



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

JOYCE GOMES DE FRANÇA

**CARACTERIZAÇÃO DA ARGAMASSA DE REVESTIMENTO EXISTENTE NO
CASARÃO DO BANGUÊ LOCALIZADO NA COMUNIDADE DA LAGOA DO
PIATÓ NA CIDADE DE ASSÚ/RN: ESTUDO DE CASO**

Angicos/RN
2019

JOYCE GOMES DE FRANÇA

**CARACTERIZAÇÃO DA ARGAMASSA DE REVESTIMENTO EXISTENTE NO
CASARÃO DO BANGUÊ LOCALIZADO NA COMUNIDADE DA LAGOA DO
PIATÓ NA CIDADE DE ASSÚ/RN: ESTUDO DE CASO**

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

Orientador: Profº. Dr. Kleber Cavalcanti Cabral

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 nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 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.

F815c França, Joyce Gomes de França.

Caracterização da argamassa de revestimento existente no casarão do Banguê localizado na comunidade da Lagoa do Piató na cidade de Assú/RN: Estudo de caso / Joyce Gomes de França França. - 2019.

69 f. : il.

Orientador: Kleber Cavalcanti Cabral Cabral.
Monografia (graduação) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil, 2019.

1. Argamassas históricas. 2. Caracterização físico-química. 3. Carbonato de cálcio. 4. Reconstituição do traço. I. Cabral, Kleber Cavalcanti Cabral, orient.
II. 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.

JOYCE GOMES DE FRANÇA

**CARACTERIZAÇÃO DA ARGAMASSA DE REVESTIMENTO EXISTENTE NO
CASARÃO DO BANGUÊ LOCALIZADO NA COMUNIDADE DA LAGOA DO
PIATÓ NA CIDADE DE ASSÚ/RN: ESTUDO DE CASO**

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

Orientador: Profº. Dr. Kleber Cavalcanti Cabral

APROVADA EM: 12/03/19

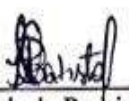
BANCA EXAMINADORA



Profº. Dr. Kleber Cavalcanti Cabral - UFERSA
Presidente

Janaina Salustio da Silva

Prof. Ma. Janaina Salustio da Silva - UFERSA
Primeiro Membro



Isla Licely Rodrigues Batista – Engenharia Civil
Segundo Membro

A **Graciella Gomes de França**, minha mãe, meu exemplo maior, de mulher guerreira que sempre me incentivou e me apoiou nas minhas decisões, que sempre esteve ao meu lado e acreditou no meu potencial.

A **Marcelo Isaias de França**, meu pai que sempre me ajudou e me apoiou.

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo seu infinito amor, graça e misericórdia, por me conceder o dom da vida. Por sempre me abençoar e me manter forte nessa trajetória universitária. Agradeço também à nossa mãe, Maria, por toda intercessão e acolhimento nos momentos de angústia e dificuldade.

Aos meus pais Marcelo Isaias de França e Graciela Gomes de França por todo incentivo, amor, carinho, paciência, confiança e por dedicarem suas vidas há oferecer as melhores condições possíveis, a mim e minha irmã. Por tudo o que sou e me tornei eu devo gratidão a vocês.

A minha irmã, Jady Gomes de França por ser tão amiga e estar sempre ao meu lado, e que mesmo com tanta chatices esteve disposta a me ajudar quando precisei.

A meu namorado, Leydson Lopes por todo amor, carinho, paciência, incentivo e por acreditar tanto em mim. Te Amo.

A todos os meus familiares, que não tiveram seus nomes citados, mas sempre me apoiaram e torceram por mim por todos esses anos.

A meu orientador, Professor Dr. Kleber Cavalcanti Cabral, que sempre se mostrou prontificado a me orientar nesse trabalho desde o TCC. Obrigada pela colaboração, dedicação, motivação e disponibilidade. Obrigada por todo conhecimento repassado durante esses anos como professor e orientador.

A banca examinadora da defesa, por terem aceitado o convite e por todas as contribuições.

A técnica de Edificações da UFERSA, campus Angicos, Ádna Érica Melo de Sousa, pela colaboração, ajuda nos experimentos e disponibilidade. Obrigada por me ajudar nos meus dois trabalhos, eternamente grata.

Ao Laboratório Plasma da Ufersa Campus Mossoró, em nome do doutorando Jussier Oliveira, pela disponibilidade de realizar um dos ensaios, enriquecendo ainda mais meu trabalho.

Aos meus amigos Ana Sulamita, Odrano e Ylanne por se disponibilizarem a me ajudar nos ensaios e por me socorrer quando precisei.

Aos meus amigos do meio acadêmico por todos os momentos de estudos, loucuras, descontração, risos, choros e acima de tudo companheirismo. Em especial as Las Cobritas que mesmo separadas fizeram parte em cada momento do fim dessa caminhada. A todos os meus amigos que não tiveram seus nomes citados, mas que me ajudaram a trilhar meus caminhos com muito amor e serenidade.

A minha amiga, Ana Paula Brito de Almeida, que continuou dando apoio e se fez presente mesmo longe, obrigada por ser tão amiga, por todos os momentos de alegrias e tristezas divididos.

A Universidade Federal Rural do Semi-Árido e a todos os professores do curso que contribuíram para o meu crescimento pessoal e profissional.

“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis.”

José de Alencar

RESUMO

Visando a preservação do patrimônio cultural nacional, os edifícios antigos devem ser valorizados e preservados devido ao seu imenso valor arquitetônico, cultural e histórico e também por simbolizar a identidade de uma sociedade. Nos últimos anos, tem-se observado que houve um crescimento nos estudos relacionados a investigação de edifícios antigos, a fim de obter alternativas para sua reabilitação e conservação. Visto isso, é de fundamental importância que se conheça os métodos e os materiais utilizados na construção para que sejam atendidos aos princípios de restauro de bens. Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo realizar a caracterização das argamassas de revestimento do Casarão de Banguê, localizado na comunidade da Lagoa do Piató, na cidade de Assú/RN. Para isso, foi realizada visita in loco para observação visual, registro fotográfico e coletas de amostras de argamassas da área interna e externa, e posteriormente foi feita a caracterização através dos ensaios de difração de raios-X (DRX), ataque ácido e granulometria. A partir da análise dos resultados das técnicas empregadas constatou-se que as argamassas extraídas da parte interna em sua maioria não apresentavam cal em sua composição, apenas areia de origem silicosa e argila. Enquanto que as amostras da parte externa eram ricas em cal, como aglomerante e areia, como agregado. Nas argamassas das amostras que apresentavam cal verificou-se a existência de três traços distintos, cujo as relações aglomerante/agregado são: 1:2, 1:6 e 1:7. Na análise de DRX de duas amostras não foi identificado compostos de cimento o que comprova a não utilização do cimento na época. Portanto, com base nas informações existentes sobre as argamassas coletadas do casarão é possível realizar a reconstituição do traço para projetar uma possível argamassa de restauração compatível para à edificação.

Palavras-chaves: Argamassas históricas. Caracterização físico-química. Carbonato de cálcio. Reconstituição do traço.

LISTA DE QUADRO

Quadro 1 - Registro, identificação e local de extração da amostra.	45
Quadro 2 - Abertura das malhas das peneiras.	53
Quadro 3 - Aspectos visuais encontrados nas amostras de argamassas do Casarão de Banguê.	56
Quadro 4 - Relação aglomerante/agregado em massa (g) e estimativa de traço da argamassa.	58
Quadro 5 - Porcentagem de material passante nas peneiras.....	59
Quadro 6 - Propriedades físicas do agregado.....	60

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sobrado de Banguê anos após sua construção.....	18
Figura 2 - Casarão começando a se deteriorar após ser abandonado.	20
Figura 3 - Sobrado de Banguê nos dias atuais.....	20
Figura 4 - Camadas do Revestimento argamassado.	23
Figura 5 - Classificação dos Aglomerantes.	26
Figura 6 - Classificação da Cal segundo sua função.	28
Figura 7: Fluxograma da Metodologia de pesquisa.	42
Figura 8 - Martelo e talhadeira utilizados para extração das amostras.....	44
Figura 9 - Acondicionamento das Amostras em sacos plásticos.....	44
Figura 10 - Limpeza e degradação da amostra.	46
Figura 11 - Amostras na estufa.....	47
Figura 12 - Fluxograma do ensaio de análise química.	47
Figura 13 - Adição do ácido clorídrico na amostra.	48
Figura 14 - Amostra após a adição do HCL.	48
Figura 15 - Amostra misturado ao HCL.....	49
Figura 16 - Amostras descansando após a adição do HCL.	50
Figura 17 - Drenagem das amostras.	50
Figura 18 - Limites da distribuição granulométrica do agregado miúdo.	52
Figura 19 - Determinação da massa inicial.	52
Figura 20 - Procedimento de ensaio de granulometria.....	53
Figura 21 - Curvas granulométrica do agregado de todas as amostras.	60
Figura 22: Difratoograma da argamassa AH-04.	62
Figura 23: Difratoograma da argamassa AH-09.	62

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AH – Argamassa Histórica

Al – Alumínio

Al₂O₃ – Alumina

ATG – Análise termogravimétrica

ATR-FTIR - Espectroscopia de Infravermelho por Refletância Total Atenuada (transformada de Fourier)

Ca – Cálcio

Ca(OH)₂ - Hidróxido de cálcio

CaCO₃ - carbonato de cálcio

CaMg(CO₃)₂ – Magnésio

CaO - Óxido de cálcio

CaSO₄ - Sulfato de cálcio di-hidratado

DRX – Difração de raios-X

EAA - Absorção atômica

FJA - Fundação José Augusto

HCL – Ácido clorídrico

IPHAN – Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional

MgCaO₃ – Magnésio

MO - Microscopia óptica

NBR – Norma Brasileira

Si – Silício

UFERSA – Universidade Federal Rural do Semi-Árido.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. OBJETIVOS	17
2.1 OBJETIVO GERAL	17
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	18
3.1 CONTEXTO HISTÓRICO: CASARÃO DO BANGUÊ.....	18
3.2 DEFINIÇÃO DE ARGAMASSA	21
3.2.1 Argamassa de Revestimento	21
3.3 ARGAMASSAS DE REVESTIMENTOS ANTIGOS	24
3.3.1 Constituintes das argamassas antigas.....	25
3.3.1.1. Aglomerantes.....	26
3.3.1.1.1 Cal	27
3.3.1.1.2 Gesso	31
3.3.1.2 Agregados	32
3.3.1.3 Aditivos	34
3.3.1.4 Água de Amassamento	35
3.3.2 Função das argamassas antigas nas alvenarias históricas	35
3.3.3 Caracterização das argamassas antigas	36
3.3.3.1 Técnicas de Caracterização de argamassas antigas	37
3.3.3.1.1 Difração de raios - X (DRX).....	37
3.3.3.1.2 Análise química	38
3.3.3.1.3 Análise Granulométrica	39
3.4 ESTADO DA ARTE – CARACTERIZAÇÃO DAS ARGAMASSAS ANTIGAS.....	40
4. METODOLOGIA.....	42
4.1 ANÁLISE DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO DO SOBRADO DE BANGUÊ .	42
4.2 CARACTERIZAÇÃO DAS ARGAMASSAS HISTÓRICAS DO CASARÃO DE BANGUÊ	43
4.2.1 Coleta das amostras.....	44

4.2.2 Preparação das amostras para análise	45
4.2.3 Análise química.....	47
4.2.4 Análise granulometria	51
4.2.5 Análise de Difração de Raios-X (DRX)	54
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
5.1 CARACTERIZAÇÃO DAS ARGAMASSAS ANTIGAS DO CASARÃO DE BANGUÊ	55
5.1.1 Análise visual das Amostras	55
5.1.2 Teor de aglomerante e agregado – Análise química.....	57
5.1.3 Análise Granulométrica	59
5.1.4 Análise de Difração de raios-X	61
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	64
SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	66
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67

1. INTRODUÇÃO

Um edifício histórico é definido como uma construção que apresenta características significativas, como materiais, valor arquitetônico, cultural e histórico, que precisam ser valorizados, e devem ser mantidas para as gerações futuras. Dessa forma, é fundamental a preservação do patrimônio cultural nacional, uma vez que este simboliza a identidade de uma sociedade (SOUSA, 2014).

Nos últimos anos, tem-se observado que houve um crescimento nos estudos relacionados a investigação de edifícios antigos, a fim de obter alternativas para sua reabilitação e conservação. Geralmente se fazem estudos de edifícios localizados em centros históricos, como edifícios monumentais, habitacionais e comerciais (GODINHO, 2014).

No estudo de edifícios históricos devesse entender e conhecer os materiais existentes desde décadas e séculos passados. Estes monumentos antigos eram construídos com argamassas que tinham em sua composição dois componentes, o aglomerante (cal) e o agregado (areia), podendo ainda conter aditivos pozolânicos ou material orgânico (MARGALHA, 2011).

No entanto, os constituintes utilizados na preparação das argamassas de revestimento variaram muito, ao longo dos séculos, na sua forma e constituição. Apesar de tais mudanças ainda se torna necessário e de suma importância que haja o conhecimento do material original, de forma a satisfazer a compatibilidade física, mecânica e de durabilidade, para fins de conservação da edificação. Por esse motivo, é importante que haja uma avaliação histórica da edificação, com a finalidade de analisar a existência de intervenções, em qual época foi realizada e o tipo de material utilizado. (SOUSA, 2014).

No estudo da composição de argamassas antigas, são utilizadas técnicas de caracterização química, mineralógica e microestrutural, afim de se obter os seus constituintes e revelar detalhes importantes sobre as técnicas de construção para eventuais reparações e conservação das edificações.

Como a argamassa é um dos principais componentes dos edifícios antigos, é imprescindível que sejam definidas as principais exigências e as características que as argamassas de substituição devem apresentar para uma eventual reabilitação, de modo que venha a garantir a compatibilidade necessária com aquela que deu suporte aos edifícios antigos. Para isso, é necessária que seja realizada uma caracterização adequada das argamassas que constituí os edifícios antigos, buscando identificar suas características físicas, químicas e mecânicas (GODINHO, 2014).

O aumento das técnicas indevidas de restauração ou até mesmo a tomada de decisões de forma precipitada tem levado muitas vezes na reabilitação das edificações através da remoção das argamassas antigas, com perda do seu valor histórico e estético. Geralmente essa intervenção para restauração aplica-se materiais à base de cimento e polímeros, devido apresentar boas características, como boa adesividade e fácil aplicação. Mas, muitas dessas intervenções não atendem aos requisitos fundamentais de compatibilidade física e química com o substrato, podendo causar um dano maior (SOUSA, 2014).

Um dos problemas causados pelo uso de materiais incompatíveis é a deterioração nos edifícios históricos. É cada vez comum a verificação de anomalias devido a aplicação de argamassas à base de cimento. Isto acontece quando existe uma aplicação a suportes com revestimentos de argamassas com propriedades muito diferentes, podendo causar fissuração e destacamento dos novos revestimentos. Visto isso, pesquisas recentes destacam a utilização de materiais compatíveis com o substrato original (GODINHO, 2014).

Criado em 1937, o Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) é o órgão federal responsável pela preservação e tombamento de edifícios antigos no país. No estado do Rio Grande do Norte existe ainda a Fundação José Augusto (FJA) que tem por finalidade promover a restauração, conservação e manutenção de edificações e monumentos históricos. No estado são poucos as edificações que foram tombadas por esses órgãos, sendo um número muito pequeno para o tanto de edificações históricas existentes. No caso do Sobrado de Banguê, edificação em estudo, nenhuma atenção foi dada ao seu valor histórico.

Assim, visando a reabilitação e conservação de edifícios que contribuem para a história do patrimônio cultural do Rio Grande do Norte, o presente trabalho tem por finalidade caracterizar a argamassa utilizada na construção do edifício Casarão do Banguê, construído no ano de 1911 na comunidade rural de Banguê à margem oeste da Lagoa do Piató na cidade de Assú/RN.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem como principal objetivo caracterizar as argamassas antigas de revestimento do Casarão do Banguê utilizando a combinação de análise visual e métodos de caracterização e dosagem.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar o aglomerante e o agregado utilizado na argamassa de revestimento;
- Reconstituição do traço das argamassas por meio da análise visual, análise química e análise de DRX;
- Fornecer informações que possibilitem uma futura elaboração de argamassa de restauro.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 CONTEXTO HISTÓRICO: CASARÃO DO BANGUÊ¹

O Casarão do Banguê, ou sobrado como era conhecido, foi construído no ano de 1911, na comunidade rural de Banguê à margem oeste da Lagoa do Piató na cidade de Assú no Rio Grande do Norte. Foi construído pelo senhor José Pedro Zumba Marreiro Pessoa, mais conhecido como capitão Zumba. Capitão Zumba teve sete filhos com sua esposa Lainha, cinco mulheres e dois homens.

Moradores mais antigos contam que o sonho do capitão era terminar o Casarão (Figura 1) para viver com sua família. Um de seus desejos era ser enterrado ali mesmo na fazenda onde ele construiu com tanto suor e esforço. O desejo era tanto, que no alto do morro, embaixo de uma árvore ele começou a construir seu túmulo onde queria ser enterrado. Sua família, porém, era contra o seu desejo, é tanto que não o realizaram.

Figura 1 - Sobrado de Banguê anos após sua construção.



Fonte: Bezerra (2012)

¹ A história sobre os donos do Sobrado de Banguê está disponível em: BEZERRA, Ivan Pinheiro. **Casarão do Banguê**. Disponível em: <<http://assunapontadalingua.blogspot.com/2012/10/casarao-do-bangue.html>>. Acesso em: 31 out. 2018.

Também foram coletados dados pelo autor em entrevista com moradores do Banguê mais Tribuna do Norte, nº 373, 13/09/1987.

Após sua morte, o casarão foi deixado para sua filha Maria Emília Pessoa de Carvalho, que era conhecida por dona Sinhá, a qual era casada com o Bispo da igreja Brasileira Alexandre Martins de Carvalho, o Padre Xanduzinho.

Os dois se conheceram no ano de 1934 em um domingo de páscoa. Xanduzinho estava retornando do seminário de São Pedro, pois por dificuldades financeiras não teve como se manter na cidade de Natal. Sinhazinha moça de família e filha de capitão, se mostrava culta e educada. Os dois ficaram noivos e se casaram no mesmo ano.

Passaram então a viver no Sobrado de Banguê, Xanduzinho se tornou um pecuarista da região onde residia e sempre buscou proporcionar melhores dias para sua família e os moradores que ali viviam. Mas seu sonho de se tornar sacerdote não havia morrido.

Em 1947, Xanduzinho conhece no Recife o padre Diamantino Pereira da Costa, discípulo de D. Carlos Duarte da Costa, fundador e patriarca da Igreja Católica Apostólica Brasileira, cuja doutrina chegara ao seu conhecimento através de revistas que divulgavam as ideias daquele padre que se opusera ao regime Vaticano. Contava que “ele lutava por uma igreja nacionalista com o ritual litúrgico em português”.

Em 1 de fevereiro de 1949 se ordenou padre, contou com o apoio irrestrito e a permissão da sua esposa Sinhá. A partir de então passou a sofrer perseguição por se tornar o primeiro padre casado. Foram anos de sofrimento, sua esposa vivia aflita, chorava e temia pela sua integridade. Mas o pedia que mantivesse sua perseverança, paciência e fé para superar todas as dificuldades.

Mais tarde foi nomeado agente administrativo do Ministério do Trabalho e passou a ser responsável pela emissão de carteira de trabalho no município de Assú e região. Em 1980, padre Xanduzinho perdia sua esposa Sinhá. Uma grande perda na sua vida. No dia 02 de janeiro de 1992 veio a falecer deixando um legado e muitas saudades àqueles que tiveram a oportunidade de conviver com a sua humildade e simplicidade.

Após a morte de Sinhá e Padre Xanduzinho o casarão de Banguê ficou abandonado (Figura 2) e com o tempo passou a se deteriorar, a vegetação, o sol, vento, a depredação humana e animal tomaram de conta da edificação que acabou não resistindo e hoje se encontra em ruínas. A Figura 3 mostra o casarão nos dias atuais.

Figura 2 - Casarão começando a se deteriorar após ser abandonado.



Fonte: Bezerra (2012)

Figura 3 - Sobrado de Banguê nos dias atuais.



Fonte: Autor (2018)

Atualmente o casarão pertence à família de um de seus filhos, José Pessoa, já falecido, que reside em Mossoró/RN e suas terras foram ocupadas por famílias, onde lá construíram suas casas e fizeram seus lares. O Sobrado de Banguê atualmente recebe visitas de várias universidades, historiadores buscando descobrir a real história por traz de um Casarão tão bonito e que hoje está em ruínas.

3.2 DEFINIÇÃO DE ARGAMASSA

De acordo com a NBR 13281 (ABNT, 2001), a argamassa é uma mistura homogênea composta de agregados miúdos, aglomerantes inorgânicos e água podendo conter ou não aditivos ou adições, possui como propriedades principais capacidade de aderência e endurecimento. Uma de suas vantagens é que pode ser produzida em obra ou pode ser industrializada.

Em outras palavras as argamassas são constituídas por cimento ou cal, areia e água. Ao serem misturados possuem em um primeiro momento uma boa plasticidade, enquanto que, quando endurecidos possuem características de resistência e aderência (CARASEK, 2010).

Segundo Carasek (2010) as argamassas são utilizadas em diversas finalidades na construção civil, tendo como usos principais em assentamentos de alvenarias e nas etapas de revestimentos, como emboço, reboco ou revestimentos de camadas únicas de paredes e tetos, podem ser utilizados ainda em contrapisos para regularização de pisos, entre outros.

As argamassas possuem diversas funções, como a de unir as unidades de alvenaria e ajudá-las a resistir aos esforços, distribuir de maneira uniforme as cargas que atuam por toda área das unidades, absorver as deformações naturais a que a alvenaria está sujeita, selar as juntas contra a penetração de água da chuva, entre outras (MATOS, 2013).

3.2.1 Argamassa de Revestimento

Moraes (2011), define revestimento como sendo o recobrimento de uma superfície lisa ou áspera contendo uma ou mais camadas sobrepostas de argamassa em espessura uniforme capaz de receber uma decoração final.

Segundo a NBR 7200 (ABNT, 1998), as argamassas utilizadas para revestimentos são definidas como sendo a mistura de aglomerantes e agregados minerais, juntamente com a água, na qual possuem características de endurecimento e aderência, como as argamassas de assentamento.

Tais argamassas são aquelas nas quais compõem as vedações verticais dos edifícios, paredes internas e externas e fachadas, além de vedações horizontais como tetos de edificações. Possuem em geral, funções de regularização, acabamento e proteção do substrato onde são aplicadas, elementos de alvenarias e estruturas de concreto armado (MIRANDA, 2005).

Durante a sua produção deve atender diversas exigências, de forma a garantir que certas propriedades sejam obtidas, além de um bom desempenho na aplicação, qualidade e

durabilidade. As argamassas de revestimentos possuem diversas propriedades, tanto no estado fresco quanto no seu estado endurecido, como adesão inicial, consistência e plasticidade, retenção de água, resistência mecânica, entre outros.

As principais funções de um revestimento de argamassa são:

- Proteger os elementos de vedação dos edifícios da ação direta dos agentes agressivos;
- Auxiliar de forma a cumprir a função de vedação, como, o isolamento termo acústico, conforto higrotérmico (temperatura e umidade), resistência ao fogo, entre outros;
- Contribuir para manter a estanqueidade da parede, funcionando como uma barreira contra a penetração de água;
- Regularização da superfície dos elementos de vedação, servindo de base regular e adequada;
- Função estética de fachada (acabamento e decoração).

As camadas que compõem o revestimento de argamassas de paredes e tetos são definidas como:

- **Chapisco:** De acordo com a NBR 13529 (ABNT, 1995) chapisco é a camada de preparo da base, aplicada de forma contínua ou descontínua, com a finalidade de uniformizar a superfície quanto à absorção e melhorar a aderência do revestimento. O chapisco pode ser industrializado, rolado ou projetado, sua forma de aplicação pode ser de forma manual através de rolo de textura, colher de pedreiro, desempenadeira dentada ou projetado mecanicamente por meio de projetores de argamassa (SANTOS; DALLOGLIO, 2017).

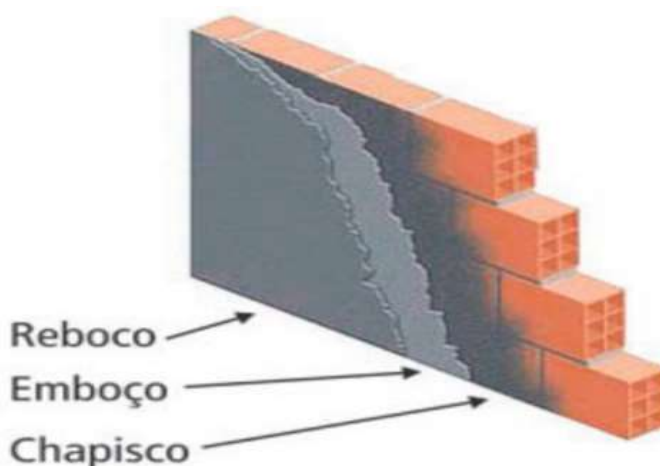
Uma de suas funções é melhorar as condições de aderência da primeira camada do revestimento ao substrato em situações críticas, vinculadas aos fatores citados abaixo:

- ✓ Limitações na capacidade de aderência da base: em algumas situações a superfície na qual será aplicado o chapisco é muito lisa ou apresenta uma porosidade inadequada.
- ✓ Revestimentos sujeito a ações de maior intensidade: são em geral os revestimentos externos e revestimentos de tetos.
- **Emboço:** 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 (NBR 13529, 1995). É considerado uma etapa muito importante do processo de revestimento, pois possui a função de

permitir a vedação e alinhamento das paredes. Uma das suas formas de aplicação é a possibilidade de ser aplicado diretamente na parede, sem que haja a realização do chapisco, porém essa prática não é aconselhável. Usualmente sua aplicação ocorre depois que o chapisco atingiu seu tempo de pega, e é necessário que a superfície esteja úmida, o que facilitará a aderência do reboco (SANTOS; DALLOGLIO, 2017).

- **Reboco:** é uma camada de revestimento utilizada para cobrir o emboço proporcionando uma superfície que permita receber o revestimento decorativo ou ainda pode constituir o acabamento final. O reboco deve ter uma espessura suficiente capaz de ser contínua e íntegra, e tal espessura não pode ultrapassar 5,0 mm. No revestimento o reboco se comporta como um elemento que confere textura para a superfície final das diversas camadas, sendo a pintura aplicada diretamente sobre ele. Visto isso, o mesmo não poderá apresentar fissuras, principalmente em aplicações externas (SANTOS, 2011). A fim de impedir alguns problemas como, por exemplo, sua secagem rápida, o reboco deverá ser protegido dos locais mais expostos à ação de alguns intemperes (sol e vento). Deve apresentar ainda uma superfície rasa sem qualquer empenamento (SANTOS; DALLOGLIO, 2017). A Figura 4, mostra as camadas de revestimentos citadas.

Figura 4 - Camadas do Revestimento argamassado.



Fonte: Santos; Dalloglio (2017)

- **Camada de massa única:** Também conhecida como emboço paulista, é definida como um revestimento no qual se é executado apenas uma única camada. A mesma deverá ser executada de forma a atender as funções do emboço e reboco, promovendo a regularização da base e o acabamento final (SANTOS, 2011).

3.3 ARGAMASSAS DE REVESTIMENTOS ANTIGOS

No Brasil, investigar as argamassas antigas que possuem um valor histórico sugere que sejam indagadas questões como, sua vida útil, quais matérias primas utilizadas, qual processo de fabricação dessas argamassas, qual a proporção utilizada e sobre tudo as técnicas que foram empregadas (RODRIGUES, 2013).

As argamassas utilizadas para revestimentos em edifícios antigos eram compostas principalmente de água, cal aérea e agregados finos, como areia e fragmentos de material cerâmico e também eram utilizadas adições minerais e orgânicas (RODRIGUES, 2004).

A utilização da argamassa a base de cal se deu em torno de 12 000 anos em Nevoli Çori, conhecida atualmente como Turquia. 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 (MARGALHA, 2011).

Na época as argamassas à base de cal demonstraram um enorme progresso, visto que sua utilização vinha a substituir a lama e barro misturado com água que eram utilizados anteriormente. Além disso a cal passou a promover melhor versatilidade, aplicabilidade, resistência e durabilidade, devido às suas reações químicas.

Logo após, por volta do século XV a.C os Egípcios começaram a utilizar o gesso juntamente com a cal aérea na produção das argamassas. Já os Gregos descobriram que a queima da pedra calcária antes da mistura com água e areia resultava um material mais durável do que aquele produzido sem que a cal estivesse queimada. Logo, resultou no surgimento de novas técnicas de construção, uma vez que o novo produto, utilizando a cal calcinada se permitia ser utilizado em ambientes marinhos e fluviais, e até mesmo embaixo da água (ROSA, 2016).

Conferiu-se então aos gregos as primeiras utilizações de cal calcinada, para argamassa de revestimento. A argamassa era produzida com as cinzas da erupção do vulcão Thera na ilha de Santorini, que eram adicionadas na argamassa de cal em proporções adequadas. Essa nova argamassa revelou ser de grande qualidade e resistência, apesar das suas boas propriedades ainda se tinha seu uso limitado (ROSA, 2016).

A partir do surgimento desse novo tipo de argamassa os Romanos melhoraram as técnicas de produção da argamassa para que elas obtivessem a capacidade de endurecimento quando misturadas com água. A areia ou rocha vulcânica foi um dos materiais adicionados na argamassa pelos romanos. Esta 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).

Devido ao local onde essas areias eram retiradas deu-se origem as pozolanas, que eram os aditivos como pó ou fragmentos de tijolos. As pozolanas tem em sua composição sílica, alumina e cálcio, e promove a argamassa uma grande resistência mecânica e menor porosidade, isso porque ao reagir com hidróxido de cálcio forma silicatos de cálcio (ALVAREZ, SEQUEIRA e COSTA, 2005).

Durante toda a Idade Média a argamassa à base de cal continuou a ser utilizada e foi passada de geração em geração, por meio da transmissão oral. Até o século XIX ela foi utilizada na construção de edifícios, logo depois veio o surgimento do cimento Portland, que passou a ser o principal constituinte da argamassa devido apresentar propriedades mecânicas superiores.

Assim a argamassa à base de cal logo foi substituída pela à base de cimento Portland. Portanto, considera-se que argamassas antigas são aquelas que não se utiliza cimento na sua composição, ou seja, são aquelas que vieram antes do século XIX.

3.3.1 Constituintes das argamassas antigas

Segundo Gomes (2000) o uso de aglomerantes, como a cal, a argila e o gesso, em argamassas é muito antigo, não sabe-se ao certo o tempo pela qual o homem passou a utilizá-los. No entanto sabe-se que estes materiais foram os percussores na criação de um material sólido quando unidos, a argamassa.

Estudar os constituintes é de extrema importância, uma vez que estes são responsáveis pelas propriedades das argamassas. A escolha, proporção, mistura e execução dos constituintes tem um papel fundamental e está relacionado diretamente ao seu desempenho (RODRIGUES, 2013).

Os revestimentos antigos de paredes exteriores eram constituídos por uma argamassa à base de cal aérea e areia, tendo como acabamento uma pintura de cal ou barramentos. Já os revestimentos interiores apresentam composição similar possuindo também em sua constituição o gesso (VEIGA, 2006).

Margalha (2011) define argamassa como sendo o produto resultante da mistura de um ligante com um agregado e água, e que possuem propriedades aglutinantes. Margalha (2011) define ainda que os ligantes têm como principal função ligar ou aglomerar outros materiais como, a areia. Estes contribuem para o endurecimento da pasta.

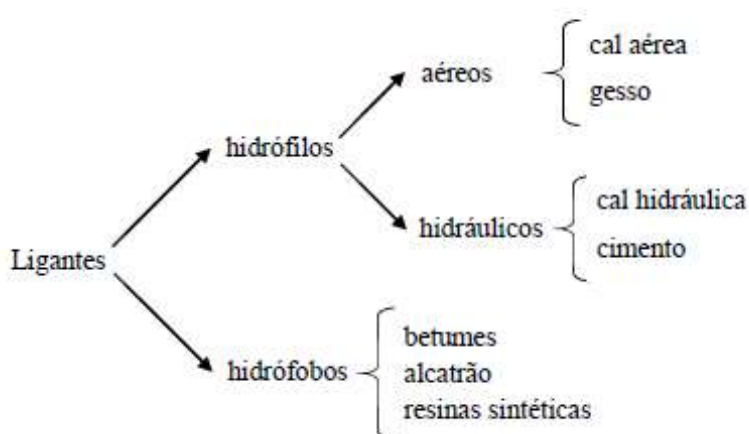
Os agregados se comportam como o esqueleto da argamassa, por isso se deve ter muito cuidado quanto as suas características como, dureza, granulometria, porosidade entre outros. Os aditivos são utilizados para melhorar algumas das propriedades ou conferir a argamassa uma propriedade estipulada. A água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

3.3.1.1. Aglomerantes

Aglomerantes são materiais pulverulentos capazes de se hidratarem quando em contato com a água formando uma pasta resistente capaz de aglutinar agregados, dando origem às argamassas e concretos. Tal mistura forma uma pasta com capacidade de se manter plástica para ser trabalhada até atingir o tempo final de cura. Essa mistura apresenta propriedades de coesão e resistência (ROSA, 2016).

Os aglomerantes possuem uma classificação em função da necessidade ou não de água para o endurecimento da mistura, como mostra a Figura 5. Portanto, este é classificado em hidrófilos e hidrófobos. Os hidrófilos são aqueles que possuem uma afinidade com a água formando uma mistura que endurece ao passar algumas horas. Já os aglomerantes hidrófobos, não necessitam de água para que ocorra o endurecimento da mistura (ROSA, 2016).

Figura 5 - Classificação dos Aglomerantes.



Fonte: Paulo (2016)

Os aglomerantes podem ainda ser classificados como orgânicos e inorgânicos. Os orgânicos apresentam uma composição formada apenas de carbonato, são exemplos, as resinas

e o betume (asfalto). Já os inorgânicos são aqueles que possuem uma composição básica de silício (Si), cálcio (Ca) e alumínio (Al), são exemplos a cal, o gesso, o cimento Portland e outros cimentos.

Os aglomerantes hidrófilos inorgânicos são divididos em aéreos e hidráulicos, estes são solúveis em água. Os aglomerantes hidrófilos inorgânicos hidráulicos possuem algumas características como, serem resistentes à ação da água, exemplo a cal hidráulica. Já os aglomerantes hidrófilos inorgânicos aéreos são menos resistentes a ação prolongada da água, endurecem em contato com o ar, são exemplos a cal virgem e hidratada (MEHTA e MONTEIRO, 2008).

Nas argamassas antigas era usualmente utilizada, a cal, que é um dos ligantes mais antigos. O primeiro uso da cal se deu pelos gregos que misturavam areia com pozolanas. No entanto, foram os romanos que mais utilizaram cal junto com a pozolana.

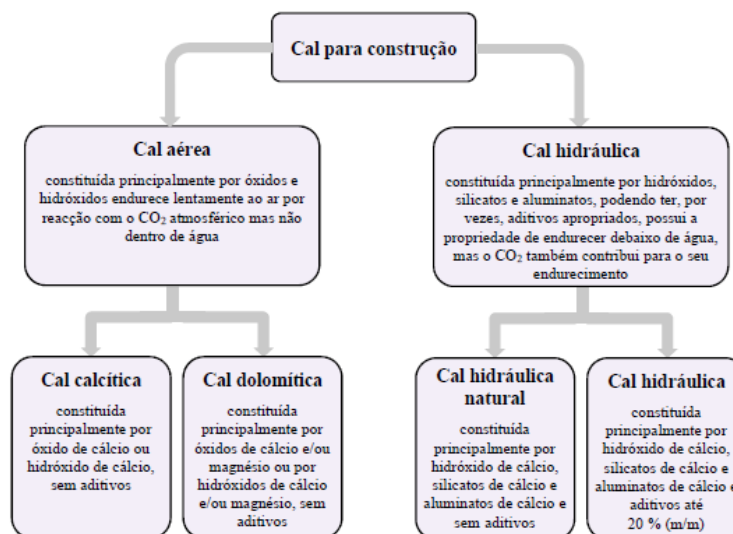
3.3.1.1.1 Cal

Considerado um dos materiais mais antigos da construção, a cal é um material dividido em dois tipos dependendo matéria-prima aplicada na sua fabricação e do procedimento de queima. As cales podem ser provenientes da queima de conchas ou de corais, ou de rochas carbonárias, que podem ser formadas de calcita (carbonato de cálcio) ou dolomita (carbonato de cálcio e magnésio) ou ainda Magnesita (carbonato de magnésio) (SOUSA, 2014).

Na argamassa, a cal ocupa cerca de 20% do volume da argamassa pronta, já os agregados compõem cerca de 80%. Considerando argamassas históricas a cal é responsável pela trabalhabilidade e elasticidade das argamassas, enquanto os agregados contribuem para melhorar as propriedades mecânicas (MOTTA, 2004).

Existem alguns tipos de cal para a construção, elas podem ser aéreas, gordas ou magras, dolomita ou calcita, ou pode ser hidráulica. Elas são classificadas de acordo com a função de constituição (Figura 6).

Figura 6 - Classificação da Cal segundo sua função.



Fonte: Rosa (2016)

- **Cal Aérea**

As cals aéreas podem ser de origem calcita ou dolomita e apresenta em sua composição principalmente óxidos de cálcio e ou de magnésio e/ou hidróxidos de cálcio e/ou de magnésio, que endurece lentamente por exposição ao ar, mas não quando em contato com a água. Dependendo do seu processo de obtenção podem existir na forma de cal viva (óxidos) ou de cal apagada (hidróxidos) (ROSA, 2016).

A cal aérea é obtida a partir da decomposição térmica de rochas calcárias com elevado grau de pureza, sendo 5% o teor máximo de impurezas permitidas em uma rocha. A cal calcítica é designada quando o principal composto dessas rochas (teor mínimo de 95%) for o carbonato de cálcio (CaCO_3). Quando for o caso da rocha apresentar o carbonato de cálcio e magnésio ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), diz-se que a rocha é dolomita, obtendo-se assim a cal dolomítica (COELHO, 2009).

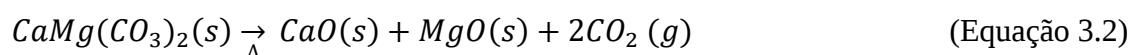
A cal apresenta características próprias que são diferenciadas a partir do teor de impurezas presentes nos calcários. Estas definem se a cal produzida é gorda ou magra. Considera-se uma cal gorda quando a rocha inicial é muito pura (teor mínimo de 99 % em carbonatos), tornando-a facilmente trabalhável e bastante macia, apresentando-se na cor branca. Já se os calcários utilizados apresentarem teores de argila e de outras impurezas entre 1 e 5%, a cal é considerada magra, sua cor é acinzentada e não é tão trabalhável e macias quanto as gordas (ROSA, 2016).

Segundo Margalha (2011), o processo de obtenção da cal aérea se inicia com a calcinação dos calcários, em fornos, a temperaturas que vão em torno de 800 a 1000 °C. Na

primeira etapa do processo a rocha libera a água que possui e o carbonato de cálcio começa a se decompor quando atinge a temperatura de 900 °C, esse processo é conhecido como fenômeno endotérmico (Equação 3.1).

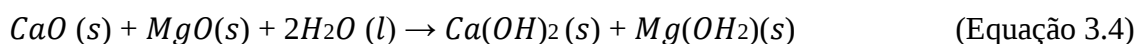


Se a rocha for dolomítica, ou seja, apresenta magnésio em sua composição, haverá uma redução da temperatura de calcinação para os 400 – 500°C, essa redução é proporcional a quantidade de magnésio presente, ou seja, quanto maior essa quantidade, menor será a temperatura, se decompondo pelo processo endotérmico semelhante as rochas cálcicas (Equação 3.2).



Os óxidos provenientes da calcinação correspondem aos constituintes principais do material, conhecido por cal viva. A cal viva possui característica como, se apresenta em estado sólido e cor branca, na forma de pó ou de blocos com grandes dimensões e é extremamente reativa com água, o que contribui para seu manuseio ser altamente perigoso (MARTINS, 2010).

Devido a tamanha periculosidade faz-se necessário que antes da cal viva ser usada como material de construção, ela reaja com a água afim de produzir os hidróxidos que se designa por cal apagada. Com temperaturas maiores que 100°C se caracteriza por uma reação exotérmica (MARTINS, 2010). As equações representam os fenômenos para cal calcítica (Equação 3.3) e cal dolomítica (Equação 3.4).



O processo de carbonatação da cal é muito lento e pode demorar anos, ocorrendo de fora para dentro da argamassa a partir da superfície exterior. A cal dolomítica hidrata de uma forma mais lenta do que a cal cálcica. O endurecimento das cais aéreas acontece pela reação lenta com o dióxido de carbono presente na atmosfera, CO₂, retornando a rocha inicial, carbonato de cálcio ou de magnésio. Este processo lento de endurecimento é um dos principais motivos para

que as indústrias de materiais de construção não invistam na sua fabricação e na sua utilização. (MARGALHA, 2011).

- **Cal Hidráulica**

Segundo Martins (2010), a cal hidráulica é um ligante obtido de rochas calcárias impuras, que contém uma porcentagem de argila que varia de 8 a 20%. O hidróxido de cálcio (resultante do carbonato de cálcio) é o predominante na composição, além de conter silicatos de cálcio e aluminatos de cálcio, estes devido à argila. Uma vantagem da cal hidráulica é que ela possibilita a obtenção de propriedades mecânicas mais elevadas, bem como uma melhor trabalhabilidade e um bom acabamento final.

Ainda que esse tipo de cal tenha como parte da evolução de endurecimento a reação de carbonatação do hidróxido de cálcio com o dióxido de carbono atmosférico, ao contrário da cal aérea, essa cal possui a propriedade de endurecimento sob a água, por isso é considerada um ligante hidráulico. A cal hidráulica pode ser considerada como cal hidráulica natural, se esta for originada apenas da cozedura de margas, sem adição de outro material, ou ainda pode ser chamada de cal hidráulica artificial, no caso se houver a adição de outro material até 20% (SOUSA, 2014).

A cal hidráulica é produzida em diversas etapas, a partir das cozeduras da pedra calcária em fornos. Primeiramente acontece a desidratação da argila, quando submetida a temperaturas que variam entre 500°C – 700°C atingida a temperatura de 850°C o carbonato de cálcio começa a se decompor gerando o óxido de cálcio, que é denominada cal viva. Em seguida, quando a temperatura está em torno dos 1000°C – 1100°C uma parcela do óxido de cálcio formado começa a reagir com a sílica (SiO₂) e alumina (Al₂O₃-3CaO), equações 3.5 e 3.6, respectivamente. Resultando em uma mistura de silicatos, aluminatos e óxidos de cálcio, que não reagiram (MARGALHA, 2011).



No entanto, essa cal viva precisa ser extinta, formando o Ca(OH)₂ (Equação 3.3), para evitar os riscos de seu manuseio e causar a pulverização do material. Esta extinção deve ser feita por aspersão, atentando para a utilização do mínimo possível de água, uma vez que, se esta

estiver em excesso irá reagir com os silicatos e aluminatos, causando um rápido endurecimento. Caso a extinção não seja feita corretamente pode provocar danos no revestimento por expansão do óxido de cálcio (CaO), quando forma o hidróxido de cálcio, Ca(OH)_2 .

Em relação ao processo de endurecimento, este é misto, ou seja, uma parte do endurecimento é hidráulico e outra parte é aéreo. Os silicatos e aluminatos de cálcio endurecem na presença de água e a cal hidráulica endurece por reação com o dióxido de carbono-carbonatação. Atualmente os processos de fabricação são mais modernos. A extinção é feita em tambores rotativos com um mínimo de água sob vapor, para evitar erros (MARGALHA, 2011).

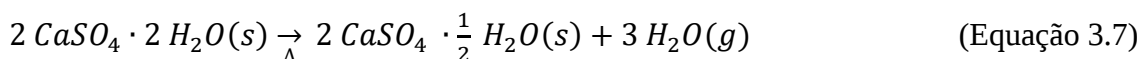
3.3.1.1.2 Gesso

Utilizado desde a antiguidade, o gesso é um aglomerante de origem mineral, obtido a partir da calcinação da gipsita em temperaturas em torno de 150°C e pertencente à família dos ligantes aéreos. É um tipo de aglomerante que possui em sua composição a mistura de sulfatos de cálcio (anidro e com graus diferentes de hidratação). O gesso é encontrado na natureza em terrenos sedimentares na forma de minerais, sendo os principais anidrite (sulfato de cálcio anidro, CaSO_4) e gipsita também chamada somente de gesso (sulfato de cálcio di-hidratado, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) (MARTINS, 2010). Usualmente chamado de gesso natural, a gipsita é uma rocha sedimentar de origem química e salina.

No gesso pode-se encontrar ainda outras impurezas como alumina, sílica, óxidos de ferro, carbonatos de cálcio e magnésio. O gesso é obtido através do processo de extração, moagem e calcinação da gipsita. A calcinação é o processo de aquecimento na qual a gipsita é desidratada. A temperatura na qual ocorre o processo de calcinação do gesso é em torno de 150°C não ultrapassando os 300°C , tornando-o assim um aglomerante de baixo consumo de energia (SILVA, 2008).

Depois que ocorre a calcinação o gesso é triturado e é submetido a tratamento térmico, dando origem a diversos produtos, com diferentes graus de hidratação e propriedades, de acordo com a temperatura de cozedura.

A desidratação da gipsita ocorre a temperatura da ordem de 150°C e forma-se o sulfato de cálcio semi-hidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$), conhecido como gesso Paris ou gesso rápido (mais utilizado na construção civil), de acordo com a Equação 3.7 que mostra a reação endotérmica ocorrida (ROSA, 2016).



Quando a temperatura alcança a ordem de 170°C – 250°C, dar-se origem ao sulfato de cálcio anidro, este endurece rapidamente quando entra em contato com a água. Dando continuidade ao aquecimento outro produto é obtido no intervalo de 400°C – 600°C, o sulfato de anidro que é insolúvel em água.

O gesso hidráulico somente é obtido em temperaturas maiores que 1000°C, diante da decomposição do sulfato de cálcio anidro em óxido de cálcio e trióxido de enxofre é o gesso hidráulico (Equação 3.8), onde a cal é a responsável pelo endurecimento lento.



O gesso tem sua utilização garantida na construção civil, devido as suas diversas propriedades, tais como, pega e endurecimento rápidos, boa plasticidade, obtenção de superfícies lisas após endurecida, estabilidade volumétrica, bom isolamento térmico, absorção de energia acústica, dentre outras (SILVA, 2008).

3.3.1.2 Agregados

Segundo Godinho (2014), o agregado é um material composto por partículas com formas e volumes diferentes. É na maioria das vezes, o elemento presente em maior porcentagem nas argamassas. Sua função é diminuir a retração, melhorar a compacidade, a impermeabilidade e a resistência mecânica da argamassa. Como componente da argamassa, possibilita estabilidade volumétrica e melhora o comportamento mecânico, ocasionando a diminuição dos vazios presentes na mistura.

Os agregados têm também a função de enchimento devido serem materiais poucos porosos, na qual vai permiti que a argamassa obtenha coesão através da ligação dos agregados com os aglomerantes para assim se tornarem um composto sólido, com boa dureza e resistência. O agregado mais utilizado na composição das argamassas é a areia quartzosa, com origem de rio, cavas, britagem, resíduo, areia de praia ou dunas, erosão de rochas e sedimentação mineral, e, por conseguinte, com reações resultantes dos compostos variáveis (RODRIGUES, 2013).

Os agregados podem ser classificados quanto a sua origem (natural, industriais ou reciclados), as dimensões das partículas (fino ou grosso) e quanto ao seu peso específico aparente (leves, média/normal, pesado).

Para um bom desempenho das argamassas de cal deve-se levar em consideração alguns fatores importantes em relação aos agregados como, sua origem mineralógica e a distribuição de tamanho dos grãos. A areia indicada para que se alcance bons comportamentos e durabilidade é aquela que apresenta uma grande variedade de grãos para garantir melhor compactação, elevada resistência e uma mineralogia que proporcione uma boa conexão com a cal.

Segundo Rodrigues (2013) a composição granulométrica e o tipo do agregado possuem grande influência na trabalhabilidade e na retenção de água, uma vez, que são propriedades que conferem aderência da argamassa com o substrato e que, conseqüentemente influenciam na resistência e nas propriedades mecânicas da argamassa.

Em argamassas consideradas históricas, ou seja, antigas o material mais utilizado como agregado era a areia que geralmente podiam ser de origem natural de rio, jazidas ou mesmo de conchas, tijolos, pedras e outras fontes. Nas argamassas a base de cal, as propriedades granulométricas da areia e seu tipo irão influenciar na textura, cor, resistência, porosidade e outros aspectos das argamassas, por esse motivo a escolha da areia para ser aplicada na argamassa em caso de uma possível reconstituição deve ser cautelosa, uma vez, que influencia na aparência do edifício, textura, porosidade, resistência mecânica, além da qualidade e durabilidade da intervenção (KANAN, 2008).

A cal aérea, quando submetida a carbonatação, ocorre uma reação exotérmica, e esta provoca fissuração por retração devido a ocorrência de dilatação. Visto isso, os agregados entram com a função de incorporar através, da areia as argamassas de cal aérea, contribuindo para uma possível retração da pasta de cal apagada, assim dividindo-se em frações pequenas e possibilitando a entrada de ar necessário para a carbonatação (SILVA, 2008).

Os agregados podem ter em sua composição minerais de natureza pozolânica, como a sílica amorfa (SiO_2) e alumina (Al_2O_3) natural (terra, argila) ou artificial (pó de tijolo ou telha). É necessário que se observe bem a composição da areia utilizada, pois esta muitas vezes pode conter algumas impurezas que pode afetar sua propriedade e causar algum tipo de manifestação patológica, por isso se deve retirar todas as impurezas (RODRIGUES, 2013).

3.3.1.3 Aditivos

Os aditivos estão cada vez mais sendo utilizados na produção de argamassas e a sua utilização tem como finalidade principal reforçar suas propriedades. Também conhecidos por adjuvantes, os aditivos são materiais orgânicos ou inorgânicos que se adicionam, finamente moídos, às argamassas, sendo que a quantidade a ser adicionada não pode ultrapassar 10% da massa total do ligante (GODINHO, 2014).

A função principal dos aditivos é melhorar a trabalhabilidade, acelerar ou retardar a pega da argamassa, controlar as retrações, a absorção, acelerar o endurecimento, aumentar consideravelmente a resistência, diminuir a permeabilidade aos líquidos, aumentar a aderência ao agregado e produzir argamassas leves (GODINHO, 2014).

Segundo Kanan (2008), os adjuvantes orgânicos podem ser encontrados tanto nas argamassas de cal quanto nas tintas à base de cal. Nas argamassas produzida no passado eram utilizados constituintes orgânicos, como, por exemplo, polissacarídeos (mucilagem vegetal), proteínas (caseína do leite, clara de ovo), óleos animais (peixe etc.), vegetais (linhaça) e gorduras (sebo). Costumava-se utilizar também fibras vegetais (palhas) e de animais (crina, estrume).

Quanto aos aditivos inorgânicos, ressalta-se a utilização de materiais pozolânicos, podendo ser de origem natural, na qual eram originados por meio de erupções vulcânicas ou de argilas cozidas naturalmente pela lava, ou de origem artificial, que são subprodutos industriais, como é o caso de cinzas resultantes da combustão da hulha ou material cerâmico moído, proveniente, por exemplo, de telhas ou tijolos. Os materiais pozolânicos tem função de modificarem a pega, a cura e outras propriedades das argamassas a base de cal (ROSA, 2016).

É muito difícil especificar quais os aditivos mais utilizados em argamassas produzidas na antiguidade, o que se sabe é que o uso deste eram baseados em conhecimento empírico da época, uma vez, que não havia qualquer explicação química detalhada que mostrasse as consequências da adição de determinado produto. O pouco que se sabe é que eram muito utilizados adjuvantes, como cabelo e palha, para reforçar a argamassa, sangue e outros líquidos orgânicos, como sumos de frutas, para melhorar propriedades como, a consistência, a trabalhabilidade ou a hidrofugação (MARQUES, 2005).

3.3.1.4 Água de Amassamento

Além dos constituintes já citados anteriormente, para preparação da argamassa é necessário também a utilização da água, esta é adicionada aos demais materiais com a finalidade de assegurar a aglutinação dos diversos componentes da argamassa no estado fresco, de forma a garantir a consistência necessária à sua aplicação, e posteriormente contribuindo para a fase de endurecimento. A quantidade de água utilizada (relação água/aglomerante) é bastante relevante, uma vez que ela influencia diretamente nas propriedades e características da pasta como na sua trabalhabilidade, no melhor manuseio e aplicação, e também no processo de carbonatação (KANAN 2008).

A água é um elemento importante e fundamental para que as reações de hidratação ocorram e para promover a ligação entre o ligante e o agregado. Por isso a água a ser utilizada não deverá conter impurezas, principalmente sais minerais e matéria orgânica pois essas podem alterar as propriedades da argamassa (GODINHO, 2014).

3.3.2 Função das argamassas antigas nas alvenarias históricas

Segundo Hughes (2012) *apud* Sousa (2014), a alvenaria é composta por elementos, tijolos, pedra, etc e argamassa, que quando combinados formam elementos de alvenaria: paredes, arcos, pisos e colunas. Desta forma, as argamassas têm cumprido um papel fundamental na alvenaria desde muitos anos, sendo assim necessária compreendê-las, para manutenção eficaz e para assegurar a durabilidade futura da edificação.

As diversas funções exercidas pelas argamassas à base de cal nas alvenarias tradicionais são de extrema importância, pois estas colaboram com a aparência e a conservação do edifício. Visto isso, é a argamassa que tem a capacidade de absorver os impactos do ambiente, impedindo a degradação da alvenaria. Sendo assim, pode-se dizer que as argamassas atuam como uma camada de sacrifício, se degradando mais rápido que o substrato (SOUSA, 2014).

De acordo com Kanan (2008), as diversas funções das argamassas exigem características específicas:

- Argamassas de assentamento: exercem função estrutural;
- Argamassas de rejuntamento: desempenham as funções de proteção ao ar e à água e decoração;
- Argamassa de revestimento externo: protegem das ações externas;

- Argamassas de revestimento interno: cumprem funções estéticas, de conforto e decorativas;
- Argamassas decorativas: em estuques, proporcionam proteção e acabamento aos elementos arquitetônicos e às superfícies;
- Argamassas de assentamento de azulejos: exercem a função de colagem.

3.3.3 Caracterização das argamassas antigas

Com o avanço acelerado dos materiais de revestimento, muitos pesquisadores consolidaram os estudos sobre a caracterização de argamassas antigas, na qual está relacionado com a preservação do patrimônio cultural, sendo necessário o conhecimento da argamassa original para realizar possíveis intervenções e conservação da edificação. A caracterização dessas argamassas se destaca pela importância de se conhecer alguns aspectos relevantes como, registro histórico, avaliação do estado de degradação da argamassa e ainda, seleção e formulação de argamassas de reparos compatíveis (SOUSA, 2014).

Realizar a caracterização das argamassas antigas são imprescindíveis, levando em consideração as técnicas de execução, da constituição e de avaliação do seu estado de conservação, para uma possível intervenção de conservação. A caracterização fornece importantes informações sobre a história das edificações, a época em que foi construída e o contexto da sua construção. Além disso, é preciso compreender a composição e mineralógica, a textura, a microestrutura e a distribuição do tamanho dos grãos, para gerar um produto final de efetiva conservação (KANAN, 2008).

Ainda assim, realizar a caracterização das argamassas antigas é um processo complexo, visto que as argamassas passam por uma série de transformação ao longo do tempo, como a evolução nos processos de cristalização, deterioração e recristalização, podendo haver uma alteração, desgaste e deterioração dos seus componentes, de tal maneira que se torna difícil determinar qual aglomerante utilizado (GODINHO, 2014).

Existem alguns métodos de análise que permite conhecer a constituição das argamassas antigas, definir a sua função, encontrar diferenças na sua composição e também pode-se determinar a natureza de interações químicas entre os seus constituintes (GODINHO, 2014). Esse tipo de argamassa pode ser analisada através das seguintes tecnologias: difração de raios X (DRX); análise termogravimétrica (ATG); microscopia óptica (MO); microscopia eletrônica de varredura acoplada à espectroscopia de raios X por dispersão de energias (MEV-EDS);

espectrofotometria de absorção atômica (EAA); potenciometria; gravimetria; absorção de água por capilaridade; resistência mecânica e porosimetria de intrusão de mercúrio, etc

3.3.3.1 Técnicas de Caracterização de argamassas antigas

Quando se tem a intenção de caracterizar uma argamassa antiga deve-se atentar para os diversos fatores a serem levados em conta na hora da análise, como a distinção da qualidade e natureza dos materiais que a compõem, a observação da proporção em termos percentuais de cada um dos constituintes, a gradação dos agregados e o tipo de aditivo; tais características são importantes e influenciam de forma significativa no comportamento de uma argamassa. Por tais motivos devem-se escolher várias técnicas que forneçam informações sobre cada aspecto citado anteriormente (MARQUES, 2005).

Afim de conhecer os constituintes das argamassas históricas, ou seja, proporções de aglomerante (cal) e agregado (areia), é preciso que se utilize amostras íntegras e representativas das argamassas antigas de revestimentos, incluindo ou não aqueles que apresentam pinturas de acabamento (KANAN, 2008).

Na caracterização das argamassas existem algumas etapas a serem seguidas, a primeira é observar e realizar uma avaliação preliminar do estado de conservação do edifício e da natureza da argamassa. É necessária que seja feita uma inspeção visual das áreas por meio de instrumentos simples, como lupas, para obter informações completas acerca das amostras. A segunda etapa tem por finalidade determinar as informações analíticas das argamassas. É realizado análises mais avançadas, com ensaios em laboratórios, para se determinar as características físicas e mineralógicas (KANAN, 2008).

Entre as técnicas que têm sido mais utilizadas na caracterização de argamassas antigas e em argamassas de reconstituição, estão:

3.3.3.1.1 Difração de raio X (DRX)

Considerada uma das técnicas mais importantes na caracterização mineralógica da argamassa, a análise por difração de raio - X é considerado um método não destrutivo, que permite identificar os minerais ou as fases cristalinas que se encontram na amostra. É um meio de se obter informações sobre compostos cristalinos presentes, proporcionando caracterizar o

tipo de ligante e agregados que foram utilizados e detectar possíveis materiais pozolânicos (ROSA, 2016).

Esta técnica baseia-se na propriedade que os raios - X, radiação eletromagnética com comprimento de onda da mesma ordem de grandeza das distâncias interatômicas dos materiais em análise, têm de serem difratados pela matéria cristalina, segundo orientações bem definidas.

Alguns materiais, quando em estado sólido possuem átomos com diferentes arranjos geométricos, mas isso depende da natureza de cada átomo presente e o tipo de ligação atômica possível. Tais arranjos podem formar uma matriz periódica que se repete ao longo de grandes distâncias atômicas, dando origem a um padrão tridimensional recorrente, onde os átomos estão estruturados em planos cristalinos (RODRIGUES, 2013).

Segundo Callister (2006), o número de planos cristalinos possíveis, e as distâncias medidas em termos de comprimento de onda são próprias de cada material, sendo elas obtidas por meio do equipamento DRX. O método de análise DRX é estabelecida basicamente pela relação entre o ângulo de incidência da radiação e a distância interplanar característica de cada fase cristalina ocorre segundo a Lei de Bragg (Equação 3.9).

$$n\lambda = 2d \sin \theta \quad (\text{Equação 3.9})$$

Onde:

λ = comprimento de onda do raios-X incidente

d = distância interplanar

θ = ângulo de incidência

n = número inteiro de comprimento de onda

Dessa maneira, é provável distinguir os tipos de agregados como a areia, aglomerantes como gesso e também as argamassas de cimento, mistas ou de cal.

3.3.3.1.2 Análise química

O objetivo dessa técnica é obter as proporções mais imediatas do agregado e do aglomerante. Este procedimento é realizado por meio da dissolução da argamassa em solução ácida, para relacionar quantitativamente o aglomerante e o agregado, obtendo-se duas frações diferentes, sendo uma solúvel formada por aglomerante e outra insolúvel formada por agregado (MOTTA, 2004; SOUSA, 2018).

Segundo Kanan (2008), este método de análise é baseado na dissolução dos componentes constituídos de carbonato de cálcio ou magnésio (CaCO_3 ou MgCaO_3) em ácido clorídrico (HCl 14%). O aglomerante pode ser encontrado pela diferença de peso total da argamassa menos o peso da areia e dos finos não solúveis no ácido. Este ensaio pode ainda determinar as características físicas da areia e também a sua granulometria, o que pode contribuir para se formular novas argamassas de constituição.

A desvantagem desta técnica é além da dissolução do aglomerante ao ser submetido ao ataque ácido, existem alguns agregados que possuem partes solúveis, o que pode superestimar a proporção de um deles, como também não identificando os aditivos orgânicos (KANAN, 2008).

3.3.3.1.3 Análise Granulométrica

Considerada uma das técnicas mais importantes, a análise granulométrica dos agregados é bastante utilizada na caracterização de argamassas históricas e principalmente em obras de restauro. O fato dela ser muito utilizada é devido a infinidade de informações que ela fornece acerca do percentual dos diâmetros dos grãos na distribuição analítica dos agregados existente na argamassa (GODINHO, 2014).

Embora seja uma técnica de simples análise que não necessita de equipamentos complexos, possui grande relevância para a investigação de argamassas antigas, uma vez, que a granulometria dos agregados influencia diretamente na composição de uma argamassa de reconstituição.

Apesar da facilidade de realização do ensaio, a técnica possui uma limitação quando se trata da análise das argamassas históricas, essa limitação se dá pelo fato da quantidade de material ser mínima possível, pois a extração de amostras em prédios antigos é limitada. Nas argamassas antigas são utilizadas as peneiras de 0,15 mm (150 μm) a 4,75mm referente a agregado miúdo, como indicadas na NBR NM 248 (ABNT, 2003).

3.4 ESTADO DA ARTE – CARACTERIZAÇÃO DAS ARGAMASSAS ANTIGAS

Para a manutenção das edificações históricas é preciso que se conheça a composição das argamassas originais e suas propriedades. Atualmente diversas pesquisas vêm sendo feitas afim de identificar as argamassas de monumentos históricos com a finalidade de desenvolver uma argamassa compatível para a restauração dessas edificações.

Sousa (2014) caracterizou as argamassas do grupo escolar Augusto Severo/RN, por meio da análise visual e laboratorial, FRX, DRX, TG/DTG e MEV-EDS. A partir desses resultados Sousa (2014) concluiu que todas as amostras coletadas são à base de cal, de natureza calcítica, e agregado silicoso, com presença de argila em duas amostras. Das 4 amostras coletadas, duas são compostas por cal, areia e argila e duas por cal e areia. Foi definido também a relação aglomerante/agregado de cada amostra, sendo que os traços encontrados foram 1:4 e 1:2 coerentes com o esperado para argamassas à base de cal.

Godinho (2014) realizou a caracterização das argamassas do centro de Viseu, onde foram coletadas doze amostras pertencentes a quatro edifícios distintos da região, os ensaios realizados foram o de granulometria, azul de metileno, ensaio de compressão e análise SEM/EDS. Por meio das análises concluiu-se que a constituição média das amostras do Ed.1 e Ed.2 eram constituídas de uma fração fina (silte e argila) e de uma fração média (areia e seixo). Enquanto nas amostras do Ed.3 e Ed.4 a sua constituição é variável, visto que a terra utilizada antigamente em argamassas era provavelmente de origem local. No Ed.3 as amostras que constituem o edifício são argamassas com cerca de 90,5% de fração média. Já a amostra do Ed.4 concluiu-se que é composta por argila e silte comprovado pelo ensaio de azul-de-metileno, confirmou-se ainda a presença de partículas de argila.

Rosa (2016) caracterizou nove amostras de argamassas do conjunto monumental conhecido como Convento de Cristo, localizado em Tomar. Foram realizados análise química por via úmida, difração de raios X, análise térmica, espectrometria de absorção atômica e espectroscopia de infravermelho. Os resultados obtidos permitiram identificar que as argamassas eram ricas em cal aérea de origem calcítica e areias de natureza quartzítica, não sendo encontrado nenhum material de origem pozzolânica. Os traços encontrados foram 1:1, 1:2, 1:3 e 1:7 correspondendo a valores dentro do esperado na pesquisa.

O trabalho desenvolvido por Rodrigues (2013) teve como objetivo estudar as características físico-químicas das argamassas das ruínas de São Miguel Arcanjo/RS, para observação e identificação das cales utilizadas na época. As técnicas de caracterização utilizadas foram Difração de Raios-X (DRX), Espectroscopia de Infravermelho por Refletância

Total Atenuada (transformada de Fourier) (ATR-FTIR), Análise Termogravimétrica (TG) e termogravimetria diferencial (DTG), Microscopia Eletrônica de Varredura com sonda de detecção por espectroscopia de energia dispersiva (MEV-EDS) e Análise Granulométrica dos agregados. Foram coletadas amostras no conjunto 1 da fachada norte da igreja e do conjunto 2 da sacristia. Houve na igreja uma intervenção após um incêndio em 1756. As análises revelaram a presença de agregado que apresentavam grãos angulosos e subarrendados. Na análise granulométrica foi revelado que as amostras eram compostas de areia fina, comprovado pelo módulo de finura. Verificou-se que o teor de silte e argila era entorno de 20% e 10,5% para o conjunto 1 e 2, respectivamente. As análises de DRX, TG/DTG, ATR-FTIR e MEV-EDS apontaram a presença de calcita, quartzo, caulinita e hidroxiapatita, nas amostras do conjunto 1. Já no conjunto 2 foram detectados calcita, quartzo, aragonita, fosterita, vestígios de caulinita e possível presença de dolomita, nitrato de potássio, diopside e magnetita.

Motta (2004) estudou e caracterizou as argamassas de edificações históricas do Estado de Santa Catarina, com o objetivo de criar uma argamassa de reparo semelhante com a que foi utilizado nas edificações. Foram selecionadas dez edificações construídas entre os anos 1740 e 1800. Estas amostras foram submetidas a análises térmicas, difratometria de raios-X, espectrometria no infravermelho e de absorção atômica, microscopia de varredura, análise sedimentológica e química. Após análise concluiu-se que o principal componente utilizado como aglomerante era a cal e o agregado era de origem fluvial, composta de quartzo, com granulometria continua, de uma areia grossa. A relação de aglomerante/agregado encontrada nas argamassas em estudo foram: 1:1,20; 1:2; e 1:3,44. Foi verificado que o teor de aglomerante aumentou nas amostras de argamassas mais recentes.

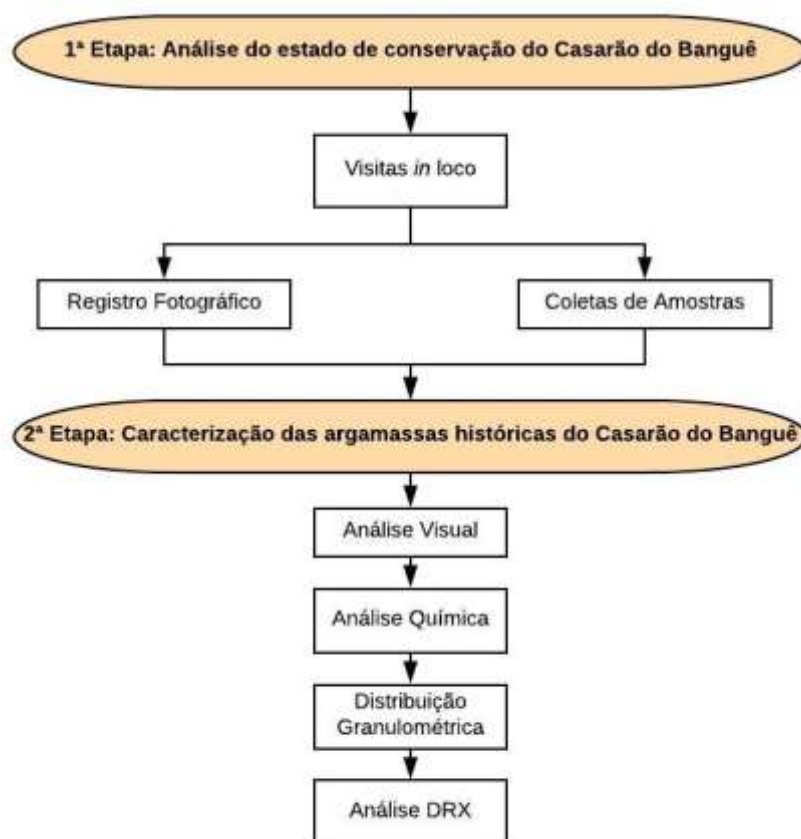
Uma das mais recentes pesquisas realizadas no Rio Grande do Norte está sendo a de caracterização das argamassas de revestimento da Usina de Ilha Bela/RN. Onde foi realizada visitas in loco para observação visual e coletadas amostras de argamassas do prédio administrativo, balança e fábrica da usina, e serão feitas análises fluorescência de raios X (FRX); difração de raios X (DRX) análise termogravimétrica (TG); teor de aglomerante e agregado; distribuição granulométrica após o ataque ácido; absorção de água por imersão e resistência à compressão.

Existe ainda diversos outros trabalhos que caracterizam as argamassas de edifícios antigos utilizando diversas outras técnicas não citadas no trabalho, mas que identificam os principais compostos utilizados na composição e os teores de aglomerante/agregado de cada amostra.

4. METODOLOGIA

A metodologia de análise consistiu de duas etapas: a primeira etapa foi realizada uma análise do estado de conservação do Casarão de Banguê, com visita in loco, registro fotográfico e coleta de amostra. E a segunda etapa consistiu na caracterização das argamassas históricas coletadas na edificação em estudo, onde foram realizadas análises de DRX, análise visual e química e distribuição granulométrica. O Fluxograma (Figura 7) abaixo mostra a metodologia a ser utilizada na pesquisa.

Figura 7: Fluxograma da Metodologia de pesquisa.



Fonte: Autor (2019)

4.1 ANÁLISE DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO DO SOBRADO DE BANGUÊ

Para a caracterização das argamassas históricas é de extrema importância se conhecer o estado de conservação da edificação, isso porque as práticas preservacionistas das alvenarias

históricas exigem o entendimento dos materiais que a compõem e dos que ainda sobrevivem para fins de reconstituição.

Visando isso, foi realizada uma visita in loco no Casarão para verificar o estado atual da edificação, assim como foram realizadas as primeiras análises visuais na tentativa de verificar quais os materiais utilizados na composição das argamassas.

Essa análise visual consistiu para atentar os seguintes aspectos:

- Observação das amostras a olho nu;
- Registro fotográfico das alvenarias históricas da edificação;
- Documentar a localização do edifício, data de construção e condições físicas das áreas em análise;
- Coletar amostras íntegras das argamassas antigas para análises futuras;
- Armazenar as amostras em recipientes limpos e secos e rotular cada amostra, identificando o local no qual foi retirada.

4.2 CARACTERIZAÇÃO DAS ARGAMASSAS HISTÓRICAS DO CASARÃO DE BANGUÊ

Para a caracterização da argamassa histórica foi realizada técnicas de caracterização dos materiais, a fim de conhecer a sua composição. A metodologia aplicada para o estudo consistiu na utilização de técnicas de caracterização de materiais. Os diferentes métodos se complementam e concedem informações sobre os materiais que foram utilizados na época.

As amostras extraídas foram todas de revestimento, sendo internos e externos. Durante a coleta do material procurou-se retirar uma quantidade capaz de se realizar todos os procedimentos necessários à caracterização e agredir o mínimo possível o monumento. Os ensaios realizados foram baseados em pesquisas anteriores e conforme descrita no referencial teórico.

Logo, foram realizados os seguintes ensaios para caracterização:

- Análise visual;
- Difração de raios-X (DRX);
- Distribuição granulométrica;
- Análise química;

4.2.1 Coleta das amostras

A coleta das amostras foi feita de acordo com a metodologia de Kanan (2008), que propõem 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.

Na extração das amostras das argamassas, usou-se uma talhadeira e um martelo (Figura 8), e retiraram-se amostras do revestimento interno e externo do casarão. Foram coletadas 11 amostras distribuídas entre: sala, quarto e fachadas. Cada amostra foi extraída a uma altura aproximada de 1,50 m do nível do piso, vale ressaltar que as amostras foram coletadas a essa altura devido que abaixo de 1,20 m é onde surgem os problemas de umidade. Acondicionou-se o material em sacos plásticos (Figura 9) identificados e mantidos em laboratório.

Figura 8 - Martelo e talhadeira utilizados para extração das amostras.



Fonte: Autor (2019)

Figura 9 - Acondicionamento das Amostras em sacos plásticos.



Fonte: Autor (2018)

4.2.2 Preparação das amostras para análise

Após a coleta das amostras, fez-se o registro fotográfico e a observação a olho nu, em seguida se preparou a amostra para as análises em laboratório. O Quadro 1 ilustra as imagens do fragmento de cada amostra, a identificação da amostra e o local de retirada.

Quadro 1 - Registro, identificação e local de extração da amostra.

Fragmento de Amostra	Identificação da Amostra	Local de Extração
	AH-01	Parede Interna – Quarto Lateral Direita
	AH-02	Parede Interna - Sala Lateral Esquerda
	AH-03	Parede Externa - Fachada Lateral direita
	AH-04	Parede interna de fundo – quarto
	AH-05	Parede Externa – Fachada - Fundos
	AH-06	Parede interna - Sala Lateral direita
	AH-07	Parede – quarto Interna frontal

	AH-08	Parede externa - Fachada Lateral esquerda
	AH-09	Parede externa - Fachada Frontal
	AH-10	Parede interna - Sala Frontal
	AH-11	Parede – quarto Lateral esquerda

 Amostra Externa
  Amostra Interna

Primeiramente o material recolhido foi acondicionado e identificado, em seguida foi retirado todo fragmento de tinta presente na amostra. Depois de realizada a limpeza uma parte da amostra foi desagregada, como mostra a Figura 10, cuidadosamente com o auxílio de um martelo de borracha. Logo em seguida as amostras foram levadas a estufa onde passaram 24 horas a uma temperatura de 100 °C (Figura 11).

Figura 10 - Limpeza e degradação da amostra.



Fonte: Autor (2018)

Figura 11 - Amostras na estufa.



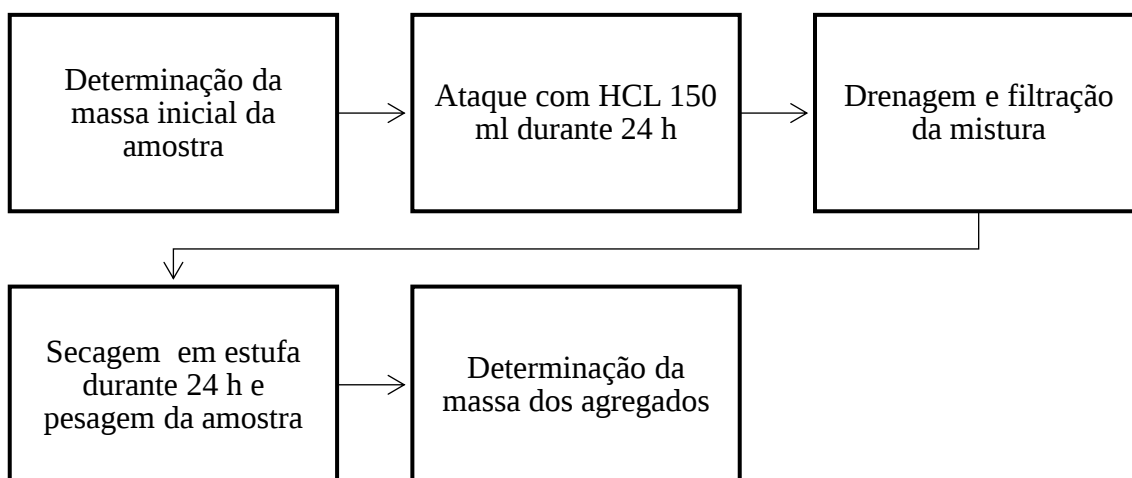
Fonte: Autor (2018)

Passadas às 24 horas, as amostras foram retiradas da estufa e pesadas. Em seguida foram acondicionadas em recipientes para ser realizado o ensaio de análise química.

4.2.3 Análise química

Na análise química utilizou-se a seguinte metodologia mostrada no fluxograma abaixo (Figura 12).

Figura 12 - Fluxograma do ensaio de análise química.



Fonte: Autor (2018)

A técnica utilizada neste ensaio foi a de análise por via úmida, pois esta é considerada uma das técnicas mais utilizadas na caracterização química de argamassas antigas e baseia-se em um ataque por um ácido em que se utiliza o ácido clorídrico (HCL), como mostra a Figura 13.

Figura 13 - Adição do ácido clorídrico na amostra.



Fonte: Autor (2018)

O objetivo deste ensaio é fazer com que a amostra desagregue de forma a solubilizar os compostos solúveis presentes. Com a solubilização da argamassa formam-se duas fases, uma sólida que corresponde ao material insolúvel (composta pelos agregados) e outra, aquosa, correspondente à dissolução do ligante. A Figura 14 mostra as duas fases formadas depois da adição do ácido.

Figura 14 - Amostra após a adição do HCL.



Fonte: Autor (2018)

A adição do ácido clorídrico (Figura 15) tem por finalidade promover uma reação com os carbonatos que estão presentes no ligante (carbonato de cálcio e/ou carbonato de magnésio), enquanto o quartzo e outros materiais não calcários, presentes nos agregados, permanecerão insolúveis. Assim, obtêm-se a separação dos carbonatos (ligante) dos silicatos (agregados), possibilitando a sua quantificação, uma vez que conhecida a massa de agregados na amostra (resíduo sólido), a massa de ligante (à parte dissolvida do ligante) é determinada pela diferença em relação ao total.

Figura 15 - Amostra misturado ao HCL.



Fonte: Autor (2018)

O procedimento consistiu em pesar 100 g de cada amostra, em seguida elas foram colocadas em um recipiente e adicionada 150 ml de ácido clorídrico (HCL). Em seguida as amostras foram deixadas descansando durante 24 horas. Deu-se por terminado a reação quando não se verificou mais efervescência, sinal de que a reação entre o carbonato de cálcio e o ácido havia se encerrado. A figura 16 mostra as amostras adicionadas ao ácido.

Figura 16 - Amostras descansando após a adição do HCL.



Fonte: Autor (2018)

Terminada a reação as amostras foram colocadas em um filtro de papel para serem drenadas (Figura 17). Na drenagem utilizou-se água destilada para lavagem e retirada do ácido. Depois que todo o líquido foi transferido para um recipiente, os sólidos retidos nos filtros foram pesados e colocados na estufa durante 24 horas a 100 °C para que houvesse a secagem das amostras.

Figura 17 - Drenagem das amostras.



Fonte: Autor (2018)

Para determinação do teor de aglomerante e do traço foi utilizado a equação 4.1 para o cálculo:

$$M_{agl} = \frac{m_1 - (m_3 - m_2)}{m_1} \times 100 \quad (\text{Equação 4.1})$$

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);

Esse procedimento foi realizado nas 11 amostras e após a finalização, o material restante foi reservado para a continuidade dos ensaios.

4.2.4 Análise granulometria

O ensaio de granulometria foi baseado na NBR NM 248 (ABNT, 2003) – Agregados: Determinação da composição granulométrica. O objetivo deste ensaio é conhecer a distribuição granulométrica do agregado e representá-la através de uma curva. Possibilitando a determinação das características físicas.

A partir do ensaio de granulometria é possível determinar o tipo de agregado utilizado na composição da argamassa, podendo ser classificados como agregado miúdo ou agregado graúdo, a dimensão máxima característica e o módulo de finura. Segundo a NBR 7211 (ABNT, 2009), é considerado agregado miúdo os agregados cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 4,75 mm e ficam retidos na peneira com malha de 0,15 mm. O agregado graúdo é o agregado cujo os grãos passam pela peneira com abertura de malha 75 mm e ficam retidos na peneira de malha 4,75 mm.

Ainda segundo a NBR 7211 (ABNT, 2009) a dimensão máxima característica é uma grandeza associada à distribuição granulométrica do agregado, correspondente à abertura nominal, em milímetros, da malha da peneira da série normal ou intermediária na qual o agregado apresenta uma porcentagem retida acumulada igual ou imediatamente inferior a 5% em massa. E o módulo de finura é a soma das porcentagens retidas acumuladas em massa de um agregado, nas peneiras de série normal, dividida por 100.

É a partir do módulo de finura que podemos determinar o limite de utilização dos agregados, se este for agregado miúdo, afim de atender o que está estabelecido na Figura 18.

Figura 18 - Limites da 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
NOTAS 1 O módulo de finura da zona ótima varia de 2,20 a 2,90. 2 O módulo de finura da zona utilizável inferior varia de 1,55 a 2,20. 3 O módulo de finura da zona utilizável superior varia de 2,90 a 3,50.				

Fonte: ABNT NBR 7211 (2009)

O procedimento de ensaio ocorreu da seguinte forma. Após a realização da análise química, as amostras foram levadas a estufa para secagem, onde passaram 24 h. Em seguida as amostras foram retiradas do filtro e determinada a sua massa inicial para dar início ao peneiramento, como mostra a Figura 19.

Figura 19 - Determinação da massa inicial.

Fonte: Autor (2018)

Para o ensaio foi utilizado um conjunto de peneiras com diferentes aberturas de malhas (Quadro 2) e um agitador mecânico. As peneiras foram dispostas com a abertura de malha em ordem crescente da base para o topo, contendo ainda um fundo de peneiras (Figura 20).

Quadro 2 - Abertura das malhas das peneiras.

Peneiras (mm)	4,75	2,36	1,18	0,60	0,30	0,15
------------------	------	------	------	------	------	------

Fonte: Autor (2018)

Em seguida, cada amostra foi colocada sobre a peneira superior do conjunto e acionado o agitador mecânico durante 1 minuto, afim de permite a separação e classificação prévia dos diferentes tamanhos de grãos da amostra. Terminada a agitação o material retido em cada peneira foi removido para um recipiente onde, logo após foi pesado para determinar a massa total retido em cada uma das peneiras e no fundo do conjunto. A Figura 20 mostra o procedimento.

Figura 20 - Procedimento de ensaio de granulometria.

Fonte: Autor (2018)

O procedimento de peneiramento foi realizado nas 11 amostras, duas vezes em cada conforme solicita a Norma.

4.2.5 Análise de Difração de Raios-X (DRX)

Para análise da composição das argamassas, natureza do aglomerante e agregado foi empregada a técnica de Difração de raios-X. Foi realizado o ensaio em duas amostras, uma extraída da parte interna (AH-04) e outra da parte externa (AH-09), com a finalidade de apenas identificar a sua composição. Como as amostras se mostravam parecidas quanto a sua composição optou-se por realizar ensaio de DRX apenas nas amostras citadas acima.

O equipamento utilizado foi o Shimadzu XRD – 6000 com uma fonte de radiação Cu, com tensão de 40 KV e corrente de 30 mA e filtro monocromador de níquel, do Laboratório Plasma da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). Foram efetuadas varreduras com intervalos de leitura de $10^{\circ} < 2\theta < 80^{\circ}$.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nessa seção encontram-se os resultados obtidos através do programa experimental descrito na metodologia. Corresponde à apresentação e análise dos resultados da fase de caracterização das amostras de argamassas extraídas do Casarão de Banguê.

5.1 CARACTERIZAÇÃO DAS ARGAMASSAS ANTIGAS DO CASARÃO DE BANGUÊ

5.1.1 Análise visual das Amostras

A seguir é relatado o resultado da observação visual das argamassas coletadas no Casarão do Banguê. Primeiramente foi realizada uma análise geral do que se observava nas amostras internas e externas. Em seguida foi analisada cada amostra.

Em relação as amostras da parte interna foram observadas que não possuíam uma boa aderência, sendo extraídas facilmente, e que a maioria possuía uma cor castanho escuro. Observou-se também que possuíam poucos nódulos de cal, sendo composta principalmente por argila. A sua última camada de revestimento era formada basicamente uma pasta branca, próximo a textura de uma tinta. As argamassas apresentavam aspecto quebradiço e pouco resistente.

Nas amostras extraídas da parte externa da edificação observou-se uma boa compacidade/rigidez e boa aderência ao substrato, possuíam uma cor clara e em algumas delas haviam diversos nódulos de carbonatos de cálcio. Observou-se também o mesmo revestimento na última camada, uma espécie de tinta branca, que poderia ser uma tinta à base de cal ou gesso.

Foi observado que em toda edificação o substrato era de tijolo de adobe. Visualmente em nenhuma amostra da parte interna e externa foram encontradas fibras de origem animal ou vegetal.

A seguir serão apresentadas no Quadro 3 os principais aspectos encontrados nas 11 amostras das argamassas, por meio da análise visual.

Quadro 3 - Aspectos visuais encontrados nas amostras de argamassas do Casarão de Banguê.

Amostras	Registro Fotográfico	Nº de camadas	Cor	Outros aspectos
AH-01		1	Castanho escuro	Pouco resistente, quebradiça, possui pequenos furos de cor preta e poucos nódulos de carbonato de cálcio de pequena dimensão.
AH-02		2	Castanho escuro	Pouco resistente, quebradiça, possui pontos de cor preta e alguns nódulos de carbonato de cálcio.
AH-03		1	Clara	Resistente, compacta e não apresenta nódulos visíveis de carbonato de cálcio.
AH-04		2	Castanho escuro	Pouco resistente, quebradiça, possui pontos de cor preta e alguns nódulos de carbonato de cálcio.
AH-05		1	Clara	Resistente e apresentam nódulos de carbonato de cálcio.
AH-06		1	Castanho escuro	Pouco resistente, apresenta pontos de cor preta e poucos nódulos de carbonato de cálcio.
AH-07		1	Clara	Resistente e apresentam nódulos de carbonato de cálcio.
AH-08		1	Clara	Resistente, e apresentam nódulos de carbonato de cálcio.
AH-09		1	Clara	Resistente, possui alguns pontos de cor preta e apresentam nódulos de carbonato de cálcio.

AH-10		2	Clara	Resistente, possui alguns pontos de cor preta e apresentam nódulos maiores de carbonato de cálcio.
AH-11		1	Castanho escuro	Pouco resistente, quebradiça, possuem pequenos furos e alguns nódulos de carbonato de cálcio

Fonte: Autor (2019)

Foi observado que as amostras AH-01, AH-02, AH-04, AH-06 E AH-11 apresentam características semelhantes, como na cor e características visíveis, o que difere algumas amostras são o número de camadas, como por exemplo, na amostra AH-01 existe apenas uma camada visível, já na AH-02 apresenta duas camadas. As amostras AH-01, AH-02, AH-04 e AH-11 apresentam pequenos poros que são furos pretos. As amostras que apresentam cor castanho escuro possuem uma presença maior de argila (barro). As amostras que possui cor clara que são as amostras (AH-03, AH-05, AH-07, AH-08, AH-09 E AH-10) possuem as mesmas características como a resistência e a presença de diversos nódulos de carbonatos de cálcio. Apenas as amostras AH-03 não apresenta nódulos de cálcio visíveis.

Segundo Yaseen *et al.* (2013) , esses nódulos de carbonato de cálcio visíveis nas amostras indicam que a cal não sofreu hidratação completa, isto é, sua hidratação foi com uma quantidade mínima de água, ou pode está relacionado ainda a mal mistura da massa de cal ou a uma re-precipitação do carbonato de cálcio.

5.1.2 Teor de aglomerante e agregado – Análise química

Através do ataque químico por meio da dissolução da amostra em ácido clorídrico, pode-se observar a porcentagem de aglomerante e agregado de cada amostra. O aglomerante é determinado pela quantidade de resíduo solúvel, já o agregado é pela quantidade de material insolúvel. Tendo esses quantitativos determinados é possível estimar o traço (teor de aglomerante/agregado) (KANAN, 2008).

O Quadro 4 apresenta a relação aglomerante/ agregado em massa, encontradas na análise química.

Quadro 4 - Relação aglomerante/agregado em massa (g) e estimativa de traço da argamassa.

Amostra	Aglomerante (g)	Agregado (g)	Aglomerante:agregado	Traço Equivalente
AH-01	1,1	98,9	1:89,9	1: 90
AH-02	1,0	99,0	1:99,0	1:99
AH-03	13,5	86,5	1:6,4	1:6
AH-04	1,4	98,6	1:70,4	1:70
AH-05	29,6	70,4	1:2,4	1:2
AH-06	2,2	96,0	1:43,6	1:43
AH-07	1,3	98,7	1:76,0	1:76
AH-08	12,1	87,9	1:7,2	1:7
AH-09	13,5	86,5	1:6,4	1:6
AH-10	13,0	87,0	1:6,7	1:6
AH-11	1,3	98,7	1:75,9	1:76

Fonte: Autor (2019)

Esses dados mostram que há diferenciação do teor de aglomerante/agregado utilizado na edificação. Observa-se que nas amostras AH-01, AH-02, AH-04, AH-06, AH-07 e AH-11, os traços não são compatíveis com os usuais utilizados na época para uma produção de uma argamassa com cal, reafirmando que tais amostras foram produzidas apenas a base de argila (barro) e areia, como confirmado na análise visual. As amostras citadas foram extraídas da parte interna do casarão, que tem como substrato um tijolo de adobe. Vale ressaltar que a amostra AH-07 apresenta alguns nódulos de cal, mas no ataque ácido comprovou que não havia uma quantidade considerada. Das amostras internas apenas AH-10 referente a parede interna frontal, apresentava um teor considerado de carbonato de cálcio apresentando um traço de 1:6, corroborando com o que foi visto na análise visual.

As amostras AH-03, AH-05, AH-08, AH-09 extraídas da parte externa do casarão apresentaram traços compatíveis e teores considerados de cal, onde os traços são mais resistentes, atestando ao aspecto resistente e compacto das argamassas. Observa-se também que as amostras apresentavam maior aderência ao substrato, o que é comprovado pela função que a cal confere as argamassas que são boa aderência, melhor trabalhabilidade e plasticidade.

Outro fator observado é que as amostras que apresentavam carbonato de cálcio em grande quantidade são aquelas retiradas da parte externa do casarão, já na parte interna foi observado que em sua maioria utilizou uma argamassa composta por argila e areia no revestimento, comprovado no traço, onde não existe teor considerável de cal.

Portanto, a partir da análise desses traços, é possível considerar que existem três tipos de argamassas à base de cal no casarão de Banguê, na qual possui uma semelhança em relação a composição de aglomerante e agregado, que são o traço (1:2) para as amostras AH-05, outro

(1:6) para as amostras AH-03, AH-09 e AH-10 e um terceiro traço (1:7) para as amostras AH-08.

5.1.3 Análise Granulométrica

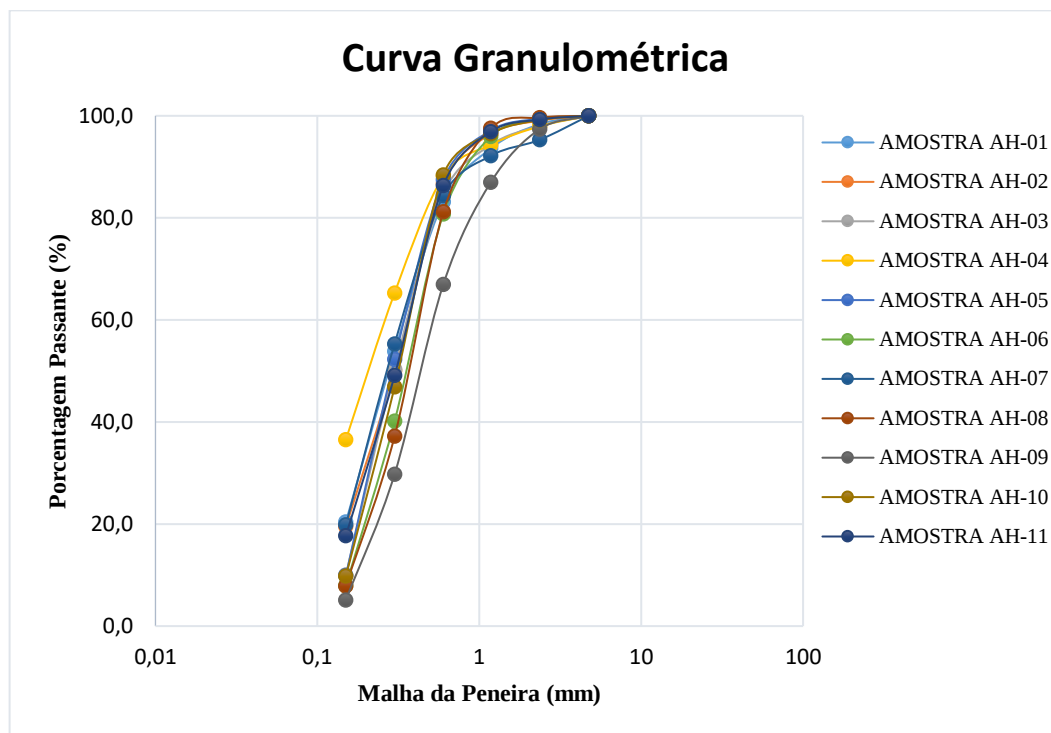
A partir da análise granulométrica das 11 amostras e da porcentagem de massa passante (Quadro 5) observou-se que o agregado presente em maior quantidade é o agregado miúdo onde os grãos passam pela abertura de malha 4,75 mm, sendo a argamassa composta principalmente por um agregado fino, conforme o especificado na NBR 7211 (ABNT, 2009). A Figura 21 ilustra as curvas granulométricas de cada amostra do Casarão de Banguê.

Quadro 5 - Porcentagem de material passante nas peneiras.

Peneiras	AH-01	AH-02	AH-03	AH-04	AH-05	AH-06	AH-07	AH-08	AH-09	AH-10	AH-11
% PASSANTE											
4,75	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2,36	98,3	99,1	98,0	97,9	99,4	99,3	95,3	99,7	97,4	99,2	99,3
1,18	93,6	96,5	94,3	94,3	97,1	96,0	92,2	97,6	87,0	96,5	96,9
0,6	83,2	86,7	84,7	88,2	87,5	80,8	84,3	81,2	67,0	88,4	86,4
0,3	53,9	50,1	50,3	65,3	52,3	40,2	55,3	37,2	29,8	46,9	49,1
0,15	20,4	19,5	10,0	40,8	9,9	7,9	19,8	7,9	5,1	9,8	17,8

Fonte: Autor (2019)

Figura 21 - Curvas granulométrica do agregado de todas as amostras.



Fonte: Autor (2019)

Observando o gráfico da curva granulométrica nota-se que há semelhança em todas elas, apresentando assim uma à proximidade em relação a distribuição dos grãos, o que indica que a origem geográfica do material utilizado na construção pode ser próxima, o que já é esperado. A característica de distribuição dos grãos é contínua, compreendida numa faixa entre 0,1 mm à 10 mm. Somente a amostra AH-09 apresenta uma diferença na curva, apresentado teor menor de material com fração granulométrica entre 1,2 mm e 2,4 mm e não tão proximidade das demais.

De acordo com a NBR 7211 (ABNT, 2009), foi realizado a classificação dos agregados siliciosos e calculado as propriedades físicas baseado na análise das curvas granulométricas (Figura 21), os resultados estão indicados no Quadro 6.

Quadro 6 - Propriedades físicas do agregado.

Agregado miúdo (Amostra)	Propriedades Físicas	
	Diâmetro Máximo (mm)	Módulo de Finura
AH-01	2,36	1,5
AH-02	1,18	1,5
AH-03	2,36	1,6
AH-04	2,36	1,4

AH-05	1,18	1,5
AH-06	1,18	1,8
AH-07	2,36	1,5
AH-08	1,18	1,8
AH-09	2,36	2,1
AH-10	1,18	1,6
AH-11	1,18	1,5

Fonte: Autor (2019)

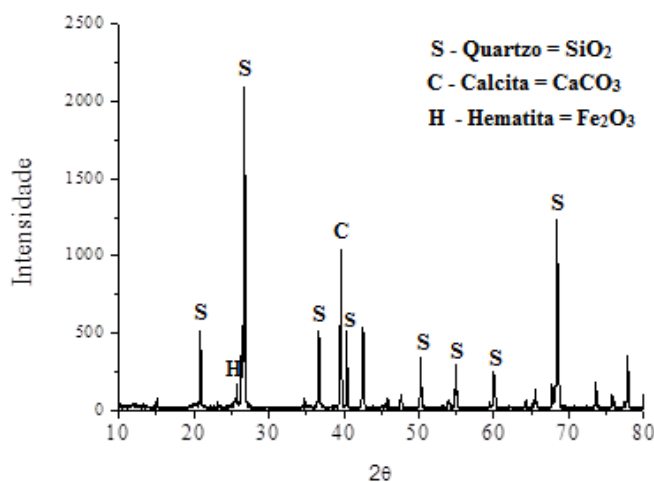
Como podemos observar no Quadro 6, o diâmetro máximo das amostras são 2,36 mm para as amostras (AH-01, AH-03, AH-04, AH-07 E AH-09) e 1,18 mm para as amostras (AH-02, AH-05, AH-06, AH-08, AH-10, AH-11). Esse diâmetro máximo indica a dimensão máxima que essa amostra de agregado possui, ou seja, aquelas amostras com diâmetros de 1,18mm são menores comparadas com as demais. Observa-se também que há uma variação de distribuição quanto os valores dos diâmetros máximos, entre as amostras internas e externas. Sendo que a maioria das amostras internas apresentam um diâmetro máximo de 1,18mm.

Em relação ao módulo de finura, os dados apresentados no Quadro 6 mostram que houve uma variação entre as amostras das argamassas, e se enquadram em duas faixas segundo a NBR 7211 (ABNT,2009), areia muito fina e areia fina. Verifica-se que as amostras AH-06, AH-08 e AH-09 encontram-se na zona aceitável de utilização e são classificadas como areia fina, já as demais amostras (AH-01, AH-02, AH-03, AH-04, AH-05, AH-07, AH-10, AH-11) encontram-se fora da zona utilizável inferior, classificando-se como areia muito fina, pois apresentam um M_f entre 1,35 a 2,25, isso representa que se utilizou um solo mais fino.

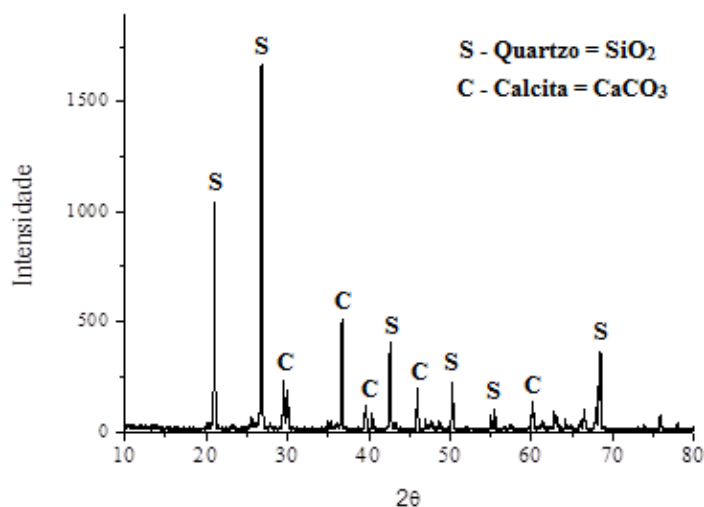
Portanto, pode-se concluir que em todas as amostras coletadas há presença de uma quantidade predominante de agregado miúdo classificado como areia fina ou muito fina, de acordo com o módulo de finura obtidos.

5.1.4 Análise de Difração de raios-X

Nas Figuras 22 e 23 estão representadas as análises do Difratoograma de DRX das argamassas das amostras AH-04 (interna) e AH-09 (externa). Foi possível identificar que nas duas amostras havia a presença do carbonato de natureza calcita e sílica na forma de quartzo.

Figura 22: Difratoograma da argamassa AH-04.

Fonte: Autor (2019)

Figura 23: Difratoograma da argamassa AH-09.

Fonte: Autor (2019)

Observa-se que as composições das duas amostras são coerentes com os resultados da análise visual, apresentadas no Quadro 3.

O Difratoograma da amostra AH-04 (parte interna) (Figura 22) tem como picos detectado o quartzo (S), calcita (C) e hematita (H). Em maior intensidade tem-se o quartzo. Há ainda a presença da hematita, na qual indica a existência de uma quantidade de ferro, responsável por atribuir a tonalidade castanho escuro como foi observado na análise visual e ainda representa a presença de argila na composição. O único pico de calcita afirma que pouquíssima cal foi

utilizado na mistura da argamassa, o que indica que foi utilizado em maior quantidade areia e argila, como comprovado no traço. Como observamos na análise visual que havia semelhanças entre as amostras é possível que as mesmas sejam compostas também de argila e areia.

Já no Difractograma da amostra AH-09 (parte externa) (Figura 23) também observamos os picos de calcita (C) e quartzo (S), o que indica que nessa amostra foi utilizado uma quantidade maior de cal junto com a areia, isso é comprovado no traço da análise química. Observa-se que em todas as amostras da parte externa apresentam semelhanças e a predominância da cal como aglomerante da argamassa.

Portanto, os resultados de DRX indicaram que na amostra da parte interna não havia uma quantidade considerável de calcita (cal) sendo composta principalmente de quartzo (areia) e hematita (argila). E a amostra da parte externa era composta principalmente de calcita (cal), como aglomerante e quartzo (areia) como agregado, composição mineralógica encontrada em outros trabalhos de argamassas antigas, como Sousa (2014); Godinho (2014); Marques (2005); Rodrigues (2013) e Rosa (2016).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve por objetivo caracterizar as argamassas da região que possui um valor histórico para identificar e aperfeiçoar os conhecimentos dos materiais utilizados nas construções antigas do Rio Grande do Norte.

A partir dos resultados apresentados e discutidos são apresentadas a seguir as principais conclusões fundamentadas nos resultados e nas análises.

- Na caracterização das argamassas do Casarão do Banguê observou-se que as argamassas coletadas diferenciavam sua composição de acordo com sua área de extração. Nas amostras extraídas da parte interna identificou por meio das análises que há composição de argila e areia, exceto a amostra AH-10, que apresentava uma quantidade considerada de cal. Já nas amostras coletadas da área externa são ricas de cal, como aglomerante de origem calcítica e areia na forma de quartzo. Portanto não há presença de cimento nessas argamassas, na qual comprova a não utilização do mesmo na época e afirma que estas são argamassas tradicionais apenas à base de cal.
- Quase todas as amostras extraídas apresentam nódulos visíveis de carbonato de cálcio, com exceção da amostra AH-03. As amostras AH-01, AH-02, AH-04, AH-06 E AH-11 apresentam características semelhantes, como na cor e características visíveis. As amostras AH-01, AH-02, AH-04 e AH-11 apresentam cor castanho escuro, possuem uma presença maior de argila e são menos resistentes. As amostras que possui cor clara que são as amostras (AH-03, AH-05, AH-07, AH-08, AH-09 E AH-10) possuem as mesmas características como a resistência e a presença de diversos nódulos de carbonatos de cálcio.
- Pode-se considerar que existem três tipos de argamassas à base de cal no casarão de Banguê, na qual possui uma semelhança em relação a composição de aglomerante e agregado, que são o traço 1:2 para as amostras AH-05, 1:6 para as amostras AH-03, AH-09 e AH-10 e 1:7 para a amostra AH-08.
- Nas amostras AH-01, AH-02, AH-04, AH-06, AH-07 e AH-11, observou-se que os traços não são compatíveis com os usuais utilizados na época para uma produção de uma argamassa com cal, reafirmando que tais amostras foram produzidas apenas a base de argila e areia, como confirmado na análise visual e no DRX da amostra AH-04.
- Na análise de DRX verificou que a presença de calcita, quartzo e hematita na amostra da parte interna, sendo em maior quantidade os picos de quartzo. A presença de hematita

na amostra explica a presença de uma quantidade de ferro na amostra, comprovando a sua coloração escura. Na amostra da parte externa foram detectados picos em maior quantidade de calcita e quartzo, comprovado pelo resultado do traço e na análise visual. Não foi identificado a presença de compostos de cimento em nenhuma das amostras o que corrobora com a tese de que na época não se utilizavam argamassas a base de cimento e sim de cal.

- O agregado miúdo, areia de quartzo, para as amostras AH-06, AH-08 e AH-09 encontram-se na zona aceitável de utilização e por isso são classificadas como areia fina, e nas amostras AH-01, AH-02, AH-03, AH-04, AH-05, AH-07, AH-10, AH-11 encontram-se fora da zona utilizável inferior, classificando-se como areia muito fina.

SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Devido à grande importância que se tem em estudar as argamassas de edificações históricas é imprescindível que haja a continuidade do trabalho atentando para o melhoramento da pesquisa e o aperfeiçoamento das técnicas e dos materiais utilizados para restaurações futuras. Portanto, recomenda-se que sejam feitas as seguintes pesquisas:

- Seja realizado outros ensaios importantes para caracterização, como, uma análise térmica, onde se possa caracterizar a composição de uma argamassa antiga, usando o ensaio da termogravimétrica (TG) ou da análise térmica diferencial (ATD);
- Realização de ensaios como absorção, determinação da massa volumétrica real e aparente, porosidade através do método da pesagem hidrostática, como objetivo de determinar as propriedades físicas e mecânica das argamassas antigas;
- Avaliação da resistência das argamassas através do ensaio de resistência à compressão;
- Reconstituição do traço;
- Estudo da influência da granulométrica do agregado utilizado nas propriedades das argamassas e utilização de novas técnicas para sua identificação;
- Caracterização das argamassas de assentamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ, J.; SEQUEIRA, C.; COSTA, M. **Ensinaamentos a retirar do passado histórico das argamassas**. Em: 1º Congresso Nacional de Argamassas de Construção, APFAC, Lisboa 2005.

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

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 7200: Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Procedimento** Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

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.

BEZERRA, Ivan Pinheiro. **Casarão do Banguê**. Disponível em: <<http://assunapontadalingua.blogspot.com/2012/10/casarao-do-bangue.html>>. Acesso em: 31 out. 2018.

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.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

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.

KANAN, M. I. C.. **Manual de Conservação e Intervenção em Argamassas e Revestimentos a Base de Cal**. Cadernos Técnicos 8. IPHAN/Programa Monumenta, Brasília, 2008.

MARGALHA, M. G. **Argamassas - Conservação e Restauro**, 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.

MARTINS, J. G.; PAIVA, P. A. **Materiais de Construção I – Ligantes**, 3ª ed, Universidade Fernando Pessoa, 2010.

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.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais**. 1ª ed. São Paulo: PINI, 2008.

MIRANDA, Leonardo Fagundes Rosemback. **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.

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.

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.

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, Luiz Pereira; DALL'OGGIO, 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, 2011.

SILVA, Kátia Letícia da. **Estudo da utilização do gesso reciclado na construção civil.** 2008. 38 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade São Francisco, Itatiba, 2008.

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.

VEIGA, M. R. **Os revestimentos antigos e a identidade dos edifícios.** Arquitetura Ibérica, v. 12, p.36-45, 2006.

YASEEN, I. A. B.; AL-AMOUS, H.; AL-FARAJAT, M.; MAYYAS, A. Petrography and mineralogy of Roman mortars from buildings of the ancient city of Jerash, Jordan. **Construction and Building Materials**, v. 38, p.465-471, jan. 2013