoito por datação de fabricação e a tipologia da argamassa no comportamento do mecanismo de aderência;

- Mapeamento da qualidade das práticas de assentamento e argamassas adotadas nas obras de restauro licitadas pelo IPHAN nas últimas décadas;
- Estudos sobre a utilização de argamassas tradicionais de cal com adições pozolânicas diversas e suas aplicações em edificações novas, nomeadamente por suas vantagens ambientais face ao cimento e pela área de negócio a explorar;
- Caracterização de argamassas de assentamento de azulejos e embrechados de várias localidades do Brasil e de Portugal para alargar o universo amostral das manifestações patológicas correlatas;
- Proposição de normativa brasileira para ensaios técnicos de verificação da qualidade das argamassas de assentamento de placas cerâmicas históricas;
- Proposição de métodos de contenção de danos em infiltrações em edificações históricas com bens integrados de relevância;
- Verificação dos estágios de manifestação patológica em argamassas históricas expostas a intempéries por região do Brasil, de modo a criar parâmetros e estimativas;
- Estudos sobre ensaios de envelhecimento e choque térmico em argamassas históricas de assentamento em comparação com argamassas históricas de revestimento.

REFERÊNCIAS

- [1] A RELÍQUIA. **O azulejo através dos tempos – Parte I.** A Relíquia, v. 35, n. 20, 2001a.
- [2] A RELÍQUIA. **O azulejo no Brasil – Parte III.** A Relíquia, v. 37, n. 20, 2001b.
- [3] ADAMSON, A.W. **Physical chemistry of surfaces.** 5th ed., Wiley, New York, 1990.
- [4] ALBERGARIA, I. S. de. **Os embrechados na arte portuguesa dos jardins.** Arquipélago – História, Ponta Delgada, 2ª série, II, 1997.
- [5] ALCÂNTARA, D. “Azulejo, documento de nossa cultura” in: DIAS, M. C. V. L. (org.). **Patrimônio azulejar brasileiro: aspectos históricos e de conservação.** Brasília: Ministério da Cultura, 2001.
- [6] ALVAREZ, J., SEQUEIRA, C., COSTA, M. **Ensinaamentos a retirar do passado histórico das argamassas.** In: 1º Congresso Nacional de Argamassas de Construção, APFAC, Lisboa, 2005.
- [7] AMARAL, R. J. V. **Arquitectura e cerâmica: O espaço da tradição mural na contemporaneidade.** 2015. 107 f. Dissertação (Mestrado em Arquitectura) – Faculdade de Arquitectura da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2015.
- [8] ANTUNES, J. L. F.; TAVARES, D. S. **A remoção e substituição de azulejos arquitectónicos - azulejos. Um estudo de caso.** El Estudio y la Conservación de la Cerámica Decorada en Arquitectura, ed. AA Balderrama, AA Vidal & IB Cardiel, ICCROM. Roma, 2003.
- [9] APPLETON, J. **Reabilitação de Edifícios Antigos.** Patologias e tecnologias de intervenção. Edições ORION, Lisboa, 2ª edição, 2011.
- [10] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 17054: Agregados - Determinação da composição granulométrica.** ABNT, Rio de Janeiro, 2022.
- [11] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7175: Cal hidratada para argamassas – Requisitos.** ABNT, Rio de Janeiro, 2003.
- [12] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16697: Cimento Portland – Requisitos.** ABNT, Rio de Janeiro, 2018.

- [13] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16590: Composto polimérico para assentamento em alvenaria de vedação.** ABNT, Rio de Janeiro, 2017.
- [14] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16541: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura para a realização de ensaios.** ABNT, Rio de Janeiro, 2016.
- [15] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13280: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos — Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido.** ABNT, Rio de Janeiro, 2005.
- [16] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13279: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos — Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão.** ABNT, Rio de Janeiro, 2005.
- [17] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15259: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade.** ABNT, Rio de Janeiro, 2005.
- [18] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8522: Concreto - Determinação dos módulos estáticos de elasticidade e de deformação à compressão.** ABNT, Rio de Janeiro, 2017.
- [19] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14081-4: Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas Parte 4: Determinação da resistência de aderência à tração.** ABNT, Rio de Janeiro, 2012.
- [20] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14081-2: Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas – Parte 2: Execução do substrato-padrão e aplicação de argamassa para ensaios.** ABNT, Rio de Janeiro, 2012.
- [21] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13754: Revestimento de paredes internas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante.** ABNT, Rio de Janeiro, 1996.
- [22] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13276: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação do índice de consistência.** ABNT, Rio de Janeiro, 2016.

- [23] BARACHO, A. S. B. **Patrimônio sustentável: Reflexões sobre as melhores práticas anglo-saxônicas aplicadas a edificações culturais.** UFMG, 2013.
- [24] BAUER, L. A. F. **Controle de qualidade do concreto.** In: Dez anos de SIMPACTON: 1978 -1987, Campinas. São Paulo: Pini, 1988.
- [25] BLUTEAU, R. **Vocabulário português e latino.** Coimbra: Colégio das Artes da Companhia de Jesus, 1712.
- [26] BOTAS, S. M. dos S. **Avaliação do comportamento de argamassas em climas frios.** Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade Nova de Lisboa, 2009.
- [27] BOTAS, S., VEIGA, R. e VELOSA, A. **Air lime mortars for conservation of historic tiles: Bond strength of new mortars to old tiles.** Construction and Building Materials. Vol. 145, 2017.
- [28] BOTAS, S. M. dos S. **Recuperação de fachadas azulejadas antigas – Desenvolvimento de argamassas compatíveis e estudo dos fenómenos de aderência.** Universidade de Aveiro, 2019.
- [29] BRANDI, C. **Teoria da Restauração.** São Paulo, Tradução de Beatriz Mugayar Kühl. Cotia - Ateliê Editorial, Coleção Artes & Ofícios, 2008.
- [30] BRASILEIRO, Z. C. da S. **Edital para restauração da Igreja Bom Jesus dos Martírios.** IPHAN-AL, 2019.
- [31] BRITO, M. de. **Estudo do fabrico e da degradação de azulejos portugueses históricos.** Tese de doutoramento. Universidade de Évora, 2016.
- [32] CAJADO, F. R. C. **Importância do uso de argamassas de cal na restauração de fachadas compostas por azulejos fabricados no final do século XIX e início do século XX.** Porto Alegre: DECIV/EE/UFRGS, 2016.
- [33] CÂMARA, M. A. T. G. da. **A colecção fotográfica “Inventário da azulejaria portuguesa” de João Miguel Santos Simões.** VARIA HISTÓRIA, Belo Horizonte, vol. 24, nº 40: p. 419-432, jul/dez 2008.
- [34] CÂMARA MUNICIPAL DE OVAR. **Manual de materiais e técnicas tradicionais de assentamento de azulejos de fachadas.** Ovar, 2012.

- [35] CARBONARA, G. **Brandi e a restauração arquitetônica hoje**. *Desígnio*, São Paulo, n. 6, 2006.
- [36] CARBONARA, G. **Avvicinamento al restauro: Teoria, storia, monumenti**. Napoli: Liguori, 1997.
- [37] CASTELO, C.M.C. **A notoriedade das intervenções de conservação e restauro em painéis azulejares**. Instituto Politécnico de Tomar, 2018.
- [38] CASTRO, G. A. de. **A História da Igreja dos Martírios**. Maceió – SERGASA, 1981.
- [39] CAVALCANTI, S. T. de H. **O azulejo na arquitetura civil de Pernambuco, século XIX**. São Paulo: Metalivros, 2002.
- [40] CHAROLA, A. E.; HENRIQUES, F. M. A. **Hdraulicity in lime mortars revisited. PRO 12, Historic Mortars: Characteristics and Tests**. Proceedings of the Internacional RILEM Workshop, RILEM Publications S. A. R. L., Cachan Cedex, França, 1999.
- [41] CINCOTTO, M. A.; CARNEIRO, A. M. P. **Estudo da influência da distribuição granulométrica nas propriedades de argamassas dosadas por curva granulométrica**. Anais.Vitória: PPGEC/ANTAC, 1999.
- [42] COELHO, A. Z. G.; TORRAL, F. P.; JALALI, S. **A cal na construção**. Edição TecMinho. Guimarães, 2009
- [43] COENTRO, S. **An iberian heritage: Hispano-moresques architectural tiles in portuguese and spanish collections**. Tese de Doutoramento. Lisboa: Universidade Nova de Lisboa, 2017.
- [44] CORDEIRO, J. M. L. **As fábricas portuenses e a produção de azulejos de fachada (Séc. XIX-XX)**. In *Azulejos no Porto*, 1996.
- [45] CORONA, E.; LEMOS, C. A. C. **Dicionário da arquitetura brasileira**. 2.ed. São Paulo: Art Show Books, 1989.
- [46] COUTINHO, A. S. **Fabrico e propriedades do betão - Volume I**, Lisboa, LNEC, 1988.
- [47] CRISTELO, N. M. C. **Estabilização de solos residuais graníticos através da adição de cal**. Universidade do Minho, Guimarães, 2001.
- [48] CURY, I. **Cartas Patrimoniais**. Rio de Janeiro: IPHAN, 3º ed. 2004.

- [49] DAMAS, A. L. O. R. **Caracterização de argamassas de assentamento de azulejo antigas. Contributo para a conservação deste tipo de revestimentos.** Universidade Nova de Lisboa, 2017.
- [50] DIAMOND, S. **The microstructure of cement paste in concrete.** In: International Congress on the Chemistry of Cement, 8th, Rio de Janeiro, 1986.
- [51] DOBROVOLSKI, M. E. G. **Ataque interno por sulfatos em argamassas de cimento Portland: efeito de adição cristalizante e microfibras de polipropileno.** Curitiba, 2021.
- [52] DOMINGUES, A. M. P. **Devesas: As origens históricas da fábrica de cerâmica que mais marcou as fachadas de Ovar.** Câmara Municipal de Ovar. Dunas: temas e perspectiva: Câmara Municipal de Ovar, 2004.
- [53] ELERT, K. **Lime mortars for the conservation of historical buildings.** Studies in Conservation, 2002.
- [54] ESTEVES, L.; MIRÃO, J.; DIAS, L.; CANDEIAS, A.; MIMOSO, J. M. **Levantamentos in-situ da degradação de azulejos associada à presença de sais solúveis.** Proceedings of III Encontro Luso-Brasileiro de Conservação e Restauro, Universidade de Évora, Évora, 2016.
- [55] ETCHEVARNE, C. **Reciclagem de faiança em Salvador. Contextos arqueológicos e tipos de utilização.** CLIO - Série Arqueológica (UFPE). Recife: EDUFPE, v. 16, 2003.
- [56] FARIA, P.; HENRIQUES, F.; RATO, V. **Comparative evaluation of lime mortars for architectural conservation.** J. Cult. Heritage 9, 2008.
- [57] FERREIRA, M. I. M. **Revestimentos azulejares oitocentistas de fachada, em Ovar. Contributos para uma metodologia de conservação e restauro.** Universidade de Évora, 2007.
- [58] FERREIRA, M. I. M. **Azulejos tradicionais de fachada, em Ovar. Contributos para uma metodologia de conservação e restauro.** Câmara Municipal de Ovar, 2009.
- [59] FLEXOR, M. H. O. **Igrejas e conventos da Bahia.** Roteiros do Patrimônio; v. 9, t. 2. Brasília, DF: Iphan / Programa Monumenta, 2010.
- [60] FREITAS, Y. M. **Azulejos portugueses dos séculos XVII e XVIII em Pernambuco: patologias e caracterização tecnológica.** Universidade Federal de Pernambuco, 2015.

- [61] GAUDÊNCIO, C. A. de O. **Argamassas para fixação de cerâmicos porosos em reabilitação de edifícios**. Universidade de Aveiro, Aveiro, 2014.
- [62] GONÇALVES, T. **Pesquisa de mercado sobre revestimentos para paredes sujeitas a ação de sais solúveis**. 3º Ed. LNEC, Cadernos de Edifícios, nº 2, 2011, p. 175 - 190.
- [63] GREEN BUILDING COUNCIL. **Manuale GBC HISTORIC BUILDING - Per il restauro e la riqualificazione sostenibile degli edifici storici**. Italia. Edizione 2015 - revisione maggio 2017.
- [64] GUIMARÃES, J. E. P. **A Cal: Fundamentos e Aplicações na Engenharia Civil**. São Paulo: Pini, 2º Edição, 2002.
- [65] GUTERRES, P. R. C. **Argamassas de reabilitação: Estudo da sua utilização e do seu comportamento para o tratamento e recuperação de construções afetadas por eflorescências**. Universidade da Beira Interior, 2016.
- [66] HENRIQUES, F. M. A. **Humidade em paredes**. 4. ed. Lisboa: LNEC, 2007.
- [67] ICOMOS. **Il monumento per l'uomo**. Atti del II Congresso Internazionale del Restauro. Venezia 25-31 maggio 1964. Padova: Icomos; Marsilio, 1971.
- [68] IPHAN-BA. **Edital para restauração dos painéis de azulejo do Claustro da Igreja e Convento de São Francisco**. Salvador, 2019.
- [69] IPHAN-BA. **Relatórios Técnicos de Fiscalização nº 11/2020, 17/2020 e 21/2020**. Salvador, 2020.
- [70] JACKISCH, R. L. **Parecer técnico nº 767/2019** – Processo nº 01502.001329/2019-18. SPPEA (Secretaria de Perícia, Pesquisa e Análise), 2019.
- [71] JAPIASSÚ, P. **Estudo do mecanismo de aderência de azulejos e argamassas de cal**. Universidade Federal de Goiás, 2011.
- [72] KANAN, M. I. **Manual de conservação e intervenção em argamassas e revestimentos à base de cal**. Programa Monumenta, IPHAN, 2008.
- [73] KÜHL, B. M. **Notas sobre a Carta de Veneza**. In: Anais do Museu Paulista: História e Cultura Material, 2010.

- [74] LAGUNES, M. M. S. **La restauración después de Cesare Brandi**. In: GOMES, M. A. A. de F.; CORRÊA, E. L. (org). **Reconceituações contemporâneas do patrimônio**. Salvador, EDUFBA, 2011.
- [75] LEMMEN, H. V. **Azulejos na arquitectura**. Lisboa: Edições Caminho, 1994.
- [76] LETTS, R. M. **O renascimento**. História da arte da Universidade de Cambridge. Tradução de Álvaro Cabral. São Paulo: Círculo do Livro, 1982.
- [77] LIMA, S. S. de; CHOTOLI, F. F. **Análise química de cal para construção civil por espectrometria de fluorescência de raios X**. Revista IPT | Tecnologia e Inovação v.4, n.13, 2020.
- [78] LIMA JÚNIOR, Félix. **Igrejas e Capelas de Maceió** – Maceió: Academia Alagoana de Letras, 2002.
- [79] LISBOA, L. P. **Restauração de azulejos portugueses antigos na Bahia: Trajetória das técnicas de conservação e restauro**. Universidade Federal da Bahia, 2021.
- [80] LNEC. **Revestimentos de ligantes minerais para paredes. Ensaio de susceptibilidade à fendilhação**. Fe Pa 37, LNEC, Lisboa, 1998.
- [81] MACHADO, Z.M. de O. **Embrechado como representação de arte: Repertório religioso do século XIX em Maceió, Nazaré, Jaguaripe e Salvador**. Universidade Federal da Bahia, 2012.
- [82] MAGALHÃES, D. T. **Inspeção, diagnóstico e controle da ascensão capilar de águas do terreno pelas alvenarias: aplicação na igreja Cidadelhe**. Universidade de Trás-os-montes e Alto Douro, Vila Real, 2008.
- [83] MARCONDES, L. F. **Dicionário de termos artísticos**. Rio de Janeiro: Edições Pinakothek, 1998.
- [84] MARGALHA, M. G. **Argamassas**. Documento de apoio às aulas de Conservação e Recuperação do Patrimônio. Universidade de Évora, 2011.
- [85] MIMOSO, J. M. **Azulejos históricos: de como a investigação analítica pode apoiar os conservadores, os restauradores e os historiadores**. II Encontro Luso-Brasileiro de Conservação-Restauração – São João Del Rey, 2013.

- [86] MARQUES, A. I.; MORAIS, J.; SANTOS, C.; MORAIS, P.; VEIGA, M. do R. **Módulo de elasticidade dinâmico de argamassas**. Edição especial Congresso TEST&E, Portugal, 2019.
- [87] MARTINEZ M.; CARRO G. **Ancient building requirements and the evaluation of different lime cement mortars compositions**. In: 2nd National congress for construction mortars. Lisbon: APFAC; 2007.
- [88] MARTINS, G. J. F. **Influência do revestimento azulejar na permeabilidade da fachada**. Universidade de Aveiro, 2010.
- [89] MATEUS, F. J. D. **Termografia em diagnóstico de revestimentos em azulejo**. Universidade de Aveiro, 2013.
- [90] MATIAS, G. M. L. **Argamassas de reabilitação com resíduos de cerâmica**. Universidade de Coimbra, 2014.
- [91] MATTA, Silvana Lamas da. **Caracterização de Argamassas Antigas. Estudo de Caso: Casa Amarela – Unidade Municipal de Educação Infantil — UMEI**. Timbiras, Belo Horizonte, 2012.
- [92] MATTOSO, J.; ARAÚJO, R. M. de. **Património de Origem Portuguesa no Mundo. Arquitetura e Urbanismo. América do Sul**. Editora: Fundação Calouste Gulbenkian, 2010.
- [93] MECO, J. **O azulejo em Portugal**. Lisboa: Alfa, 1989.
- [94] MECO, J. **Os embrechados**. In: Revista Monumentos, Lisboa, n. 7, set. 1997.
- [95] MECO, J. **A expansão da azulejaria portuguesa**. In: Revista Oceanos. (Org.) ATHAYDE, Sylvia Menezes. nº 36/37. Lisboa, 1998. p. 8-17.
- [96] MECO, J. **Azulejos e embrechados nos jardins portugueses dos séculos XVII e XVIII**. In: FRANCO, J. E.; GOMES, A. C. da C. (Coord.). **Jardins do mundo: discursos e práticas**. Lisboa: Gradiva, 2008.
- [97] MÉRO, Ernani. **Igrejas de Maceió**. Edição do Autor – Maceió, 1987.
- [98] MONTEIRO, J. P. **Matrizes hispano-mouriscas da azulejaria portuguesa de padrão do séc. XVII**. III Congresso Histórico de Guimarães - D. Manuel e a sua Época. Guimarães: Câmara Municipal de Guimarães, 2001.

- [99] MONTEIRO, D. M. P. **Ensaio de envelhecimento a sistemas azulejares de fachada**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de Aveiro, 2012.
- [100] MUNIZ, S.C. **Cronologia histórica e patologias dos azulejos em Pernambuco, entre os séculos XVII e XVIII**. Universidade Federal de Pernambuco, 2009.
- [101] NARLOCH, D. C.; PASCHUK, S. A.; CASALI, J. M.; CORRÊA, J. N.; CLARO, F.; MACIOSKI, G. **Medidas da Concentração de Radônio-222 em Cimento, Fosfogesso e Gesso**. X Congreso Regional Latinoamericano IRPA de Protección y Seguridad Radiológica. Buenos Aires, Argentina. 2015.
- [102] OLIVEIRA, M. M. de; ALMEIDA, T. de; SANTANA, F. de A. **Projeto de Restauro da Azulejaria Franciscana do Claustro da Igreja de São Francisco**. Salvador, 2017.
- [103] PAIS, A.; MONTEIRO, J. P.; HENRIQUES, P. **A arte do azulejo em Portugal**. Lisboa: Instituto Camões, 2002.
- [104] PAPAYIANNI, I., PACHTA, V., STEFANIDOU, M. **Analysis of ancient mortars and design of compatible repair mortars: The case study of Odeion of the archaeological site of Dion**. Construction and Building Materials, 40:84-92, 2013.
- [105] RODRIGUES, P. N. **Caracterização das argamassas históricas da ruína de São Miguel Arcanjo (RS)**. Universidade Federal de Santa Maria, 2013.
- [106] ROSA, P. J. P. da. **Caracterização de Argamassas Históricas do Convento de Cristo – Tomar**. Universidade de Lisboa, 2016.
- [107] ROSS, S.; POWTER, A. **Sustainable historic places: A background paper for the historic places branch**. Parks Canada, 2008.
- [108] SABO, R.; FALCATO, J. N. **Azulejos - Arte e história**. Lisboa: Inapa, 1998.
- [109] SALLES, G. da S. **Argamassas de substituição em edifícios históricos: Estudo da compatibilidade através das propriedades mecânicas e do comportamento à água**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, 2017.
- [110] SANDERS M., VAN HEES R.P.J., NALDINI S. **Interviews of different parties involved in the restoration of plastered buildings**. Report for the COMPASS project – Community Research – Final Report (2007).
- [111] SANTIAGO, C. C. **Argamassas tradicionais de cal**. Salvador: EDUFBA, 2007.

- [112] SANTIAGO, C. C. **O restauro da argamassa de cal no Brasil**. Construindo, v. 4, n. 1, 2012.
- [113] SANTOS, V. M. L. dos. **O sistema construtivo pombalino em Lisboa em edifícios urbanos agrupados de relação colectiva: estudo de um legado humanista da segunda metade do século XVIII. Contributo para uma abordagem na área da recuperação e restauro arquitectónico do património construído**. Lisboa, Faculdade de Arquitectura da Universidade Técnica de Lisboa, 1994.
- [114] SANTOS, A. R.; VEIGA, M. do R. **Argamassas compatíveis para edifícios antigos**. Jornadas LNEC. Engenharia para a sociedade: investigação e inovação. LNEC. Lisboa. 2012.
- [115] SANTOS NETA, C. de J. F. dos. **Tesselas da museologia: a documentação e a comunicação dos embrechados nas igrejas do recôncavo baiano**. Universidade Federal da Bahia, 2017.
- [116] SERRÃO, V. **História da arte em Portugal - O barroco**. Lisboa: Editorial Presença, 2003.
- [117] SILVA, A. L. **Conservação e valorização do património: os embrechados do Paço das Alcáçovas**. Lisboa: Esfera do Caos, 2012.
- [118] SIMÕES, J. M. dos S. **Azulejaria no Brasil**. Revista do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional, Rio de Janeiro, n. 14, 1959.
- [119] SIMÕES, J. M. dos S. **Azulejaria portuguesa no Brasil (1500-1822)**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1965.
- [120] SIMÕES, J. M. dos S. **Azulejos românticos**. Lisboa, 1974.
- [121] SIMÕES, J. M. **Introdução, azulejaria em Portugal nos séculos XV e XVI**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1990.
- [122] SINZIG, F. P. **Maravilhas da religião e da arte na Igreja e no Convento de São Francisco na Bahia**. In: Revista do Instituto Histórico e Geográfico da Bahia, Salvador, 1933.
- [123] SOUSA, G. S. de. **Notícia do Brazil**: descrição verdadeira da costa daquele estado que pertence a coroa do Reino de Portugal, sitio da Bahia de Todos os Santos e fertilidade daquela província, com relação a todas as aves, animais, peixes, bichos, plantas, e costumes dos gentios

muito sertã, e curiosa (Mss., 1587), transcr. em português atual por Maria da Graça Pericão, Lisboa, Alfa, 1989.

[124] SOUZA, J. S. C.; SILVA, C. F. C.; CARNEIRO, A. M. P. **Comparação das propriedades de argamassas com metacaulim para restauração de obras históricas.** In: 4º Congresso Português de Argamassas e ETICS. Coimbra: 4º Congresso Português de Argamassas e ETICS, 2012.

[125] SOUZA, J. S. C. **Estudo de argamassa à base de cal e metacaulim para intervenções em revestimento das edificações históricas.** Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2013.

[126] TEIXEIRA, B. M. G. F. **Conservação de fachadas azulejadas na cidade de Ovar: Comportamento mecânico.** Universidade de Aveiro, 2008.

[127] TELLES, A. C. da S. **Atlas dos Monumentos Históricos e Artísticos do Brasil – Programa Monumenta IPHAN,** 2007.

[128] TINOCO, J. E. L. **Azulejos do século XIX: Um projeto de restauro.** Centro dos Estudos Avançados da Comunicação Integrada (CECI), v. 44, n. 2, 2010.

[129] TELES, C. D. de M. **Inspeção de Fachadas Históricas: Levantamento de Materiais e Danos de Argamassas.** USP SÃO CARLOS, 2010.

[130] TEUTONICO, J. M.; MCCAIG, I.; BURNS, C. e ASHURST, J. **The Smeaton project: factors affecting the properties of lime-based mortars.** Lime News no 2, 1994.

[131] TORRACA, G. **Lectures on material science for architectural conservation.** Los Angeles: The Getty Conservation Institute, 2009.

[132] TRINDADE, R. A. **Imagens de Azul - Evidências do emprego do azul cobalto na cerâmica tardo medieval portuguesa.** Revista de História de Arte nº7, 2009.

[133] VALENTE, C. S. dos S. **Conservação de fachadas azulejadas em Ovar: Comportamento face à água.** Universidade de Aveiro, 2008.

[134] VASCONCELLOS, I. da P. (Pe.). **Artefactos symmetriacos: e geométricos, advertidos, e descobertos pella industriosa perfeição das artes.** Lisboa Occidental, 1733.

- [135] VEIGA, M. do R. **As argamassas na conservação.** In: Actas das Primeiras Jornadas de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro. **Avaliação e reabilitação das construções existentes.** Anais. Colecção Comunicações: COM 103, LNEC, Lisboa, 2003.
- [136] VEIGA, M. do R. **Comportamento de rebocos para edifícios antigos: Exigências gerais e requisitos específicos para edifícios antigos.** In: Seminário de sais solúveis em argamassas de edifícios antigos. Anais, Lisboa: LNEC, 2005.
- [137] VEIGA, M. R. **Conservação e reparação de revestimentos de paredes de edifícios antigos.** Programa de Investigação e Programa de Pós-graduação para a obtenção do título de Habilitação para o Exercício de Funções de Coordenação de Investigação Científica, LNEC, Lisboa, 2007.
- [138] VEIGA, M. do R. **Argamassas de cal para conservação e reabilitação de edifícios: conhecimento consolidado e necessidades de investigação.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 18, n. 4, p. 85-96, out./dez. 2018. ISSN 1678-8621 Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído.
- [139] VELOSA, A. L. P. L. **Argamassas de Cal com Pozolanas para Revestimento de Paredes Antigas.** Universidade de Aveiro, 2006.
- [140] VELOSO, A. J. B.; ALMASQUÉ, I.; CONSTÂNCIO, R. E. **Azulejaria de exterior em Portugal.** Ed. INAPA S.A., 1991.
- [141] WANDERLEY, I. M. **Azulejo na arquitetura brasileira: Os painéis de Athos Bulcão.** EESC-USP, 2006.

REFERÊNCIAS: links

[1] FIGURA 3. **Exemplar holandês de azulejo figurativo ou de figura avulsa.**

<https://es.wikipedia.org/wiki/Azulejo_de_figura#/media/Archivo:Azulejos_de_figura_avulsa_com_cavaleiros.jpg>

[2] FIGURA 4. **Exemplar de azulejos de padrão pombalino.**

<<https://artsandculture.google.com/asset/painel-de-azulejos-de-padr%C3%A3o-pombalino-real-f%C3%A1brica-de-lou%C3%A7a-ao-rato/dQHArtelyy3j3Q?hl=pt-PT>>

[3] FIGURA 5. **Exemplar de tapete cerâmico no Convento de São Francisco em Olinda (PE)**

<<https://www.fundaj.gov.br/index.php/lista-dos-objetos/10401-painel-de-azulejos>>

[4] FIGURA 6. **Painel em azul de cobalto com fundo branco da Igreja da Ordem Terceira de São Francisco em Salvador (BA)**

<<https://infonet.com.br/blogs/salvador-ba-maior-acervo-da-azulejaria-lusitana-fora-de-portugal/>>

[5] FIGURA 8. **Exemplar de embrechado cerâmico na Quinta da Fidalga no Seixal, Portugal.**

<<https://mapio.net/pic/p-59678282/>>

[6] FIGURA 9. **Exemplar de embrechado pétreo no Convento de Santa Cruz e Via Sacra, Bussaco, Portugal.**

<<https://pt.trekearth.com/gallery/Europe/Portugal/North/Aveiro/Mealhada/photo1224773.htm>>

[7] FIGURA 10. **Capela dos Ossos na Igreja de São Francisco, Évora, Portugal.**

<<https://recreio.uol.com.br/mapa-mundi/visita-sinistra-conheca-a-capela-de-ossos-em-portugal.phtml>>

[8] FIGURA 11. **Quinta da Fidalga no Seixal, Portugal.**

<<https://mapio.net/pic/p-59632524/>>

[9] FIGURA 12. **Paço das Alcáçovas, Alentejo, Portugal.**

<<https://media-cdn.tripadvisor.com/media/photo-m/1280/17/3a/ec/1c/capela-das-conchas-saida.jpg>>

[10] FIGURA 13. **Exemplar de embrechado no Jardim das Princesas, na Quinta da Boa Vista, Rio de Janeiro.**

<<https://blogs.oglobo.globo.com/ancelmo/post/nunca-aberto-visitacao-publica-jardim-das-princesas-no-paco-de-sao-cristovao-sera-revitalizado.html>>

[11] FIGURA 17. **Caição em Santa Susana, Portugal.**

<<https://whotrips.com/2019/06/12/o-azul-de-santa-susana/>>

[12] FIGURA 39. **Detalhe dos coruchéus parcialmente coletados para amostragem.**

<<https://stock.adobe.com/contributor/207796369/robledo-bragar>>

[13] FIGURA 40. **Elevação Lateral Esquerda e planta com a marcação das posições de coleta.**

<<https://fau.ufal.br/grupopesquisa/relu/>>

[14] IPHAN. **Decreto-Lei nº 25, de 30 de novembro de 1937 e a Portaria Iphan nº 420, de 22 de dezembro de 2010.**

<<http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/1164/>>

[15] IPHAN. **Sistema Eletrônico de Informação (SEI!) para pesquisa pública.**

<https://sei.iphan.gov.br/sei/modulos/pesquisa/md_pesq_processo_pesquisar.php?acao_externa=protocolo_pesquisar&acao_origem_externa=protocolo_pesquisar&id_orgao_acesso_externo=0>

[16] MINISTÉRIO DO TURISMO. **Entrevista com Ministro Marcelo Álvaro Antônio, Brasil, 2020.**

<<http://www.turismo.gov.br/%C3%BAltimas-not%C3%ADcias/13550-minist%C3%A9rio-do-turismo-anuncia-patrim%C3%B4nios-contemplados-pelo-programa-revive.html>>

[17] NTPR. **Núcleo de Tecnologia da Preservação e Restauração.**

<<http://www.ntpr.ufba.br/>>

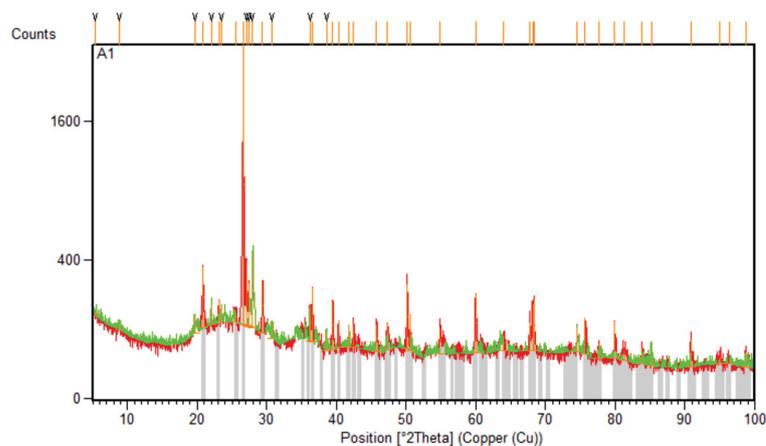
[18] ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, A CIÊNCIA E A CULTURA. **UNESCO State of Conservation Information System (SOC), 2020.**

<<http://whc.unesco.org/en/soc/>>

[19] SEREZA, H. C. **Azulejos no Brasil contam história portuguesa.** Folha de São Paulo, 1999.

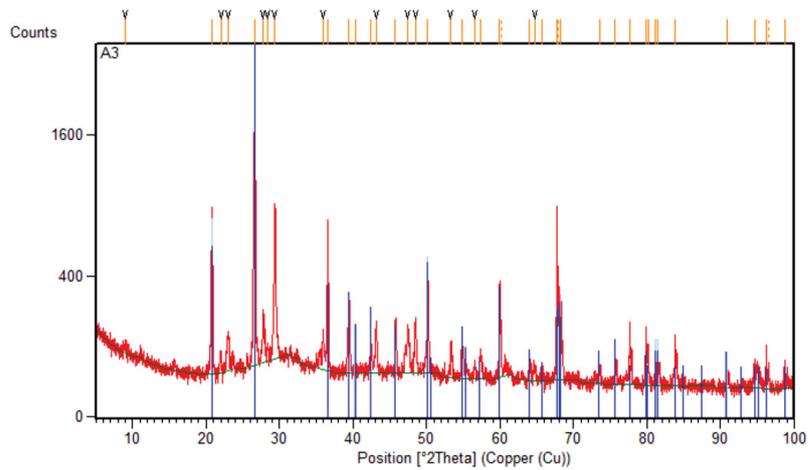
<<https://www1.folha.uol.com.br/fsp/ilustrad/fq03059919.htm>>

**APÊNDICE I – QUANTIFICAÇÃO DE COMPOSTOS QUÍMICOS POR PONTOS
EM EDS E DIFRATOGRAMAS EM DRX**



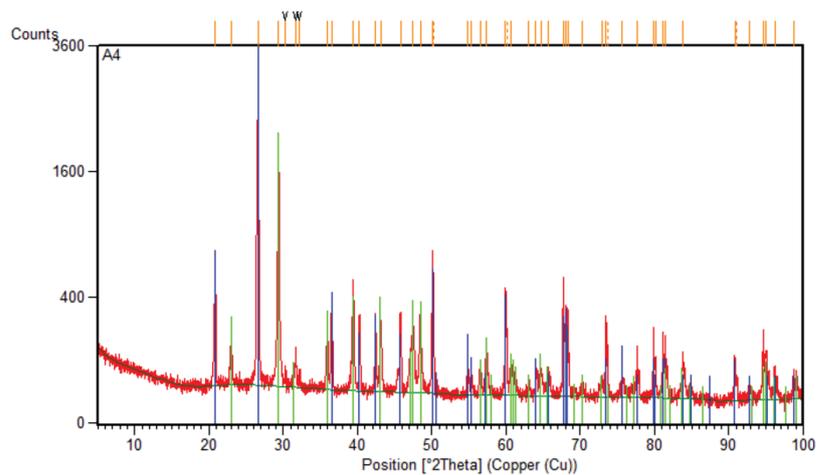
AISF1

| Elemento Químico | Ponto 1 massa (%) | Ponto 2 massa (%) | Ponto 3 massa (%) | Ponto 4 massa (%) | Ponto 5 massa (%) | Ponto 6 massa (%) | Ponto 7 massa (%) |
|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| C | - | - | - | 12,21 | 16,67 | 18,95 | 14,84 |
| O | 66,57 | 53,25 | 52,75 | 46,50 | 60,23 | 63,49 | 59,33 |
| Na | - | 0,44 | 0,40 | - | 0,32 | - | - |
| F | - | - | - | - | - | - | - |
| Mg | 2,44 | 11,59 | 11,42 | 0,92 | 2,20 | 0,41 | 0,38 |
| Al | 0,60 | 2,44 | 2,72 | 0,29 | 0,59 | 0,12 | 0,20 |
| Si | 4,52 | 25,08 | 24,17 | 2,22 | 3,84 | 0,56 | 0,77 |
| P | - | - | - | - | - | - | - |
| S | - | - | - | - | - | - | - |
| K | - | 0,56 | 0,56 | - | - | - | - |
| Cl | - | - | - | - | - | - | - |
| Ca | 25,32 | 3,63 | 4,58 | 37,87 | 15,90 | 16,26 | 24,48 |
| Ti | - | 0,37 | 0,51 | - | - | - | - |
| Fe | 0,55 | 2,64 | 2,88 | - | 0,25 | 0,21 | - |
| Ba | - | - | - | - | - | - | - |
| W | - | - | - | - | - | - | - |
| Cu | - | - | - | - | - | - | - |



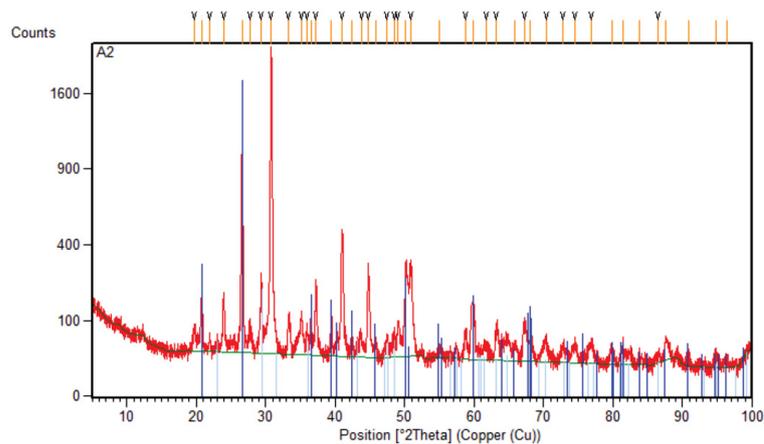
AISF2

| Elemento Químico | Ponto 1 massa (%) | Ponto 2 massa (%) | Ponto 3 massa (%) | Ponto 4 massa (%) | Ponto 5 massa (%) | Ponto 6 massa (%) | Ponto 7 massa (%) |
|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| C | 11.50 | 12.17 | 12.86 | 10.91 | 9.51 | 7.42 | - |
| O | 58.52 | 61.70 | 60.63 | 61.01 | 53.36 | 53.48 | 57.65 |
| Na | - | - | - | - | - | - | - |
| F | - | - | - | - | - | - | - |
| Mg | 0.43 | - | - | 0.19 | - | 1.59 | 1.13 |
| Al | 1.34 | 0.11 | 0.16 | 3.34 | 2.03 | 2.29 | 2.43 |
| Si | 13.06 | 23.94 | 22.84 | 3.08 | 11.19 | 12.72 | 13.64 |
| P | - | - | - | - | - | - | - |
| S | - | - | - | - | - | - | - |
| K | - | - | - | - | - | - | - |
| Cl | - | - | - | 0.14 | 0.21 | - | 0.18 |
| Ca | 14.71 | 2.08 | 3.42 | 21.14 | 23.33 | 21.55 | 24.35 |
| Ti | - | - | 0.09 | - | - | 0.32 | - |
| Fe | 0.44 | - | - | 0.20 | 0.37 | 0.62 | 0.62 |
| Ba | - | - | - | - | - | - | - |
| W | - | - | - | - | - | - | - |
| Cu | - | - | - | - | - | - | - |



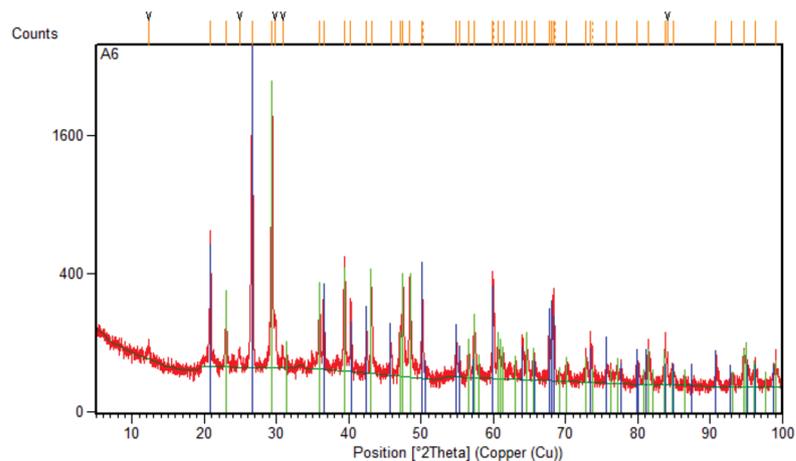
ASSF1

| Elemento Químico | Ponto 1 massa (%) | Ponto 2 massa (%) | Ponto 3 massa (%) | Ponto 4 massa (%) | Ponto 5 massa (%) | Ponto 6 massa (%) | Ponto 7 massa (%) |
|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| C | 17.80 | 13.51 | 15.38 | 14.94 | 15.69 | 12.53 | 12.84 |
| O | 54.22 | 53.76 | 55.75 | 59.00 | 60.03 | 51.60 | 54.45 |
| Na | 0.76 | - | - | 2.35 | 0.87 | 0.34 | 0.86 |
| F | - | - | - | - | - | - | - |
| Mg | 0.22 | - | - | 0.23 | 0.26 | - | 0.42 |
| Al | 0.17 | - | - | 0.27 | 0.34 | 0.17 | 0.43 |
| Si | 15.77 | 31.62 | 27.29 | 3.80 | 4.96 | 9.86 | 4.01 |
| P | - | - | - | - | - | - | - |
| S | - | - | - | - | - | - | - |
| K | - | - | - | - | - | - | - |
| Cl | 0.50 | - | - | 0.46 | 0.31 | 0.27 | 0.33 |
| Ca | 10.57 | 1.11 | 1.57 | 18.95 | 17.34 | 25.22 | 26.67 |
| Ti | - | - | - | - | - | - | - |
| Fe | - | - | - | - | 0.20 | - | - |
| Ba | - | - | - | - | - | - | - |
| W | - | - | - | - | - | - | - |
| Cu | - | - | - | - | - | - | - |



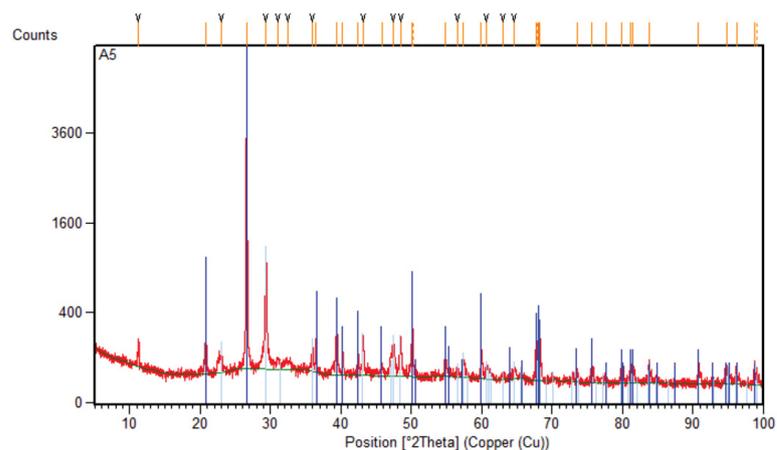
ASSF2

| Elemento Químico | Ponto 1 massa (%) | Ponto 2 massa (%) | Ponto 3 massa (%) | Ponto 4 massa (%) | Ponto 5 massa (%) | Ponto 6 massa (%) | Ponto 7 massa (%) |
|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| C | 3.68 | - | 3.74 | - | - | - | - |
| O | 42.85 | 65.04 | 60.20 | 40.48 | 40.46 | 60.72 | 80.05 |
| Na | 0.50 | 0.95 | 2.39 | - | - | - | 0.27 |
| F | - | - | - | - | - | - | - |
| Mg | 4.44 | 5.91 | 1.72 | - | 2.95 | 6.46 | 7.83 |
| Al | 2.44 | 7.30 | 4.34 | 3.82 | 4.19 | 5.60 | 6.95 |
| Si | 14.69 | 17.39 | 10.93 | 32.63 | 29.03 | 18.42 | 18.78 |
| P | - | - | - | - | - | - | - |
| S | - | - | 7.21 | - | - | - | - |
| K | 0.75 | 0.84 | 0.53 | 1.13 | 1.33 | 1.12 | 0.64 |
| Cl | - | - | - | - | - | - | - |
| Ca | 11.02 | 2.35 | 2.78 | 0.76 | 0.79 | 3.58 | 1.84 |
| Ti | - | - | - | 0.18 | - | - | - |
| Fe | 3.00 | 10.97 | 1.32 | 2.22 | 3.36 | 7.02 | 10.62 |
| Ba | - | - | 12.97 | - | - | - | - |
| W | - | - | 7.77 | - | - | - | - |
| Cu | - | - | - | - | - | - | - |



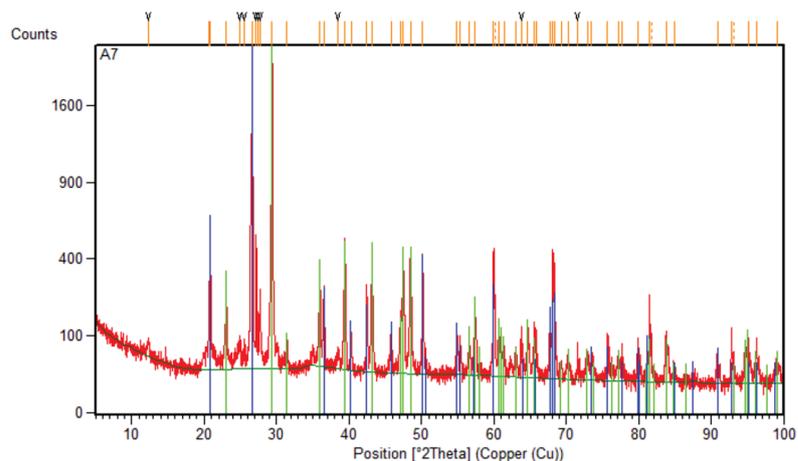
ACSF1

| Elemento Químico | Ponto 1 massa (%) | Ponto 2 massa (%) | Ponto 3 massa (%) | Ponto 4 massa (%) | Ponto 5 massa (%) | Ponto 6 massa (%) | Ponto 7 massa (%) |
|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| C | 13.07 | 12.08 | 11.98 | - | - | 7.26 | 7.75 |
| O | 57.40 | 52.41 | 50.17 | 64.21 | 44.91 | 63.28 | 61.75 |
| Na | 0.65 | - | - | 1.13 | 1.03 | - | - |
| F | - | - | - | - | - | - | - |
| Mg | 2.94 | 0.33 | - | 6.12 | 10.64 | 0.14 | - |
| Al | 1.27 | 0.27 | - | 3.46 | 3.02 | - | - |
| Si | 9.10 | 1.09 | - | 9.83 | 17.78 | 29.01 | 30.21 |
| P | - | - | - | - | 1.06 | - | - |
| S | - | - | - | - | - | - | - |
| K | - | - | - | 0.17 | 0.42 | - | - |
| Cl | 0.82 | 0.20 | - | 1.42 | 4.16 | - | - |
| Ca | 14.03 | 33.62 | 37.85 | 11.44 | 14.76 | 0.32 | 0.29 |
| Ti | - | - | - | - | - | - | - |
| Fe | 0.71 | - | - | 1.72 | 2.22 | - | - |
| Ba | - | - | - | - | - | - | - |
| W | - | - | - | - | - | - | - |
| Cu | - | - | - | 0.48 | - | - | - |



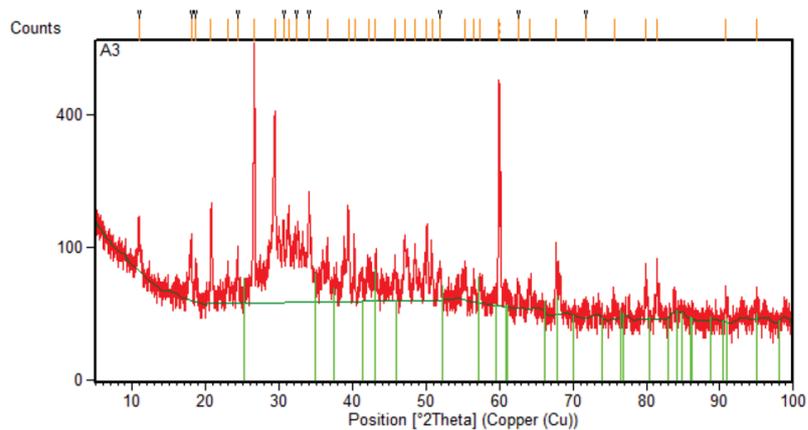
ACSF2

| Elemento Químico | Ponto 1 massa (%) | Ponto 2 massa (%) | Ponto 3 massa (%) | Ponto 4 massa (%) | Ponto 5 massa (%) | Ponto 6 massa (%) | Ponto 7 massa (%) |
|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| C | 10.89 | 13.75 | 14.57 | 12.59 | 10.34 | - | 10.42 |
| O | 54.55 | 51.95 | 54.25 | 60.09 | 55.29 | 65.66 | 54.55 |
| Na | - | - | - | - | - | - | - |
| F | - | - | - | - | - | - | - |
| Mg | 0.34 | - | - | 0.71 | 0.56 | 1.02 | - |
| Al | 1.57 | 0.69 | 0.69 | 1.17 | 0.73 | 2.05 | 1.25 |
| Si | 5.63 | 7.54 | 7.47 | 7.14 | 8.42 | 8.89 | 9.09 |
| P | - | - | - | - | 0.45 | - | - |
| S | 0.72 | - | - | - | - | 0.53 | 0.81 |
| K | - | - | - | - | - | 0.23 | - |
| Cl | 1.43 | 1.07 | 0.86 | 0.71 | 0.74 | 0.92 | 1.24 |
| Ca | 24.02 | 24.73 | 21.92 | 16.56 | 22.93 | 20.03 | 22.30 |
| Ti | - | - | - | 0.17 | - | - | - |
| Fe | 0.86 | 0.26 | 0.25 | 0.87 | 0.54 | 0.67 | 0.33 |
| Ba | - | - | - | - | - | - | - |
| W | - | - | - | - | - | - | - |
| Cu | - | - | - | - | - | - | - |



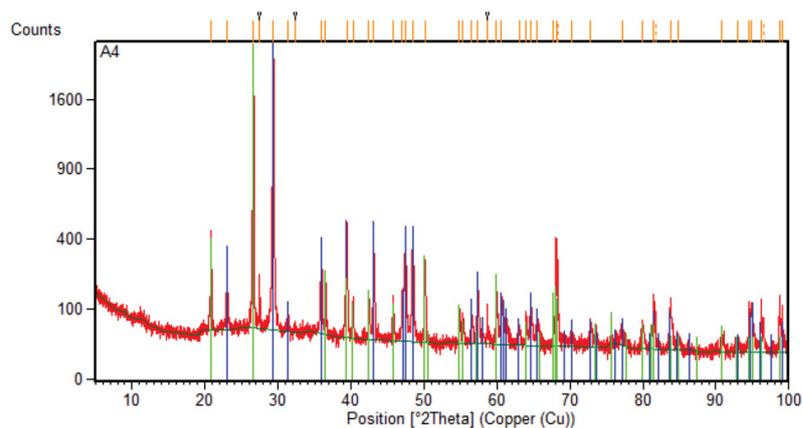
ARSF1

| Elemento Químico | Ponto 1 massa (%) | Ponto 2 massa (%) | Ponto 3 massa (%) | Ponto 4 massa (%) | Ponto 5 massa (%) | Ponto 6 massa (%) | Ponto 7 massa (%) |
|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| C | - | - | - | - | - | - | - |
| O | 62.66 | 73.79 | 69.20 | 63.30 | 62.77 | 52.45 | 61.09 |
| Na | - | - | - | - | - | - | - |
| F | - | - | - | - | - | - | - |
| Mg | 0.93 | 0.38 | 0.76 | 1.62 | 1.34 | 1.05 | 0.55 |
| Al | 3.79 | 1.11 | 3.33 | 7.67 | 6.91 | 4.32 | 2.40 |
| Si | 5.73 | 1.50 | 5.07 | 11.22 | 11.37 | 7.87 | 3.75 |
| P | - | - | - | - | - | - | - |
| S | - | - | - | - | - | - | 0.69 |
| K | 0.33 | - | 0.26 | 0.46 | 0.41 | 0.40 | - |
| Cl | - | - | - | - | - | - | - |
| Ca | 25.43 | 23.23 | 20.72 | 11.07 | 12.05 | 33.06 | 30.99 |
| Ti | - | - | - | 0.24 | 0.22 | - | - |
| Fe | 1.14 | - | 0.66 | 4.08 | 4.92 | 0.86 | 0.52 |
| Ba | - | - | - | - | - | - | - |
| W | - | - | - | - | - | - | - |
| Cu | - | - | - | 0.35 | - | - | - |



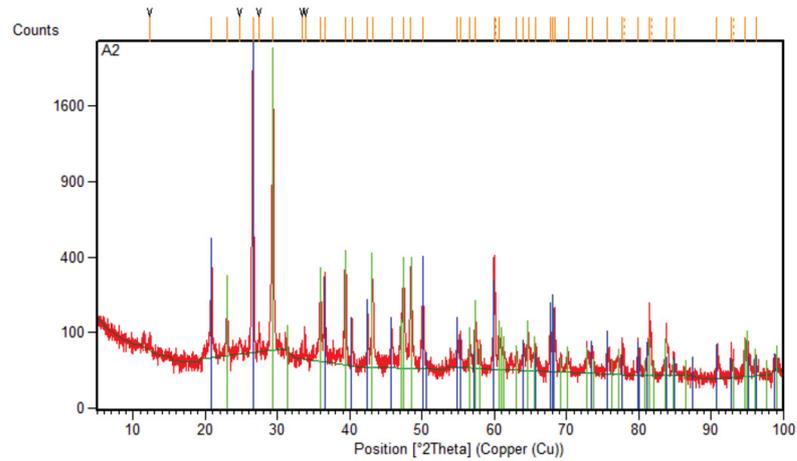
ARSF2

| Elemento Químico | Ponto 1 massa (%) | Ponto 2 massa (%) | Ponto 3 massa (%) | Ponto 4 massa (%) | Ponto 5 massa (%) | Ponto 6 massa (%) |
|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| C | 7.33 | 9.27 | 7.79 | 6.60 | 13.53 | 7.69 |
| O | 54.87 | 50.53 | 58.22 | 58.80 | 54.86 | 50.86 |
| Na | - | - | - | - | - | - |
| F | - | - | - | - | - | - |
| Mg | 0.21 | - | - | - | 0.23 | 0.43 |
| Al | 0.85 | - | - | 0.26 | 1.00 | 0.57 |
| Si | 11.30 | 38.87 | 10.69 | 10.59 | 7.34 | 8.54 |
| P | - | - | - | - | - | - |
| S | - | - | - | - | 1.03 | - |
| K | - | - | - | - | - | - |
| Cl | 0.76 | - | - | 0.21 | 0.52 | 0.70 |
| Ca | 24.28 | 1.34 | 23.30 | 23.55 | 21.31 | 30.92 |
| Ti | - | - | - | - | - | - |
| Fe | 0.40 | - | - | - | 0.19 | 0.29 |
| Ba | - | - | - | - | - | - |
| W | - | - | - | - | - | - |
| Cu | - | - | - | - | - | - |



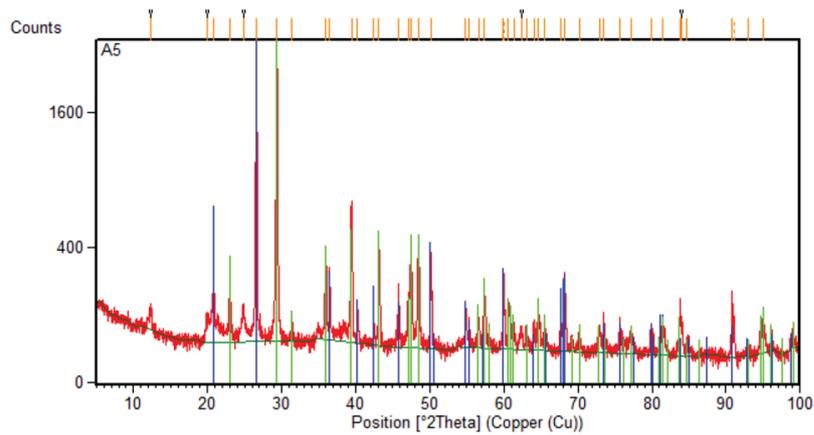
LEBJ1

| Elemento Químico | Ponto 1 massa (%) | Ponto 2 massa (%) | Ponto 3 massa (%) | Ponto 4 massa (%) | Ponto 5 massa (%) | Ponto 6 massa (%) | Ponto 7 massa (%) |
|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| C | 14.35 | 14.07 | 17.78 | 8.79 | - | 13.18 | - |
| O | 57.03 | 56.43 | 59.16 | 54.22 | 57.11 | 58.72 | 65.14 |
| Na | - | - | - | - | - | - | - |
| F | - | - | - | - | - | - | - |
| Mg | 4.34 | - | - | 11.43 | 12.68 | 4.40 | 4.13 |
| Al | 1.29 | - | 0.12 | 3.25 | 3.85 | 3.93 | 1.43 |
| Si | 7.14 | 0.52 | 0.51 | 16.91 | 20.05 | 8.91 | 6.76 |
| P | - | - | - | - | - | - | - |
| S | 0.60 | 0.52 | 0.60 | - | - | - | 0.70 |
| K | - | - | - | - | 0.18 | - | - |
| Cl | 0.32 | - | - | 1.43 | 1.52 | 0.73 | 0.27 |
| Ca | 14.40 | 28.46 | 21.83 | 3.44 | 3.87 | 8.33 | 21.29 |
| Ti | - | - | - | - | - | 0.13 | - |
| Fe | 0.53 | - | - | 0.54 | 0.74 | 1.68 | 0.28 |
| Ba | - | - | - | - | - | - | - |
| W | - | - | - | - | - | - | - |
| Cu | - | - | - | - | - | - | - |



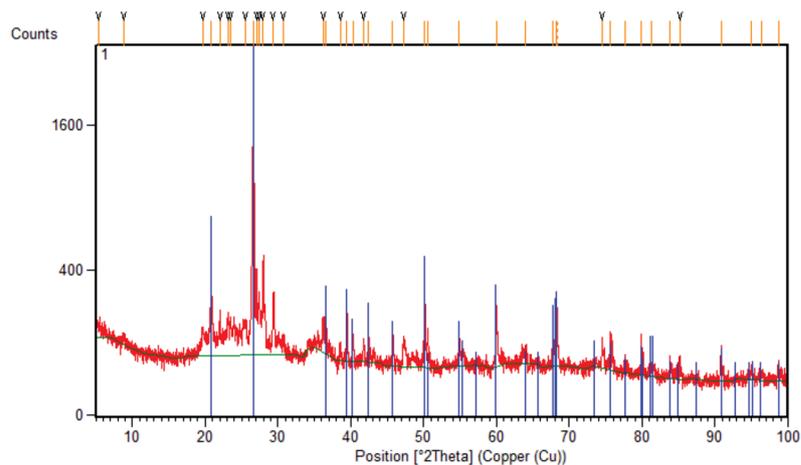
LEBJ2

| Elemento Químico | Ponto 1 massa (%) | Ponto 2 massa (%) | Ponto 3 massa (%) | Ponto 4 massa (%) | Ponto 5 massa (%) | Ponto 6 massa (%) | Ponto 7 massa (%) |
|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| C | - | 13.28 | - | - | - | 7.97 | - |
| O | 65.50 | 42.38 | 65.76 | 56.23 | 61.10 | 64.48 | 63.80 |
| Na | 0.37 | - | 0.47 | 0.37 | - | 0.32 | - |
| F | - | - | - | - | - | - | - |
| Mg | 0.93 | - | 1.51 | 1.57 | 0.27 | 0.82 | 0.99 |
| Al | 3.98 | 0.82 | 5.54 | 6.21 | 1.50 | 3.12 | 3.33 |
| Si | 10.59 | 42.05 | 10.38 | 12.57 | 34.84 | 5.12 | 6.70 |
| P | - | - | - | - | - | - | - |
| S | - | - | - | - | - | - | - |
| K | 0.44 | - | 0.50 | 0.72 | 0.14 | 0.22 | 0.30 |
| Cl | - | - | - | - | - | - | - |
| Ca | 16.91 | 1.47 | 13.69 | 19.83 | 1.89 | 17.32 | 24.24 |
| Ti | 0.18 | - | 0.41 | 0.27 | - | - | - |
| Fe | 1.10 | - | 1.73 | 2.23 | 0.26 | 0.62 | 0.63 |
| Ba | - | - | - | - | - | - | - |
| W | - | - | - | - | - | - | - |
| Cu | - | - | - | - | - | - | - |



CTBJ1

| Elemento Químico | Ponto 1 massa (%) | Ponto 2 massa (%) | Ponto 3 massa (%) | Ponto 4 massa (%) | Ponto 5 massa (%) | Ponto 6 massa (%) | Ponto 7 massa (%) |
|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| C | 21.86 | 13.86 | 6.67 | 40.21 | 31.09 | 19.32 | 19.28 |
| O | 51.09 | 57.00 | 38.62 | 43.13 | 49.13 | 51.76 | 44.17 |
| Na | - | - | - | - | - | - | - |
| F | - | - | - | - | - | 3.18 | - |
| Mg | 0.68 | 0.51 | 0.77 | 0.32 | 0.35 | 0.29 | 0.40 |
| Al | 1.77 | 1.70 | 1.78 | 0.70 | 4.50 | 0.27 | 0.96 |
| Si | 1.75 | 1.76 | 1.65 | 0.77 | 4.44 | - | 1.03 |
| P | 0.64 | - | - | - | - | 8.54 | 9.85 |
| S | - | - | - | - | - | - | - |
| K | - | - | - | - | - | - | - |
| Cl | - | - | - | - | - | - | - |
| Ca | 21.50 | 24.53 | 49.32 | 14.47 | 9.13 | 16.64 | 24.07 |
| Ti | - | 0.25 | - | - | - | - | - |
| Fe | 0.72 | 0.39 | 1.21 | 0.40 | 1.35 | - | 0.24 |
| Ba | - | - | - | - | - | - | - |
| W | - | - | - | - | - | - | - |
| Cu | - | - | - | - | - | - | - |



CTBJ2

| Elemento Químico | Ponto 1 massa (%) | Ponto 2 massa (%) | Ponto 3 massa (%) | Ponto 4 massa (%) | Ponto 5 massa (%) | Ponto 6 massa (%) | Ponto 7 massa (%) |
|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| C | - | - | - | 8.77 | - | 9.26 | 5.91 |
| O | 60.02 | 52.21 | 41.62 | 61.78 | 56.66 | 64.55 | 58.40 |
| Na | 0.45 | 0.43 | - | - | 0.35 | - | - |
| F | - | - | - | - | - | - | - |
| Mg | 0.50 | 0.38 | 0.35 | - | 0.42 | - | - |
| Al | 10.24 | 11.00 | 13.04 | 1.23 | 8.99 | 0.56 | 3.05 |
| Si | 21.97 | 22.36 | 30.56 | 27.75 | 28.83 | 25.38 | 31.05 |
| P | - | - | - | - | - | - | - |
| S | - | - | - | - | - | - | - |
| K | 1.01 | 1.24 | 1.54 | - | 0.58 | - | 0.47 |
| Cl | - | - | - | - | - | - | - |
| Ca | 2.18 | 2.36 | 2.54 | 0.17 | 1.27 | 0.10 | 0.41 |
| Ti | 0.55 | 0.87 | 0.97 | - | 0.26 | - | - |
| Fe | 3.08 | 9.16 | 9.38 | 0.30 | 2.65 | 0.15 | 0.72 |
| Ba | - | - | - | - | - | - | - |
| W | - | - | - | - | - | - | - |
| Cu | - | - | - | - | - | - | - |