



Análise das manifestações patológicas e propriedades físicas de argamassas históricas como suporte à conservação patrimonial

Analysis of the pathological manifestations and physical properties of historical mortars as a support for heritage conservation.

DIONISIO, Adla Kellen¹; ANDRADE, Sandro da Silva²; CABRAL, Kleber Cavalcanti³; SÁ, Maria das Vitórias V. A.⁴

adla.sousa@ufersa.edu.br¹; sandro.andrade@ufrn.br²; kleber.cabral@ufersa.edu.br³; vitorias.sa@ufrn.br⁴.

¹ D.Sc. em Engenharia Civil, DETEC/UFERSA, Pau dos Ferros/RN, Brasil.

² Mestrando em Engenharia Civil, PPCIVAM, DECAM/UFRN, Natal/RN, Brasil.

³ D.Sc. em Ciência e Engenharia do Petróleo, DENG/UFERSA, Angicos/RN, Brasil; PPCIVAM, DECAM/UFRN, Natal/RN, Brasil.

⁴ D.Sc. em Engenharia Civil, DECAM/UFRN, Natal/RN, Brasil.

Informações do Artigo

Palavras-chave:
Edificações históricas
Mapa de danos
Argamassas históricas

Keywords:
Historic buildings
Damage map
Historic mortars

Resumo:

A busca pela preservação do patrimônio histórico e cultural deve ser uma constante, para que não haja a perda da identidade histórica e cultural de um país. Neste sentido, para atender os princípios do restauro, de autenticidade e integridade é fundamental se conhecer os danos existentes nos edifícios históricos como auxílio para o planejamento da conservação. Neste aspecto, o objetivo deste trabalho foi analisar as manifestações patológicas e as propriedades físicas das argamassas do Grupo Escolar Augusto Severo (GEAS), Natal/Brasil. Para isso, foi elaborado o mapa de danos da fachada do GEAS e extraídas amostras para estudo das propriedades físicas. A partir do mapa de danos, foram verificadas a existência de manchas de umidade, sujidade e desprendimento do reboco. Além disso, as amostras coletadas mostraram a alta porosidade das argamassas, o que contribuiu para a presença dos danos encontrados. Portanto, o estudo permitiu o conhecimento do revestimento argamassa do GEAS e poderá servir como base para os trabalhos de restauro da edificação estudada.

Abstract

The search for the preservation of historical and cultural heritage must be a constant, so that there is no loss of the historical and cultural identity of a country. In this sense, to attend the principles of restoration, authenticity and integrity, it is important to understand the damage present in historic buildings as an aid to conservation planning. In this aspect, the objective of this work was to analyse the pathological manifestations and physical properties of the mortars of the Grupo Escolar Augusto Severo (GEAS), Natal/Brazil. For this purpose, a damage map of the GEAS façade was developed, and samples were collected to examine their physical properties. The damage map showed moisture stains, soiling, and detached plaster. In addition, the collected samples showed high mortar porosity, contributing to the observed damage. Therefore, this study provided knowledge of the GEAS mortar coating and may serve as a basis for restoration work on the studied building.

1. Introdução

O conhecimento de uma edificação histórica, requer informação sobre a sua concepção, sobre as técnicas utilizadas na sua construção, sobre os processos de degradação e dano, sobre alterações que a tenham afetado e, finalmente, sobre o seu estado atual [1].

O conhecimento dos danos existentes nos patrimônios históricos é essencial para avaliar o estado de conservação do revestimento, além disso, auxilia na elaboração do plano de intervenção e no tratamento correto dos danos.

Os revestimentos e acabamentos de elementos de construção dos edifícios têm um importantíssimo papel a desempenhar, já que constituem a “pele” que assegura a proteção desses elementos, em relação às ações agressivas de natureza química e mecânica [2]. Destaca-se nesse caso, a superfície exterior dos edifícios. Um dos maiores causadores de danos nas fachadas das edificações é a poluição do ar, a degradação por esse agente inclui: gastos para restaurar o estado original do objeto danificado (ou seja, limpeza), medidas preventivas (ou seja, o custo extra de pintar com maior resistência à poluição), e perda do conforto (prejuízo estético, ou seja, como um edifício fica sujo) [3].

Neste trabalho foi realizada uma análise do revestimento argamassado do Grupo Escolar Augusto Severo (GEAS), localizado em Natal/Brasil. O objetivo do trabalho foi analisar as manifestações patológicas e as propriedades físicas de amostras coletadas da edificação. Pretende-se que os resultados possam servir como base para ao processo de restauração.

2. Anomalias nas argamassas de revestimento de edificações

Em termos de função, as argamassas de revestimento têm um papel importante para a

proteção da edificação. Para Veiga¹ apud Flores-Colen, Brito e Freitas [4] o revestimento de argamassa é fundamental para a estanqueidade da estrutura da parede (função principal), para sua condição estética (função secundária) e têm uma influência determinante na sua durabilidade.

É frequente se observar várias manifestações patológicas nas partes externas das edificações antigas por permanecerem em contato direto com o meio ambiente [5]. São múltiplos os danos encontrados em revestimentos antigos de argamassas e que podem vir isolados ou acompanhados de outras manifestações patológicas. Esses danos podem ser: sujidade; desagregação do revestimento com ou sem exposição da alvenaria; bolor; eflorescência; intervenção com material à base de cimento e fissuras.

A umidade é um dos problemas mais frequentes nas edificações e que pode afetar os revestimentos argamassados, ocasionando desconforto estético. Esse problema contribui também para a deterioração dos materiais e, portanto, afeta a vida útil da construção. Para o desenvolvimento da grande maioria das manifestações patológicas nas construções a presença da umidade é fundamental. Nas fachadas, a umidade por infiltração, não está associada somente à ação da chuva, mas à combinação da ação da chuva com o vento.

Em prédios históricos, a penetração de água na estrutura interna da alvenaria e na interface entre o revestimento e sua base são as causas mais comuns para perda da adesão entre revestimentos argamassados e a alvenaria. A umidade ascendente, originária do solo que atinge a alvenaria por capilaridade, pode afetar a alvenaria e causar o aumento de volume da argamassa de revestimento, resultando na expulsão do revestimento, em relação à alvenaria.

A umidade também causa o aparecimento de bolor. Conforme Alucci, Flauzino e Milano [6], o bolor é resultado do

¹ Veiga, R. *Pathology and repair of several types of wall rendering. Course of pathology of walls' claddings and strategies to avoid them.* Lisbon, LNEC; 2004.

desenvolvimento de micro-organismos e é uma alteração que pode ser observada a olho nu. Estudos sobre esse assunto revelaram que bolores crescem em materiais nas seguintes condições:

- Presença de oxigênio [7];
- Temperaturas entre 22 e 35 °C [8];
- Presença de umidade [7,9];
- Substrato adequado para fornecer os nutrientes [7].

Para Shirakawa *et al.* [9], se o material utilizado no revestimento tiver todos os nutrientes indispensáveis para o crescimento dos micro-organismos, o bolor não surgirá até que exista umidade suficiente para o seu desenvolvimento. Ainda segundo a pesquisadora, a existência de água absorvida, imprescindível para o crescimento do fungo, é uma condição necessária para o aparecimento, manutenção e extensão do bolor no revestimento.

A umidade também influencia no aparecimento de manchas, conhecidas como sujidade, nas superfícies dos revestimentos de fachadas. Essas manchas podem contribuir para o agravamento de outras anomalias e consequente degradação e perda de propriedades do material de revestimento [4].

A sujidade é um efeito visual resultante do escurecimento de superfícies expostas após a deposição e acúmulo de partículas atmosféricas [10]. O processo de deposição e de acúmulo das partículas é numeroso e complexo, pois depende das propriedades físicas e químicas das partículas, da natureza da superfície, da meteorologia do local e do percurso seguido pela água da chuva depois que ela atinge a superfície do edifício [10].

Além da umidade relativa do ar, a temperatura do ambiente também influencia no aparecimento de sujidade nas superfícies, pois contribui para criar condições ambientais que beneficiam ou dificultam a deposição e adesão das partículas. O vapor de água influencia na contaminação do ar, pois compõe um dos motivos principais de agregação de partículas, produzindo

partículas mais grossas e, consequentemente com facilidade de sedimentação [11]. A temperatura atua na diluição dos contaminantes na atmosfera e na modificação do vapor de água no ambiente e da umidade interna do material de revestimento das fachadas [11].

As manchas nas superfícies das fachadas de edificações são fortemente influenciadas pela ação do vento e da chuva, os quais desempenham papel importante na forma que a sujidade assume [12]. O vento (por sua velocidade e direção) serve de veículo às partículas sujas e à água de chuva, e atua, com sua própria força e a energia cinética das partículas que transporta, na modificação da distribuição da sujeira depositada sobre as superfícies das fachadas [12].

3. Materiais e Métodos

Para realizar o estudo do GEAS, inicialmente foram feitas pesquisas sobre a edificação para entender sua evolução e funcionamento ao longo do tempo. Para isso, foi realizada a consulta em documentos da edificação e em trabalhos já publicados.

Após o entendimento da evolução dessa edificação histórica, procedeu-se ao estudo das manifestações patológicas e em seguida à verificação do traço e testes para entender as propriedades físicas das argamassas do GEAS.

Quanto as manifestações patológicas, a edificação foi analisada utilizando o método de Mapa de Danos. Segundo Barthel, Lins e Pestana [13], o Mapa de Danos é a representação gráfica e resumida dos danos que existem em um bem histórico, é ainda essencial para tomada de decisões relacionadas a intervenção. Além disso, os autores consideram que o mapeamento de danos é um registro evolutivo do estado de conservação e, portanto, serve como base para intervenções ou ações preventivas. Sobre o estado de conservação Lichtenstein [14] cita que as informações para o seu entendimento podem ser obtidas através do próprio edifício e por meio de inspeções periódicas.

Para elaborar o mapa de dados foi realizada uma vistoria do local, com levantamento visual e fotográfico dos revestimentos argamassados do GEAS, posteriormente, a análise dos projetos das fachadas. Estas etapas de vistoria e anamnese geraram contribuições suficientes para o diagnóstico das manifestações patológicas, com identificação das possíveis causas e origens, bem como, sugestões de reparo e/ou conservação. Além disso, o registro fotográfico possibilitou obter-se um arquivo memorial da edificação para estudos e intervenções futuras.

Foi realizado também um mapeamento dos danos a partir da observação visual das fotografias. As informações dos danos foram mapeadas no plano vertical de forma a ilustrar o estado de conservação completo no revestimento argamassado da fachada. De posse do levantamento, da identificação e do mapeamento foram produzidos quadros com o mapa de danos e as imagens de cada fachada. Cada figura apresentada do mapa contém a representação gráfica da fachada com indicação através de setas da posição da foto que ilustra o dano no mesmo quadro.

Após a conclusão do levantamento, identificação das manifestações patológicas dos revestimentos de argamassa e análise do estado de conservação foi executado o mapeamento de danos em cada fachada e em seguida realizado o estudo das anomalias com o objetivo de reconhecer as causas e origens, sejam elas ocasionadas pela natureza ou decorrentes de processos de intervenção.

Além do mapeamento de danos, foram coletadas amostras (Figura 1) de dois pontos da edificação, uma amostra da parte mais antiga e outra da ampliação mais recente. Essas foram utilizadas para estimar o teor aglomerante/agregado (traço) e realizar ensaios de propriedades físicas.

A estimativa do traço é importante para o restauro de edificações históricas, pois permite se empregar no restauro uma argamassa mais próxima da existente. Para isso, as amostras foram coletadas e submetidas a um ataque com ácido clorídrico

(HCl), que permitiu obter o teor de agregado e realizar a reconstituição do traço de cada amostra.

No ataque com ácido clorídrico o aglomerante evaporou e ficou somente o agregado. A amostra foi pesada antes e após o ataque com HCl para se obter, respectivamente, o peso da amostra de argamassa e o peso do agregado. Assim, foi possível estimar o traço da argamassa. Obtido somente o agregado foi possível também realizar o teste de granulometria com base na norma ABNT NBR 17054:2022 [15].

Figura 1 – Amostras coletadas: à esquerda parte mais antiga, à direita parte mais moderna.



Fonte: Autores

As propriedades físicas analisadas foram: absorção de água, índice de vazios, densidade aparente e real. Estes testes permitem analisar aspectos de porosidade das argamassas da edificação e, foram realizados com base na norma ABNT NBR 9778:2009 [16].

4. Resultados e Discussões

4.1. Breve histórico do Grupo Escolar Augusto Severo

Segundo Ferreira e Dantas [17], de 1908 a 1913 ocorreram várias mudanças significativas em Natal/RN, como, a introdução do bonde, do telefone, do telégrafo, da iluminação elétrica, do serviço de limpeza pública e do abastecimento de água, além desses equipamentos surgiu também a Escola Normal e o Grupo Escolar Augusto Severo (GEAS), os dois em 1908.

O GEAS está situado dentro da poligonal do Centro Histórico de Natal, o qual foi tombado em 2010 pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional – IPHAN. É um monumento federal localizado

no bairro da Ribeira, Natal/RN. A edificação é caracterizada pelo estilo eclético, marcado pelos elementos de Art Nouveau. De acordo com a pesquisa de Moreira [18], na fachada estão presentes: a estátua da deusa da sabedoria, vasos de bronze, duas águias sobre a sacada principal, além de detalhes florais em baixo relevo que contornam a edificação e fortes elementos de características históricas. O edifício apresenta um aspecto notável, assim como as edificações no bairro da Ribeira. Além do estilo eclético a edificação apresenta características do modernismo.

A parte original da edificação foi construída em 1908 e é a região de maior valor patrimonial. No ano de 1910, de acordo com Pereira [19], foi realizada a primeira ampliação no GEAS, e em 1960 houve uma segunda ampliação com características modernistas mais marcantes. Ainda conforme Pereira [19], no prédio funcionou de 1908 a 1954 a Escola Normal de Natal e o anexo do Atheneu Norte-Riograndense, sendo este último de 1952 a 1954. De 1956 a 1973 edificação abrigou a Faculdade de Direito da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), e entre 1999 e 2001 abrigou a Secretaria Pública do Estado. O prédio encontra-se em processo de reestruturação.

4.2. Mapeamento de Danos

Na Figura 2 (Apêndice A) é apresentado o mapeamento de danos da fachada frontal, na qual foram observadas manchas devido à umidade, sujidade e desprendimento do revestimento.

As manchas de umidade podem ser observadas na parte de baixo e do lado na parte de cima, do lado esquerdo, apresentando tonalidade escura. Essas manchas foram possivelmente causadas por umidade ascensional proveniente da absorção de água do solo. Com o tempo essas manchas de umidade podem ter se tornando mais escuras devido à deposição de materiais nos poros do revestimento e pode ser devido a presença de microrganismos.

A água do solo migra por capilaridade por meio dos elementos da edificação em contato com o solo. Essa migração da água, pode ter causado, além das manchas de umidade observadas, a expansão do revestimento, resultando no seu desprendimento. É possível observar que entre as duas janelas da esquerda há presença de sujidade. A umidade ascensional pode ter facilitado a deposição e adesão de partículas no local.

Observa-se a presença de sujidade na parte de cima da fachada, na cimalha e nos detalhes arquitetônicos. Conforme Petrucci [12], a geometria da fachada influencia diretamente na deposição das partículas de sujidade. A saliência da cimalha e dos detalhes arquitetônicos na parte superior favoreceram o incremento de sujidade observado no detalhe da fachada do GEAS.

Além da geometria, conforme Perez [20] e Ulsamer² apud Vieira [21], as dimensões das saliências introduzidas sobre as superfícies das fachadas irão determinar o maior ou menor grau de dissipação do fluxo de água da chuva, de adesão de partículas de sujidades, proporcionando assim condições favoráveis ou não para o estado de conservação do revestimento das fachadas das edificações. É possível observar ainda um escoamento com característica de lavado sujo, ocasionado pela inclinação da platibanda. Esse escoamento de sujidade foi favorecido pela água da chuva que carregou para baixo partículas depositadas na parte de cima da platibanda.

A orientação da fachada frontal para direção oeste, onde recebe maior incidência solar, e a predominância do vento, segundo Barros *et al.* [22], na direção sudeste, influenciaram para menor ocorrência de sujidade ao longo da parede. A maior incidência solar na fachada reduz da umidade relativa do ar, e conseqüentemente, reduz o risco de deposição e adesão das partículas nas superfícies dos paramentos.

² ULSAMER, F. *A humidade na construção civil*. Barcelona: Ediciones, CEAC AS, 1975.

Quando o desprendimento do revestimento atinge um estágio avançado pode ocorrer, a expulsão do revestimento com exposição da alvenaria. Essa manifestação patológica pode ser observada nas laterais da porta da entrada principal do GEAS. No canto direito da figura que mostra o detalhe da entrada da fachada frontal, é possível observar o desprendimento do revestimento na forma de desagregação.

O mapeamento de danos na fachada lateral esquerda é apresentado na Figura 3 (Apêndice A), com indicação das imagens da fachada referente a cada detalhe da fachada. Nessa fachada pode-se observar manchas escuras devido a umidade e sujidade.

A maior parte dessa fachada, mais do lado esquerdo, tem revestimento a base de cimento, logo o revestimento argamassado, possui poros de menor diâmetro, dificultando a evaporação da água na superfície da fachada, facilitando assim a deposição e adesão das partículas. Além disso, essa fachada não recebe muita insolação, isso associado a alta umidade relativa do ar da cidade, já que em Natal, segundo Barros *et al.* [22], a umidade relativa do ar é em média 79,3% e raramente ultrapassa valores menores que 74%. Esses fenômenos favorecem ainda mais a impregnação das partículas no revestimento.

É possível observar que a ausência de pingadeiras na platibanda, na maior parte da fachada, forneceu um plano contínuo na superfície da fachada, favorecendo o escoamento da água e a impregnação das partículas na parte superior da parede.

Observa-se ainda que ocorreu a formação de uma parábola de sujidade. De acordo com Couper³ apud Robinson e Baker [23], a parábola de sujidade é um padrão típico de umedecimento pela chuva de uma parede voltada para a chuva dirigida pelo vento. A chuva dirigida ou carregada pelo vento forma

um ângulo com a vertical [23]. Devido a influência do vento na chuva, esse ângulo vai depender da intensidade e da direção do vento. Portanto, o conjunto chuva-vento resultou na formação da parábola de sujidade apresentada.

Manchas devido à umidade e sujidade foram verificadas no guarda-corpo. As manchas de umidade foram causadas possivelmente pela umidade ascensional, oriunda da absorção de água por capilaridade. As sujidades nos detalhes arquitetônicos do guarda-corpo foram causadas pela deposição e adesão de partículas, favorecidas pelas saliências arquitetônicas.

A Figura 4 (Apêndice A) apresenta o mapa de danos da fachada lateral direita do GEAS, pode-se observar manchas de umidade e sujidade na parte superior da fachada. As manchas de umidade apresentadas, que aparecem na parte inferior do revestimento, pelo seu aspecto, foram causadas provavelmente por umidade ascensional, já observada anteriormente nas outras fachadas.

A sujidade observada no guarda-corpo e na cimalha foi causada pela deposição de adesão de partículas na superfície do revestimento associado à chuva dirigida. As saliências nesses elementos arquitetônicos, como mencionado anteriormente, favorece a incrustação das partículas. Além disso, a alta umidade relativa do ar da cidade, a localização da edificação em área comercial, na qual há grande fluxo de veículos, influenciam diretamente na sujidade.

Verifica-se a presença de sujidade com característica de lavado sujo. A penetração da chuva no revestimento, o impacto e o escoamento da chuva dirigida são responsáveis pelo aparecimento de padrões de superfícies de sujidade, que se tornam característica de muitas edificações [24].

Segundo Karagiozis, Hadjusophocleous e Cao [25], a ação da chuva dirigida na fachada acelera o processo de deterioração e, conseqüentemente, reduz a vida útil do edifício. Na figura, o acúmulo de sujeira,

³ COUPER, R. R. Drainage from vertical surfaces. In: Wind-Driven Rain and the Multi Storey Building. Australia, Division of Building Research, CSIRO, 1972. (Paper, 4).

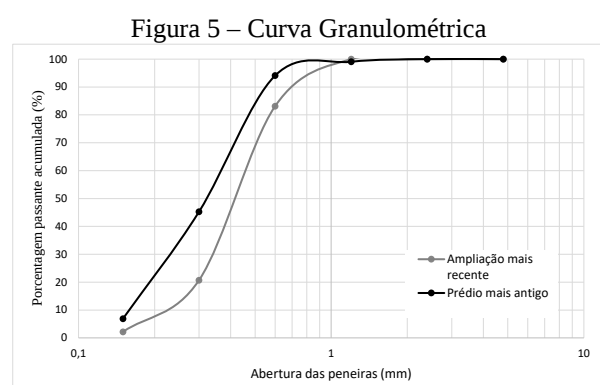
devido à deposição e adesão de partículas no revestimento, proporciona que a água da chuva carregue para baixo grande quantidade de partículas, deixando o revestimento da fachada com sujidade reforçada, causando contraste diferenciado sobre a superfície da fachada.

4.3. Traço e Propriedades Físicas

A partir do ataque com HCl estimou-se o teor aglomerante/agregado das amostras coletadas. Para a parte mais antiga da edificação, que é a que compreende a fachada frontal, obteve-se o teor de 1:4 e para a parte da ampliação mais recente - em que foram empregadas argamassas mais modernas, mas ainda a base de cal - o teor de 1:6.

Os teores encontrados são semelhantes às argamassas de edificações antigas e o teor de 1:4 próximo ao encontrado por Sousa [26] para amostras da fachada e interna do GEAS da parte mais antiga. Essas argamassas têm aspecto quebradiço e são pouco resistentes [26]. Apesar disso, são compatíveis com os materiais empregados na época de construção da edificação.

A partir do agregado obtido, foi possível realizar o teste granulométrico. A Figura 5 mostra a curva granulométrica das amostras coletadas.



Fonte: Autores

A curva mostra que o agregado utilizado tanto no prédio antigo como na ampliação mais recente tem granulometria contínua. Sendo que, o agregado do prédio mais antigo

é um agregado mais fino (Tabela 1) do que o empregado na ampliação mais recente.

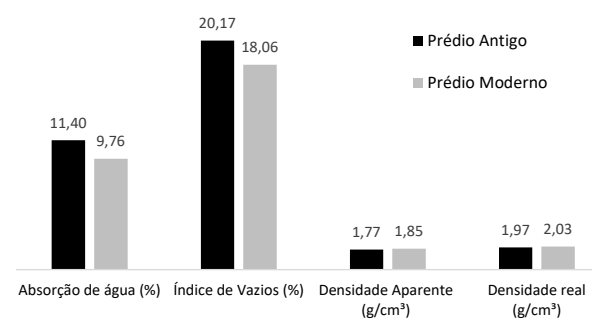
Tabela 1 – Diâmetro máximo e módulo de finura

Local	Diâmetro Máximo (mm)	Módulo de finura
Prédio mais antigo	1,2	1,55
Ampliação mais recente	1,2	1,94

Fonte: Autores

A Figura 6 apresenta as propriedades físicas estudadas das amostras de argamassa do GEAS.

Figura 6 – Propriedades físicas: absorção de água, índice de vazios, densidade aparente e real.



Fonte: Autores

Observa-se que a absorção de água e o índice de vazios da argamassa do prédio antigo são maiores do que para o prédio moderno. Isso evidencia que as argamassas do prédio mais antigo são mais porosas. Conforme Sousa [26], as argamassas mais antigas do GEAS têm presença de argila do tipo caulinita, enquanto as argamassas mais modernas não têm, mas tem forte presença de calcita. Isso pode explicar a maior porosidade das amostras da parte mais antiga em relação à parte mais moderna do GEAS.

No que diz respeito à densidade das argamassas, as amostras têm densidade baixa e semelhante entre si. Isso mostra que as argamassas são leves.

5. Conclusões

Este trabalho buscou analisar as manifestações patológicas e as propriedades físicas das argamassas do Grupo Escolar

Augusto Severo, que é um patrimônio histórico. A partir disso, obteve-se as seguintes conclusões:

a) No Mapa de Danos do Grupo Escolar Augusto Severo foi possível constatar o preocupante estado de degradação das fachadas da edificação. Tal preocupação se deve ao fato da grande quantidade de danos de forma generalizada. As manifestações patológicas encontradas foram principalmente devido à umidade, as quais são manchas escuras, desprendimento do revestimento e sujidade.

b) A maior intensidade dos danos foi observada na região mais recente do GEAS, de 1960, onde a argamassa de revestimento é à base de cimento e observou-se problemas na pintura do revestimento. A falta de manutenção e o estado do revestimento como um todo pode ter favorecido o aparecimento de manifestações patológicas nos revestimentos de argamassa, principalmente relacionadas à umidade.

c) A localização da edificação no centro da cidade associada à alta umidade do ar favoreceu a deposição de partículas na superfície das fachadas. Além disso, a chuva dirigida, influenciada pelo vento, é um fenômeno complexo e que teve um papel importante na forma como a sujidade se apresenta na superfície do revestimento do GEAS de uma das fachadas.

d) No que diz respeito as propriedades físicas, as amostras coletadas mostraram a alta porosidade das argamassas, o que contribuiu para a presença dos danos encontrados.

O estudo permitiu o conhecimento das degradações do GEAS e poderá servir como base para intervenção de conservação e restauro da edificação estudada. Parte deste trabalho foi entregue ao IPHAN (Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional), como relatório de restauro do Grupo Escolar Augusto Severo (GEAS).

6. Referências

- [1] ICOMOS – International Council on Monuments and Sites. *Recomendações para a análise, conservação e restauro estrutural do patrimônio arquitetônico*. Tradução para português por: Paulo B. Lourenço e Daniel V. Oliveira. Universidade do Minho, Departamento de Engenharia Civil. 2004.
- [2] APPLETON, João. *Reabilitação de Edifícios Antigos: Patologias e Tecnologia de Intervenção*. 2. ed. Portugal: Orion, 2011. 716 p.
- [3] RABL, Ari. *Air pollution and buildings: An estimation of damage costs in france*. Environmental Impact Assessment Review, 19 (4): 361-385, 1999.
- [4] FLORES-COLEN, Inês; BRITO, Jorge de; FREITAS, Vasco P. de. *Stains in facades' rendering – Diagnosis and maintenance techniques' classification*. Construction and Building Materials, 22(3): 211-221, 2008.
- [5] MAGALHÃES, A. Cristian. *Patologia de revestimentos antigos*. LNEC, Cadernos de Edifícios, nº 2, 2002.
- [6] ALUCCI, M. P.; FLAUZINO, W. D.; MILANO, S. *Bolor em edifícios: causas e recomendações*. In: Tecnologia de edificações. Coletânea de trabalhos da Divisão de Edificações do Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Editora Pini, São Paulo, p.565-570, 1988.
- [7] HENS, H. L. S. C. *Fungal defacement in buildings: a performance related approach*. HVAC and R Research, 5 (3): 265–280, 1999.
- [8] BAUGHMAN, A. V.; ARENS, E. A. *Indoor Humidity and Human Health–Part I: Literature Review of Health Effects of Humidity- Influenced Indoor Pollutants*. ASHRAE Trans, 102: 193–211, 1996.
- [9] SHIRAKAWA, M. A. *et al. Identificação de fungos em revestimentos de argamassa com bolor evidente*. In: I

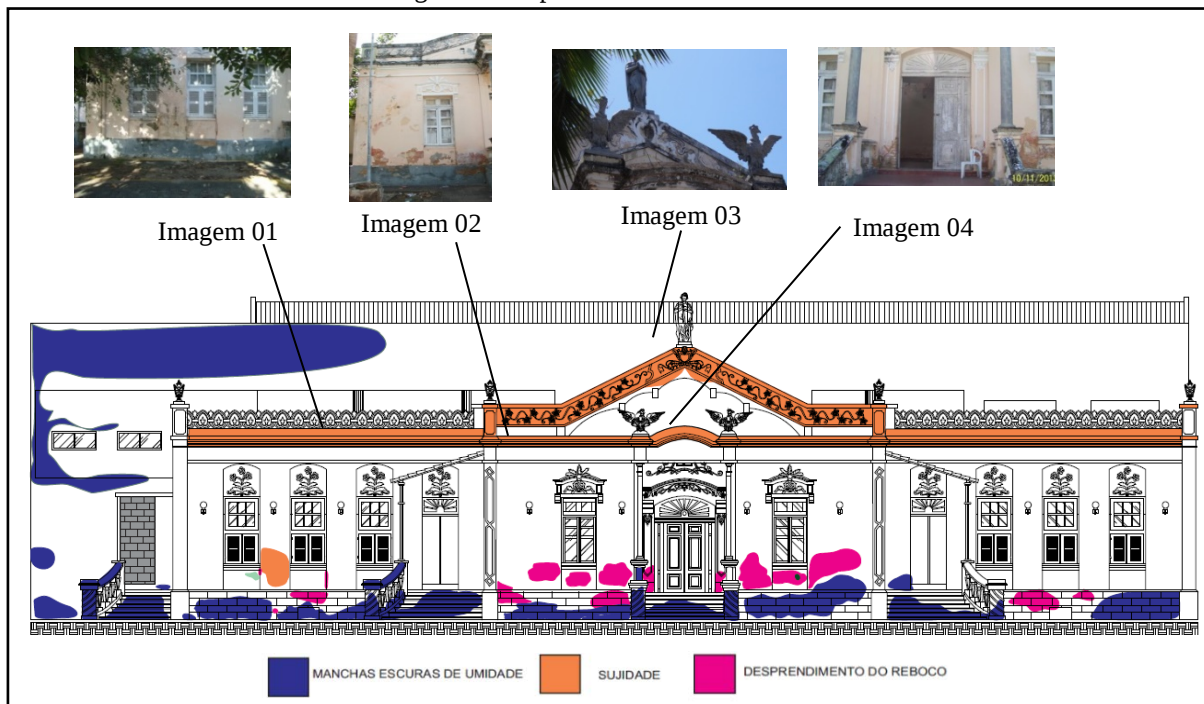
- Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, Goiânia, 1995.
- [10] WATT, J. *et al.* Soiling. In: WATT, JOHN; TIDBLAD, JOHAN; KUCERA, VLADIMIR; HAMILTON, RON (Ed.). *The Effects of Air Pollution on Cultural Heritage*. Springer Us, 4.: 105-126, 2009.
- [11] VALLEJO, F. J. L. *Ensuciamiento de fachadas por contaminación atmosférica; análisis y prevención*. Valladolid: Universidad, Secretariado de Publicaciones, 1990.
- [12] PETRUCCI, H. M. C. *A alteração da aparência das fachadas dos edifícios: interação entre as condições ambientais e a forma construída*. Porto Alegre: UFRS, 2000.
- [13] BARTHEL, C.; LINS, M.; PESTANA, F. *O papel do mapa de danos na conservação do patrimônio arquitetônico*. In: Congresso Iberoamericano y VIII Jornada “Técnicas de Restauración e Conservación Del Patrimonio”. La Plata, Buenos Aires, Argentina. 20 p, 2009.
- [14] LICHTENSTEIN, N.B. *Patologia das Construções: Procedimentos para Diagnóstico e Recuperação*. São Paulo: Escola Politécnica da USP, Boletim Técnico n. 6, 1986.
- [15] ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 17054: Agregados - Determinação da composição granulométrica - Método de ensaio*. Rio de Janeiro, 2022.
- [16] ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 9778: Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica*. Rio de Janeiro, 2009.
- [17] FERREIRA, A. L.; DANTAS, G. (Org). *Surge et ambula: a construção de uma cidade moderna (Natal, 1890-1940)*. Natal: EDUFRN, 305 p, 2006.
- [18] MOREIRA, A. Z. M. *Um espaço pioneiro de modernidade educacional: Grupo Escolar Augusto Severo - Natal/RN (1908-1913)*. Natal: UFRN, 2005.
- [19] PEREIRA, A. C. *A contribuição de técnicas modernas de reabilitação estrutural para autenticidade e integridade de edificações patrimoniais*. Natal: UFRN, 2012.
- [20] PEREZ, A.R. *Umidade nas edificações: recomendações para a prevenção da penetração de água pelas fachadas (1ª parte)*. In: Tecnologia de edificações. Coletânea de trabalhos da Divisão de Edificações do Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Editora Pini/IPT, São Paulo, p. 571-574, 1988.
- [21] VIEIRA, A. de A. *Influência dos detalhes arquitetônicos no estado de conservação das fachadas de edificações do patrimônio cultural do centro histórico de Porto Alegre: estudo de caso*. Porto Alegre: UFRS, 2005.
- [22] BARROS, J. D. *et al.* Sazonalidade do vento na cidade de Natal/RN pela distribuição de Weibull. *Sociedade e Território*, Natal, v. 25, n. 2, p. 78-92, jul/dez, 2013.
- [23] ROBINSON, G.; BAKER, M. C. *Wind-driven rain and buildings*. Ottawa: National Research Council Canada, Division of Building Research, Technical Paper, 445, 1975.
- [24] BLOCKEN, B.; DEROME, D.; CARMELIET, J. *Rainwater runoff from building facades: A review*. *Building and Environment*, 60: 339-361, 2013.
- [25] KARAGIOZIS, Achilles; HADJISOPHOCLEOUS, George; CAO, Shu. *Wind-driven rain distributions on*

two buildings. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 67-68: 559-572, 1997.

[26] SOUSA, A. K. D. *Argamassas do grupo escolar Augusto Severo/RN: caracterização e incidência de manifestações patológicas*. Natal: UFRN, 2014.

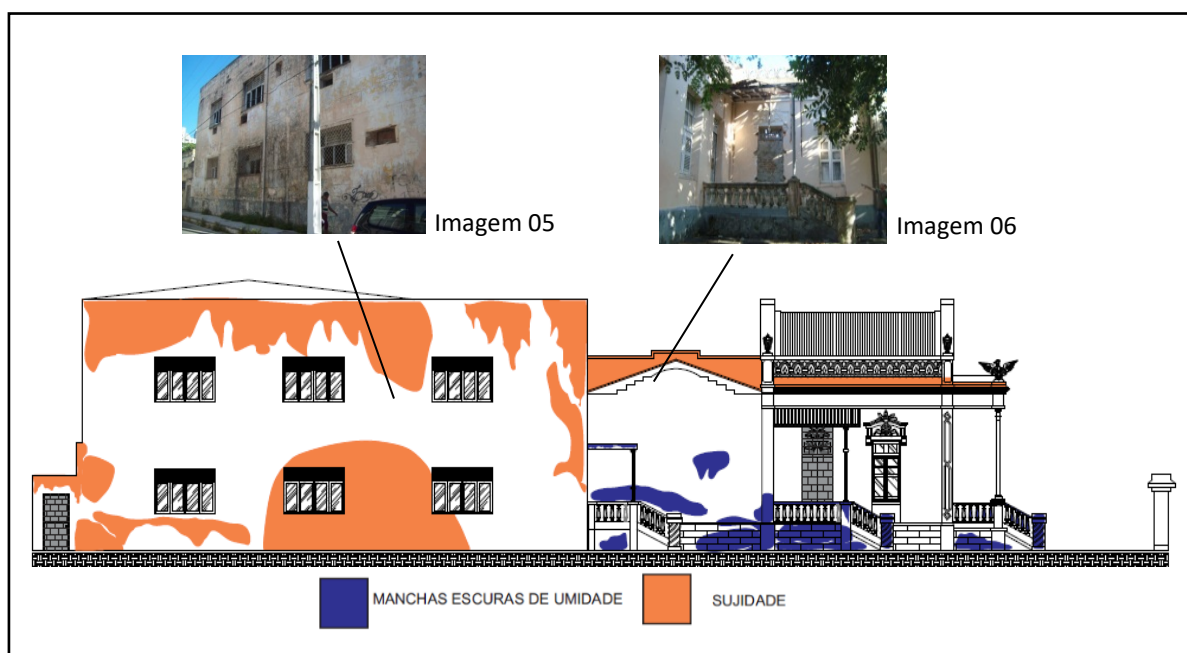
7. Apêndice A

Figura 2 - Mapa de danos: Fachada frontal.



Fonte: Adaptado de Pereira [19].

Figura 3 - Mapa de danos: Fachada lateral esquerda.



Fonte: adaptado de Pereira [19].

Figura 4 - Mapa de danos: Fachada lateral direita do GEAS.

