



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE ANGICOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIAS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

RAFAELA CAVALCANTE DOS SANTOS

**CARACTERIZAÇÃO DE ARGAMASSAS HISTÓRICAS: ESTUDO DE CASO DE
UMA RESIDÊNCIA HISTÓRICA NO MUNICÍPIO DE CAMPO REDONDO/RN**

ANGICOS – RN

2019

RAFAELA CAVALCANTE DOS SANTOS

**CARACTERIZAÇÃO DE ARGAMASSAS HISTÓRICAS: ESTUDO DE CASO DE
UMA RESIDÊNCIA HISTÓRICA NO MUNICÍPIO DE CAMPO REDONDO/RN**

Monografia apresentada à Universidade
Federal Rural do Semi-Árido, campus
Angicos, para a obtenção do título de Bacharel
em Engenharia Civil.

Orientador: Prof(a) Ma. Janaina Salustio da
Silva

ANGICOS – RN

2019

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei n° 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei n° 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

C377c Cavalcante, Rafaela .
CARACTERIZAÇÃO DE ARGAMASSAS HISTÓRICAS: ESTUDO
DE CASO DE UMA RESIDÊNCIA HISTÓRICA NO MUNICÍPIO
DE CAMPO REDONDO/RN / Rafaela Cavalcante. - 2019.
50 f. : il.

Orientadora: Janaina Salustio.
Coorientadora: Kleber Cabral .
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil,
2019.

1. Construção Civil. 2. Argamassas históricas .
3. Reparo. 4. Análise e Caracterização . I.
Salustio, Janaina , orient. II. Cabral , Kleber,
co-orient. III. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

RAFAELA CAVALCANTE DOS SANTOS

**CARACTERIZAÇÃO DE ARGAMASSAS HISTÓRICAS: ESTUDO DE CASO DE
UMA RESIDÊNCIA HISTÓRICA NO MUNICÍPIO DE CAMPO REDONDO/RN**

Monografia apresentada à Engenharia Civil da
Universidade Federal Rural do Semi-Árido,
Campus Angicos, para a obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof(a) Ma. Janaina Salustio da
Silva

Defendida em: 07 / 08 / 2 019

BANCA EXAMINADORA

Janaina Salustio da Silva

Prof. Ma. Janaina Salustio da Silva

Kleber

Prof. Dr. Kleber Cavalcanti Cabral

Marcilene S. de Nobrega

Profª. Dra. Marcilene Vieira da Nobrega

ANGICOS – RN

2019

Ao meu avô de coração Otílio Soares da Silva
(*in memoriam*), por todo amor e cuidado
dedicado durante todo o tempo que esteve
presente entre nós, e que apesar da sua partida
jamais será esquecido.

Dedico esse trabalho a minha amada mãe
Maria das Dores Cavalcante, por sempre ter
acreditado no meu potencial e nunca ter me
desamparado nessa jornada longa e árdua.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a DEUS, por sua infinita bondade ter me protegido de todo o mal ao longo dessa jornada, por ter cuidado da minha família durante esse tempo que me fiz ausente, por ter me mostrado que mesmo passando por momentos difíceis quando se tem fé e gratidão tudo é superado.

Agradeço a minha mãe Maria das Dores Cavalcante, por todo carinho e amor dedicado a mim durante esses anos, por ser amiga, conselheira, por acreditar em mim, a melhor mãe. Agradeço ainda por me mostra que DEUS sempre está ao meu lado, e que dias difíceis sempre irão existir.

Agradeço ao meu irmão Rafael Cavalcante, por todo cuidado dedicado a mim, por toda atenção e conhecimentos passados, por me fazer sorrir quando tudo parecia desabar. Obrigada meu menino.

Agradeço a minha orientadora Prof.^a. Mestre Janaína Salustio, por ter aceitado me orientar, e pelo compromisso de me passar todo o conhecimento necessário, por toda atenção, fazendo possível a realização deste trabalho. Gratidão por tudo.

Agradeço a irmã que a vida me deu Juliana da Silva, por todo amor e paciência dedicados a mim durante esse tempo, por me encorajar a voar cada vez mais alto. Obrigada.

Agradeço a Técnica de Laboratório do campus Adna, por todo conhecimento passado.

E jamais poderei esquecer-me de agradecer aos irmãos que a UFERSA me deu Ellen Mayara, Dianna Deborah, Igor Araújo, Carlos Lucenildo, Marcos Douglas, Ariadne Lenne, Letícia Texeira, Jonatha Jameli e Allan Felliipe por todo carinho, paciência e amor dedicados a mim durante todo esse tempo convivendo juntos, vocês fazem meus dias ficarem leves. Obrigada por tudo. Amo vocês.

Por fim, mas não menos importante agradeço a Universidade Federal Rural do Semi Árido por tamanha oportunidade, me ajudando na realização de um sonho, transformando minha vida acadêmica.

RESUMO

De acordo com os dados levantados nos últimos anos, os estudos relacionados à averiguação de construções antigas, especialmente estudos relacionados com o revestimento, vem ganhando força no ramo da construção civil com o intuito de promover a reabilitação e conservação das edificações históricas. As ações impostas pelo tempo vêm deteriorando as construções históricas, isso ocorre não só no Brasil, mas em todo o mundo. Uma etapa da construção que sofre bastante com isso é o revestimento, consequentemente sua estrutura, já que o revestimento tem como função proteger a mesma. Dessa maneira, este trabalho visa analisar e caracterizar argamassas históricas de modo a facilitar o entendimento sobre as características do material desenvolvido á época e contribuir para a reprodução de material semelhante. Logo, tem-se como objeto de estudo uma edificação datada de 1816, localizada no município de Campo Redondo/RN de onde foram recolhidas amostras das argamassas, com vistas a se fazer análise visual e aplicação de técnicas de caracterização como, o ataque ácido, ensaio de distribuição de granulométrica e ensaio de absorção. Os resultados mostraram que a argamassa usada trata-se de um material composto basicamente de agregado miúdo e cal com um alto índice de absorção, cujas proporções dos materiais usados no revestimento tanto interno quanto externo, foram bastante semelhantes.

Palavras-chaves: Construção Civil; Argamassas históricas; Reparo; Analise e Caracterização.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Traço equivalente.....	42
Tabela 2 – Análise granulométrica por meio do percentual do material retido acumulado.	43
Tabela 3 – Módulo de finura da areia	44

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Registro, identificação e local de extração das amostras.....	34
Quadro 2 – Aspectos Visuais encontrados nas amostras de argamassas da Casa Grande.	41

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma cal.....	21
Figura 2 – Etapas de caracterização.	23
Figura 3 – Mapa da Região ocupacional de Campo Redondo/RN.	27
Figura 4 – Casa Grande nos dias atuais.	28
Figura 5 – Croqui da área construída.	28
Figura 6 – Fluxograma dos Procedimentos.....	30
Figura 7 – Croqui de localização das amostras.	31
Figura 8 – Ferramentas utilizadas na extração das amostras	32
Figura 9 – Armazenamento das amostras.....	32
Figura 10 – Demarcação e Extração das amostras.....	33
Figura 11 – Limpeza e desagregação da amostra.....	35
Figura 12 – Ataque ácido	36
Figura 13 – Processo de filtragem	36
Figura 14 – Agitador de peneiras.....	37
Figura 15 – Determinação de massa inicial.....	38
Figura 16 – Amostras prontas para estufa.....	39
Figura 17 – Amostras submersas.	39
Figura 18 – Curva granulométrica das amostras de argamassas da Casa Grande.....	45
Figura 19 – Taxa de absorção.....	45

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	14
2.1 OBJETIVO GERAL	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3. REFERENCIAL TEÓRICO	15
3.1 DESENVOLVIMENTO HISTÓRICO DAS ARGAMASSAS.....	15
3.2 CONCEITOS GERAIS SOBRE ARGAMASSA.....	16
3.3 ARGAMASSAS DE REVESTIMENTOS ANTIGOS: FUNÇÕES E IMPORTÂNCIA.....	19
3.3.1 Constituintes das argamassas antigas.....	20
3.3.2 Caracterização das argamassas antigas	23
3.3.3 Técnicas de caracterização das argamassas antigas	25
3.4 CONTEXTO HISTÓRICO: CASA DE GRANDE	26
4. METODOLOGIA.....	30
4.1 COLETA DAS AMOSTRAS	31
4.2 ENSAIOS.....	35
4.2.1 Ataque Ácido	35
4.2.2 Granulometria	37
4.2.3 Absorção.....	38
5. ANÁLISE DOS RESULTADOS	40
5.1 ANÁLISE VISUAL.....	40
5.1.1 Ataque ácido	42
5.1.2 Análise Granulométrica.....	42
5.1.3 Absorção.....	44
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	46
REFERÊNCIAS	47

1. INTRODUÇÃO

No decorrer do tempo vem se observando o crescimento nos estudos relacionados a verificação de construções antigas, procurando um meio para sua reabilitação e conservação.

Nas duas últimas décadas do século XX veio se consolidando, no âmbito de estudos científicos internacionais, propostas de ensaios de caracterização de argamassas históricas, visando manter as características semelhantes a argamassa original e assim subsidiar a formulação da argamassa a ser utilizada em recuperação ou restauro. Compreender as edificações históricas significa também entender os materiais que permaneceram durante décadas e como os novos materiais de reconstituição se comportam nas obras, para que se possa dar o passo inicial para as intervenções de conservação e restauração bem sucedidas (KANAN, 2008).

É importante entender que se faz necessário a compatibilidade entre os materiais, o substrato antigo e a nova camada de reconstrução e, para isso, a caracterização de argamassa antiga se torna um assunto de grande importância, pois a preocupação com a preservação cultural vem crescendo bastante nos últimos anos.

Entendendo a necessidade de preservar o patrimônio cultural brasileiro, em 13 de janeiro de 1937 foi criado o Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN). O IPHAN também é responsável pela divulgação e monitoramento dos bens (de natureza material e imaterial) culturais brasileiros, desse modo, garantindo que tais bens sejam conservados para gerações futuras (BRASIL, 2019).

Com o passar do tempo e o consequente envelhecimento da estrutura, há necessidade de cada vez mais intervenções visando sanar manifestações patológicas nas edificações e preservar assim sua integridade. Um dos componentes mais afetados nas intervenções feitas em prédios históricos é a argamassa de revestimento, a qual é substituída em sua maioria por materiais a base de cimento, o que faz com que o revestimento obtenha propriedades diferentes do revestimento original, prejudicando assim a maneira de trabalhar do conjunto alvenaria/revestimento, trazendo graves problemas a edificação.

Com a finalidade de preservar os patrimônios históricos, restaurando tais edificações quando surgir a necessidade de passar por reparos e garantir a preservação de sua originalidade surge a ideia de caracterização dos materiais utilizados na construção da edificação.

O objetivo deste estudo é a caracterização da argamassa histórica por meio da reconstituição do traço usado e determinação de algumas características do agregado usado e

da própria argamassa, pois entre várias funções desempenhadas pela mesma, a de proteger a estrutura das edificações antigas é a que tem maior destaque. Mesmo que ainda existam alguns profissionais que optam por retirar toda a camada antiga para a execução do restauro é importante tomar conhecimento sobre algumas propriedades, podendo de certa forma resgatar o reboco original. Portanto é necessário expandir o conhecimento sobre algumas técnicas e materiais utilizados na época, para assim poder reconstituir o traço utilizado.

Para enfatizar a importância do tema das argamassas históricas, utiliza-se como objeto de estudo deste trabalho uma edificação que é considerada patrimônio histórico cultural do município de Campo Redondo/RN. Geralmente os estudos são feitos em edifícios localizados em centros históricos, como edifícios monumentais, habitacionais e comerciais (GODINHO, 2014).

Dessa forma, o presente projeto tem a finalidade de realizar a caracterização da argamassa de uma edificação histórica, de maneira que sirva de base para o desenvolvimento futuro de argamassas para reparo de tais tipos de edificações. Isto possibilitaria que as características da argamassa de reparo sejam semelhantes às do material empregado na época da construção.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem como objetivo principal analisar e caracterizar a argamassas históricas de revestimento de uma construção residencial localizada no município de Campo Redondo-RN, construída no ano de 1816.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para alcançar o objetivo geral, é necessário atender os seguintes objetivos específicos:

- Caracterizar o agregado empregado por meio da análise de sua granulometria;
- Reconstituir o traço aplicado na argamassa de revestimento através da técnica de ataque químico com ácido clorídrico;
- Verificar a porosidade e a taxa de absorção da argamassa;
- Realizar uma análise visual das amostras de argamassas, analisando sua coloração, textura e resistência à pressão dos dedos;
- Verificar se foram usados traços distintos de argamassas no imóvel, através do recolhimento e análise de amostras em diferentes ambientes;

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 DESENVOLVIMENTO HISTÓRICO DAS ARGAMASSAS

O uso da argamassa vem antes mesmo da descoberta de alguns aglomerantes, desde o Egito antigo a mesma é empregada, passando por um processo evolutivo gigantesco. Na sua composição se faz presente diversos materiais como, óleo, cinzas, pozolana, fibras e os materiais tradicionalmente usados, como a cal e a areia (SOUSA, 2014).

Se levado em consideração que a argamassa é um dos materiais que tem uma grande demanda na construção civil desde muito tempo atrás, não é difícil de se verificar que sempre houve interesse em melhorar suas características, e uma forma que se viu de fazer isso foi com a utilização da cal, empregada para se obter uma melhor trabalhabilidade.

Ainda no Egito antigo, por não existir aditivos e não ter o conhecimento das suas características, a argamassa era de baixa resistência, trazendo assim uma vida útil inferior ao esperado. A adição da cal usada em conjunto com o gesso remete-se ao antigo Egito, onde era empregada nas pirâmides, principalmente nos assentos dos blocos de pedra, por volta do ano 4000 ao ano 2000 a.C, (BYNTON, 1980; MARGALHA, 2011; HENRIQUES, 1996; DAMAS, 2017).

Desde muito cedo as civilizações antigas como a egípcia, a grega e a romana já utilizavam um material ligante na argamassa de suas construções, tendo como objetivo maior adquirir uma maior resistência. Os aglutinantes inicialmente usados com relata Marques (2005) e Kanan (2008) eram o gesso, argila e só posteriormente, a cal calcinada.

Os romanos por sua vez contribuíram significativamente para o desenvolvimento da construção, buscando maior resistência para as argamassas, utilizando na sua mistura agregados de natureza pozolânica como, a argamassa de cal. A areia ou rocha vulcânica foi um dos materiais adicionados na argamassa pelos romanos, a mesma era oriunda da região de Pozzuoli, localizada na bacia de Nápoles, na qual depois que era moída e adicionada na proporção adequada originava uma argamassa com propriedades desejadas (ROSA, 2016).

Segundo Marques (2005) e Kanan (2008) os componentes utilizados, tais como fragmentos cerâmicos, tijolos ou pó destes materiais, que possuíam sílica e alumina em sua estrutura, reagiam com calcário a temperaturas elevadas, conferindo uma maior resistência e propiciando maior durabilidade. A cal foi de grande avanço para o desenvolvimento de uma argamassa de melhor qualidade.

Já segundo Margalha (2011), foi na Turquia que foram encontradas fragmentos de argamassa de cal em pavimentos que podem ter sido construídos entre os anos 10000 a.C e

8000 a.C. Logo, a substituição de lama feita apenas com argila e água, por argamassa com uma maior resistência foi ganhando espaço no mundo.

As argamassas ficaram praticamente inalteradas por um longo período histórico de tempo, as técnicas de construção nas quais era empregado as argamassas a base da cal vieram a sofrer mudanças com o advento da revolução industrial, onde foi possível um melhor desenvolvimento nos processos de fabricação de novos materiais, como o cimento Portland e alguns outros ligantes de origem artificial (ALMEIDA, 2015).

No Brasil, de acordo com Kanan (2008), desde o início da colonização foram utilizadas conchas marinhas na obtenção da cal, fato evidente nas argamassas de revestimento e assentamento dos fortes. Conforme Ribeiro (2003), nas primeiras construções no Brasil do séc. XVI, o tipo de revestimento estava ligado ao tipo de substrato que antecedia, visto que o uso dependia da técnica construtiva que era empregada, como exemplo, a taipa pilão, a taipa de mão (pau a pique), o adobe e a alvenaria de cale pedra. O conhecimento de técnicas construtivas e materiais envolvidos na construção antiga são de muita importância para qualquer intervenção.

As argamassas utilizadas para revestimentos de construções históricas eram compostas principalmente de água, cal aérea e agregados finos, como a areia e fragmentos de material cerâmico e também faziam o uso de adições mineral e orgânico (RODRIGUES, 2004). A falta de informação naquela época prejudicava de certa forma a qualidade da argamassa, mesmo que isso só fosse percebido a longo prazo.

Segundo Rodrigues (2013), a investigação de argamassas antigas que possuem notavelmente um valor histórico pra sociedade, deve-se partir da indagação de algumas questões com, vida útil, quais matérias primas utilizadas, o processo de fabricação dessas argamassas, as técnicas empregadas.

3.2 CONCEITOS GERAIS SOBRE ARGAMASSA

No contexto mais popular, argamassa nada mais é que uma mistura constituída por cimento ou cal, areia e água. No seu preparo, quando misturados possuem em um primeiro momento boa plasticidades, enquanto que, quando vai para o processo de endurecimento possuem características de resistência e uma boa aderência (CARASEK, 2010).

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2001) que rege a Norma Brasileira Regulamentadora (NBR, 13281), a argamassa é uma mistura homogênea

composta de agregados miúdos, aglomerantes inorgânicos e água podendo conter ou não aditivos ou adições, e possui como propriedades principais a capacidade de aderência e endurecimento.

A argamassa dispõe de duas aplicações principais: a primeira delas é de assentamento de tijolos ou pedras e a segunda é a de revestimento de alvenarias e colunas.

As argamassas usadas para promover a união de unidades de alvenaria deve atender a requisitos, tais como, ajudar as unidades em resistir aos esforços, distribuindo assim de maneira uniforme as cargas atuantes, sejam elas nas áreas externas ou internas;; absorver as deformações naturais na qual a alvenaria esta sujeita; vedar as juntas contra a penetração de água da chuva, entre outras diversas atuações na alvenaria (MATOS, 2013).

Como revestimento, as argamassas são usadas na produção de uma ou mais camadas porosas, devendo atender critérios principais, como, garantir a proteção contra os agentes danosos à alvenaria, melhorar o isolamento termoacústico e a estanqueidade à água e aos gases. Segundo Miranda (2005) possuem em geral, funções de regularização, acabamento e proteção do substrato onde são aplicadas, elementos de alvenaria e estruturas de concreto armado.

De acordo com Cincotto (1989) e Carasek (2010) para desenvolver um bom desempenho de suas propriedades e para que não aconteça ocorrência de patologias e permaneça a edificação estável, é preciso que a argamassa de revestimento apresente as seguintes propriedades: boa trabalhabilidade (consistência, plasticidade e adesão inicial), baixa retração, aderência, baixa permeabilidade à água, resistência mecânica e capacidade de absorver as deformações impostas pela estrutura. Vale salientar que a argamassa de restauro deve atender a alguns aspectos importantes, como afirma Recena (2007), sendo estes, a compatibilidade entre substrato e argamassa de restauro, apresentação de textura e cor o mais próximo da original, e mesma resistência, garantindo a preservação da imagem do edifício histórico cuja argamassa de restauro não será mais resistente que a original.

Em relação aos seus constituintes, as argamassas possuem, historicamente, em sua composição um ou mais aglomerante e agregado miúdo, o aglomerante tem por finalidade promover a junção dos demais componentes da mistura. De acordo com Almeida (2015) no decorrer do tempo, os aglomerantes promovem uma alteração na estrutura química do composto, facilitando assim seu endurecimento.

Mattos (2001) confere que a escolha, proporção, mistura e execução dos constituintes envolvidos tem um papel fundamental nas propriedades da argamassa, relacionado diretamente ao seu desempenho.

- **Cimento Portland:** um dos materiais mais utilizados na construção civil, em decorrência de suas propriedades ligantes, e por oferecer elevada resistência mecânica onde se é empregado. Comumente empregado nas argamassas devido ao alto ganho de resistência mecânica, propriedade essa que não é conferida a outros materiais empregados, como a cal. Outra vantagem quanto ao emprego do cimento é o tamanho de suas partículas, o mesmo é composto por grãos finos, isso faz com que o número de vazios seja menor, afetando diretamente na retenção de água e a plasticidade da argamassa (ABCP, 2002).
- **Cal hidratada:** é outro aglomerante utilizado, sua principal função é conferir a argamassa uma maior trabalhabilidade e de incorporar capacidade de absorver deformações. Nas argamassas que não fazem uso do cimento Portland, a cal desenvolve a função de ligante (ABCP, 2002).
- **Agregados:** os agregados dizem muito sobre o comportamento das argamassas, são aspectos como, dureza, formato dos grãos, granulometria, mineralogia e a porosidade que vão influenciar diretamente nas propriedades desenvolvidas pelas mesmas, têm como exemplo a resistência mecânica, à abrasão e a trabalhabilidade (MARGALHA, 2011; ALMEIDA, 2012).
- **Adições minerais:** podemos encontrar diversas adições no mercado, tais como o uso dos pozolânicos, que ao entrar em contato com a água e os componentes da cal, reagem fazendo com que surjam compostos aglutinantes (silicatos de cálcio hidratados), que aceleram o processo de pega da pasta, refinam a estrutura de poros e possibilitam o ganho de resistência (KANAN, 2008).

Ainda sobre a aplicação das argamassas como revestimento, segundo Moraes (2011), este revestimento pode conter uma ou mais camadas sobreposta de argamassa em espessura uniforme capaz de receber uma decoração final.

As camadas constituintes do revestimento podem ser formadas pelos estratos a seguir e definidas como:

- **Chapisco:** é definido como a camada de preparo da base, aplicada de forma contínua ou não, com a finalidade de uniformizar a superfície quanto à absorção e melhorar a aderência de revestimento (NBR13529, 1995). Segundo Santos e Dalloglio (2017) o chapisco pode ser projetado, industrializado ou rolado, sua forma de aplicabilidade pode variar de manual ou mecanizado.

- **Emboço:** De acordo com a NBR 13529 (ABNT, 1995) é definido como uma camada de revestimento realizada para cobrir e regularizar a base, proporcionando uma superfície capaz de receber uma nova camada, seja ela de reboco ou de revestimento decorativo. É de suma importância para a implantação da etapa seguinte. Usualmente sua aplicação ocorre depois que o chapisco atinge o tempo de pega, se faz necessário que a superfície esteja úmida, o que possibilita a aderência do reboco (SANTOS; DALLAGLIO, 2017).
- **Reboco:** é a camada final de argamassa de revestimento, podendo receber a pintura diretamente sobre ela, pois tem um acabamento mais delicado, menos poroso. O reboco não deve ter espessura superior a 5,0 mm, no revestimento desempenha a função de acabamento final. Com isso, o mesmo não deverá apresentar fissuras, principalmente se forem aplicações externas (SANTOS 2001).

3.3 ARGAMASSAS DE REVESTIMENTOS ANTIGOS: FUNÇÕES E IMPORTÂNCIA

O estudo em relação às argamassas antigas consolida-se cada vez mais e adquire bastante pertinência aos olhos da comunidade científica e acadêmica, sendo bastante investigado a fim de utilizar as informações adquiridas nas intervenções dos patrimônios culturais históricos. O reconhecimento das características originais das argamassas antigas facilita o processo de restauro, obtendo-se uma nova argamassa com características semelhantes.

De acordo com Marques (2005) a compatibilidade físico-química e mecânica entre a argamassa de restauro e a original deve ser garantida nos procedimentos de reabilitação de uma edificação, porém, sem descuidar da estética, o que normalmente só é conseguido utilizando o mesmo tipo de materiais. Mesmo assim a compatibilidade não é totalmente assegurada. Nas edificações históricas, as argamassas desenvolvem um papel importante, pois, ao recobrir a alvenaria, ela está na verdade atuando como uma camada de sacrifício, protegendo a estrutura da edificação da ação do tempo e das intempéries.

Colaborando com funções como as de revestimento, que interferem na estética da construção, as argamassas, rebocos e demais acabamentos antigos constituídos da cal, acabam por interferir de forma significativa na preservação da estrutura, uma vez que a argamassa acaba por sofrer deterioração perante a estrutura, atuando assim como uma camada de

proteção a mesma, que se sacrifica em detrimento da alvenaria. As argamassas também são responsáveis por atenuar inúmeras solicitações impostas pelo meio a edificação, como por exemplo, o ataque da umidade a alvenaria, o que seria extremamente prejudicial em virtude da mesma possuir uma alta taxa de porosidade, o que causaria sua deterioração e desagregação com o tempo (KANAN, 2008).

Em edificações antigas, as argamassas históricas que geralmente são compostas da cal, desempenham funções importantes que devem ser mantidas mesmo quando a edificação necessitar passar por processos de intervenções. Dentre tais funções, pode-se citar a de atuar como uma proteção à alvenaria, absorvendo impactos e demais solicitações impostas no decorrer do tempo (HUGHES, 2012; SOUSA, 2014).

3.3.1 Constituintes das argamassas antigas

O estudo dos constituintes das argamassas antigas é de suma importância, uma vez que os mesmos conferem as principais propriedades das argamassas. Segundo Rodrigues (2013) a escolha, proporção, mistura dos constituintes tem um papel fundamental e está diretamente relacionado ao seu desempenho.

O uso de aglomerantes, como a cal, a argila e o gesso, em argamassa é muito antigo, não sabemos ao certo o tempo pela qual o homem passou a utiliza-los (GOMES, 2000). Porém é de conhecimento que estes materiais foram os pioneiros no desenvolvimento de um material de característica sólida quando homogeneizado.

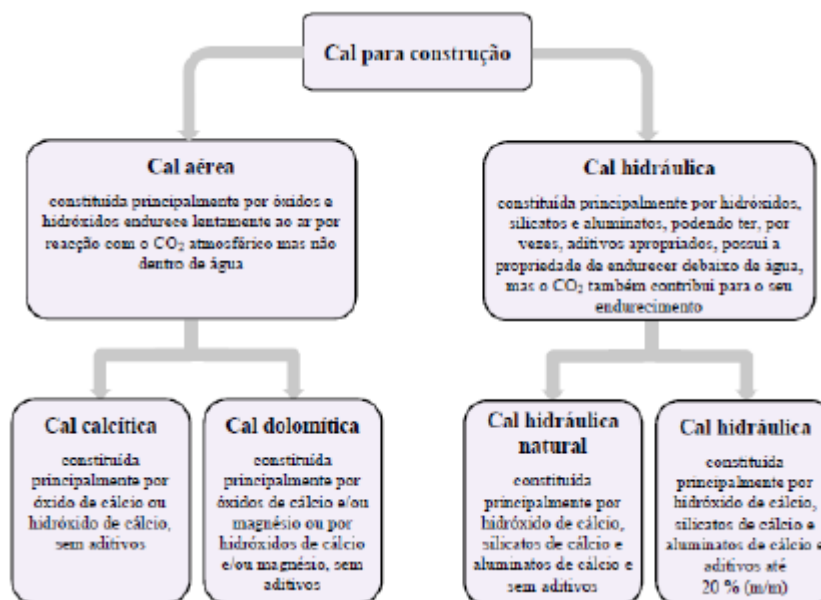
Segundo Margalha (2011) a argamassa é um produto resultante da mistura de um ligante com um agregado e água, e que possuem propriedades aglutinantes. Os agregados se comportam como o esqueleto da argamassa, por isso se deve ter muito cuidado quanto as suas características como, dureza, granulometria, porosidade entre outros. Os aditivos são utilizados para melhorar algumas das propriedades ou para conferir a argamassa uma propriedade estipulada. A água é o elemento que possibilita a fusão de todos os componentes e dá molde à pasta (SOUSA, 2014).

No caso dos aglomerantes, juntamente com a água, possuem a função básica de conferir resistência, plasticidade para ser trabalhada e coesão entre os demais materiais. (ROSA, 2016).

A cal é considerada um dos materiais mais antigos na construção civil. Na argamassa, a cal ocupa cerca de 20% do volume da argamassa pronta, já os agregados compõem o restante da porcentagem. Considerando que em algumas argamassas históricas a cal é a

principal responsável pela trabalhabilidade e elasticidade, esse percentual pode variar (MOTTA, 2004). Existem comumente alguns tipos de cal, mas as mais usuais são a aérea e a hidráulica, cujas diferenças estão apresentadas na Figura 1 a seguir.

Figura 1 – Fluxograma cal.



Fonte: Rosa (2016)

A cal aérea tem como matéria-prima calcários que possuem um teor de impurezas abaixo de 5%, e pode ser formada por dois compostos: Óxido de cálcio (CaO) ou por hidróxido de cálcio (Ca(OH₂)). Ambos os compostos presentes na argamassa, ao entrarem em contato com o dióxido de carbono (CO₂) presente no ar reagem lentamente, o que faz com que ocorra seu endurecimento. Um fato interessante relacionado à cal aérea é que a mesma não detém propriedades hidráulicas, o que faz com a mesma não seja viável em ambientes úmidos (ALMEIDA, 2015).

Já a cal hidráulica é obtida por meio de calcários que contêm uma porcentagem de impurezas acima de 25% (sílica e alumina). As mesmas conseguem se desmembrar em três grupos, os quais são: A cal hidráulica natural (NHL), cal hidráulica (HL) e cal formulada (FL) (KANAN, 2008; MADALENA, 2013).

A cal hidráulica detém a propriedade de reagir mediante o seu contato com a água, processo conhecido por hidratação, mostrando diferentes tipos de hidraulicidade em virtude da variação da quantidade de argilas encontradas nas rochas tomadas como matéria-prima. A cal hidráulica se constitui de um material que apresenta maior permeabilidade quando

comparada ao cimento Portland, entretanto, argamassas produzidas com base em cales hidráulicas apresentam uma relativa dificuldade de caracterização. Ao serem comparadas com argamassas de cal aérea, as argamassas de cal hidráulica demonstram uma maior resistência (KANAN, 2008).

Podendo ser empregadas em situações similares as do cimento, as cales hidráulicas podem ser indicadas em circunstâncias onde não sejam necessárias altas resistências mecânicas, como por exemplo, em argamassas de revestimentos e de alvenaria (COUTINHO, 2002).

Já o gesso é um aglomerante de origem mineral, é obtido por meio do processo de extração, moagem e calcinação da gipsita. A calcinação é o processo de aquecimento na qual a gipsita é desidratada. A temperatura pelo qual ocorre o processo de calcinação é em torno de 150°C não ultrapassando os 300°C, tornando assim aglomerante de baixo consumo de energia (SILVA, 2002). O gesso tem sua utilização garantida na construção civil, as suas propriedades são de fundamental importância para o comportamento da massa, propriedades como, pega e endurecimento rápido, boa plasticidade, obtenção de superfícies lisas depois de endurecida, dentre outras (SILVA, 2002).

Em argamassas históricas, um dos materiais utilizados como agregados eram as areias que geralmente podiam ser de origem natural de rio, jazidas entre outras fontes. Nas argamassas a base de cal, as propriedades granulométricas das areias e seu tipo irão influenciar na textura, cor, resistência, porosidade e em outros aspectos, tais como redução da retração da pasta e, por esses motivos a areia empregada em uma possível reconstituição das argamassas deve ser cautelosa, uma vez que irá influenciar de diversas maneiras na intervenção (KANAN, 2008).

Os aditivos são materiais orgânicos ou inorgânicos, finamente moídos, que se adicionam às argamassas, sendo a quantidade a ser adicionada geralmente inferior a 10% da massa total do ligante. Os aditivos têm por função melhorar a trabalhabilidade, acelerar ou retardar a pega da argamassa, controlar as retrações, aumentar consideravelmente a resistência, diminuir a permeabilidade aos líquidos, aumentar a aderência entre outras, além do que também propicia argamassa uma leveza (COUTINHO, 2002).

De acordo com Kanan (2008), os aditivos orgânicos podem ser encontrados nas argamassas de cal e até mesmo nas argamassas produzidas no passado. Os aditivos fortemente encontrados nas argamassas históricas eram, por exemplo, polissacarídeos (mucilagem vegetal), proteínas (caseína de leite, clara de ovo), óleos animais (peixe etc.), vegetais

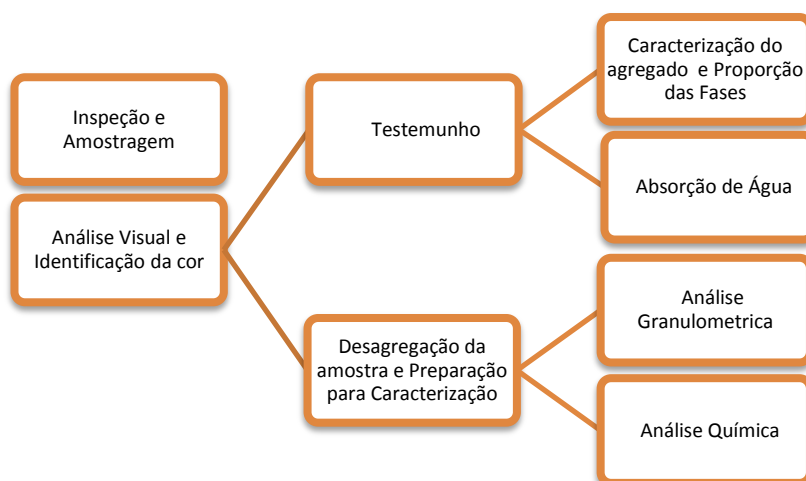
(linhaça) e gordura (sebo). Costumavam também fazer uso das fibras vegetais (palha) e de animais (crina, estrume).

É um tanto complexo afirmar quais aditivos eram utilizados em argamassas produzidas no passado, o que se pode prever são melhorias empíricas da época. Como apresenta Marques (2005), o pouco que se sabe é que eram muito utilizados os aditivos, como palha, cabelo, para reforçar a argamassa, sangue e outros líquidos orgânicos, como sumos de frutas, para melhorar as propriedades, como, a consistência, a trabalhabilidade ou a hidrofugação.

3.3.2 Caracterização das argamassas antigas

A ausência de estudos sobre as características e propriedades dos materiais originais, juntamente com o incentivo a uso dos recursos e técnicas modernas trouxeram ao patrimônio construído consequências desastrosas, com isso, se observou a real necessidade de um estudo característico, a Figura 2 a seguir mostra como é as etapas de caracterização para as argamassas. Essas patologias foram desencadeadas pela utilização de novos materiais, principalmente nas argamassas.

Figura 2 – Etapas de caracterização.



Fonte: Autor (2019).

Observou-se então, a necessidade de se conhecer melhor sobre as argamassas e os materiais de construção presentes em construções antigas, e em resposta a isso, unidades de

pesquisa começaram a desenvolver técnicas de investigação mais detalhadas das argamassas (THOMSON, 1999).

Os ensaios realizados na pasta endurecida de argamassa incluíam:

- Análise por meio do microscópio ótico (MO), visando identificar a presença de fibras de matérias, camadas desiguais e aspectos de agregado;
- Ataque químico pela presença de ácido clorídrico (HCL), o qual faz com que seja possível definir o teor de areia ou argila, e assim reconstruir o traço;
- Análise granulométrica da areia ou argila, no qual permite a classificação dos grãos, ou fino-grossos;
- Absorção atômica do resíduo solúvel do ataque químico para identificação de sais solúveis;
- Difração de raio-X (DRX) para determinar os elementos minerais;
- Análise térmica: termogravimétrica (TG) e térmica diferencial (DTA) para determinação de teor e tipo da cal presente;
- Microscopia eletrônica de varredura (MEV) acoplado com EDS para averiguar a estrutura dos constituintes e detectar processos de deterioração microestruturais;
- Espectrometria no infravermelho para a identificação de compostos orgânicos.

A caracterização, identificação e descoberta de novos materiais e dos já existentes propiciam a compreensão de suas aplicações e relações, afirma Callister (2006). Tendo em vista a relação estabelecida entre aglomerante/agregado por meio do ataque ácido, é possível conhecer a dimensão das partículas por meio da análise granulométrica, da análise da microestrutura, da mineralogia, composição química e análise térmica. Todas essas análises são feitas mediante o uso dos métodos de caracterização anteriormente citados, tendo como inicial o ataque ácido, para assim prosseguir com os demais métodos (SOUSA, 2014).

3.3.3 Técnicas de caracterização das argamassas antigas

As técnicas científicas utilizadas para a caracterização, foram inicialmente utilizadas em pinturas e esculturas, só posteriormente utilizadas em argamassas. As técnicas de caracterização de materiais estão atualmente consolidadas no meio científico. A ciência dos materiais é utilizada exaustivamente para investigar a relação das propriedades estruturais do material. O estudo da composição das argamassas antigas por meio de técnicas de caracterizações nos fornece dados de bastante relevância para uma possível reconstituição de argamassa de reparo compatível (Nascimento, 2009).

A **Microscopia Óptica (MO)** é uma técnica utilizada por meio do material na forma de secção polida ou lâmina delgada, onde a primeira forma é mais frequente, pois sua preparação é um pouco mais simples. Segundo Genovez (2012), é possível por meio da análise estratigráfica em amostras de secção polida, identificar a ordem dos aparecimentos das camadas, não apenas no âmbito das pinturas, mas nas camadas do conjunto revestido em si.

As informações podem ser obtidas por meio de iluminação de luz refletida e luz transmitida. Câmeras acopladas permitem o registro fotograficamente das imagens. É uma técnica bastante vantajosa, na medida em que permite obter informações de bastante relevância, de forma rápida e com pouco dispendiosa. Com essa técnica podem-se analisar sólidos e alguns líquidos. Callister (2006) descreve a microscopia óptica como uma ferramenta importante na caracterização mineralógica e petrográfica dos constituintes da argamassa e também na observação das suas fases minerais. A forma de preparar as amostras é por impregnação e polimento, e a superfície da amostra deve estar completamente lixada e polida.

A **análise química** fornece duas frações distintas, uma solúvel composta por aglomerante e outra insolúvel composta por agregado. Esta técnica no geral tem como objetivo obter as proporções mais próximas do agregado e do aglomerante, pois o procedimento dissolve a argamassa em solução ácida, relacionando quantitativamente o aglomerante e o agregado (MOTTA, 2004).

Por outro lado Kanan (2008) descreve que há uma desvantagem na técnica citada anteriormente, pois todo o carbonato (aglomerante) é dissolvido com o ataque ácido e existem agregados que possuem partes solúveis (principalmente os que possuem concha, qualquer outra forma de cálcio), o que pode superestimar a proporção de um deles, como também não identificar os aditivos orgânicos.

Para finalizar o procedimento é analisada a proporção do aglomerante, usando a diferença entre sua massa inicial e a massa final de agregado miúdo.

Já a análise granulométrica trabalha com os agregados presentes na amostra, onde se deve estar levemente fragmentada para que assim, suas partículas fiquem inteiras e, logo, ocorra uma distribuição de frações adequada passando na abertura de cada peneira, peneiras essas classificadas de acordo com as normas da ABNT NBR NM 248/2003, onde é possível se obter o módulo de finura do agregado e dimensão máxima. Porém esta técnica tem algumas limitações, como por exemplo, a quantidade de massa mínima necessária para a sua determinação, pois a extração das amostras em construções antigas é bastante restrita.

Os autores Lima e Luz (2001) e Santos e Viegas (2012) acreditam que embora simples a análise da granulometria nos fornece dados de bastante relevância para a investigação das argamassas. A granulometria dos agregados influenciam diretamente na composição da nova argamassa de restauro, no requisito textura, cor, compacidade e nas principais propriedades mecânicas, trabalhabilidade e retenção de água.

Porém, a escolha do método mais adequado depende dos objetivos da caracterização, que pode ser de manutenção, consolidação, reparação ou substituição (SILVA, 2002). O importante da caracterização das argamassas é a realização de análises que forneçam dados que se completem.

3.4 CONTEXTO HISTÓRICO: CASA DE GRANDE

A Casa de Farinha, ou Casa Grande como ficou conhecida, foi inicialmente construída no ano de 1816, na comunidade rural dos Grossos à margem leste da cidade de Campo Redondo no Rio Grande do Norte. O imóvel, porém, nem sempre pertenceu ao município, foi só por volta do ano de 1914 que a região, sendo desmembrada do município de Santa Cruz, passou a pertencer ao município de Campo Redondo, localizado a 147 km da Capital do estado do Rio Grande do Norte. A Figura 3 ilustra a extensão territorial do município onde fica localizada a Casa Grande.

Figura 4 – Casa Grande nos dias atuais.



Fonte: Autor (2019)

A residência que foi utilizada como objeto de estudo possui cerca de 230 m² de área construída, embora menos da metade fosse utilizada como moradia, como mostra a Figura 5 a seguir.

Figura 5 – Croqui da área construída.



Fonte: Autor (2019)

A Casa de Farinha era a principal fonte de renda da família na época ainda que o produto não fosse produzido para comercializar, porém era o principal alimento de algumas famílias naquela região, pois os moradores trabalhavam e ganhavam uma porcentagem do produto final como pagamento. A Casa de Farinha funcionou por volta dos anos de 1875 até os anos de 1950 quando ali se descobriu uma jazida de granito, que até hoje é uma das fontes de renda da família.

4. METODOLOGIA

Esta seção tem o intuito de abordar a metodologia empregada para o estudo. Inicialmente foi efetuada uma pesquisa de campo visando o melhor conhecimento histórico da edificação cogitada para a pesquisa, onde se confirmou o ano de sua construção e a sua principal serventia na época, consolidando assim que a mesma atende todos os requisitos necessários para o estudo. Em seguida foi efetuada uma visita in loco e registros fotográficos a fim de identificar o melhor local para a extração das amostras.

Tomando como base a visita in loco e suas análises, iniciou-se o processo de extração das amostras, atendendo aos critérios existentes, como por exemplo, não realizar a extração a uma altura inferior aos 1,5 m em relação ao nível do piso, nem em regiões com indícios de reforma. Após a extração todas as amostras, as mesmas foram identificadas ainda no local e só então seguiu para o laboratório.

O laboratório utilizado para a realização dos ensaios foi o Laboratório de Materiais de Construção da UFERSA- Campus Angicos, onde as amostras foram preparadas e separadas para cada ensaio posteriormente realizado.

A Figura 6 a seguir representa um fluxograma desenvolvido para mostrar a sequência dos procedimentos executados para a possível caracterização das argamassas.

Figura 6 – Fluxograma dos Procedimentos



Fonte: Autor (2019)

Como observado no fluxograma, as técnicas de l

laboratório escolhidas para a caracterização das amostras foram, ensaios de granulometria, norteado pela NBR NM 248/03 – AGREGADOS – DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA, e ensaio de absorção, orientado por meio da NBR 9779/05 – ARGAMASSA E CONCRETO ENDURECIDOS – DETERMINAÇÃO DA ABSORÇÃO DE ÁGUA ÍNDICE DE VAZIOS E MASSA ESPECÍFICA, como também foi utilizada a técnica de ataque ácido, onde se adiciona ácido clorídrico (HCL) em amostras de revestimento.

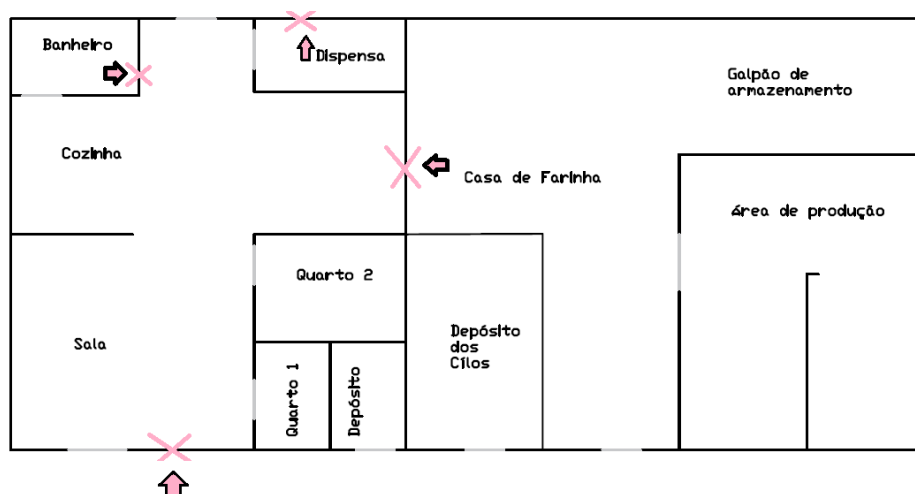
4.1 COLETA DAS AMOSTRAS

De acordo com o que foi anteriormente falado, foi realizado uma visita ao local buscando encontrar possíveis pontos de extração das amostras de revestimento. É importante se atentar a alguns critérios no momento de extração, como afirma a metodologia de Kanan (2008), que propõe a extração das amostras representativas, sem nenhuma deterioração e que sejam em quantia suficiente para as análises, para que não venha a causar perdas ao patrimônio.

Analisar alguns fatores que podem comprometer a integridade das amostras também é de suma importância, como: a parede não deve ter indícios de restauro, a distância em relação ao piso deve ser respeitada, bem como também a dimensão das amostras, que não devem ser menor que 0,3 X 0,3 m.

Logo após passar por todas essas análises e escolhido os pontos de extração, verificou-se que seriam coletadas quatro amostras, duas externas e duas internas, como mostra na Figura 7 a seguir.

Figura 7 – Croqui de localização das amostras.



Fonte: Autor (2019)

Como pode ser observado no croqui anteriormente mostrado, nem toda a área construída teve amostras coletadas, pois a edificação residencial só contempla uma parte do terreno, a outra parte era onde funcionava a Casa de Farinha, a mesma já passou por reforma como afirmou o morador e não atende os requisitos.

Para extração das amostras tanto as internas quanto as externas, foram utilizadas duas ferramentas, o martelo e a talhadeira como mostra a Figura 8 e logo depois as amostras foram armazenadas em sacos plásticos e identificadas como mostra a Figura 9.

Figura 8 – Ferramentas utilizadas na extração das amostras



Fonte: Autor (2019)

Figura 9 – Armazenamento das amostras



Fonte: Autor (2019)

Usando a técnica manual de extração, foi realizado um corte no revestimento da alvenaria para então retirar a argamassa existente no local. No decorrer da ação viu-se a dificuldade na remoção do material, pois o mesmo apresentava consistência frágil. A Figura 10 ilustra um dos pontos de extração das amostras.

Figura 10 – Demarcação e Extração das amostras.



Fonte: Autor (2019)

Após a coleta das amostras, fez-se um registro fotográfico e a análise visual do material extraído. O Quadro 1 ilustra as imagens dos fragmentos de cada amostra, a identificação da amostra e o local de retirada. Logo em seguida iniciou o processo de retirada de fragmento de película de tinta das amostras, usando uma lixa com muito cuidado para não danificar o material como mostrado na Figura 11.

Quadro 1 – Registro, identificação e local de extração das amostras.

Amostras	Identificação da Amostra	Local de Extração
	AM01	Lateral direta da edificação Parte externa
	AM02	Frente da edificação Parte externa
	AM03	Dispensa da edificação Parte interna
	AM04	Banheiro da edificação Parte interna



Amostra Externa



Amostra interna

Figura 11 – Limpeza e desagregação da amostra



Fonte: Autor (2019)

Após a retirada da película de tinta, parte da amostra foi fragmentada com o auxílio de um martelo de borracha, pesada e levada para estufa, onde se manteve por 24h a uma temperatura varável entre 98 e 100°C, com o intuito de ser preparada para o ataque ácido.

4.2 ENSAIOS

4.2.1 Ataque Ácido

O ensaio de ataque do ácido nos permite analisar a fração de aglomerante presente na amostra, o ácido provoca uma degradação no aglomerante, que no nosso caso pode ser a cal, mas deixando o agregado preservado.

Com a adição de o ácido clorídrico irá ocorrer uma reação com os carbonatos que estão presentes no ligante (carbonato de cálcio ou/e carbonato de magnésio), enquanto o quartzo e outros materiais calcários permanecerão insolúveis.

Para a realização do procedimento foi necessário 150 ml de produto com ácido clorídrico a 14% (HCL) em amostras do revestimento secas e pesadas de 100 g. O produto com ácido foi medido com o auxílio de uma proveta como mostra a Figura 12 a seguir. O procedimento foi executado colocando o material analisado em um recipiente e adicionado a este conjunto o produto ácido, misturando os dois com uma espátula de plástico até que não ocorresse mais efervescência e os dois apresentassem características homogêneas. Após isso, a solução foi mantida em repouso por 24h.

Figura 12 – Ataque ácido



Fonte: Autor (2019)

Após o termino do ataque ácido, as amostras passaram por um procedimento de filtragem, onde o ácido ainda presente na amostra foi drenado e, para isto, usou-se água destilada e filtro descartável, como apresentado na Figura 13 seguinte. Concluída a filtragem, a amostra foi levada novamente a estufa durante 24h, objetivando a secagem por completa do material para assim pesar o material resultante do ataque e posteriormente realizar o ensaio de granulometria.

Figura 13 – Processo de filtragem



Fonte: Autor (2019)

A reconstituição do traço foi realizada a partir da determinação do teor de aglomerante encontrado no material analisado. O peso do aglomerante é obtido pelo peso inicial da amostra a ser ensaiada, subtraído do peso final dos agregados e do papel filtro. Após isso relaciona-se a massa obtida com a massa inicial da amostra obtendo-se o teor do aglomerante da argamassa. Portanto, a proporção aglomerante é representada por meio da equação 1, a seguir.

$$Magl = (m1 - (m3 + m2)/m1) * 100$$

(Equação 1)

Onde:

M_{agl} : teor de aglomerante (%);

m_1 : massa inicial da amostra (g);

m_2 : massa do filtro drenante (g);

m_3 : massa de agregados após ação térmica e ataque químico (g);

O procedimento anterior foi realizado nas 04 amostras que, após a finalização, foi encaminhado para o ensaio de granulometria.

4.2.2 Granulometria

O ensaio de granulometria tem como base a NBR NM 248 (ABNT, 2003) – Agregados: Determinação da composição granulométrica. O principal objetivo deste ensaio é fornecer dados que caracterizam a granulometria do agregado. Com os dados fornecidos pelo ensaio podemos montar uma curva que facilitara o entendimento e mostrará as características físicas do material. O ensaio procede por meio de uma serie de peneiras acoplada ou não a uma maquina que emite vibrações (Agitador eletromagnético), como mostra a Figura 14 a seguir.

Figura 14 – Agitador de peneiras



Fonte: Autor (2019)

Após a realização do ataque ácido, as amostras foram levadas a estufa para a secagem, passando 24h a 100°C. Logo em seguida foi retirado o filtro e determinado a massa inicial de cada amostra, para só então dar-se início ao peneiramento, como mostra a Figura 15.

Figura 15 – Determinação de massa inicial.



Fonte: Autor (2019)

No ensaio foi utilizado o conjunto de seis peneiras com aberturas de malhas diferentes e um agitador de peneiras, as peneiras foram dispostas de ordem decrescente do topo até a base, onde se encontra o fundo das peneiras. Cada amostra foi agitada durante 1 minuto, a fim de permitir a separação dos diferentes grãos, fornecendo dados que contribuem com a classificação do agregado.

4.2.3 Absorção

O ensaio de absorção por capilaridade é regido pela NBR 9779: ARGAMASSA E CONCRETO ENDURECIDOS – DETERMINAÇÃO DA ABSORÇÃO DE ÁGUA ÍNDICE DE VAZIOS E MASSA ESPECÍFICA, que tem a finalidade de quantificar a água absorvida pela amostra por meio dos poros ali existentes. O mesmo foi executado com três fragmentos de cada uma das 4 amostras, objetivando a realização da média da taxa de absorção.

De início as amostras passam pelo processo de retirada da película de tinta, a fim de deixar todos os poros existentes à mostra, em seguida é colocada na estufa onde ficará por mais 24h como mostra a Figura 16, logo depois é pesada e posteriormente colocado submersa

como mostra a Figura 17. As amostras foram pesadas a cada 24h no intervalo de tempo de 72h, durante esse intervalo é importante observar o comportamento das amostras e os valores fornecidos.

Figura 16 – Amostras prontas para estufa.



Fonte: Autor (2019)

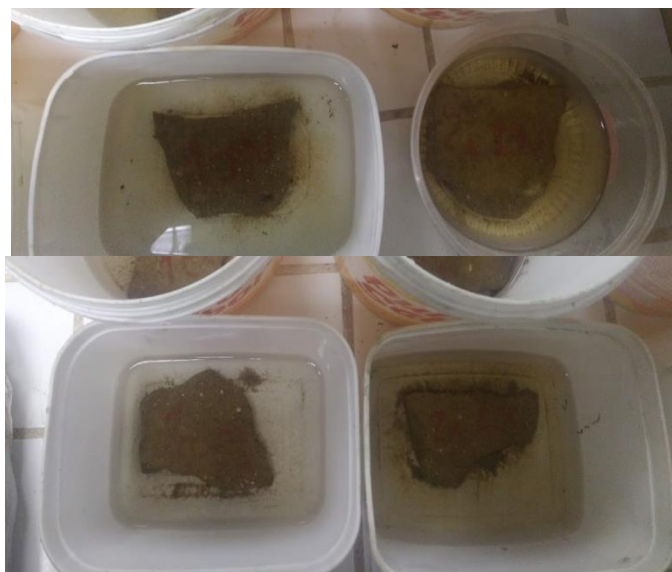
A taxa de absorção é calculada mediante o emprego da Equação 2.

$$\text{Absorção (\%)} = (\text{Massa final} - \text{Massa inicial} / \text{Massa inicial}) * 100$$

(Equação 2)

Onde a massa inicial é a massa da mostra seca em estufa inicialmente pesada e a massa final é a massa após às 72h de imersão em água.

Figura 17 – Amostras submersas.



Fonte: Autor (2019)

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Nesse tópico serão analisados os resultados obtidos por meios dos ensaios laboratoriais descritos anteriormente a fim de caracterizar a argamassa extraída da Casa Grande e melhor compreender o comportamento do objeto de estudo.

5.1 ANÁLISE VISUAL

No que compete às amostras da parte interna, foi observado que as mesmas possuíam uma aderência considerável, precisando do auxílio das ferramentas para sua extração, e que possuíam uma coloração mais clara, um castanho claro. Observou-se também a existência de alguns nódulos de cal, pois a maior parte de sua composição aparentava ser de argila. A última camada de revestimento era basicamente uma película de pasta branca, bem semelhante a uma película de tinta. No geral apresentavam um aspecto quebradiço e com uma resistência muito baixa a pressão dos dedos, também é importante ressaltar que existia uma presença considerável de material orgânico nas amostras das argamassas.

Já na parte externa a coloração das amostras se assemelham a um marrom, um castanho mais escuro, com existência de nódulos de cal e com a presença de material orgânico bastante acentuada, a resistência das amostras externas é aparentemente inferior as amostras internas, visto que no ato de extração poderia ser retirada facilmente com as mãos, e seu esfarelamento era bem notável. A última camada de revestimento também era branca se assemelhando a uma película de tinta a base de cal, película essa responsável por manter o revestimento ainda em bom estado.

Foi observado que em toda a edificação o substrato era de tijolos adobe e a argamassa utilizada para colar os mesmo também era a base de argila, conferindo uma coloração bastante avermelhada. Logo a seguir será apresentado o Quadro 2 que nos mostra os principais aspectos encontrados nas 4 amostras das argamassas e que foram descritos anteriormente.

Quadro 2 – Aspectos Visuais encontrados nas amostras de argamassas da Casa Grande.

Amostras	Registros fotográficos	Nº de camadas	Cor	Outros aspectos
AM01		1	Castanho escuro	Pouco resistente, com nódulos de cal e um grande número de fibras vegetais, aparentemente bastante porosas.
AM02		1	Castanho escuro	Pouco resistente, e bastante quebradiça, com a presença de nódulos de cal aparente e pouca existência de fibras vegetais.
AM03		1	Castanho claro	Apresenta resistência considerável ao arrancamento, com a presença de muitos nódulos de cal e não apresenta fibras vegetais.
AM04		1	Claro	Resistente ao arrancamento com aspectos menos porosos e com uma quantidade significativa de nódulos de cal.

Fonte: Autor (2019)

No decorrer da análise, observou-se que as características das amostras AM01 e AM02 são bastante semelhantes, ambas são da parte externa da edificação, apresentam a mesma coloração, castanho escuro, que indica um grande teor de argila (barro), mas a amostra AM01 apresenta um grande número de fibras vegetais o que difere da amostra AM02, que não apresenta quase nenhum composto orgânico, entretanto, as duas são bem quebradiças chegando ao esfarelamento com o simples movimento de compressão dos dedos.

Já as amostras internas analisadas, apresentam uma coloração bem mais clara, uma aderência considerável e pouca presença de componentes orgânicos, mas com um grande número de nódulos de carbonato de cálcio.

5.1.1 Ataque ácido

Por meio do ataque ácido foi possível calcular a porcentagem do aglomerante e do agregado presentes na amostra. A parte de resíduo solúvel se caracteriza como aglomerante, já o agregado é caracterizado como material insolúvel, ou seja, a parte existente após o ataque ácido é caracterizado como agregado. A seguir a Tabela 1 mostrará os resultados obtidos por meio do ensaio.

Tabela 1 – Traço equivalente.

Amostra	Agregado (g)	Aglomerante (g)	Aglomerante: Agregado	Traço Equivalente
AM01	88,5	11,5	1:7,70	1:8
AM02	88,6	11,4	1:7,77	1:8
AM03	88,8	11,2	1:7,93	1:8
AM04	90	10	1:9,0	1:9

Fonte: Autor (2019)

Como pode ser verificado a partir da análise dos resultados apresentados na Tabela 1, os traços usados se mantiveram constantes não havendo diferenciação entre os que foram destinados para ambiente externo e dos que foram usados internamente. Os traços mostrados apresentam características da época, sendo uma argamassa produzida basicamente de argila (barro) e areia, adicionando a cal como material ligante.

5.1.2 Análise Granulométrica

Por meio dos dados obtidos com o ensaio granulométrico e apresentados na Tabela 2 a seguir, podemos identificar os percentuais retido de cada amostra, na série de peneiras utilizadas no ensaio.

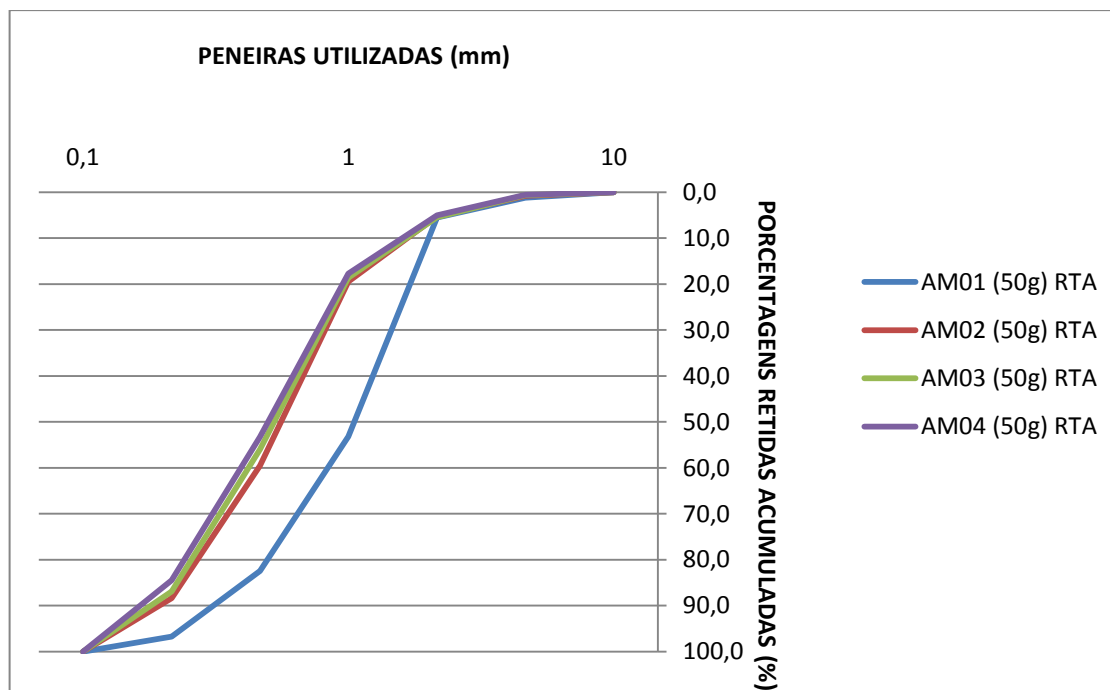
Tabela 2 – Análise granulométrica por meio do percentual do material retido acumulado.

Peneiras (mm)	AM01(%)	AM02(%)	AM03(%)	AM04(%)
4,75	0,0	0,0	0,0	0,0
2,36	1,2	0,8	0,6	0,6
1,18	5,5	5,2	5,5	5,0
0,600	53,2	19,4	18,6	17,7
0,300	82,4	59,5	56,0	53,2
0,150	96,7	88,4	86,9	84,5
Fundo	100,0	100,0	100,0	100,0

Fonte: Autor (2019)

A partir dos resultados apresentados na Tabela 2 podemos notar o comportamento da mostra AM01 quando passada na peneira 0,600 mm, a mesma apresenta uma concentração maior de agregado médio, este fato é corroborado por meio da análise da quantidade de material presente no fundo que, dentre as quatro amostras realizadas, foi a que apresentou menor percentual, indicando que o teor de finos dessa amostra é inferior. Contudo, no geral as amostras são de características semelhantes, apresentando uma distribuição de grãos bastante próxima, o que pode indicar que a origem geográfica do material utilizado na construção pode ser a mesma. As curvas granulométricas apresentadas na Figura 18 explicitam o que foi discutido.

Figura 18 – Curva granulométrica das amostras de argamassas da Casa Grande.



Fonte: Autor (2019)

A partir da análise das curvas granulométricas pode-se admitir que a areia usada apresenta uma graduação boa, pois a mesma apresenta desde grãos maiores a grãos menores, podendo assim preencher os vazios e ocorrer uma boa acomodação das partículas.

A Tabela 3 apresenta os valores do módulo de finura das areias utilizadas nas amostras.

Tabela 3 – Módulo de finura da areia

	AM01	AM02	AM03	AM04
M.F.	2,4	1,7	1,7	1,6

Fonte: Autor (2019)

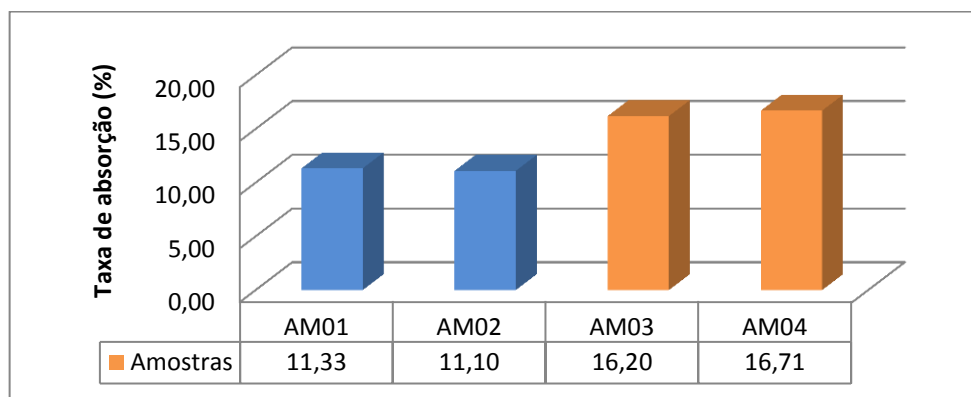
De acordo com os valores de módulo de finura apresentados pode-se observar que a areia empregada na fabricação da argamassa utilizada no revestimento da edificação se constitui de uma areia fina.

5.1.3 Absorção

Foi realizado o ensaio de absorção por capilaridade de acordo com a NBR 9779 (ABNT, 2009), onde se fez uso de três fragmentos de cada amostra, visando à realização de

uma média para assim se obter a taxa de absorção de cada amostra. A seguir, a Figura 19 representa o comportamento de cada amostra estudada.

Figura 19 – Taxa de absorção.



Fonte: Autor (2019)

As amostras identificadas como internas tiveram uma taxa de absorção maior, são elas a AM03 e a AM04, e as externas obtiveram taxas um pouco menores, porém semelhantes entre si.

Os valores encontrados nesta pesquisa são semelhantes aos valores encontrados por Almeida (2019) que encontrou taxas de absorções que variaram entre 11 e 13%.

Ao se comparar com taxas de absorções de argamassas cimentícias pode-se observar que as argamassas a base de cal são bem mais porosas, tendo taxas aproximadamente de 175% maior que as de cimento.

As argamassas cimentícias tem uma taxa de absorção bem menor, chegando a 4%, porem podendo variar bastante de acordo com os finos que são utilizados na mesma, quando a presença de aditivos minerais essa taxa pode ser bem inferior, pois a granulometria do aditivo é muito pequena preenchendo assim os vazios existentes na argamassa e diminuindo significativamente a quantidade de poros existentes.

No entanto as argamassas históricas que tem em sua composição basicamente agregados e cal, tem uma quantidade significativa de vazios que por sua vez é um caminho fácil para a penetração da água, ocorrendo uma taxa de absorção bastante elevada.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve por objetivo realizar a caracterização de argamassas históricas presentes no revestimento da Casa Grande construído em 1816 na cidade de Campo Redondo/RN. A partir das análises realizadas é possível fazer as seguintes considerações:

- Os traços utilizados para confecção das argamassas eram semelhantes;
- Identificou uma quantidade considerável de componente orgânico nas argamassas que constituem o revestimento externo;
- As argamassas apresentaram uma taxa elevada de absorção, se comparada com argamassas cimentícias, porém que condiz com os valores encontrados para argamassas de cal.

Dessa forma é perceptível a importância da realização dos estudos relacionados a argamassas históricas e do conhecimento das características dos materiais constituintes de cada argamassa para que numa futura intervenção da mesma, os materiais usados possam apresentar comportamentos semelhantes.

Portanto, a análise e caracterização das argamassas históricas contribuem de forma geral para um melhor entendimento do objeto de estudo em questão, podendo assim auxiliar a possíveis novos estudos mais aprofundados buscando identificar características mais específicas, como por exemplo, a capacidade térmica, acústica dessas argamassas como também sua resistência mecânica, visto que é tão importante a restauração das edificações históricas, preservando não só a parte estrutural e visual, como também a parte social e cultural.

Desse modo, conclui-se que os resultados obtidos trouxeram uma maior compreensão dos constituintes das argamassas históricas utilizadas para revestimento na Casa Grande, facilitando assim um possível trabalho de restauração na edificação estudada.

REFERÊNCIAS

ABCP, 2002. **MANUAL DE REVESTIMENTOS DE ARGAMASSA**. 1. ed. São Paulo, SP, Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP).

ALMEIDA, José Carlos Gomes de. **CARACTERIZAÇÃO DE ARGAMASSAS HISTÓRICAS: ESTUDO DE CASO DO MERCADO PÚBLICO DE JARDIM DE PIRANHAS/RN**. 2019. 51 f. UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI ÁRIDO, ANGICOS/RN, 2019.

ALMEIDA, Luís Filipe dos Santos de. **CARACTERIZAÇÃO DAS ARGAMASSAS DA MURALHA TARDO – ROMANA DE OLISIPO**. 2015. 194 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Geologia Aplicada, Departamento de Geologia, Universidade de Lisboa, Lisboa - Portugal, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7997: ARGAMASSA E CONCRETO ENDURECIDOS - DETERMINAÇÃO DA ABSORÇÃO DE ÁGUA ÍNDICE DE VAZIOS E MASSA ESPECÍFICA**. ABNT 2005. 8 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211: Agregados para concreto – Especificação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248: - AGREGADOS – DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA**. Rio de Janeiro: ABNT, 2003. 13 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13529: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas**. Rio de Janeiro: ABNT, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13281: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

BOYTON, R. S. (2008). **CHEMISTRY AND TECHNOLOGY OF LIME AND LIMESTONE**, 2ª edição, New York, Chichester, Brisbane, Toronto, John Wiley & Sons, Inc., 1980.

CALLISTER, W. D. Jr. **Fundamentos da ciência e engenharia de materiais: uma abordagem integrada**. Rio de Janeiro, LTC, 2006.

CARASEK, Helena. Argamassas. In: ISAIA, Geraldo Cechella. **Materiais de Construção Civil e Princípio de Ciência e Engenharia de Materiais**. Goiás: Ibracon, 2010. Cap. 28, p.52.

CINCOTTO, M. A. **Cal na Construção Civil: Materiais de construção civil e princípios da ciência e engenharia dos materiais**. 2007. 2 v. IBRACON, São Paulo, 2007.

COUTINHO, Joana de Sousa. **Materiais de Construção 2: 1ª Parte**. S.l: Sem Identificação, 2002. 43 p.

DAMAS, Ana Leonor Ortin Rodrigues. **CARACTERIZAÇÃO DE ARGAMASSAS DE ASSENTAMENTO DE AZULEJO ANTIGAS**: Contributo para a conservação deste tipo de revestimentos. 2017. 151 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa - Portugal, 2017.

GENOVEZ, Sarita Carneiro. **Análise estratigráfica: Uma contribuição ao projeto de restauro**. Dissertação (Mestrado), FAUUSP, São Paulo, 2012. 210 f.

GODINHO, Vera Mónica Ferreira. **Caracterização das argamassas em edifícios antigos de Viseu**. 2014. 143 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Instituto Politécnico de Viseu, Viseu, 2014.

GOMES, Adailton de Oliveira. **Influência dos Argilominerais Nas Propriedades Das Argamassas De Revestimento Em Salvador: Uma Contribuição À Qualidade Ambiental**. Dissertação, UFBA, 2000.

HENRIQUES, F. M. A. (1996). **“Gesso”**. Apontamentos de Materiais de Construção. Departamento de Engenharia Civil, FCT-UNL, Monte da Caparica.

HUGHES, John J. **THE ROLE OF MORTAR IN MASONRY: AN INTRODUCTION TO REQUIREMENTS FOR THE DESING OF REPAIR MORTARS**. Materials and Structures: RILEM TC 203-RHM: Repair mortars for historic masonry. Scotland, UK, p. 1287-1294, 2012.

KANAN, Maria Isabel. **MANUAL DE CONSERVAÇÃO E INTERVENÇÃO EM ARGAMASSAS E REVESTIMENTOS À BASE DE CAL**. Brasília, DF :. 172 p. Iphan / Programa Monumenta, 2008.

LIMA, R. M; LUZ, J. A. M. **Análise granulométrica por técnicas que se baseiam na sedimentação gravitacional: Lei de Stokes**. Ver. Esc. Minas 54 v. Ouro Preto, 2001.

MADALENA, Luís Miguel do Nascimento. **Influência do teor em pozolana na reatividade e nas características mecânicas de argamassas**. 2013. 101 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa - Portugal, 2013.

MARGALHA, M. G. **Argamassas - Conservação e Restauro**, Universidade de Évora, 2011.

MARGALHA, M. G. **“Argamassas”**. Documento de apoio às aulas de Conservação e Recuperação do Património. Évora: Universidade de Évora. 2011.

MARQUES, Sofia Margarida Figueiredo. **Estudo de Argamassas de Reabilitação de Edifícios Antigos**. 2005. 154 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Materiais, Universidade de Aveiro, Portugal, 2005.

MATOS, Paulo Ricardo de. **Estudo da utilização de argamassa estabilizada em alvenaria estrutural de blocos de concreto**. 2013. 74 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

MATTOS, Ludmila Ribeiro da Silva. **Identificação e caracterização das Argamassas para Revestimento Externo Utilizada na Cidade de Belém - PA**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.

MIRANDA, Leonardo Fagundes Rosembach. **Contribuição ao desenvolvimento da produção e controle de argamassas de revestimento com areia reciclada lavada de resíduos classe a da construção civil**. 2005. 477 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

MORAES, Mayara. **Argamassa de revestimento e assentamento**. Goiás: Puc, 2011. Color. Revestimentos a Base de Cal. **Cadernos Técnicos 8**. IPHAN/Programa.

MOTTA, E. V. **Caracterização de argamassas de edificações históricas de Santa Catarina**. 2004. 114 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

NASCIMENTO, C. B. do. **MÉTODO DE CARACTERIZAÇÃO DE ARGAMASSAS HISTÓRICAS: PROPOSIÇÃO E ESTUDOS DE CASO**. In: CONGRESO IBEROAMERICANO Y VIII JORNADA “TÉCNICAS DE RESTAURACIÓN Y CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO”, 1., 2009, Buenos Aires, Argentina. **Artigo**. Buenos Aires, Argentina: Congreso Iberoamericano y Viii Jornada “técnicas de Restauración y Conservación del Patrimonio”, 2009. p. 1 - 10.

RECENA, Fernando Antônio Piazza. **Conhecendo a Argamassa**. 2007. 192 f. - Curso de Engenharia Civil, PUC RS, Porto Alegre, 2007.

RIBEIRO, N. P. **Técnicas construtivas tradicionais das alvenarias no brasil**: In: Marcia Baga .(ORG). **Conservação e restauro: Arquitetura brasileira**. 2003. P. 51-84 , Rio de Janeiro, 2003.

RODRIGUES, Paula Nader. **Caracterização das argamassas históricas da ruína de São Miguel Arcanjo/rs**. 2013. 142 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

RODRIGUES, Maria Paulina Santos Forte de Faria. **Argamassa de revestimento para alvenarias antigas: contribuição para o estudo da influência dos ligantes**. 2004. 523 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Nova de Lisboa, Campo Grande, 2004.

ROSA, Paulo Jorge Pereira da. **Caracterização de Argamassas Históricas do Convento de Cristo – Tomar**. 2016. 216 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Química, Universidade de Lisboa, Campo Grande, 2016.

SANTOS, Ana Rita; VEIGA, Maria do Rosário. ARGAMASSAS COMPATÍVEIS PARA EDIFÍCIOS ANTIGOS. In: LNEC, 2012, Lisboa - Portugal. **Artigo**. Lisboa: Linec, 2012. p. 1 - 11.

SANTOS, Luiz Pereira; DALL'OGLIO, Vinicius. **Análise comparativa entre argamassa estabilizada e argamassa preparada em obra**. 2017. 61 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2017.

SANTOS, White José dos. **Argamassa de Alto Desempenho**. 2011. 209 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ambiente Construtivo, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2001.

SILVA, A. S. Caracterização de Argamassas Antigas - Casos Paradigmáticos. In: **Cadernos Edifícios nº2**. Lisboa: LINEC, 2002. P. 97-101.

SOUSA, Adla Kellen Dionisio. **Argamassa do Grupo escolar Augusto Severo/RN: caracterização e incidência de manifestações patológicas**. 2014. 142 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014.

THOMSON, G. M. **Characterization of old mortars with respect to their repair** In: 2 RILEM TC. 1999.