



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL



TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

***Análise e identificação de anomalias em revestimentos de reboco de um conjunto de edifícios na cidade de Uberlândia, e proposição de novas argamassas com vista à sua recuperação.***

**Orientador: Prof. Dr. Paulo Roberto Cabana Guterres**

**JOÃO PEDRO RIBEIRO SILVA**

Uberlândia – Novembro de 2018

JOÃO PEDRO RIBEIRO SILVA

***Análise e identificação de anomalias em revestimentos de reboco de um conjunto de edifícios na cidade de Uberlândia, e proposição de novas argamassas com vista à sua recuperação.***

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia Civil – FECIV, da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Professor Dr. Paulo Roberto Cabana Guterres.

Uberlândia – Novembro de 2018

## **FOLHA DE ASSINATURAS**

JOÃO PEDRO RIBEIRO SILVA

### **TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

Através do termo de compromisso firmado entre o estudante do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) e o orientador Prof. Dr. Paulo Roberto Cabana Guterres fica firmada a realização da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso.

Uberlândia, 21 de novembro de 2018.

Assinaturas:

---

João Pedro Ribeiro Silva – Aluno

---

Professor Dr. Paulo Roberto Cabana Guterres – Orientador

**FOLHA DE APROVAÇÃO**

JOÃO PEDRO RIBEIRO SILVA

Análise e identificação de anomalias em revestimentos de reboco de um conjunto de edifícios na cidade de Uberlândia, e proposição de novas argamassas com vista à sua recuperação

Aprovado em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Banca Examinadora – Assinaturas:

---

Professor Dr. Joaquim Mario Caleiro Acerbi (Examinador UFU)

---

Professora Dra. Raquel Naiara Fernandes Silva (Examinadora UFU)

---

Professor Dr. Paulo Roberto Cabana Guterres (Orientador)

---

João Pedro Ribeiro Silva (Autor)

## Sumário

|                                                                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Resumo .....                                                                                                               | 7  |
| LISTA DE FIGURAS .....                                                                                                     | 8  |
| LISTA DE TABELAS .....                                                                                                     | 10 |
| 1 Introdução .....                                                                                                         | 11 |
| 2 Objetivos .....                                                                                                          | 12 |
| 2.1 Objetivo geral .....                                                                                                   | 12 |
| 2.2 Objetivos específicos .....                                                                                            | 12 |
| 3 Revisão Bibliográfica .....                                                                                              | 12 |
| 3.1 Principais agentes que afetam o comportamento dos Revestimentos .....                                                  | 13 |
| 3.1.1 Causas diretas .....                                                                                                 | 14 |
| 3.1.2 Causas indiretas .....                                                                                               | 15 |
| 3.2 Presença de umidade nas edificações .....                                                                              | 17 |
| 3.2.1 Umidade por precipitação .....                                                                                       | 18 |
| 3.2.2 Umidade de Construção .....                                                                                          | 20 |
| 3.2.3 Umidade ascensional .....                                                                                            | 21 |
| 3.2.4 Umidade devido a causas fortuitas .....                                                                              | 23 |
| 3.3 Degradação pela presença de sais solúveis .....                                                                        | 24 |
| 3.4 Eflorescências .....                                                                                                   | 28 |
| 3.5 Criptoflorescências .....                                                                                              | 31 |
| 4 Seleção de edifícios para estudo e caracterização dos edifícios eleitos ...                                              | 31 |
| 4.1 Critério adotado para a seleção dos edifícios amostrais na cidade de Uberlândia-MG .....                               | 31 |
| 4.2 Breve histórico .....                                                                                                  | 31 |
| 4.3 Edifícios escolhidos e caracterizações .....                                                                           | 35 |
| 4.4 Edifícios escolhidos para a retirada dos testemunhos .....                                                             | 38 |
| 4.4.1 Fachada com revestimento argamassado .....                                                                           | 38 |
| 4.4.2 Fachada com revestimento de argila .....                                                                             | 40 |
| 5 Etapa 02 – Etapa experimental – Reconstituição do traço, presença de sais solúveis e caracterização granulométrica ..... | 42 |
| 5.1 Argamassa convencional (conceituar argamassa convencional) .....                                                       | 42 |
| 5.1.1 Preparo da amostra .....                                                                                             | 42 |
| 5.1.2 Extração dos sais solúveis .....                                                                                     | 46 |
| 5.1.3 Reconstituição do traço .....                                                                                        | 52 |
| 5.2 Argamassa de argila .....                                                                                              | 54 |

|       |                                                   |    |
|-------|---------------------------------------------------|----|
| 5.2.1 | Preparo da amostra e análise granulométrica ..... | 55 |
| 5.2.2 | Extração dos sais solúveis .....                  | 60 |
| 6     | Resultados e Discussões.....                      | 64 |
| 6.1   | Sais solúveis .....                               | 64 |
| 6.2   | Granulometria da argamassa de argila .....        | 65 |
| 6.3   | Traço da argamassa convencional .....             | 66 |
| 7     | Conclusões e continuidade da pesquisa.....        | 67 |
|       | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....                  | 69 |

## RESUMO

O presente trabalho de conclusão de curso foi proposto de forma a se verificar as possíveis causas das manifestações patológicas nas fachadas de determinados edifícios da cidade de Uberlândia, através da comparação entre dois modelos de argamassa de revestimentos adotados: argamassa convencional e argamassa de barro. Para isso foi delimitada uma região representativa da cidade, aonde prosseguiu-se com a retirada de testemunhos das argamassas de revestimento, com as quais foram realizados ensaios que fornecessem o traço (no caso da argamassa convencional), distribuição granulométrica (no caso das argamassas de barro) e teor de sais solúveis. Com os dados obtidos através dos ensaios e comparações entre os dois tipos de argamassa, foi possível relacionar o traço e o teor de sais solúveis com as respectivas patologias observadas em cada edifício escolhido para análise, possibilitando também a proposição de medidas reparativas para os problemas observados.

**Palavras-Chave:** sais solúveis, argamassa, patologias, reconstituição de traço.

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                       |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 – Forças produzidas pela penetração da chuva.....                                            | 20 |
| Figura 2 – Esquema gráfico da ascensão capilar e evaporação de um muro em contato com solo úmido..... | 22 |
| Figura 3 – Geometria dos poros dos materiais.....                                                     | 23 |
| Figura 4 – Evolução dos Loteamentos até a década de 1940.....                                         | 33 |
| Figura 5 – Evolução dos Loteamentos até a década de 1970.....                                         | 34 |
| Figura 6 – Edifício escolhido com fachada argamassada.....                                            | 39 |
| Figura 7 – Edifício escolhido com algumas patologias identificadas.....                               | 40 |
| Figura 8 – Edifícios demolidos.....                                                                   | 41 |
| Figura 9 – Perfil da parede.....                                                                      | 41 |
| Figura 10 – Testemunho de argamassa convencional.....                                                 | 43 |
| Figura 11 – Materiais utilizados para limpeza da argamassa convencional.....                          | 44 |
| Figura 12 – Amostra de argamassa convencional, após limpeza.....                                      | 44 |
| Figura 13 – Materiais para preparo da amostra das argamassas.....                                     | 45 |
| Figura 14 – Argamassa convencional após triturado e secado.....                                       | 45 |
| Figura 15 – Peneira de 2,36 mm de abertura.....                                                       | 47 |
| Figura 16 – Processo de peneiramento.....                                                             | 47 |
| Figura 17 – Agitação magnética para a determinação de sais solúveis.....                              | 48 |
| Figura 18 – Processo de filtração.....                                                                | 49 |
| Figura 19 – Cápsulas de porcelana para determinação de sais solúveis.....                             | 50 |
| Figura 20 – Amostras para reconstituição do traço.....                                                | 52 |
| Figura 21 – Adição de HCl (1:2).....                                                                  | 53 |
| Figura 22 – Filtragem de solução para reconstituição do traço.....                                    | 53 |

|                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 23 – Argamassa separada do tijolo cerâmico.....                                | 55 |
| Figura 24 – Almofariz e mão de gral para desmanchar os torrões.....                   | 56 |
| Figura 25 – Seleção exata da quantidade de argamassa a peneirar.....                  | 56 |
| Figura 26 – Série normal de peneiras utilizadas no ensaio.....                        | 57 |
| Figura 27 – Maior massa retida em peneira.....                                        | 57 |
| Figura 28 – Curva granulométrica.....                                                 | 59 |
| Figura 291 – Diâmetros diversificados do agregado<br>miúdo.....                       | 60 |
| Figura 30 – Processo de extração de sais solúveis em argamassa de argila...           | 61 |
| Figura 31 – Cápsulas de porcelana para sais solúveis da argamassa de argila.<br>..... | 62 |

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                                     |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1 – Manifestações patológicas com suas causas.....                                           | 16 |
| Tabela 2 – Efeito capilar conforme o tamanho dos poros do material.....                             | 23 |
| Tabela 3 – Pressão de cristalização dos sais.....                                                   | 26 |
| Tabela 4 – Natureza química das eflorescências.....                                                 | 27 |
| Tabela 5 – Classificação das eflorescências.....                                                    | 29 |
| Tabela 6 – Endereço e numeração das fachadas escolhidas no bairro Brasil,<br>em Uberlândia/MG.....  | 35 |
| Tabela 7 – Orientação das fachadas escolhidas.....                                                  | 36 |
| Tabela 8 – Posição das fachadas no interior do respectivo quarteirão.....                           | 36 |
| Tabela 9 – Anomalias identificadas em 13 fachadas da região objeto de<br>estudo.....                | 37 |
| Tabela 10 – Massa das três amostras para extração de sais solúveis –<br>argamassa convencional..... | 48 |
| Tabla 11 – Cálculo das porcentagens de sais solúveis – argamassa<br>convencional.....               | 51 |
| Tabla 12 – Reconstituição do traço da argamassa convencional.....                                   | 54 |
| Tabela 13 – Granulometria da argamassa.....                                                         | 58 |
| Tabela 14 – Limites de distribuição granulométrica do agregado miúdo.....                           | 59 |
| Tabela 15 – Preparo das soluções para sais solúveis – argamassa de argila..                         | 62 |
| Tabela 16 – Cálculo do teor de sais solúveis para argamassa de argila.....                          | 62 |

## **1 INTRODUÇÃO**

Os edifícios construídos no Brasil, de uma forma geral, possuem revestimentos de argamassa (rebocos) como principal elemento exterior para acabamento e proteção contra os efeitos das intempéries. Este tipo de procedimento construtivo é utilizado na quase totalidade das construções observadas no sudeste brasileiro, principalmente no município de Uberlândia. Um dos fatores determinantes para este procedimento é o custo mais baixo que este tipo de finalização determina às construções, o que acaba por ser um grande atrativo aos construtores e investidores.

Arelada a essa tendência, têm crescido no Brasil o interesse na conservação, manutenção e durabilidade do patrimônio edificado e, esta é uma forte razão para o aprofundamento dos estudos ligados à deterioração das argamassas de revestimento, bem como o estudo de soluções que permitam melhorar as condições do comportamento em obras deterioradas pelas ações das intempéries e de elementos externos e/ou internos nos rebocos, dentre eles, destacando a ação dos sais solúveis.

Os processos de intervenção em edifícios, quer antigos, quer atuais, que estejam apresentando anomalias devem ser executados depois de cumprido um longo percurso investigatório; o qual começa pelo levantamento, análise e interpretação da situação existente e culmina num diagnóstico das manifestações anômalas identificadas. Só assim se poderá estabelecer os parâmetros entre os quais se poderá atuar, definindo os níveis aceitáveis de qualidade e segurança com que a construção ficará após a intervenção de recuperação.

Com isso, busca-se analisar e diagnosticar a presença de sais solúveis, foco principal deste trabalho, nos elementos de alvenaria presentes em fachadas (os quais são de eflorescência e/ou criptoflorescência e descolamentos em placas nos revestimentos de rebocos em fachadas). Através da reconstituição do traço de argamassas presentes nos mesmos e por meio de ensaios previamente determinados; e, com os resultados obtidos, poder apontar as soluções

possíveis à recuperação de rebocos afetados por eflorescências e/ou criptoflorescências.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

O presente trabalho tem por objetivo estabelecer uma metodologia de abordagem dos problemas relacionados à deterioração de argamassas de revestimento, atuais ou antigos, acometidas pelo problema de eflorescência e/ou criptoflorescência de sais solúveis, especificamente em fachadas em constante contato com o ambiente externo, através de reconstituição de traço e análise adequada das mesmas. Com isso também objetiva identificar causas e apontar soluções possíveis para a recuperação de edifícios com rebocos afetados pelo problema supracitado.

### **2.2 Objetivos específicos**

São objetivos específicos deste trabalho de conclusão de curso:

- Seleção de uma região representativa da cidade de Uberlândia, com grande densidade de edificações e com idade de construção mais avançada, com o objetivo de identificar e caracterizar as manifestações patológicas observadas nas fachadas.
- Retirada de testemunhos de argamassa convencional para a realização de ensaios de reconstituição de traço e identificação de presença de sais solúveis.
- Retirada de testemunhos de argamassa convencional e argamassa de argila, para a realização de ensaios que forneçam o teor de sais solúveis.
- Correlacionar o teor de sais solúveis entre os diferentes tipos de argamassas analisadas.
- Analisar a granulometria das argamassas, de argila quer convencional, correlacionando-a com o transporte de umidade nas fachadas.

## **3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Nesta etapa objetiva-se o embasamento conceitual inerente às principais anomalias em revestimentos, abordando tanto as causas quanto as manifestações patológicas em si.

### **3.1 Principais agentes que afetam o comportamento dos Revestimentos**

Sabe-se que uma edificação é composta por paredes que separam o meio interno e externo, cuja principal função, no caso das paredes exteriores, é promover a proteção contra as intempéries do meio externo. Para tanto, as áreas edificadas devem ser capazes de resistir às solicitações de ambos os meios.

Os diversos tipos de revestimentos que recobrem as edificações utilizados ao longo da história brasileira, que no início do surgimento das cidades decorrente da migração do campo para centros urbanos eram feitos de composições de barro adicionados de alguns materiais orgânicos, como sangue de animais, ovos, dentre outros, ou mesmo dos revestimentos de argamassa mais comumente utilizados atualmente, estão sujeitos a todos os tipos de ações de agentes agressivos externos e aqueles inerentes à própria edificação. Além disso, sabe-se que todo material, ao interagir com o ambiente, sofre alterações, não sendo diferente com os revestimentos em argamassa utilizados nas edificações.

A conjugação das características físicas e químicas dos revestimentos com o ambiente, onde ela será utilizada e os esforços aos quais estará submetido é que irão determinar sua durabilidade.

Segundo Bianchin (1999), as condições de exposição das fachadas de uma edificação são devidas a algumas características do meio ambiente, que são:

- a) Localização: são afetadas pelas características climáticas, topográficas e de vizinhança e do tipo de ocupação da zona urbana;
- b) Características de projeto como o tipo de sistema construtivo, orientação das fachadas e detalhes arquitetônicos.

As características do meio ambiente podem ser fatores agravantes para as manifestações patológicas nos revestimentos, dentre as quais destacam-se:

- a) Fatores externos ao revestimento;
- b) Aplicação incorreta do revestimento;

- c) Proporcionamento inadequado dos materiais constituintes das argamassas;
- d) Tipo e qualidade materiais utilizados na preparação da argamassa e dos emboços de barro;
- e) Tipo de pintura utilizada como acabamento final.

Carrio (1993) classifica as causas das manifestações patológicas em diretas e indiretas, citando que as causas diretas eram a “espoleta” que iniciava a manifestação patológica, e as indiretas são a “pólvora” que permanece latente até receber a “chispa” para a sua explosão, iniciando a manifestação patológica. Dentro desta classificação há vários tipos de agentes agressores, que na maioria das vezes não aparecem sozinhos como manifestações isoladas, mas sim agindo conjuntamente.

### **3.1.1 Causas diretas**

Reúnem as causas que agem de forma concreta e direta sobre a unidade construtiva e seus materiais, fazendo com que percam a sua integridade ou seu aspecto original, desabilitando o pleno exercício de sua função inicial para a qual foi empregada. Estas causas podem ser mecânicas, físicas e químicas, as quais são descritas abaixo:

- a) Mecânicas: compreendem os esforços mecânicos sobre a unidade construtiva superior ao previsto no cálculo do projeto estrutural, ou as sobrecargas temporárias, bem como as cargas dinâmicas, provocando fadiga na edificação e lesões, como as fissuras. Neste grupo também se encaixam os esforços mecânicos por deformação nos elementos estruturais ou fachadas e acabamentos.
- b) Físicas: referem-se aos agentes atmosféricos que atuam sobre o edifício, principalmente em fachadas e telhados, como a chuva, causando a presença de umidade quando cai sobre materiais muito porosos e com elevada absorção capilar, causando, por exemplo, o transporte de soluções salinas no interior da fachada, as quais serão responsáveis por

manifestações patológicas. Outro agente relevante neste grupo é o vento sobre a edificação, gerando acréscimos de esforços na estrutura quando não são devidamente previstos no dimensionamento. Dentre as causas físicas são a mudança de temperatura, que provocam a dilatações nas edificações, principalmente em fachadas com incidência solar direta, podendo originar fissuras e desprendimentos.

- c) Químicas: compreende todo tipo de produto químico e suas reações, vindo do ambiente atmosférico ou de organismos vivos, ou decorrente do próprio uso da habitação. Pode-se mencionar neste grupo as névoas com alto teor de sais advindos principalmente de regiões situadas nos litorais, bem como as chamadas chuvas ácidas, comuns nos grandes centros urbanos do Brasil e do mundo.

### **3.1.2 Causas indiretas**

Neste conjunto estão compreendidos os fatores inerentes à unidade construtiva propriamente dita, tendo como principal causa ações incorretas definidas em projeto, como: adoção de um sistema de construção inadequado com baixo rigor de detalhamento nos elementos que requerem uma execução mais acurada, como juntas e detalhes de uniões. Pode-se citar também o emprego incorreto e o proporcionamento inadequado dos materiais, defeitos nas formas ou dimensões inadequadas de elementos construtivos, e manutenção da obra.

Na tabela 1 estão listadas as principais manifestações patológicas dos revestimentos, suas manifestações, prováveis causas e reparos.

Tabela 1 – Manifestações patológicas com suas causas.

| Manifestação                 | Aspecto                                                          | Causas prováveis                                                                                                                                                                                        | Reparos                                                                                               |
|------------------------------|------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Eflorescência                | manchas de umidade<br>-pó branco acumulado na superfície         | -umidade constante<br>-sais solúveis (alvenaria água de amassamento)<br>cal não carbonatada                                                                                                             | -eliminação da infiltração<br>-secagem do revestimento<br>-reparo do revestimento quando pulverulento |
| Bolor                        | -manchas esverdeadas ou escuras<br>-revestimento em desagregação | -umidade constante<br>-área não exposta ao sol                                                                                                                                                          | -eliminação da infiltração<br>-lavagem com hipoclorito<br>-reparo do revestimento quando pulverulento |
| Vesículas                    | -empolamento da pintura                                          | -hidratação retardada de C2O (hidróxido de cálcio de cor branca)<br>-pirita ou material orgânico na areia (cor preta)<br>-concreções ferruginosas na areia<br>-aplicação prematura de tinta impermeável | -renovação da camada de reboco<br>-eliminação da infiltração                                          |
| Descolamento com empolamento | -descolamento do emboço formando bolhas<br>-reboco c/som cavo    | -infiltração de umidade<br>-hidratação retardada do MgO (hidróxido de magnésio)                                                                                                                         | -renovação da pintura<br>-renovação do reboco                                                         |
| Descolamento em placas       | -placa endurecida quebrando com dificuldade                      | -placas freqüentes de mica na camada inferior                                                                                                                                                           | -renovação do revestimento                                                                            |

|                                |                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                     |
|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>-som cavo</li> <li>-placa endurecida e desagregando-se</li> </ul>                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>-argamassa muito rica ou espessa</li> <li>-superfície c/substâncias hidrófugas</li> <li>-falta de aderência da superfície</li> <li>-argamassa magra</li> <li>-ausência de chapisco</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>-eliminação da base hidrófuga</li> <li>-aplicação de chapisco</li> <li>-renovação do revestimento</li> </ul> |
| Descolamento com pulverulência | <ul style="list-style-type: none"> <li>-descolamento da película arrastando o reboco</li> <li>-som cavo</li> </ul>        | <ul style="list-style-type: none"> <li>-excesso de finos</li> <li>-traço pobre</li> <li>-traço muito rico em cal</li> <li>-camada muito espessa de reboco</li> </ul>                                                                 | renovação do reboco                                                                                                                                 |
| Fissuras horizontais           | <ul style="list-style-type: none"> <li>-ao longo da parede</li> <li>-descolamento do revestimento com som cavo</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>-expansão da argamassa por hidratação retardada do MgO (hidróxido de magnésio)</li> <li>-expansão da argam. por reação cimento-sulfatos ou de argilo-minerais nos agregados</li> </ul>        | -renovação do revestimento                                                                                                                          |
| Fissuras mapeadas              | <ul style="list-style-type: none"> <li>-forma variada e em toda superfície</li> </ul>                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>-retração da argamassa de base</li> </ul>                                                                                                                                                     | -renovação do revestimento e da pintura                                                                                                             |

Fonte: Cinotto (1984).

### 3.2 Presença de umidade nas edificações

Tendo em vista o objetivo do presente trabalho, o qual tem como componente principal a identificação das manifestações patológicas em fachadas da cidade de Uberlândia – MG, faz-se necessário o conhecimento do fenômeno do transporte de umidade no interior das fachadas, sendo esse o principal agravante para o desenvolvimento de mecanismos como o transporte de sais solúveis (cloretos e sulfatos) e as consequentes formações anômalas de eflorescências e/ou criptoflorescências.

Segundo Gewehr (2004, p. 33, apud Merino, p, 1993, 309-337), o uso da água durante a construção de um edifício faz com que a mesma seja incorporada por seus materiais. Parte desta água fica ligada a eles e parte se evapora de acordo com as condições ambientais em um período que normalmente não é inferior a um ano; ao evaporar-se, a água deixa atrás de si uma rede porosa no material que pode ser novamente preenchida por novas águas.

### **3.2.1 Umidade por precipitação**

O modo pelo qual a água penetra na edificação é diferente para cada caso. Por exemplo, os elementos determinantes da penetração da chuva em uma junta de um painel pré-moldado são diferentes dos elementos responsáveis pela penetração da água da chuva em um painel de alvenaria de tijolos. (BAUER, 1987.)

Segundo Bauer (1987, p. 20, apud GARDEN, 1963), a penetração da chuva nas edificações pode ser sistematizada na ocorrência simultânea de três condições:

- Água sobre a superfície da parede;
- Aberturas através das quais a água pode penetrar;
- Forças que obrigam a água a penetrar pelas aberturas.

Caso nem uma das condições acima não ocorra, a penetração da água na edificação não ocorre.

A primeira condição, de existência de água sobre a superfície da parede é suprida quando há a ocorrência da precipitação. A incidência de chuva sobre a parede é maior ou menor em função das condições de exposição da parede (chuva, vento, orientação da fachada). Dependendo da absorção e da capacidade de “armazenagem” de umidade dos materiais de superfície, e também da taxa de precipitação de chuvas, um grande volume de água pode ser formado e escoar pela face da parede em um formato de filme. O escoamento desse filme é influenciado pela textura da superfície, gravidade e movimentação do ar ao longo da face da parede.

A segunda condição, de existência de aberturas para penetração da água é satisfeita devido à existência na face da parede de poros, fissuras, rachaduras, interfaces e juntas mal ligadas entre materiais ou elementos. É importante

salientar que certas aberturas são características dos materiais, como é o caso dos poros, uma vez que os materiais de construção são em sua grande maioria porosos; enquanto que outras aberturas são oriundas de defeitos que muitas vezes são difíceis de se evitar, como é o caso das fissuras. Também deve ser ressaltada a existência de aberturas de ordem construtiva, como é o caso das juntas de dilatação, as quais podem caracterizar um meio para a penetração da água, desde que apresentem problemas de vedação.

Desde que exista água sobre a superfície da parede e aberturas, não ocorrerá penetração de água a menos que uma força ou combinação de forças seja capaz de induzir a água a penetrar através das aberturas, isso caracteriza a terceira condição.

Segundo Bauer (1987), as forças que contribuem para a penetração da chuva podem ser classificadas como:

- Forças de absorção capilar;
- Forças de gravidade;
- Forças externas.

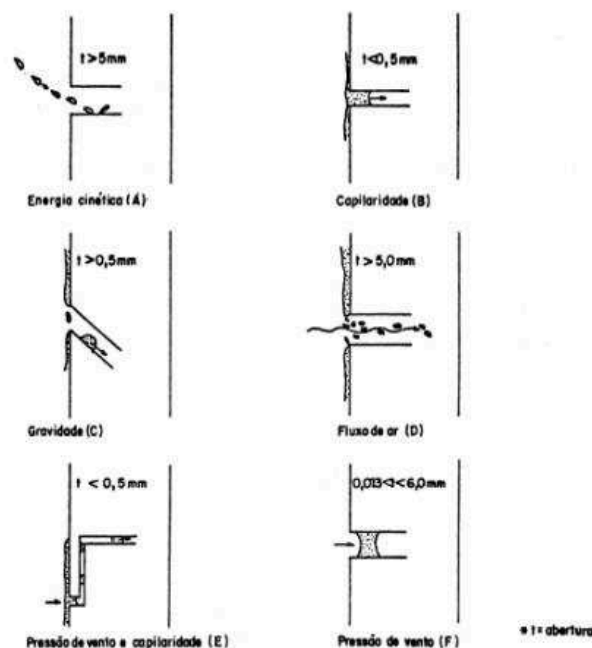
Por sua vez as forças externas se subdividem em:

- Forças de inercia das gotas incidentes contra as fachadas;
- Pressão do vento.

Todas essas forças podem atuar combinadas ou em separado, produzindo a penetração da água da chuva.

Esquemáticamente, a **Figura 1** representa os fatores que influenciam a penetração da água da chuva pelas fachadas, e associa a eles faixas dimensionais (aberturas) para as quais eles se tornam relevantes.

Figura 1 – Forças produzidas pela penetração da chuva



Fonte: BAUER (1987)

A água que incide sobre as fachadas de determinada edificação tende a ser absorvida pelos materiais porosos presentes em sua composição, como o concreto, tijolo e reboco. Quando a taxa de incidência excede a taxa de absorção, a água começa a escorrer pela superfície, e tal saturação é claramente evidenciada pela alteração da coloração do material.

Os efeitos da penetração da água da chuva causam algumas anomalias nas construções, como perda de adesão e/ou fissuras de revestimento, além de manchas de umidade na superfície das paredes.

### 3.2.2 Umidade de Construção

Denominada por Bianchin (1999) como *umidade de obra*, esta é oriunda da própria água utilizada nas construções durante o processo construtivo, donde não houve uma secagem suficiente antes da aplicação do revestimento e do acabamento ou antes da sua ocupação, uma vez que o processo de secagem das argamassas e concreto é relativamente lento e muitas vezes ocorre a ocupação da edificação antes desse processo ter chegado ao fim.

No próprio processo de secagem dos materiais, a água evaporada ao longo da vida útil da edificação gera poros com diâmetros variáveis, os quais influenciam no transporte de umidade por ascensão capilar ao longo das fachadas.

Segundo HENRIQUES (1995, apud Bianchin, p, 1999, p. 28) o processo de secagem dos materiais acontece em três etapas. Na primeira, a água superficial evapora rapidamente; na segunda etapa, e mais lentamente, evapora a água que se encontra no interior dos poros maiores; na terceira etapa, evapora a água dos poros com diâmetros menores, porém isto ocorre ao longo de muitos anos.

### **3.2.3 Umidade ascensional**

É aquela que passa através de aberturas, por vezes microscópicas, existentes nos materiais que podem apresentar de forma aberta, em forma de capilares, ou fechadas, como os poros.

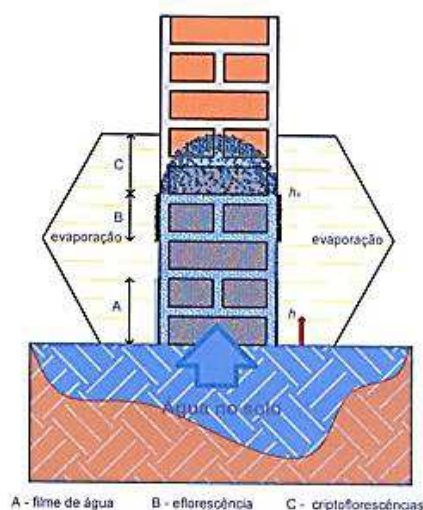
Tal fenômeno de movimento ascensional de água por meio de capilares é comumente conhecido devido à sua ocorrência no solo, no qual quanto mais finos são os poros do terreno, mais a água sobe por força capilar. Estas forças tem a capacidade de elevar a água a alturas superiores às delimitadas pelos lençóis freáticos. Somente muito perto das superfícies do terreno há pouca água, devido principalmente à absorção promovida pelas raízes das plantas ou da evaporação em contato com o ar, e também a ação de raios solares. Daí entende-se a grande importância de ser atestado o nível do lençol freático por meio de sondagens.

Especificamente nas construções, para que o processo de ascensão capilar aconteça é preciso a ação conjunta de forças internas de tensão superficial, de capilaridade do material e da umidade externa, independentemente da ação do vento e da gravidade. Nas alvenarias é comum a ascensão de água desde a fundação, mais comumente em vigas baldrame, através de capilaridade, quando em contato com zonas úmidas, como o solo. Quando a água é transportada do solo surgem manchas nas regiões próximas a ele, muitas vezes com zonas erodidas acompanhadas de bolor, eflorescências e/ou criptoflorescências, as quais serão tratadas no escopo do presente trabalho.

Uma análise detalhada do processo de ascensão capilar é feita por GUTERRES (2016), o qual esquematiza o fenômeno através da figura 2, onde na altura  $h_s$ , a

taxa de fornecimento de água por ascensão capilar torna-se igual à taxa de evaporação e acima desse local, a água evapora dentro da parede, resultando em subflorescência ou criptoflorescência.

Figura 2 – Esquema gráfico da ascensão capilar e evaporação de um muro em contato com solo úmido.



Fonte: Guterres (2016).

Em média o nível de ascensão capilar para as paredes em alvenaria varia de 0,8 a 1,2 m de altura. Estes valores podem aumentar, chegando a 1,5 m, se a concentração de sais existente na alvenaria for grande ou quando a evaporação da água ficar dificultada, devido à presença de revestimentos de baixa permeabilidade. De forma geral, quanto maior a espessura de parede, maior a ascensão capilar. (GEWHR, 2004)

A altura que a água pode atingir nos materiais depende do tamanho dos poros destes materiais, pois quanto menor o diâmetro, maior será a altura teórica que a água pode atingir. Tal altura ascensional também depende da quantidade de água em contato com a parede, das condições de evaporação e da água que migrou.

Gewhr (2004, apud Seele, 2000) ilustra através da figura 3, as diferentes dormas dos poros dos materiais e o efeito capilaridade conforme seu tamanho, apresentado na tabela 2.

a) A = poros interligados;

- b) B = poros em forma de saco
- c) C = poro fechado;
- d) D = bifurcação;
- e) E = interligação
- f) F = poro em forma de gargalo.

Figura 3 – Geometria dos poros dos materiais



Fonte: Seele (2000)

Tabela 2– Efeito capilar conforme o tamanho dos poros do material.

| Tipo de poros          | Tamanho (m)                                           | Efeito Capilar        |
|------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------|
| Microporo              | $< 10^{-7}$                                           | Não possui            |
| Mesoporo               | <i>de <math>10^{-7}</math> a <math>10^{-4}</math></i> | Com efeito            |
| Macroporo (poro de ar) | $> 10^{-4}$                                           | Interrupção do efeito |

Fonte: Seele (2000)

### 3.2.4 Umidade devido a causas fortuitas

Nesta classificação estão os problemas relacionados às tubulações de água potável, seja ela predial ou pública, de esgoto, ou de águas pluviais. Nestes locais se detectam, principalmente devido à projetos elaborados de forma errônea, deficiência nas ligações entre calhas e tubos de queda, singularidades inadequadas nas tubulações, falta de estanqueidade das calhas, além de

problemas em telhados com telhas partidas, mal colocadas ou desviadas de sua posição, acumulação de lixo na cobertura, inexistência ou danificação de ventilação e problemas com arremates. As anomalias causadas por esta forma de umidade se mostram bem evidentes, sob forma de manchas de umidade pontuais, associadas com os períodos chuvosos, ou em caráter permanente quando há o rompimento das canalizações, podendo haver a migração da umidade quando a capilaridade dos materiais o permitir.

### **3.3 Degradação pela presença de sais solúveis**

A presença de sais solúveis nas edificações também faz parte do rol das principais causas da degradação das alvenarias e revestimentos das mesmas, juntamente com a presença de umidade, a qual se apresenta como um meio de transporte salino no interior das alvenarias das fachadas. Além disso, a presença dos sais solúveis contribui para o desenvolvimento das eflorescências e/ou criptoflorescências.

Todos os fenômenos abordados no item 2 sobre umidade são fundamentais para que se entendam os fenômenos relacionados à salinidade nas edificações, pois ambos estão interligados. Segundo Gewh (2004) o aumento do teor de sais eleva o teor de umidade da parede, portanto para proteger os elementos construtivos contra a umidade é necessário se combater os sais solúveis.

As edificações mais antigas apresentam uma elevada quantidade de sais em suas paredes porque, com o passar do tempo, elas absorvem a umidade do solo e do lençol freático; os quais, geralmente, estão contaminados por sais. Muitos materiais, como tijolos e telhas, apresentam sais provenientes das argilas contaminadas, que foram utilizadas na sua fabricação. No desenvolvimento experimental do presente trabalho serão apresentados os teores de sais solúveis retirados de amostras de revestimentos argamassados com utilização de cal e cimento e de “argamassas” de barro, de edifícios testemunhais da cidade de Uberlândia-MG.

Muitas construções antigas foram construídas com areia do mar e, em muitas delas, sem o devido conhecimento, eram adicionados sais durante o processo de construção, principalmente nas argilas, onde se acreditava em um aumento

de sua resistência e ainda, utilizava-se sal de cozinha como plastificante nas pinturas à base de cal empregadas do século XIX até início do século XX.

Os sais solúveis também podem estar presentes nos próprios materiais de construção, de outros materiais em contato com estes, oriundos do terreno, geralmente substâncias orgânicas como nitratos de sódio e potássio, da atmosfera, principalmente de ambientes marinhos, do uso de produtos inadequados para a limpeza de fachadas que provocam reações químicas gerando sais solúveis. (BIANCHIN, 1999)

Além disso, a água presente em um material de construção, no terreno ou na atmosfera nunca é pura. Ela pode apresentar, segundo Merino (1993), sais solúveis, sendo que os mais frequentes são os sulfatos, carbonatos, cloretos, nitritos e nitratos. Além disso, os sais que mais prejudicam as construções são os sulfatos e os cloretos, e em menor incidência os nitratos. A norma ABNT NBR 9917/2009 – Agregados para concreto – Determinação de sais, cloretos e sulfatos solúveis – apresenta uma metodologia detalhada para a determinação dos componentes químicos mais prejudiciais ao concreto e revestimentos de base argamassada.

Sabe-se que o maior problema da umidade dentro da alvenaria é em relação ao transporte de sais solúveis. Estes sais, no estado solúvel, não causam danos, mas, ao se recrystalizarem, quando a água é eliminada, geram pressões de expansão nos poros, podendo causar danos. Uma vez cristalizados, os sais podem ser dissolvidos novamente e, novamente recrystalizados. A recrystalização dos sais pode se dar na superfície dos materiais ou no seu interior. Segundo Gehwr (2004), isso vai depender da natureza dos sais, da porosidade dos materiais de construção e das condições de evaporação da água. Quando os sais cristalizam no interior dos materiais, eles provocam pressões devido ao aumento de volume. A tabela 3 apresenta as pressões exercidas por diferentes tipos de sais.

Tabela 3 – Pressão de cristalização dos sais.

| SAL                                                 | C/CS | TEMPERATURA (°C) | PRESSÃO (Mpa) |
|-----------------------------------------------------|------|------------------|---------------|
| CLORETO DE SÓDIO (NaCl)                             | 2    | 0                | 55,4          |
|                                                     | 2    | 50               | 65,4          |
|                                                     | 10   | 0                | 184,5         |
|                                                     | 10   | 50               | 219           |
| SULFATO DE SÓDIO (Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) | 2    | 0                | 29,2          |
|                                                     | 2    | 50               | 34,5          |
|                                                     | 10   | 0                | 97            |
|                                                     | 10   | 50               | 115           |

Fonte: Bianchin (1999, adaptado).

C/CS = valor de sobressaturação da solução, onde:

C = quantidade de sal total na solução, em g;

CS = quantidade de sal até atingir o ponto de saturação, em g.

Segundo BAUER (1987), os sais mais comuns que provocam a degradação das alvenarias e revestimentos são os sais alcalinos, principalmente o sódio e o potássio, que são solúveis em água, e os sais dos metais alcalino-terrosos, como o magnésio e o cálcio. Porém, os sais alcalino terrosos são pouco solúveis em água, com exceção do sulfato de magnésio. Os carbonatos também são prejudiciais, com exceção do Carbonato de Cálcio (CaCO<sub>3</sub>) que, sob forma de cal, é um aglomerante conhecido e não é um sal prejudicial, pela baixa solubilidade.

Na tabela 4 estão indicados os sais que podem contaminar as construções, seu grau de solubilidade bem como as origens mais prováveis.

Tabela 4 – Natureza química das eflorescências.

| COMPOSIÇÃO QUÍMICA             | FÓRMULA QUÍMICA                      | SOLUBILIDADE EM ÁGUA | FONTE PROVÁVEL                                                                               |
|--------------------------------|--------------------------------------|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Carbonato de cálcio            | CaCO <sub>3</sub>                    | Pouco solúvel        | Carbonatação da cal lixiviada da argamassa ou concreto e de argamassa de cal não carbonatada |
| Carbonato de magnésio          | MgCO <sub>3</sub>                    |                      |                                                                                              |
| Carbonato de potássio          | K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>       | Muito solúvel        | Carbonatação dos hidróxidos alcalinos de cimento de elevado teor de álcalis                  |
| Carbonato de sódio             | Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>      |                      |                                                                                              |
| Hidróxido de cálcio            | Ca(OH) <sub>2</sub>                  | Solúvel              | Cal liberada na hidratação do cimento                                                        |
| Sulfato de cálcio bi hidratado | CaSO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O | Parcialmente solúvel | Hidratação do sulfato de cálcio do tijolo                                                    |
| Sulfato de magnésio            | MgSO <sub>4</sub>                    | Solúvel              | Tijolo e água de amassamento                                                                 |
| Sulfato de cálcio              | CaSO <sub>4</sub>                    | Parcialmente solúvel |                                                                                              |
| Sulfato de potássio            | K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>       | Muito solúvel        | Reação tijolo-cimento-agregados / água de amassamento                                        |
| Sulfato de sódio               | Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>      |                      |                                                                                              |
| Cloreto de cálcio              | CaCl <sub>2</sub>                    |                      | Água de amassamento                                                                          |
| Cloreto de magnésio            | MgCl <sub>2</sub>                    |                      |                                                                                              |
| Nitrato de potássio            | KNO <sub>3</sub>                     |                      | Solo adubado e/ou contaminado                                                                |
| Nitrato de sódio               | NaNO <sub>3</sub>                    |                      |                                                                                              |
| Nitrato de amônia              | NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>      |                      |                                                                                              |

Fonte: Bianchini (1999, apud UEMOTO, 1985).

### 3.4 Eflorescências

As eflorescências geralmente causam somente problemas estéticos, mas também podem ocorrer degradações mais profundas por agressividade química. As eflorescências são muito comuns em alvenarias de tijolos cerâmicos aparentes (fachadas), e desaparecem com o tempo e as chuvas, ou podem ser limpas com a água ou aplicação de ácido clorídrico (muriático). Já em argamassas mistas com elevado teor de cal não hidratada, a remoção das eflorescências é mais difícil, necessitando o uso de ácidos. Souza (1997) apresenta três tipos de eflorescências, que são:

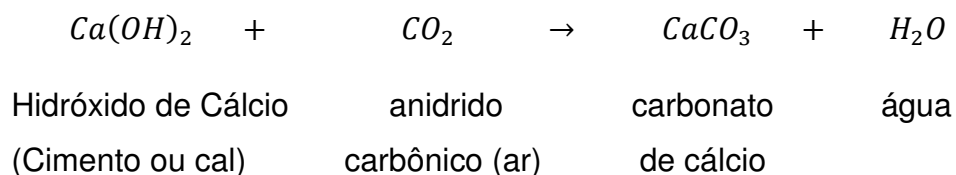
- a) Eflorescências sob forma de véu na superfície das argamassas modificam o aspecto estético das mesmas, mas não prejudica sua durabilidade. Geralmente ocorrem pela presença de sulfatos de sódio e de potássio, sulfatos de cálcio e magnésio, carbonatos de sódio e de potássio, provavelmente provenientes do cimento, cal, areia ou água de amassamento que compõe as argamassas;
- b) Eflorescências de cor branca, aderente, pouco solúvel em água, com aspecto de escorrimento, provenientes do carbonato de cálcio presente nas argamassas, não causando sua deterioração;
- c) Eflorescências provocadas pela presença de sulfato de cálcio e água que se transforma em gesso. Estas eflorescências são menos comuns e causam expansão e fissuração.

De acordo com a facilidade de remoção dos sais das eflorescências, elas podem ser classificadas como: temporária ou permanente. A remoção temporária é aquela cujos sais são fáceis de serem dissolvidos ou quando o processo de depósito é muito superficial e que, portanto, sua aderência é fraca, sendo facilmente eliminados.

As permanentes, seja pelo grau de solubilidade dos sais, seja pelas incrustações dos sais nos poros do revestimento, apresentam uma grande aderência e, portanto, uma enorme dificuldade de remoção.

Segundo Bianchinn (1999), os sais que causam as manchas brancas escorridas não são solúveis em água, são muito aderentes e podem causar o descolamento dos revestimentos e pinturas. Estas manchas são formadas por carbonatos de

cálcio, formado pela reação do hidróxido de cálcio do cimento e da cal com o gás carbônico presente no ar. Este sal é formado pela seguinte reação:



Uemoto (1984) classifica, na tabela 5, as eflorescências de acordo com seu aspecto e forma de manifestação, bem como os danos causados em casos estudados pelo IPT e as soluções possíveis de reparo.

Tabela 5 – Classificação das eflorescências.

| Aspecto e características da eflorescência                                                                                                            | Locais de formação                                                                                                                                                                                                                                               | Causas prováveis atuando com ou sem simultaneidade                                                                                                                                                                                                                                       | Reparos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Pó branco pulverulento, solúvel em água (sulfatos de sódio e de potássio e menos sulfatos de cálcio e de magnésio, carbonatos de sódio e de potássio) | <p>*em superfície de alvenaria aparente ou de alvenaria de argamassa revestida;</p> <p>*em regiões próximas a caxilhos mal vedados;</p> <p>*em superfície de ladrilhos cerâmicos não esmaltados;</p> <p>*em juntas de pisos cerâmicos esmaltados e azulejos.</p> | <p>*sais solúveis presentes nos materiais e água de amassamento, agregados ou aglomerantes;</p> <p>*sais solúveis presentes nos materiais cerâmicos (tijolos, ladrilhos, etc.);</p> <p>*sais solúveis contidos no solo;</p> <p>*Poluição atmosférica;</p> <p>*reação tijolo-cimento.</p> | <p>*eliminação da fonte de umidade;</p> <p>*aguardar a eliminação dos sais pela ação da chuva em casos de eflorescência em superfície externa;</p> <p>*lavagem com água;</p> <p>*escovamento da superfície por processo mecânico;</p> <p>*após saturar a alvenaria com água, lavar com solução clorídrica a 10%, e em seguida com água abundante.</p> |

|                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                               |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Depósito branco com aspecto de escorrimento, muito aderente e pouco solúvel em água, em presença de ácido apresentam efervescência (carbonato de cálcio) | <p>*em superfície de componentes próximos a elementos em alvenaria e concreto;</p> <p>*em superfície de argamassa e concreto.</p>                       | <p>*carbonatação da cal liberada na hidratação do cimento;</p> <p>*carbonatação da cal não carbonatada proveniente de argmassas mistas.</p>                               | <p>*eliminação da percolação de água;</p> <p>*lavagem com solução clorídrica;</p> <p>*em caso de depósito abundante, escovamento da superfície por processo mecânico e lavagem com ácido.</p> |
| Depósito branco, solúvel em água, com efeito de expansão. Não é muito frequente.                                                                         | <p>*entre fissuras de juntas de alvenaria;</p> <p>*entre juntas de argamassa e tijolos;</p> <p>*locais da alvenaria muito expostos à ação da chuva.</p> | <p>*expansão devido à hidratação do sulfato de cálcio existente ao tijolo ou da reação tijolo-cimento;</p> <p>*formação de sal expansivo por ação de sulfato do meio.</p> | <p>*não realizar reparos, esperar a estabilização do fenômeno;</p> <p>*reparo, usando cimento isento de sulfatos.</p>                                                                         |

Fonte: Bianchinn (1999, apud UEMOTO, 1985).

Além disso, o mesmo autor propõe algumas medidas para evitar os problemas causadores da degradação de alvenarias e rebocos oriundos de umidade e salinidade, que são as seguintes:

- Evitar a concentração de impurezas e sais presentes nos materiais que compõe as argamassas, bem como controlá-los através da realização de ensaios em laboratório;
- Evitar a utilização de tijolos e blocos com elevado teor de sulfatos;
- Evitar o acúmulo de água através de projetos que preveem caimentos adequados e proteger a alvenaria logo após o término da sua execução;
- Fazer uma boa vedação e impermeabilização dos alicerces para se evitar a infiltração de umidade ascendente do solo;

- e) Fazer controle químico da água utilizada para o amassamento de argamassas;
- f) Quando a alvenaria for aparente deve-se utilizar uma pintura impermeável resistente à exposição em solução salina;
- g) Utilizar cimentos que possuam menores teores de hidróxido de cálcio após sua hidratação, como cimento pozolânico de alto forno.

### **3.5 Criptoflorescências**

O fenômeno de criptoflorescência no interior dos materiais de construção é um fenômeno bem mais grave, pois causa o desprendimento de capas superficiais do revestimento, ao se expandirem os sais, por aumento de volume, na interface tijolo-reboco.

## **4 SELEÇÃO DE EDIFÍCIOS PARA ESTUDO E CARACTERIZAÇÃO DOS EDIFÍCIOS ELEITOS**

### **4.1 Critério adotado para a seleção dos edifícios amostrais na cidade de Uberlândia-MG**

Em uma fase inicial, o presente trabalho seguiu-se com a seleção de uma região da cidade de Uberlândia, a qual julgou-se conter número significativo de edifícios acometidos por anomalias em fachadas. Outro critério de escolha, além da densidade de edifícios, foi a idade das edificações contidas na região, através da qual foi possível a obtenção de testemunhos constituídos de fachadas construídas através dos mais diversos métodos construtivos empregados ao longo do tempo, seja em argamassa convencional, ou em revestimentos com base de barro

A região escolhida, a qual julgou-se reunir todos os pré-requisitos supracitados, foram os bairros Brasil, Nossa Senhora Aparecida e Fundinho, os quais encontram-se na região central de Uberlândia, e sua inauguração data de meados de 1940.

### **4.2 Breve histórico**

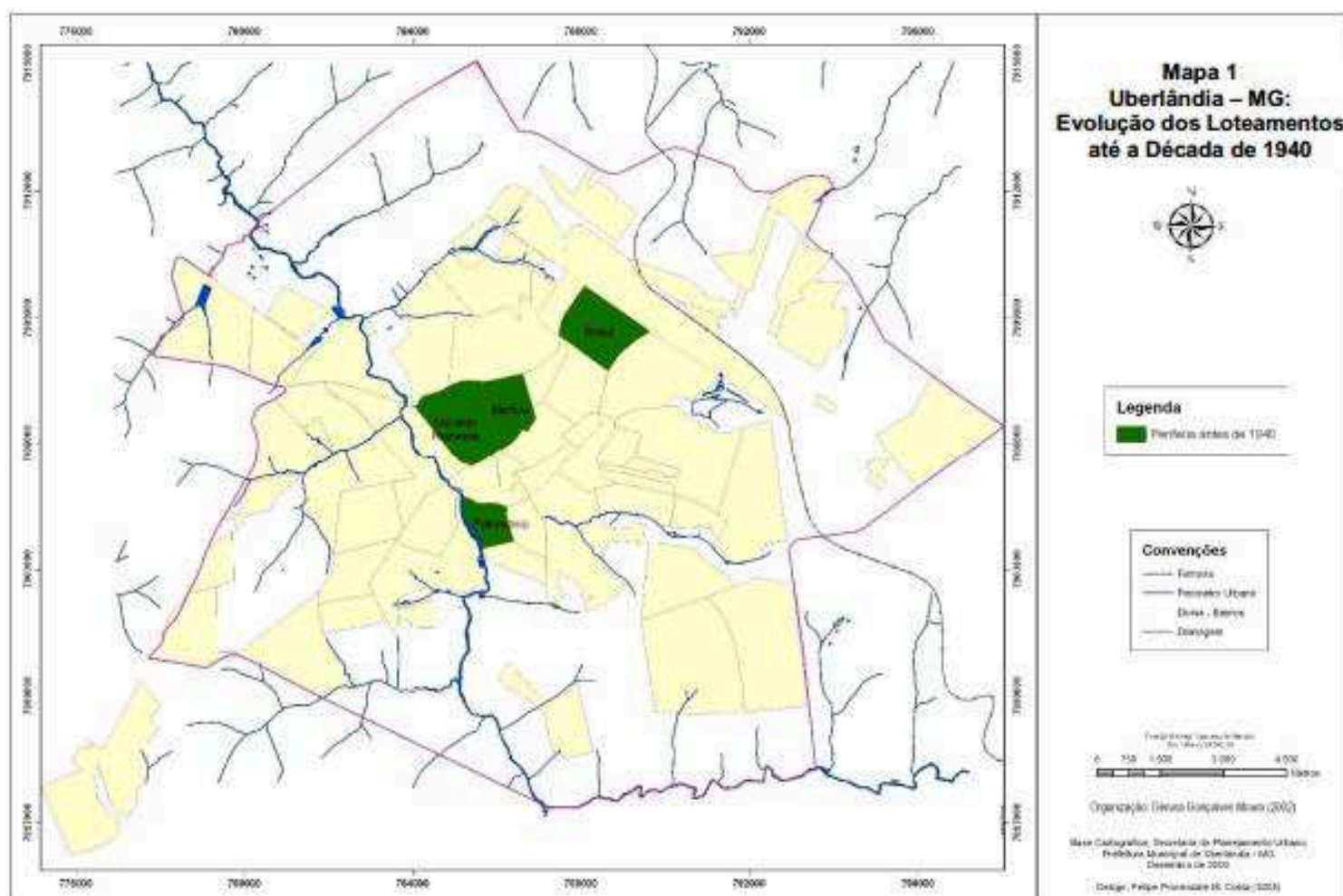
As informações históricas a respeito da região escolhida para a coleta das amostras de fachadas, foram obtidas através dos estudos desenvolvidos pelas pesquisadoras Gersa Gonçalves Moura e Beatriz Ribeiro Soares, ambas pertencentes ao corpo de discentes do Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia. Através de um estudo realizado no ano de 2008,

intitulado “A periferia de Uberlândia/MG: da sua origem até a sua expansão nos anos 1990”. Foram obtidos dados históricos sobre o bairro Brasil, os quais serão brevemente abordados.

Em Uberlândia, cidade situada na região do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, com uma área de 4.040 Km<sup>2</sup>, sendo 219 Km<sup>2</sup> de área urbana, a expansão urbana foi intensificada há quatro décadas, com a incorporação de áreas agrícolas à área urbana, mediante vários loteamentos, para atender, principalmente, a população de baixa renda, o que contribuiu decisivamente para a produção de uma área periférica heterogênea, fruto da própria atuação diferenciada dos agentes sociais envolvidos na estruturação espacial da cidade. (GONÇALVES; RIBEIRO 2008.)

Com a instalação de diversas indústrias na cidade, a demanda por moradia era alta, obrigando as indústrias a construir casas para alugar aos seus operários, pois, para eles, a casa significava sua fixação na cidade e para as indústrias significava a manutenção da mão de obra, que era escassa na época. Essas construções deram origem às “vilas operárias”, que seriam o ponto-chave para a expansão da periferia da cidade, por meio da incorporação de áreas rurais ao espaço urbano de Uberlândia/MG, que acompanharia a localização das indústrias e da estação ferroviária. Dessa forma, constata-se que o surgimento da periferia de Uberlândia/MG ocorreu muito cedo, em virtude do déficit habitacional que se instalava na cidade no início do seu desenvolvimento. Assim, até 1940, a periferia de Uberlândia era formada pelo bairro Patrimônio e pelas Vilas Operária: Operária (1925), Martins (1925), Osvaldo (1938), Carneiro (1938), Santa Teresinha (1936) e Brasil (1936), como demonstra a figura 4.

Figura 4 – Evolução dos Loteamentos até a década de 1940.



Fonte: Gonçalves; Ribeiro (2008).

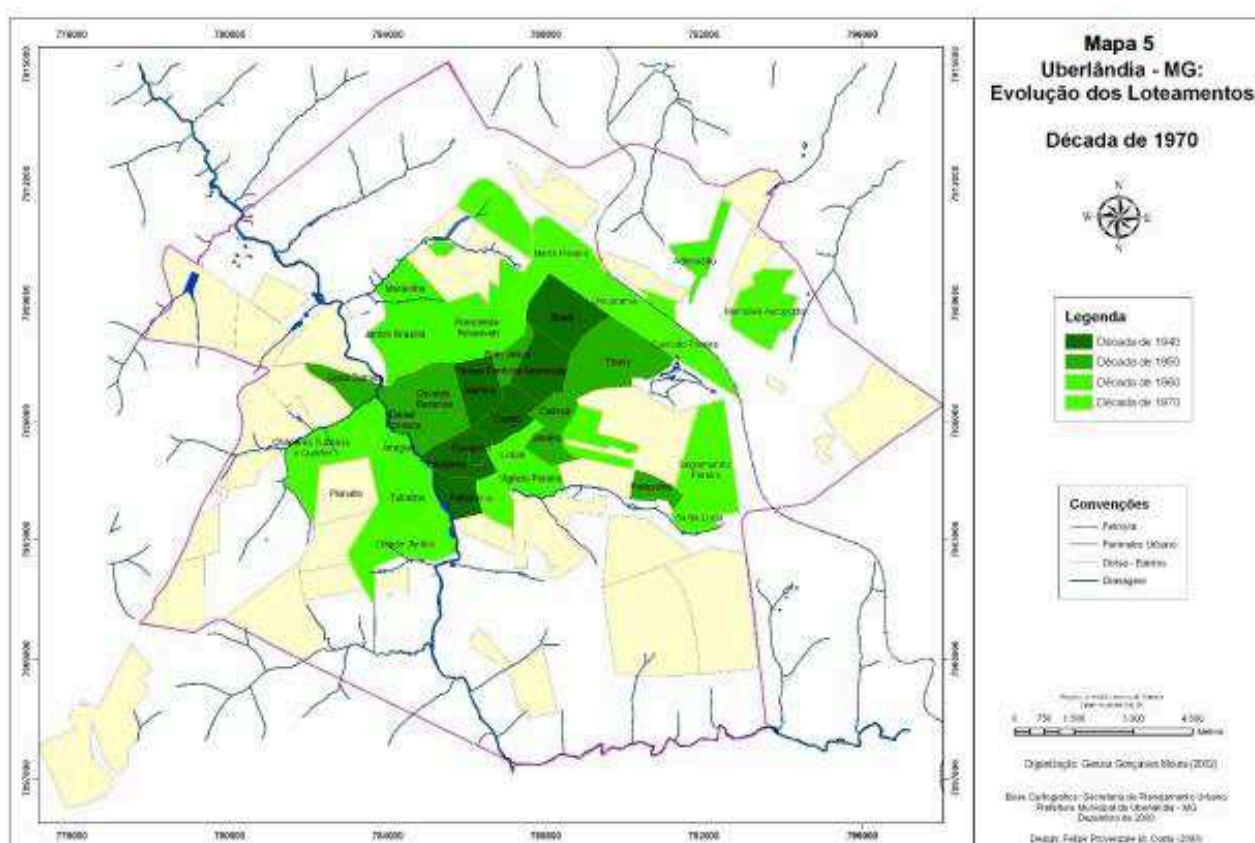
A década de 1960 foi muito promissora para a cidade de Uberlândia, pois se concluiu o serviço de saneamento básico, bem como as obras da Universidade Federal de Uberlândia; o problema da energia elétrica foi solucionado e as principais rodovias começaram a ser asfaltadas e melhoradas. Assim, a cidade conseguiu formar uma base sólida, que a destacaria no contexto regional de todo o Triângulo Mineiro, já que sua situação comercial era muito favorável.

A população urbana na cidade de Uberlândia/MG também crescia, devido à intensificação do capitalismo no campo que, a cada dia, expulsava mais trabalhadores para a cidade, e também à criação da Universidade Federal de Uberlândia, que foi responsável pelo desenvolvimento de dois grandes bairros: o Santa Mônica (onde se instalou o Campus Santa Mônica) e o Umuarama (onde se instalou o Campus Umuarama), que, com o tempo, foram dotados de serviços

e equipamentos públicos para atender à demanda de estudantes vindos de outras cidades, que preferiam morar mais próximo da Universidade.

O desenvolvimento desses bairros também propiciou o desenvolvimento doutros no seu entorno, como o Saraiva, o Cazeca e o Tibery, que ficavam no entorno do Campus Santa Mônica; o Custódio Pereira, o bairro Brasil e o Marta Helena, próximos ao Campus Umuarama, conforme a figura 5.

Figura 5 – Evolução dos Loteamentos até a década de 1970.



Fonte: Gonçalves; Ribeiro (2008).

Com esse breve histórico justifica-se a escolha do bairro Brasil, Nossa Senhora Aparecida e Fundinho como áreas estratégicas para o estudo de anomalias em fachadas, uma vez que tais regiões possuem construções com mais de 50 anos, apresentando diversas manifestações patológicas, as quais foram constatadas no presente trabalho.

### 4.3 Edifícios escolhidos e caracterizações

Por meio de diversas visitas de campo na região escolhida para análise das patologias em fachadas foram destacados 13 edifícios, com os quais seguiu-se com registros fotográficos disponíveis no **anexo 1**, bem como com a caracterização das anomalias observadas.

A tabela 6 apresenta o endereço das fachadas escolhidas, bem como associa números à cada uma delas.

Tabela 6 – Endereço e numeração das fachadas escolhidas no bairro Brasil, em Uberlândia/MG

| Fachada | Logradouro             | Número |
|---------|------------------------|--------|
| 1       | Rua Paraná             | 967    |
| 2       | Rua Paraná             | 966    |
| 3       | Rua Afonso Pena        | 3298   |
| 4       | Rua Belém              | 570    |
| 5       | Av. João Pinheiro      | 2619   |
| 6       | Av. João Pinheiro      | 2543   |
| 7       | Av. João Pinheiro      | 2512   |
| 8       | Rua Niterói            | 830    |
| 9       | Rua Jataí              | 844    |
| 10      | Rua Antônio Crescêncio | 1010   |
| 11      | Rua Antônio Crescêncio | 1174   |
| 12      | Rua Antônio Crescêncio | 1060   |
| 13      | Rua Antônio Crescêncio | 1123   |

Fonte: Autor (2018)

Das fachadas escolhidas, oito (61,45%) apresentam orientação para o norte, quatro (30,77%) apresentam orientação para o leste, e uma (7,69%) orienta-se para o sul. A tabela 7 apresenta a orientação das fachadas, de acordo com sua numeração.

Tabela 7 – Orientação das fachadas escolhidas

| Fachada | Orientação |
|---------|------------|
| 1       | Norte      |
| 2       | Norte      |
| 3       | Leste      |
| 4       | Norte      |
| 5       | Leste      |
| 6       | Leste      |
| 7       | Leste      |
| 8       | Norte      |
| 9       | Norte      |
| 10      | Norte      |
| 11      | Norte      |
| 12      | Norte      |
| 13      | Sul        |

Fonte: Autor (2018)

Além disso, fez-se necessária a caracterização das edificações em relação à sua posição dentro do quarteirão. Dos 13 edifícios analisados, 10 (76,92%) eram localizadas nas esquinas, e três (23,1%) localizados fora das esquinas. A tabela 8 relaciona cada fachada escolhida com sua posição no interior do quarteirão a qual pertence.

Tabela 8 – Posição das fachadas no interior do respectivo quarteirão.

| Fachada | Esquina |
|---------|---------|
| 1       | Não     |
| 2       | Não     |
| 3       | Não     |
| 4       | Não     |
| 5       | Não     |

|    |     |
|----|-----|
| 6  | Não |
| 7  | Sim |
| 8  | Sim |
| 9  | Não |
| 10 | Não |
| 11 | Não |
| 12 | Sim |
| 13 | Não |

Fonte: Autor (2018)

Dentre as fachadas observadas, foi feita uma análise da quantidade e da tipologia das anomalias presentes em cada uma delas; tais dados estão presentes na tabela 9.

Tabela 9 – Anomalias identificadas em 13 fachadas da região objeto de estudo.

| <b>Tipo de Anomalias</b>       | <b>Nº de anomalias</b> | <b>% sobre o total de lesões</b> |
|--------------------------------|------------------------|----------------------------------|
| Manchas                        | 8                      | 14%                              |
| Umidade ascensional            | 4                      | 7%                               |
| Descolamento em placas         | 7                      | 12%                              |
| Descoloração                   | 4                      | 7%                               |
| Fissurações horizontais        | 7                      | 12%                              |
| Fissurações Verticais          | 5                      | 9%                               |
| Eflorescências                 | 7                      | 12%                              |
| Fissurações inclinadas         | 2                      | 3%                               |
| Descolamento com esfarelamento | 1                      | 2%                               |
| Elementos quebrados            | 2                      | 3%                               |
| Apodrecimento                  | 3                      | 5%                               |
| Corrosão                       | 1                      | 2%                               |
| Erosão                         | 1                      | 2%                               |
| Umidade accidental             | 1                      | 2%                               |
| Grandes fendas                 | 1                      | 2%                               |
| Umidade por infiltração        | 3                      | 5%                               |

|                              |    |      |
|------------------------------|----|------|
| Descolamento com empolamento | 1  | 2%   |
| Total                        | 58 | 100% |

Fonte: Autor (2018)

#### 4.4 Edifícios escolhidos para a retirada dos testemunhos

Dentre as 13 fachadas analisadas escolheu-se um edifício para a retirada do testemunho de uma fachada constituída por argamassa, o qual posteriormente foi utilizado tanto para a reconstituição do traço, quanto para a realização de ensaios que fornecessem o teor de sais solúveis presentes nas amostras.

Além disso, também foi analisada uma amostra retirada de uma edificação presente no bairro Fundinho, na cidade de Uberlândia/MG. Tal amostra apresentou fachada executada predominantemente em barro, o qual demonstra a idade avançada da edificação. Devido ao fato de o edifício ter sido demolido no ano de 2017, as informações sobre ele levantadas foram obtidas por meio do estudo realizado por **Samuel Arantes Soares (2017)**, em seu trabalho de conclusão de curso denominado de “Patologias em edificações antigas na cidade de Uberlândia-MG”, trabalho este, também sob a orientação do Prof. Dr. Paulo Roberto Cabana Guterres.

A escolha de dois tipos de revestimentos distintos, um de argamassa convencional e outro executado com barro, foi proposital, e serviu para uma análise comparativa da presença de sais solúveis entre esses dois sistemas, onde se pode comparar o sistema atual empregado nas construções em geral com àqueles das construções antigas.

Os edifícios escolhidos mostraram-se bastante representativos, apresentando diversas patologias logo identificadas em suas fachadas. Além disso a escolha dos mesmos foi condicionada ao fato de não ter havido resistência por parte dos proprietários e moradores na retirada de testemunhos para estudo.

##### 4.4.1 Fachada com revestimento argamassado

O edifício escolhido encontra-se localizado na rua Niterói, número 830, com a fachada orientada para o norte. Trata-se de um conjunto habitacional vertical, constituído de térreo mais dois pavimentos. Além disso, segundo informações

fornecidas pelos proprietários, a edificação possui 26 anos desde a sua construção, datada de 1992. Para fins de padronização, para caracterizar posteriormente as amostras retiradas, tal edifício será denominado de **edifício 01**.

O tipo de revestimento adotado nessa edificação foi de base argamassada. Além disso, externamente essa argamassa foi revestida com tinta convencional, e internamente com granilha.

A Figura 6 apresenta a edificação escolhida, bem como o estado de conservação no qual a fachada se encontra.

Figura 6 – Edifício escolhido com fachada argamassada.



Fonte: Autor (2018).

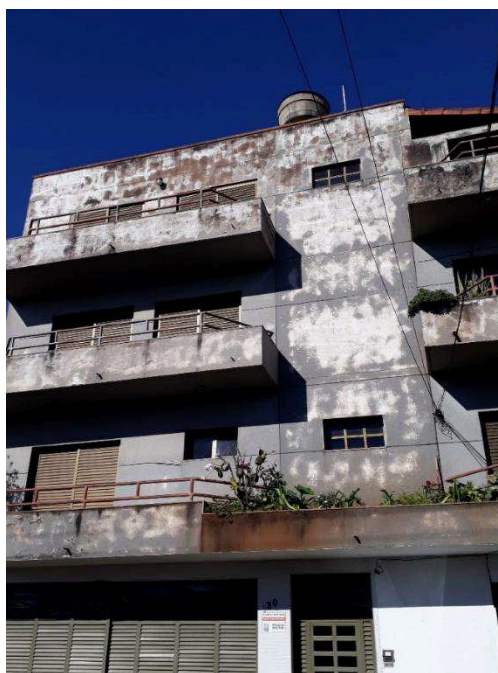
As principais patologias observadas na edificação em questão foram:

- Presença de manchas;
- Descolamento em placas;
- Descoloração da fachada;
- Descolamento com empolamento;

- Eflorescência;
- Criptoflorescência;
- Fissurações horizontais e verticais.

Algumas das patologias apontadas, também podem ser observadas na figura 7.

Figura 7 – Edifício escolhido com algumas patologias identificadas.



Fonte: Autor (2018).

#### 4.4.2 Fachada com revestimento de argila

O edifício escolhido localiza-se na Praça Clarimundo Carneiro, número 15, bairro Fundinho, na região central da cidade de Uberlândia. A figura 8, fotografada em agosto de 2015 e disponibilizada no programa “*Instant Street View*”, apresenta as edificações que, posteriormente, foram demolidas, cujas paredes puderam ser utilizadas para a extração de testemunhos para estudo.

Figura 8 – Edifícios demolidos.



Fonte: “Instant Street View”, Google (2015).

A imagem 9 apresenta o perfil da parede de onde foi retirada a mostra da argamassa de argila, a qual apresentava, aproximadamente, 40 cm de espessura.

Figura 9 – Perfil da parede.



Fonte: Samuel Arantes (2017).

A fachada do edifício em questão era, basicamente, composta por tijolo cerâmico maciço, argamassado com barro e protegido por película de pintura. Além disso, quanto ao uso, as edificações apresentadas na figura 8 eram integradas, e utilizadas como cinema e bar. Para fins de padronização, objetivando uma melhor identificação das amostras coletadas e analisadas, o conjunto de edifícios apresentados denominar-se-ão **edifício 02**.

## 5 ETAPA 02 – ETAPA EXPERIMENTAL – RECONSTITUIÇÃO DO TRAÇO, PRESENÇA DE SAIS SOLÚVEIS E CARACTERIZAÇÃO GRANULOMÉTRICA

Na presente etapa do trabalho, a qual foi desenvolvida após vasta análise de todas as fachadas levantadas na região de estudo e posterior escolha dos edifícios representativos para a retirada dos testemunhos, objetivou-se analisar, por meio de ensaios laboratoriais padronizado pelas normas brasileiras pertinentes, os seguintes casos:

- Verificação e quantificação dos sais solúveis presentes nas amostras, tanto de argamassa convencional, como da argamassa de barro. Tais análises foram feitas conforme a ABNT NBR 9917/2009 – Agregados para concreto – Determinação de sais, cloretos e sulfatos solúveis.
- Reconstituição do traço da argamassa convencional, segundo o método do IPT.
- Classificação da tipologia do barro empregada através de análise granulométrica, conforme a ABNT NBR 7217/1987 – Agregados – Determinação da composição granulométrica.

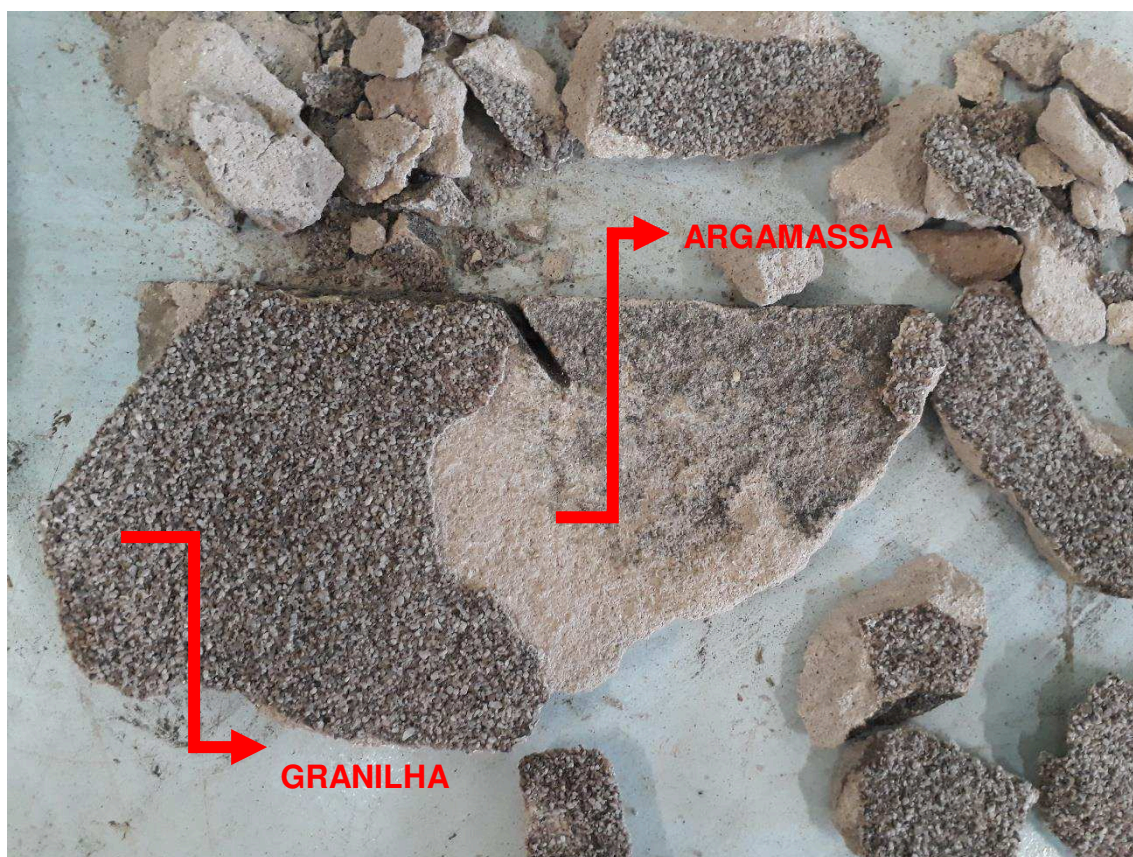
### 5.1 Argamassa convencional (conceituar argamassa convencional)

A etapa experimental do presente trabalho iniciou-se com a análise da amostra retirada do **edifício 01**, o qual apresenta fachada executada em argamassa convencional. Tal análise consistiu na análise da presença de sais solúveis, bem como na reconstituição do traço da argamassa utilizada.

#### 5.1.1 Preparo da amostra

A amostra em questão, demonstrada pela figura 10, foi retirada no dia 10 de setembro de 2018, especificamente às 10h30min. Para a coleta do testemunho foram utilizados métodos destrutivos de amostragem, com o auxílio de ferramentas fornecidas pelo Laboratório de Análise de Solos.

Figura 10 – Testemunho de argamassa convencional.



Fonte: Autor (2018)

Como observado na figura 10, a amostra possuía revestimento em granilha, a qual foi posteriormente retirada pelo fato de sua análise não ser de interesse para o presente trabalho. A figura 11 apresenta os materiais utilizados para a limpeza da amostra. Com isso, após retirado a granilha, a amostra apresentou-se conforme a figura 12.

Figura 11 – Materiais utilizados para limpeza da argamassa convencional



Fonte: Autor (2018)

Figura 12 – Amostra de argamassa convencional, após limpeza.



Fonte: Autor (2018).

Logo após o preparo da amostra, prosseguiu-se com sua trituração. Para isso foram utilizados os materiais apresentados na figura 13. Nesta etapa foi tomado o cuidado para que a trituração manual não destruísse os grãos de agregado; para isso foi utilizado socador com cabeça emborrachada.

Figura 13 – Materiais para preparo da amostra das argamassas.



Fonte: Autor (2018)

Após triturado o material apresentou-se conforme a figura 14, o qual foi posteriormente submetido à constância de massa através da estufa à  $105 \pm 5$  °C, apresentando a massa seca final de 719,5g.

Figura 14 – Argamassa convencional após triturado e secado.



Fonte: Autor (2018)

Tal amostra, após o processo de limpeza, pesagem e secagem até a constância de massa, mostrou-se preparada para a execução dos ensaios de análise de sais solúveis, bem como a reconstituição do traço empregado na argamassa em questão.

### 5.1.2 Extração dos sais solúveis

Na presente etapa foi desenvolvida a análise da presença de sais solúveis contidos na amostra de argamassa retirada do **edifício 01**, bem com a quantificação do teor presente em cada amostra. Os procedimentos e ensaios foram realizados conforme a ABNT NBR 9917:2009 – Agregados para concreto - Determinação de sais, cloretos e sulfatos solúveis. Além disso, todo o procedimento experimental foi desenvolvido no Laboratório de Saneamento da FECIV, com o auxílio do corpo técnico habilitado.

Para a obtenção de um maior número de dados para comparação e análise, e para uma maior minimização de erros amostrais, foram separadas três amostras de 20g cada, e de cada uma dessas amostras foram feitas uma triplicata.

Inicialmente, conforme orientado pela norma pertinente, seguiu-se com o preparo da amostra a ser utilizada para a análise de sais solúveis, conforme o item 4.2, transcrito abaixo:

- A amostra deve ser seca a  $(105 \pm 5)$  °C até massa constante e, a seguir, passada a peneira 2,36mm de abertura de malha.
- A fração retirada na peneira 2,36mm deve ser moída até passar nessa peneira, e a fração de finos produzida deve ser reduzida ao mínimo possível.
- As frações da amostra seca, com granulometria inferior a 2,36mm, obtidas nas seções 3.2.2 e 4.2.3, devem ser misturadas, homogeneizadas e reservadas para ensaio.

A figura 15 apresenta a peneira utilizada, na abertura especificada, e a figura 16 demonstra o processo de peneiramento realizado.

Figura 15 – Peneira de 2,36 mm de abertura.



Fonte: Autor (2018)

Figura 16 – Processo de peneiramento.



Fonte: Autor (2018)

Após essa etapa, foram retiradas três amostras para extração de sais solúveis, as quais estão identificadas na tabela 10, bem como suas massas, as quais deveriam ser de aproximadamente 20g, conforme item 4.3.1.1 da norma técnica

em questão. A massa  $m_1$  refere-se à massa da amostra original, expressa em gramas, denominada da mesma forma que é apresentada na NBR 9917:2009.

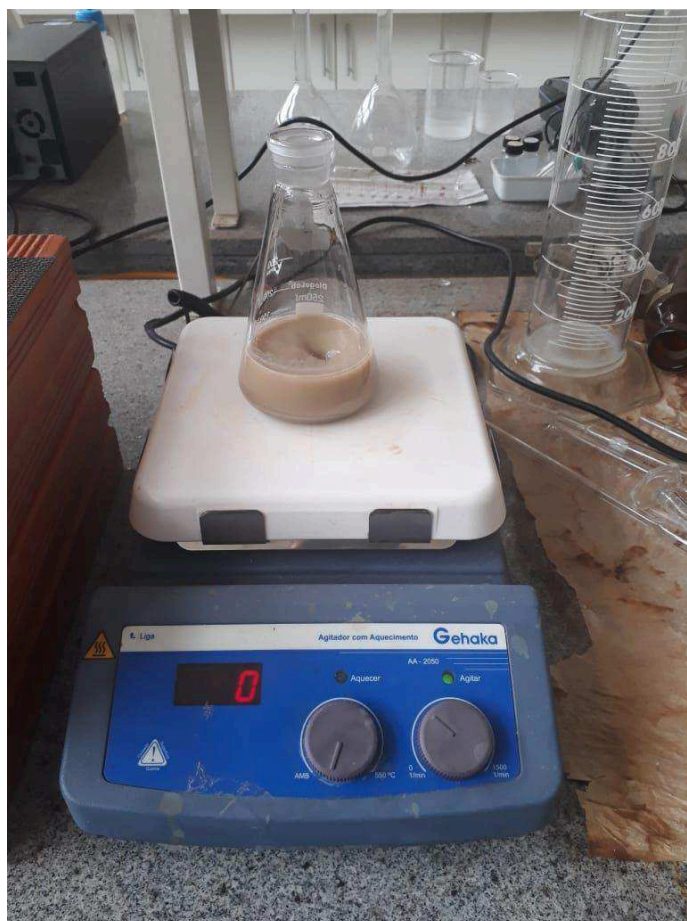
Tabela 10 – Massa das três amostras para extração de sais solúveis – argamassa convencional.

| Amostra | Massa $m_1$ (g) |
|---------|-----------------|
| 1       | 20,039          |
| 2       | 21,2389         |
| 3       | 20,4563         |

Fonte: Autor (2018).

Posteriormente à caracterização das amostras, transferiu-se cada amostra para um frasco de Erlenmeyer de 250ml e adicionou-se cerca de 100ml de água a uma temperatura de  $(80 \pm 5)$  °C. Após isso o frasco foi fechado com rolha de borracha e agitado, com um agitador magnético, por aproximadamente 10min. A figura 17 apresenta a amostra preparada em processo de agitação magnética.

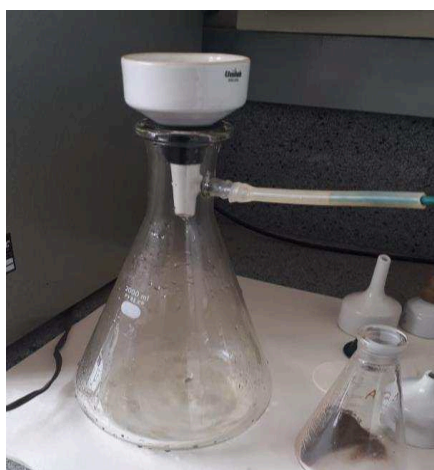
Figura 17 – Agitação magnética para a determinação de sais solúveis.



Fonte: Autor (2018)

Após a agitação, a solução foi filtrada através de papel filtro de filtração média, recolhendo o filtrado em balão volumétrico de 500ml. O material retido no papel filtro foi lavado com água a  $(80\pm5)$  °C até o volume de cerca de 300ml. A figura 18 apresenta o sistema utilizado para o processo de filtração, auxiliada por uma bomba pressurizadora.

Figura 18 – Processo de filtração.



Fonte: Autor (2018).

O conteúdo do balão foi esfriado até a temperatura ambiente, e seu volume foi completado com água, conforme recomendações da norma técnica em questão. Essa solução foi reservada para a determinação de sais solúveis.

Da solução descrita foi retirada, com o auxílio de uma pipeta, uma alíquota de 100ml, e transferida para uma cápsula de porcelana previamente tarada a  $(105\pm5)$  °C. Como foram obtidas três soluções, extraídas das amostras apresentadas na tabela 9, e de cada solução uma triplicata, obteve-se o total de nove cápsulas de porcelana, conforme a figura 19. Cada cápsula foi pesada em balança de precisão antes da adição dos 100ml de solução, para posterior comparação com a massa contendo resíduos das soluções (sais solúveis), conforme apresentado na tabela 10.

Figura 19 – Cápsulas de porcelana para determinação de sais solúveis.



Fonte: Autor (2018).

As cápsulas apresentadas na figura 18 foram secas em estufa a  $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$  até a massa constante. Após isso foi aguardado o resfriamento das mesmas, e logo após pesadas novamente, conforme apresentado na tabela 10.

A porcentagem de sais solúveis foi calculada através da equação 1, fornecida pela NBR 9917:2009.

$$s = \frac{m_2 \cdot 5}{m_1} \cdot 100 \quad (\text{equação 1})$$

Onde:

- s é a quantidade de sais solúveis, expresso em porcentagem (%);
- $m_1$  é a massa da amostra original (tabela 9), expressa em gramas (g);
- $m_2$  é a massa de sais solúveis, expressa em gramas (g);
- 5 é o fator de alíquota.

A tabela 11 apresenta as porcentagem de sais solúveis para cada triplicada das três amostras, bem como um percentual médio do teor de sais em cada amostra relacionada na tabela 10.

Tabla 11 – Cálculo das porcentagens de sais solúveis – argamassa convencional.

| <b>Amostra</b> | <b>Massa dos recipientes sem sais (g)</b> | <b>Massa dos recipientes com sais (g)</b> | <b>Massa de sais solúveis (g)</b> | <b>Massa da amostra original (g)</b> | <b>Fator de alíquota (NBR 9917)</b> | <b>Quantidade de sais solúveis (%)</b> | <b>Média (%)</b> |
|----------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------|------------------|
| <b>A11</b>     | 96,0904                                   | 96,0966                                   | 0,0062                            | 20,039                               | 5                                   | 0,154698338                            | 0,278207495      |
| <b>A12</b>     | 99,3466                                   | 99,3571                                   | 0,0105                            |                                      |                                     | 0,261989121                            |                  |
| <b>A13</b>     | 97,104                                    | 97,1096                                   | 0,0056                            |                                      |                                     | 0,139727531                            |                  |
| <b>A21</b>     | 98,5986                                   | 98,6159                                   | 0,0173                            | 21,2389                              | 5                                   | 0,407271563                            | 0,317813069      |
| <b>A22</b>     | 91,5868                                   | 91,599                                    | 0,0122                            |                                      |                                     | 0,287208848                            |                  |
| <b>A23</b>     | 100,0326                                  | 100,0436                                  | 0,011                             |                                      |                                     | 0,258958797                            |                  |
| <b>A31</b>     | 90,8065                                   | 90,8128                                   | 0,0063                            | 20,4563                              | 5                                   | 0,153986791                            | 0,159690006      |
| <b>A32</b>     | 90,0427                                   | 90,0513                                   | 0,0086                            |                                      |                                     | 0,210204191                            |                  |
| <b>A33</b>     | 85,5529                                   | 85,5576                                   | 0,0047                            |                                      |                                     | 0,114879035                            |                  |

Fonte: Autor (2018).

### 5.1.3 Reconstituição do traço

A argamassa analisada no presente trabalho, foi submetida à ensaios que fornecessem o traço original no qual foi executada. A metodologia para a reconstituição do traço foi executada conforme pesquisa realizada pelo IPT.

O método de reconstituição de traço, desenvolvido originalmente pelo IPT para concretos, tem sido utilizado para argamassas, com algumas adaptações; baseia-se no princípio de que a argamassa, ao ser atacada com ácido clorídrico, dá origem a duas frações distintas: uma insolúvel e outra solúvel. Para argamassas convencionais, como é o caso da argamassa analisada, a fração solúvel é composta essencialmente pelos aglomerantes e a fração insolúvel é constituída pelo agregado. Temos ainda uma terceira fração volátil, que permite quantificar as reações ocorridas após a aplicação da argamassa, porém tal fração não foi analisada no presente trabalho.

Inicialmente o ensaio foi desenvolvido retirando-se três amostras de aproximadamente 5 g cada, após a argamassa ter sido preparada e secada até a constância de massa, conforme demonstrado na preparação da amostra utilizada na análise de sais solúveis. A figura 20 apresenta a pesagem das três amostras utilizadas para a reconstituição do traço.

Figura 20 – Amostras para reconstituição do traço.



Fonte: Autor (2018).

A cada amostra de 5g foi adicionado 50ml de solução de HCl (1:2), aguardando a finalização do processo de efervescência do conjunto, conforme apresentado na figura 21.

Figura 21 – Adição de HCl (1:2).



Fonte: Autor (2018).

Após isso seguiu-se com a filtragem das soluções, através de cadinhos contendo filtro de filtragem lenta. Além disso, para uma maior rapidez no processo de filtragem, foi utilizado o auxílio de bomba pressurizadora; tal processo é demonstrado na figura 22. O conjunto cadinho + filtro foi previamente pesado, para que fosse feita a comparação das massas com o conjunto cadinho + filtro + agregado retido.

Figura 22 – Filtragem de solução para reconstituição do traço.



Fonte: Autor (2018).

O material precipitado foi lavado com solução de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (5%) para a neutralização do agregado. Após isso o conjunto cadinho + filtro + agregado retido foi secado em estufa ( $105 \pm 5$ ) °C até a constância de massa, e aferidas as respectivas massas. Após esse processo, conforme a tabela 12, foi obtido as massas de agregado e aglomerante, as quais possibilitaram o conhecimento do traço em massa. A análise da amostra 2 foi descartada, devido à ocorrência de entupimento do filtro, o que impossibilitou o prosseguimento com a filtragem.

Tabla 12 – Reconstituição do traço da argamassa convencional.

| Análise                                                    | Amostra 1 | Amostra 2 | Amostra 3 |
|------------------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Massa original da amostra triturada seca (g)               | 5,0407    | 5,0022    | 5,0049    |
| Massa do cadinho com filtro de papel (g)                   | 39,4177   | 41,5186   | 41,4921   |
| Massa do cadinho com filtro de papel + agregado retido (g) | 43,3971   |           | 45,5298   |
| Massa de agregado retido (g)                               | 3,9794    |           | 4,0377    |
| Massa de aglomerante (g)                                   | 1,0613    |           | 0,9672    |
| Traço em massa                                             | 1:3,75    |           | 1:4,17    |

Fonte: Autor (2018).

**Observação:** A amostra 2 foi descartada, devido ao entupimento do filtro.

## 5.2 Argamassa de argila

A etapa experimental do presente trabalho iniciou-se com a análise da amostra retirada do **edifício 02**, o qual apresenta fachada executada em argamassa de argila. Tal análise consistiu na análise da presença de sais solúveis, bem como na classificação da tipologia da argila empregada, por meio de análise granulométrica.

### 5.2.1 Preparo da amostra e análise granulométrica

Nesta etapa, as informações a respeito da tipologia da argila empregada na argamassa foram obtidas por meio do estudo realizado por **Samuel Arantes Soares (2017)**, em seu trabalho de conclusão de curso denominado “Patologias em edificações antigas na cidade de Uberlândia-MG”; as demais análises realizadas no presente trabalho, mostram-se como uma extensão da pesquisa desenvolvida por ele.

Inicialmente foi retirada uma amostra da fachada do **edifício 2** e desfragmentada, com isso foi selecionada somente a argamassa de argila e colocada separada em um recipiente específico, conforme a figura 23.

Figura 23 – Argamassa separada do tijolo cerâmico.



Fonte: Samuel Arantes (2017).

Para o ensaio granulométrico, foi preciso destorroar a argamassa utilizando o almofariz de porcelana e socador (mão de gral) de madeira emborrachado na ponta, conforme demonstrado na figura 24.

Figura 24 – Almofariz e mão de gral para desmanchar os torrões



Fonte: Samuel Arantes (2017).

A ABNT NBR 7217/1987 orienta qual a massa mínima em quilogramas para ensaio de acordo com a dimensão máxima característica do agregado em milímetros. Como a maior parte do material utilizado tem diâmetro menor que 4,8mm, a norma pede que seja ensaiado, no mínimo, 0,5kg de amostra. Sendo assim, para obter melhores resultados foram utilizados 1,2kg do material, conforme figura 25.

Figura 25 – Seleção exata da quantidade de argamassa a peneirar



Fonte: Samuel Arantes (2017).

Com o auxílio da norma e dos técnicos do laboratório, foram selecionadas as peneiras a serem utilizadas no processo de peneiramento fino dos grãos. O diâmetro das aberturas e sequência das peneiras da série normal, utilizadas no ensaio; estão definidos na NBR NM 248:2003 (tampa; 4,8mm; 2,4mm; 1,2mm; 0,600mm; 0,300mm; 0,150mm; fundo). Após o empilhamento das malhas, previamente, limpas e de ordem crescente da base para o topo, foi colocada a amostra sobre a peneira superior e promovida a agitação manual em movimentos laterais e circulares, conforme a figura 26.

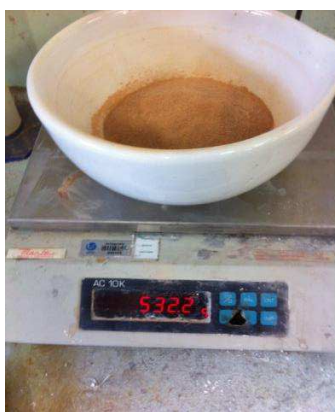
Figura 26 – Série normal de peneiras utilizadas no ensaio.



Fonte: Samuel Arantes (2017).

A Figura 27 demonstra o material retido na peneira #50 com diâmetro de abertura de 0,3mm na balança, cuja massa é 532,2g e corresponde a maior porção retida.

Figura 27 – Maior massa retida em peneira.



Fonte: Samuel Arantes (2017).

A Tabela 13 relaciona os dados obtidos no ensaio de granulometria. A porcentagem retida significa a quantidade do material que possui diâmetro maior que a malha da peneira. Já a porcentagem passante significa a quantidade da amostra que possui o diâmetro menor que a malha da peneira. A porcentagem acumulada é a soma das porcentagens retidas em cada peneira até o fundo.

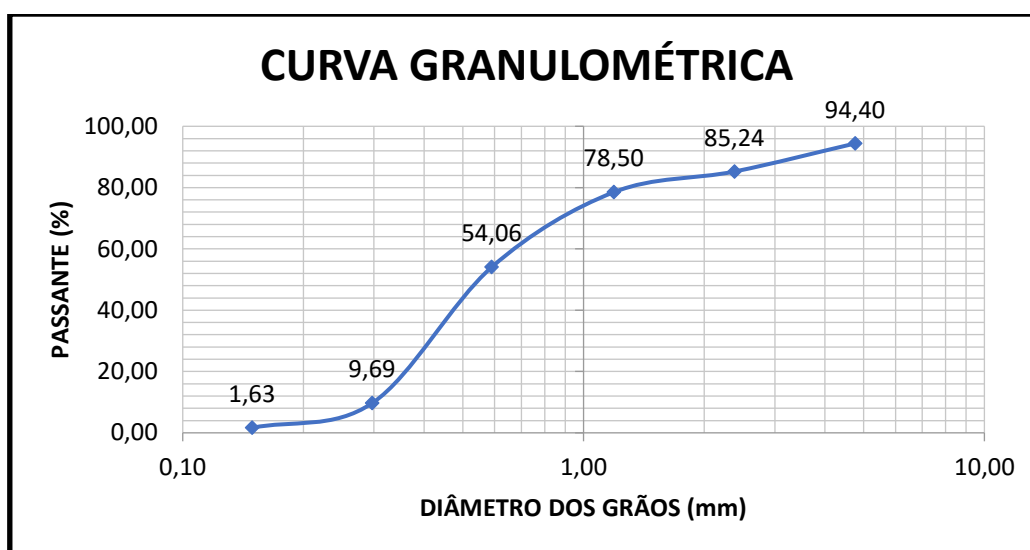
Tabela 13 – Granulometria da argamassa.

| PENEIRA |       | MASSA   | PORCENTAGEM |               |              |
|---------|-------|---------|-------------|---------------|--------------|
| ABNT    | mm    | g       | RETIDA (%)  | ACUMULADA (%) | PASSANTE (%) |
| 4       | 4,76  | 67,20   | 5,60        | 5,60          | 94,40        |
| 8       | 2,38  | 109,90  | 9,16        | 14,76         | 85,24        |
| 16      | 1,19  | 80,90   | 6,74        | 21,50         | 78,50        |
| 30      | 0,59  | 293,40  | 24,44       | 45,94         | 54,06        |
| 50      | 0,30  | 532,20  | 44,37       | 90,31         | 9,69         |
| 100     | 0,15  | 96,90   | 8,07        | 98,38         | 1,63         |
| FUNDO   | FUNDO | 19,50   | 1,63        | 100,00        | 0,00         |
|         |       | 1200,00 | 100,00      |               |              |

Fonte: Samuel Arantes (2017)

Com os resultados da Tabela 12 é possível encontrar a curva granulométrica (Figura 28), na qual são estimadas as porcentagens, em relação à massa total, de cada fração granulométrica da argamassa analisada. No eixo das abcissas, em escala logarítmica, estão os “diâmetros” das partículas e no eixo das ordenadas, em escala natural, os percentuais das partículas menores do que os diâmetros encontrados, isto é, os percentuais do material que passam nas peneiras.

Figura 28 – Curva granulométrica.



Fonte: Samuel Arantes (2017).

Para encontrar o módulo de finura foi preciso fazer a soma das porcentagens retidas acumuladas em massa de um agregado, nas peneiras da série normal, dividida por 100. Fazendo os cálculos, encontra-se o módulo de finura para o ensaio deste presente trabalho de 2,7648, que, segundo a Tabela 14, tirada da norma ABNT NBR 7211:2005, encontra-se na zona ótima do módulo de finura.

Tabela 14 – Limites de distribuição granulométrica do agregado miúdo.

| Peneira com abertura de malha (ABNT NBR NM ISO 3310-1)                                                                                                                                                                       | Porcentagem, em massa, retida acumulada |            |                    |                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|------------|--------------------|-----------------|
|                                                                                                                                                                                                                              | Limites inferiores                      |            | Limites superiores |                 |
|                                                                                                                                                                                                                              | Zona utilizável                         | Zona ótima | Zona ótima         | Zona utilizável |
| 9,5 mm                                                                                                                                                                                                                       | 0                                       | 0          | 0                  | 0               |
| 6,3 mm                                                                                                                                                                                                                       | 0                                       | 0          | 0                  | 7               |
| 4,75 mm                                                                                                                                                                                                                      | 0                                       | 0          | 5                  | 10              |
| 2,36 mm                                                                                                                                                                                                                      | 0                                       | 10         | 20                 | 25              |
| 1,18 mm                                                                                                                                                                                                                      | 5                                       | 20         | 30                 | 50              |
| 600 µm                                                                                                                                                                                                                       | 15                                      | 35         | 55                 | 70              |
| 300 µm                                                                                                                                                                                                                       | 50                                      | 65         | 85                 | 95              |
| 150 µm                                                                                                                                                                                                                       | 85                                      | 90         | 95                 | 100             |
| <b>NOTAS</b><br>1 O módulo de finura da zona ótima varia de 2,20 a 2,90.<br>2 O módulo de finura da zona utilizável inferior varia de 1,55 a 2,20.<br>3 O módulo de finura da zona utilizável superior varia de 2,90 a 3,50. |                                         |            |                    |                 |

Fonte: ABNT NBR 7211 (2005)

É possível observar que na argamassa de barro as várias dimensões da argila permitem que o mesmo material funcione como agregado miúdo e, com a inserção da água, aglomerante; cumprindo assim a função de material de assentamento e revestimento às alvenarias. A Figura 29 ilustra os diversos diâmetros da amostra recolhida.

Figura 292 – Diâmetros diversificados do agregado miúdo.



Fonte: Samuel Arantes (2017)

### 5.2.2 Extração dos sais solúveis

Na presente etapa foi desenvolvida a análise da presença de sais solúveis contidos na amostra de argamassa retirada do **edifício 02**, bem com a quantificação do teor presente em cada amostra.

A análise da presença de sais solúveis nas amostras de argamassa de barro consistiu, basicamente, na lavagem da amostra e armazenamento da solução filtrada; com essa solução adotaram-se os procedimentos da NBR 9917:2009 para a extração de sais solúveis.

Inicialmente foram pesadas três amostras e realizadas as constâncias de massa, conforme a tabela 13. Às massas secas, após a segunda medição, foram adicionadas quantidades especificadas de água para lavagem das amostras, e posterior filtragem e armazenamento da solução produzida, a qual acreditava-se conter sais solúveis. A figura 30 apresenta o processo de extração da solução com sais solúveis das amostras em questão.

Figura 30 – Processo de extração de sais solúveis em argamassa de argila.



Fonte: Autor (2018).

Após a filtragem das três amostras demonstradas na tabela 15, a solução produto foi armazenada para a avaliação do teor de sais solúveis presente nas soluções. Tal solução obtida de cada amostra, foi distribuída em triplicatas de cápsulas de porcelana, conforme a figura 31.

A partir das triplicatas distribuídas nas cápsulas de porcelana, as mesmas foram submetidas à secagem em estufa a  $(105 \pm 5) ^\circ\text{C}$  até constância de massa. Por diferença de massa em entre as cápsulas de porcelana vazias e limpas previamente pesadas, com as massas das cápsulas contendo sais solúveis, foi possível determinar a porcentagem dos sais, conforme a equação 1. A tabela 16 demonstra o cálculo dos teores de sais solúveis para a argamassa de argila.

Figura 31 – Cápsulas de porcelana para sais solúveis da argamassa de argila.



Fonte: Autor (2018).

Tabela 15 – Preparo das soluções para sais solúveis – argamassa de argila.

| Constâncias de Massa - Fachada de argila |                        |              |                                           |                   |                   | Soluções para detecção de sais solúveis- NBR 9917 - Adaptação |                                |
|------------------------------------------|------------------------|--------------|-------------------------------------------|-------------------|-------------------|---------------------------------------------------------------|--------------------------------|
|                                          |                        |              | Após Lavagem e retirada dos sais solúveis |                   |                   |                                                               |                                |
| Amostra                                  | Massa inicial Seca (g) | P. Bacia (g) | Massa úmida (g)                           | P. 1º medição (g) | P. 2º medição (g) | Quantidade adicionada para lavagem (mL)                       | Quantidade após filtragem (mL) |
| 1                                        | 586,4                  | 163,5        | 527,1                                     | 584,4             | 534,1             | 1000                                                          | 900                            |
| 2                                        | 250,7                  | 163,5        | 273,6                                     | 201,432           | 184,8             | 500                                                           | 400                            |
| 3                                        | 254,2                  | 163,5        | 243,7                                     | 172,002           | 157,8             | 500                                                           | 400                            |

Fonte: Autor (2018).

Tabela 16 – Cálculo do teor de sais solúveis para argamassa de argila.

| Amostra | Massa dos recipientes sem sais (g) | Massa dos recipientes com sais (g) | Massa de sais solúveis (g) | Massa da amostra original (g) | Fator de alíquota (NBR 9917) | Quantidade de sais solúveis (%) | Média (%)   |
|---------|------------------------------------|------------------------------------|----------------------------|-------------------------------|------------------------------|---------------------------------|-------------|
| B11     | 90,3652                            | 90,4207                            | 0,0555                     | 534,1                         | 5                            | 0,051956562                     | 0,052081383 |
| B12     | 105,0749                           | 105,1288                           | 0,0539                     |                               |                              | 0,050458716                     |             |
| B13     | 95,5702                            | 95,6277                            | 0,0575                     |                               |                              | 0,053828871                     |             |

|     |          |          |        |       |   |             |             |
|-----|----------|----------|--------|-------|---|-------------|-------------|
| B21 | 94,799   | 94,8379  | 0,0389 | 184,8 | 5 | 0,105248918 | 0,095598846 |
| B22 | 92,761   | 92,7939  | 0,0329 |       |   | 0,089015152 |             |
| B23 | 93,7311  | 93,7653  | 0,0342 |       |   | 0,092532468 |             |
| B31 | 86,5685  | 86,5901  | 0,0216 | 157,8 | 5 | 0,068441065 | 0,076890579 |
| B32 | 101,5376 | 101,5648 | 0,0272 |       |   | 0,086185044 |             |
| B33 | 95,0227  | 95,0467  | 0,024  |       |   | 0,076045627 |             |

Fonte: Autor (2018).

## **6 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Nesta etapa apresenta-se a discussão dos resultados apresentados no capítulo 3, comparando-os com os dois tipos de revestimentos analisados: argamassa convencional e argamassa de argila.

Os ensaios realizados levaram à obtenção de teores de sais solúveis nas duas amostras ensaiadas, bem como a obtenção da distribuição granulométrica para a argamassa de argila, e a identificação do traço original para a argamassa convencional. Com isso, as análises dos resultados e discussões se restringirão à comparação dos teores de sais solúveis nas duas amostras, apontando possíveis causas para as diferenças apontadas, e relacionando tais índices com manifestações patológicas. A análise do traço da argamassa convencional e da distribuição granulométrica para a argamassa de argila, serão verificadas como possíveis agravantes para a instalação e transporte de umidade dentro das fachadas que receberam esses sistemas.

### **6.1 Sais solúveis**

Comparando-se as tabelas 9 e 14 é possível concluir que a argamassa de argila apresenta maior teor de sais solúveis, comparando-se massas iguais com quantidades iguais de água para lavagem. Tal fator pode ser advindo do método de preparo de tais argamassas, às quais eram comumente incorporados materiais orgânicos para, segundo o senso comum, uma maior adesão à alvenaria. Além disso, a própria argila, por ser material advindo do solo muitas vezes sem um prévio preparo, já possui elevado teor de sais, os quais permanecem nas fachadas através de sua aplicação como argamassa de revestimento.

Além disso é válido ressaltar que, embora os teores de sais identificados em ambas as amostras pareçam pequenos, o fenômeno do transporte em meios porosos acaba por elevar a concentração desses sais, aumentando-os em pontos onde ocorra a eliminação da água de transporte e, assim, pode agredir mais intensamente o conjunto da alvenaria.

Assim como discutido na revisão bibliográfica do presente trabalho, elevados teores de sais solúveis podem mostrar-se bastante prejudiciais para as fachadas, principalmente pelo fato de que sua recristalização pode levar a

grandes pressões nos revestimentos, bem como ao aparecimento das criptoflorescências. Outro fenômeno importante causado pelo elevado teor de sais solúveis nas fachadas é a perda de aderência da argamassa, quer convencional, quer de argila, com o tijolo, levando aos descolamentos em placas.

Outra análise importante a ser feita é, devido ao fato de argamassa de argila apresentar maior trabalhabilidade e resiliência do que a argamassa convencional, fachadas que se utilizam desse sistema absorvem os esforços advindos das pressões dos sais recristalizados, minimizando assim o aparecimento de fissuras e fendas, por exemplo.

Em relação à argamassa convencional, o teor de sais solúveis encontrados pode ter sido fator agravante para as patologias observadas no **edifício 1**, no qual foi observado manifestações de eflorescências e criptoflorescências em sua fachada. Além disso, no local onde foi retirada a amostra de argamassa convencional, a aderência tijolo-reboco era mínima, sendo facilmente separados com esforço mecânico exercido pelas mãos, o que claramente demonstra perda de aderência gerado, possivelmente, pela recristalização dos sais solúveis e pressões internas exercidas.

Os sais solúveis identificados na argamassa convencional podem ser advindos dos agregados empregados na época da construção, daí a importância do conhecimento das fontes onde são retiradas as areias adquiridas.

Para a limpeza superficial das manifestações salinas pode-se usar ácido clorídrico (ácido muriático) diluído na proporção 1/10 e/ou neutralizantes de sais eflorescentes, aplicados superficialmente em paredes rebocadas ou tijolos à vista, os quais transformam os sais solúveis em cristais insolúveis.

## **6.2 Granulometria da argamassa de argila**

Segundo Arantes (2017), a argila utilizada na argamassa foi considerada, com base no ensaio de granulometria, adequada para ser usada como agregado, devido o módulo de finura se enquadrar na zona ótima indicada pela ABNT NBR 7211:2005. Sendo assim, pode-se concluir que, com esse módulo de finura, a argamassa de assentamento proporciona uma boa aderência entre os tijolos.

O ensaio de granulometria também indicou um elevado índice de finos na amostra. Com esse módulo de finura, embora predomine a argila, é possível que a argamassa contenha como agregado a areia, que está contida no processo de extração da argila ou foi incorporada posteriormente ao traço da “argamassa”. Diferentemente dos rebocos atuais, compostos de cal, cimento e areia, não há reação química no barro, pois este somente seca, ou seja, em contato com água direto, ou sujeito a excesso de umidade, volta a plastificar. Tendo em vista que mais de 50% da amostra tem grãos menores que 1 mm, há um elevado teor de finos que diminui o diâmetro dos poros entre os grãos, aumenta a pressão hidráulica e, por consequência, também transporta com mais eficiência a umidade dentro do conjunto estrutural. No entanto, ao longo do tempo, a replastificação do barro pelo contato com a água cria uma espécie de impermeabilizante, ou vedante, natural que minimiza o transporte, por capilaridade, da umidade.

### 6.3 Traço da argamassa convencional

A reconstituição do traço da argamassa convencional pode ser identificada como aproximadamente um traço 1:4 (aglomerante:agregado). O traço em questão apresenta uma trabalhabilidade reduzida da argamassa, sendo ela mais rígida que uma argamassa com maior proporção de agregado. Devido à elevada rigidez, o fenômeno da criptoflorescência é agravado nesse tipo de argamassa, o qual pôde ser observado através da baixa aderência do reboco com a alvenaria.

Para argamassas de revestimento comumente é recomendado maior proporção de agregados no traço, e areia grossa, o que leva à um menor módulo de elasticidade, ou seja, maior capacidade de absorver pequenas movimentações nas fachadas, causadas por exemplo pela pressão exercida pela recristalização dos sais solúveis. Um menor módulo de elasticidade evita o aparecimento de trincas, fissuras e até deslocamento dos revestimentos.

Portanto, a solução para a minimização dos efeitos da criptoflorescência na fachada do **edifício 1** seria a adoção de um traço com maior proporção de agregado, e que a areia empregada possuisse diâmetro maior do que o adotado.

## **7 CONCLUSÕES E CONTINUIDADE DA PESQUISA**

No presente capítulo são apresentadas as principais conclusões deste trabalho, assim como sugestões para futuros estudos.

Esta pesquisa teve como objetivo, através das análises de manifestações patológicas em revestimentos de edifícios previamente escolhidos em uma determinada região da cidade de Uberlândia-MG, caracterizar as possíveis causas das anomalias observadas, bem como propor métodos para sua recuperação.

Inicialmente foi escolhida uma região da cidade de Uberlândia onde havia grande densidade de imóveis, e com muitos anos deste a construção, para que fosse possível a identificação visual das manifestações patológicas. Uma vez identificados os edifícios e caracterizadas as patologias em revestimentos, foram escolhidos dois edifícios modelos para a realização de ensaios que auxiliassem na compreensão das causas que levaram às anomalias observadas, o que levaria à possibilidade de propor reparos a elas.

A partir dos ensaios realizados, constatou-se a presença de sais solúveis nas fachadas com argamassa convencional e argamassa de barro. Tal comparação entre os teores de sais presentes nos dois sistemas levou à conclusão de que os materiais atualmente mais empregados levam a um menor teor de sais no conjunto da argamassa, o que é uma evolução ocorrida com o desenvolvimento e popularização da utilização de revestimentos mais complexos em sua dosagem, utilizando-se mais de um material, como era o caso dos revestimentos em argila. Entretanto apesar da argamassa convencional ter apresentado menor teor de sais solúveis, é necessário um rigoroso controle quanto ao agregado empregado, devendo-se reduzir ao máximo o teor de impurezas orgânicas e sais solúveis em seu conjunto.

Em relação à reconstituição do traço da argamassa convencional, verificou-se o emprego de um traço não adequado para o local onde foi empregado. Para revestimentos de fachadas é recomendável o emprego de argamassa com maior proporção de areia, e de preferência de granulometrias mais grossas, o que leva a um menor módulo de elasticidade, levando à maior absorção das deformações causadas pela recristalização dos sais solúveis identificados. Além disso, o

desconhecimento por parte dos moradores dos edifícios em identificar as eflorescências, faz com que os focos dessas manifestações patológicas não sejam eliminados.

No que se refere à identificação da granulometria da argamassa de argila, conclui-se que a argila empregada se mostrou adequada e útil para a época, onde a utilização do cimento não era popularizado.

A partir do desenvolvimento da pesquisa, faz-se algumas sugestões para trabalhos futuros:

- a) Identificação da composição química dos sais solúveis identificados, para que seja possível a realização de um estudo mais aprofundado da dinâmica do transporte, recristalização e origem desse tipo de sal.
- b) Analisar de forma mais aprofundada a relação entre o traço das argamassas e teores de sais solúveis, principalmente no que se refere à absorção das pressões exercida pela recristalização dos sais solúveis.
- c) Coleta e ensaios de amostras de outros locais da cidade de Uberlândia com mesma idade de ocupação das regiões escolhidas, para a identificação de possíveis padrões construtivos à época, bem como no emprego de materiais comuns.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARANTES, P. **Patologias em edificações antigas na cidade de Uberlândia-MG**. Universidade Federal de Uberlândia, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7211: **Agregado para concreto**. Rio de Janeiro, 1983.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7211: **Agregado para concreto**. – Especificação. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7217: **Agregado – Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9917. **Agregados para concreto – Determinação de sais, cloretos e sulfatos solúveis**: Rio de Janeiro, 2009.

BAUER, E. **Resistência à penetração da chuva em fachadas de alvenaria de materiais cerâmicos – uma análise de desempenho**. Dissertação (mestrado em engenharia civil) – Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: UFRGS, 1987.

BIANCHIN, A. C. **Influência do proporcionamento dos materiais constituintes no desempenho de argamassas para reboco de recuperação de alvenarias contaminadas por umidade e sais**. 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

CARRIO, J. M. La patología y los estudios patológicos. In: **Comisión de Asuntos Tecnológicos**. Curso de Conservación y Restauración de edificios. 2ª ed. Madri: Servicio de Publicaciones del Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid, 1993. p.11-26.

CINCOTTO, M. A. **Patologia das argamassas de revestimento: análise e recomendações**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1984. Editora Pini. (Separata dos encartes publicados nas revistas A Construção ago/84). p.11.

GONÇALVES, G.; RIBEIRO, B. **A periferia de Uberlândia/MG: da sua origem até a sua expansão nos anos 1990** – Caminhos de Geografia Uberlândia. V. 10, n. 32 – Programa de Pós Graduação em Geografia – Universidade Federal de Uberlândia, 2008.

GUTERRES, P. **Argamassa de reabilitação: estudo da sua utilização e do seu comportamento para o tratamento e recuperação de construções afetadas por eflorescências**. Universidade da Beira Interior, Covilhã, 2016.

HENRIQUES, F. M. A . **Umidade em paredes**. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1995.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT, 1998 – **Reconstituição do traço de argamassas.**

MERINO, F. L. Humedades y eflorescências em obras de fábrica. **In: Comisión de Asuntos Tecnológicos.** Curso de Conservación Y Restauración de edificios. 2ª ed. Madrid: Servicio de Publicaciones del Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid, 1993. p.309-337.

SEELE, J. **Tópicos especiais em engenharia: restauro de edificações históricas.** Curso sobre Restauração de Edificações Históricas – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: UFRGS, 2000.

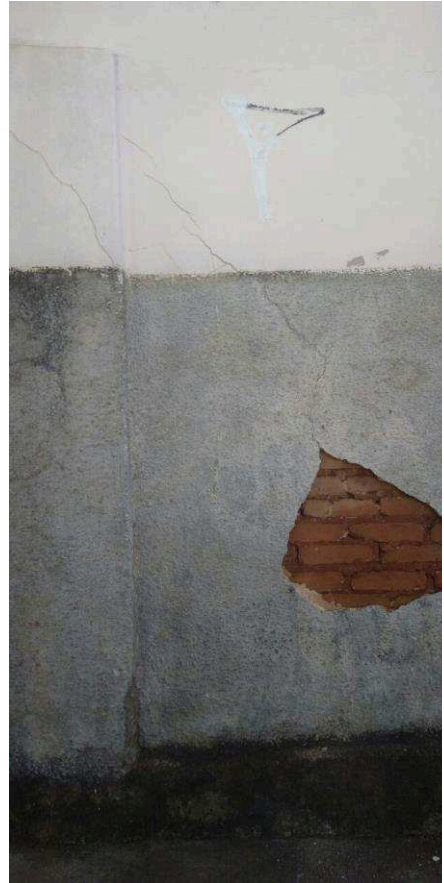
SOUZA, G. F. Eflorescências nas argamassas de revestimento. **In: Anais do II Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas.** Salvador: 1997. p. 344-354.

**ANEXO 1**

**IMAGENS DOS EDIFÍCIOS OBSERVADOS**

## RUA ANTÔNIO CRESCÊNCIO

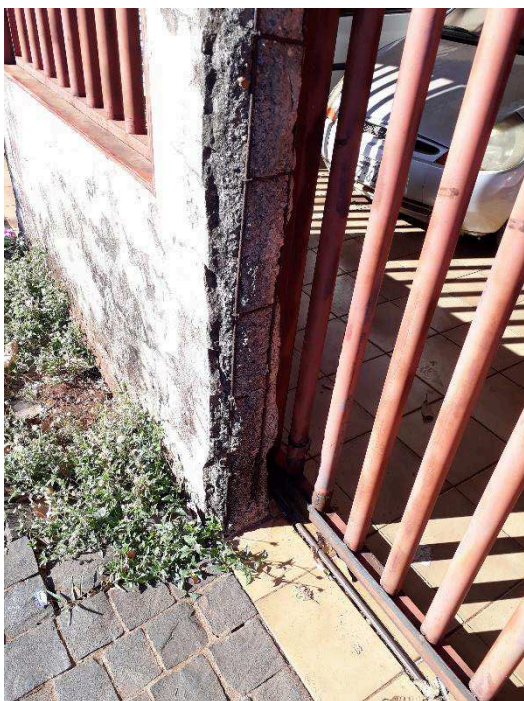
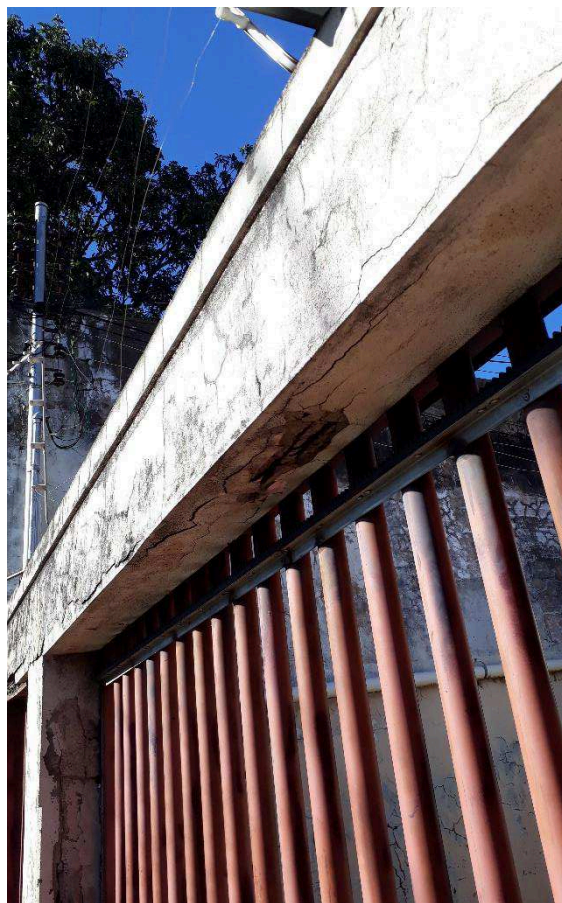
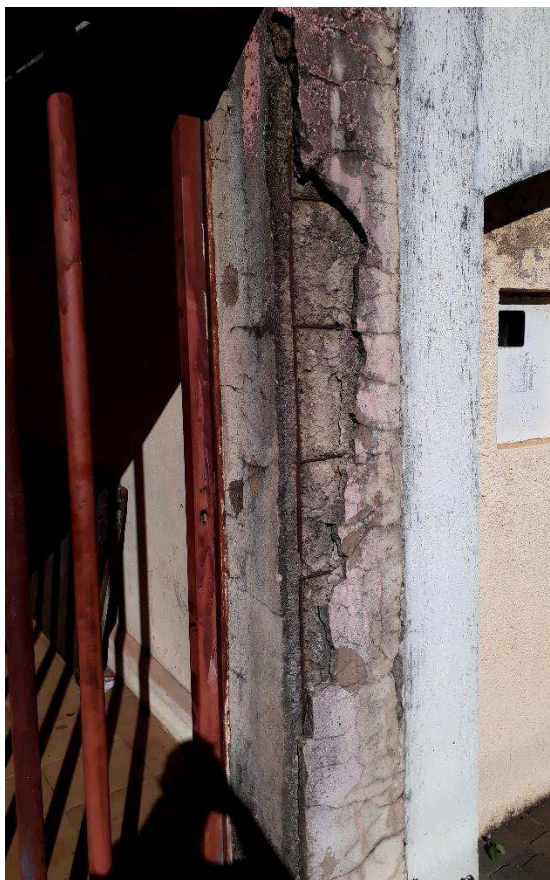




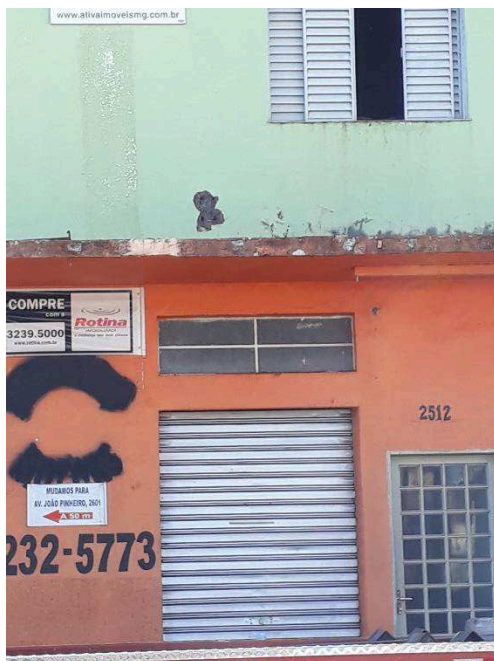
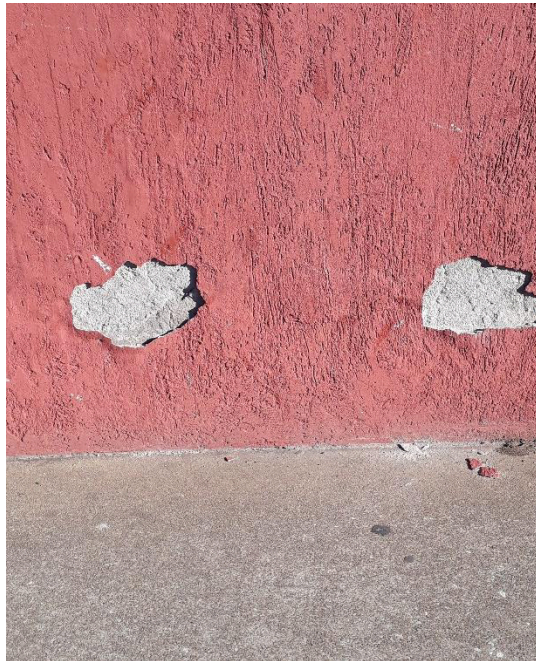
## RUA NITERÓI



## RUA JATAÍ



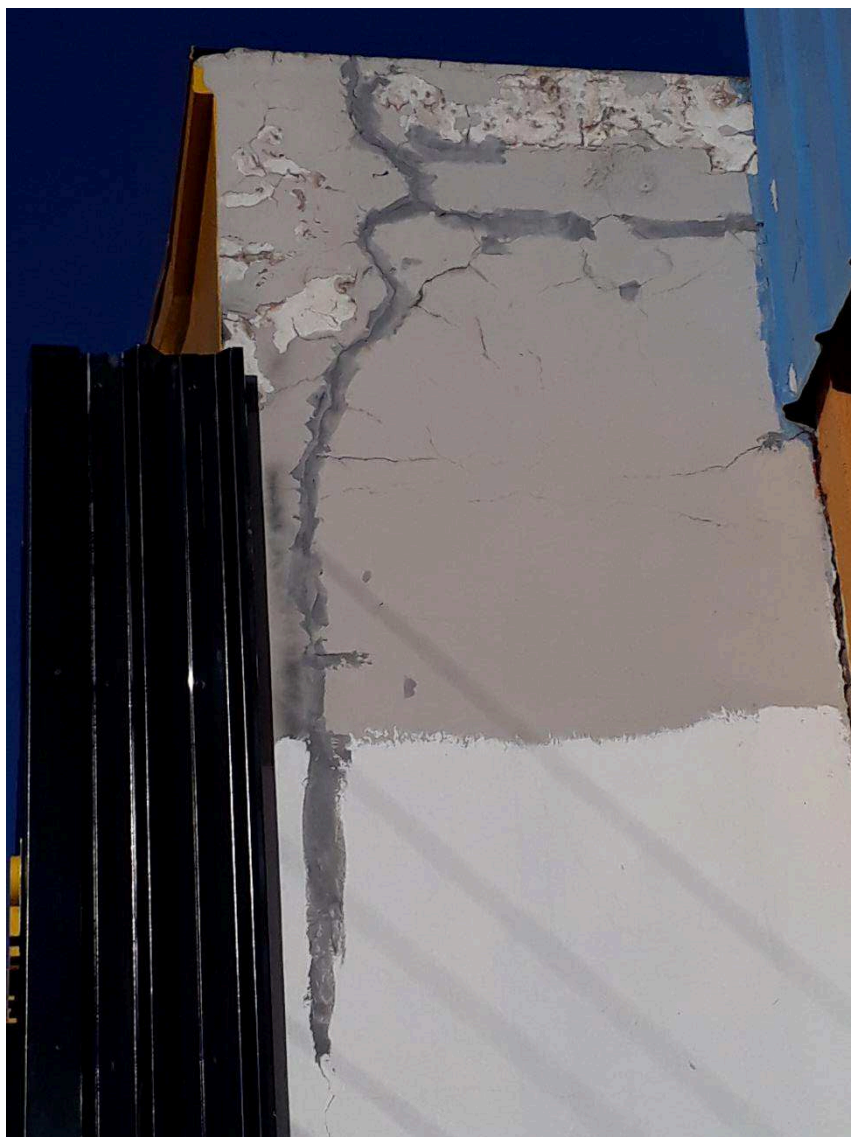
## AV. JOÃO PINHEIRO



## RUA BELÉM



## AV. AFONSO PENA



## RUA PARANÁ

