

Caracterização de argamassas históricas: análise de trabalhos da região Nordeste do Brasil.

OLIVEIRA, H. S.; PASSUELLO, A. C.

Resumo: As edificações históricas têm um grande valor cultural e arquitetônico para uma determinada região e por isso sua preservação torna-se muito importante. A melhor forma de conservá-las é conhecendo os materiais e métodos aplicados no período de construção, com o intuito de realizar uma restauração utilizando materiais similares aos originais. A argamassa é o material mais empregado nesse tipo de edificação, logo, faz-se uso dos métodos de caracterização envolvendo ensaios como granulometria, absorção de água, determinação do teor de aglomerante, microscopia óptica, DRX, FRX, TG e MEV com o objetivo de descobrir os principais elementos que o compõe. Este estudo buscou fazer uma análise de trabalhos realizados pela área da engenharia civil na região Nordeste do Brasil, cujo objetivo tenha sido a caracterização de argamassas históricas. Foram levantados os tipos de ensaios utilizados e os resultados obtidos a respeito dos materiais constituintes. Além disso, buscou-se entender como se encontra o interesse por essa temática de pesquisa dentro dos cursos de engenharia civil. Para tal finalidade, foram feitas buscas nos repositórios das universidades, selecionando e lendo os trabalhos que atendia ao tema procurando. Foram encontrados poucos estudos acerca da caracterização de argamassas históricas, sendo grande parte deles da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), no nível de graduação. Nestes, os principais ensaios realizados foram os de baixa complexidade, já nos demais houve predominância de ensaios mais complexos. A partir desses ensaios, constatou-se que as argamassas estudadas eram compostas principalmente a base de cal (CaO), sílica (SiO₂), feldspato (KAlSi₃O₈) e caulinita (Al₂Si₂O₅(OH)₄), sendo a cal o composto em maior quantidade.

Palavras-chaves: Argamassa histórica, ensaios físico-químicos, preservação, restauro.

ABSTRACT: The historic buildings has a great cultural and architectural value for a given region and so its prevention becomes very importante. The best way to preserve then is knowing the materials and methods used in the construction period, seeking to perform a restoration using similars materials to the originals. The mortar is the more used material in this type of building, so the characterization methods are used involving tests as granulometry, water absorption, determination of the aggregate content, optical microscopy, DRX, FRX, TG e MEV, with the goal of discory the main elements that make part of it. Paper souht to analyze the other ones carried out by the civil engineering área in the northeast region of Brazil, that the objective has been the characterization of historic mortar. The types of tests were raised using the results obtained regarding the constituent materials. Besides that, sought to understand how is the intercess for this thematic of research inside of the civil engineering courses. For that searches were made on the universities repository choose and reading the papers that attended to the sought theme Were found few papers of historic mortar characterization, being a big part of then from the Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), in the graduation level. In this one the main tests were of low complexity, since in the others was a predominance of mor complex tests. From this tests, it was found that the studied mortars were made of lime (CaO), silica (SiO₂), feldspar (KAlSi₃O₈) and kaolinite ((Al₂Si₂O₅(OH)₄), lime being the compound in greater quantity.

Keywords: Historic mortars, preservation, physical-chemical tests, restoration .

1. INTRODUÇÃO

Edifícios históricos são marcos importantes da arquitetura, cultura e história de uma região ou de uma comunidade (HORMES et al., 2019). Além do valor histórico-cultural, essas edificações apresentam uma arquitetura rica em detalhes e ornamentos que embelezam a cidade, contrastando o antigo com o novo e registrando a evolução construtiva através dos tempos (MOTTA, 2004).

A importância da preservação do patrimônio histórico se dá pelo fato de esses bens terem sido construídos e desenvolvidos ao longo do tempo pelas sociedades. Estão intimamente relacionados com a identidade do local e através deles pode-se conhecer a história e tudo que o envolve como a arte, as tradições, os saberes e a cultura de determinado povo (FUNARI; PELEGRINI, 2009).

Com a queda de desempenho das edificações ao longo do tempo, há necessidade de intervenções visando sanar manifestações patológicas e preservar, assim, sua integridade. Entender a estrutura dessas edificações significa conhecer os materiais e as técnicas construtivas empregadas que perduraram durante décadas e séculos e como os novos materiais de reconstituição acabam se comportando nessas obras, sendo esse o passo inicial para que as intervenções de conservação e restauração possam atingir um bom êxito (KANAN, 2008; RIBEIRO, 2003).

A argamassa é um dos materiais mais utilizados nas construções históricas e os constituintes utilizados na sua preparação variaram muito, ao longo dos séculos, na sua forma e constituição (SOUSA, 2014). Elas eram compostas principalmente de água, cal aérea e agregados finos, como areia, argila e fragmentos de material cerâmico, além de serem utilizadas adições minerais e orgânicas como óleos, fibras, esterco, sebo e açúcar (GOMES 2000; RODRIGUES, 2013; MAGALHÃES, 2018).

Como a argamassa é um dos principais componentes de grande parte dos edifícios antigos, é também um dos mais afetados durante os processos atuais de intervenções, pois, na maioria das vezes é substituída por materiais incompatíveis, geralmente a base de cimento, com propriedades mecânicas diferentes do revestimento original (MOROPOULOU et al., 2000). Um dos problemas causados pela incompatibilidade entre os materiais é o surgimento de manifestações patológicas como fissuras e destacamento dos novos revestimentos, que acabam acelerando os processos de deterioração,

comprometendo precocemente o desempenho e durabilidade dos projetos de restauro (GODINHO, 2014).

Assim, para que os processos de restauração ocorram de maneira que preserve os patrimônios históricos, é necessário conhecer os materiais utilizados na construção da edificação. A caracterização de argamassas antigas tem por finalidade o estudo da sua composição através da utilização de técnicas de caracterização química, física, mineralógica e microestrutural. Com isso, é possível fazer uma reconstituição do seu traço e identificar seus principais constituintes, para que o material construtivo utilizado nos projetos de recuperação possa ser compatível esteticamente e mecanicamente com os demais elementos da edificação (SANTIAGO, 2007; RODRIGUES, 2013; ADRIANO et al., 2014;).

O processo de caracterização das argamassas antigas é complexo, visto que as argamassas passam por uma série de transformações ao longo do tempo, como a evolução nos processos de cristalização, deterioração e recristalização, podendo ocorrer alterações, desgastes e deterioração dos seus componentes, de tal maneira que se torna difícil determinar com precisão até mesmo os aglomerantes utilizados (GODINHO, 2014).

Apesar de tamanha importância, as argamassas têm sido relativamente pouco estudadas no Brasil. Até a década de 90, as atividades de restauro envolvendo investigações técnico-científicas dos materiais tiveram pouca atuação no Brasil, tanto pela pouca divulgação entre o meio técnico de uma metodologia adequada, quanto pelo custo de execução. Acredita-se também que a falta de revistas científicas nacionais contribuiu para a pequena divulgação de trabalhos realizados até então (NASCIMENTO, 2002).

Entretanto, conforme aponta Souza (2011), na última década houve um aumento do interesse por essa área de pesquisa, e eventos como o Congresso Internacional na Recuperação Manutenção e Restauração dos edifícios, que teve sua última edição em 2020, no Rio de Janeiro, e o Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas (SBTA), sua décima terceira edição em 2019, tornaram possível a divulgação de estudos realizados nessa área aqui no Brasil. Apesar desse avanço, os trabalhos realizados acerca da investigação dos materiais de restauro no país ainda são poucos.

Considerando que a caracterização das argamassas antigas é um ponto importante a ser considerado nos projetos de recuperação de obras históricas, este artigo tem como propósito a realização de uma análise dos trabalhos realizados na área de Engenharia Civil pelas universidades localizadas na região Nordeste, berço do descobrimento do Brasil. O

objetivo principal é entender como a caracterização de argamassas de revestimento antigas têm sido realizados, em termos de tipos de ensaios, bem como o aprofundamento dos resultados obtidos em relação aos traços e tipos de materiais constituintes. Como objetivo secundário, busca-se também entender se a área de pesquisa de materiais construtivos na engenharia civil está se dedicando na realização de estudos sobre o tema.

2. TÉCNICAS DE CARACTERIZAÇÃO DAS ARGAMASSAS HISTÓRICAS

Estudar a composição das argamassas antigas através das técnicas de caracterização química, mineralógica e microestrutural permite obter informações como: relação agregado e aglomerante; materiais constituintes; tipo e forma dos grãos do agregado; existência ou não de fibras, tipo de fibras, animais, vegetais ou humanas; quantidade de vazios e camadas utilizadas no revestimento e, até; aproximação da época da construção. Todas essas informações poderão contribuir na escolha de uma nova argamassa de reparo que seja compatível com a pré-existente e com o seu substrato (RODRIGUES, 2013). A identificação dos diferentes tipos de material constituinte pode ser realizada a partir de diferentes tipos de ensaios que se diferenciam pelo seu grau de complexidade.

2.1. Ensaios de baixa complexidade

Os ensaios de caracterização de baixa complexidade são realizados de maneira mais fácil, onde os equipamentos utilizados são mais acessíveis e os resultados obtidos podem ser facilmente analisados. Alguns deles podem ser feitos *in loco*, outros em laboratório e há, ainda, os que, fazendo uso de técnicas diferentes, podem ser realizados tanto em campo quanto em laboratório.

2.1.1. Análise visual

Os primeiros ensaios que podem ser realizados na caracterização de argamassas antigas utilizam-se de objetos simples como lupas e estão relacionados com análises visuais e ao toque. A partir desses ensaios é possível identificar algumas características visíveis do material, tal como textura, cor, forma, estratigrafia, tipo de substrato, existência ou não de vazios e uma ideia de granulometria. Inclusive, muitas vezes é possível identificar nesse momento a presença de restos de conchas e até de fibras. É nesse momento que também é possível verificar se, ao ser manipulada, a amostra apresenta compacidade/rigidez e como está a sua aderência ao substrato. Além disso, a

cor, normalmente avaliada pela escala de Munsell, pode dar uma ideia dos possíveis agregados, presença de cal e do solo utilizado na mistura (KANAN, 2008; NASCIMENTO, 2002).

Esses ensaios preliminares são realizados normalmente em campo utilizando as amostras retiradas para os ensaios posteriores. Importante salientar que o tamanho dessas amostras é relativamente pequeno, visto que tratando-se de uma edificação de interesse histórico é necessário evitar danos desnecessários a estrutura. De acordo com Kanan (2008), o tamanho das amostras pode variar entre 20 a 300 gramas, o que será definido a partir da quantidade e tipo de ensaios que serão realizados. A preferência é que a coleta da amostra seja feita da forma mais artesanal, utilizando um pequeno dispositivo cortante (cortador, estilete, talhadeira) e um martelo.

2.1.2. Ensaios de absorção

A determinação da permeabilidade da argamassa pode ser feita em campo por meio da absorção capilar, ou em laboratório, por meio da absorção por imersão.

Nos ensaios de absorção capilar realizados em campo avalia-se o comportamento ao longo do tempo da permeabilidade da argamassa na própria parede. Para isso é utilizado um tipo de cachimbo de vidro, denominado tubo de Carsten, que é fixado com silicone no paramento/parede que contenha a argamassa a ser ensaiada. O ensaio consiste no preenchimento de tubos com água e monitoramento da descida de nível em tempos controlados. O resultado é o volume de água absorvido pela superfície. O método não é normalizado no Brasil, mas é um ensaio de absorção de água sob baixa pressão padronizado pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil, instituição pública portuguesa voltada a pesquisa na área de engenharia civil (LNEC).

Já a absorção por imersão tem como objetivo identificar a quantidade de água que é absorvida pelas amostras de argamassas através de seus poros. Sabe-se que a compatibilização das características de uma nova argamassa de restauro com a antiga deve ser considerada, visto que o teor de água absorvido se relaciona com a porosidade, e a porosidade de ambas (nova e antiga) devem se unificar buscando uma boa aderência (SOUSA et al, 2018).

Esse ensaio é normalizado no Brasil pela NBR 9778 (ABNT, 2005) - Argamassa e Concreto Endurecidos – Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Para sua realização as amostras são secas em estufa, pesadas e, em seguida,

imersas em água. A massa da amostra é registrada ao longo do tempo estabelecido e o resultado é o percentual da diferença entre a massa final e a inicial.

2.1.3. Ensaio químicos para determinação do teor de aglomerante

Os ensaios químicos para identificação do teor de aglomerante tem como finalidade obter as proporções mais próximas da fração inerte e da fração ligante, ou seja, uma ideia do traço da argamassa. Os ensaios consistem basicamente em um ataque ácido nas amostras previamente desagregadas. O ácido, sendo utilizado normalmente o clorídrico, ataca as amostras e as divide em duas partes, uma solúvel, que contém o ligante, e outra insolúvel onde se encontram os agregados (MOTTA, 2004; FALCÃO, 2010; MAGALHÃES, 2018).

Segundo Kanan (2008), o ensaio de teor de aglomerante pode ser feito de duas maneiras diferentes, uma técnica mais simplificada e outra mais completa. A técnica mais simples envolve simplesmente a dissolução de uma amostra de argamassa previamente desagregada em uma quantidade de ácido clorídrico (HCl). O teor de aglomerante será determinado pela diferença de massa entre o valor inicial da amostra de argamassa e o valor final obtido para o material que não foi solubilizado pelo ácido.

A outra técnica de reconstituição de traço de argamassa é apresentada por Quarcioni (1998), que adaptou o método do IPT de reconstituição de traço de concreto para traço de argamassas simples e mistas à base de cimento Portland, cal e agregado quartzoso. Essa técnica prevê a determinação quantitativa do agregado na forma de resíduo insolúvel e dos aglomerantes na forma de seus íons principais e comuns solubilizados, cujos resultados são expressos na forma dos óxidos constituintes. Para isso, são realizadas várias etapas com uso de soluções como o ácido clorídrico (HCl), ácido sulfúrico (H₂SO₄), ácido nítrico (HNO₃) e nitrato de amônio (NH₄NO₃). Além da determinação da fração solúvel e insolúvel, é possível determinar na fração volátil a umidade e a perda ao fogo por meio da calcinação e o anidrido carbônico (CO₂) pela decomposição térmica da amostra (QUARCIONI, 1998).

Importante ressaltar que, conforme relata Magalhães (2008), ambas as técnicas não são conclusivas, pois na presença de agregados que contenham carbonatos ou outros tipos de minerais potencialmente solúveis no ácido utilizado, o resultado obtido indicará um teor de aglomerante superior a realidade, visto que parte dos inertes serão carreados no momento do processo de lavagem.

2.1.4. Análise granulométrica

A análise granulométrica é apontada como a técnica mais utilizada na investigação de argamassas antigas, sendo uma análise simples e sem equipamentos complexos (RODRIGUES, 2013). Tem como objetivo representar a composição granulométrica em forma de curva e com ela determinar as características físicas do agregado, como módulo de finura e diâmetro máximo (ARAÚJO, 2020). Sua determinação é particularmente relevante quando existe a necessidade de recomposição ou substituição por composições com características similares às das argamassas pré-existentes (MAGALHÃES, 2018).

No caso de argamassas antigas, o ensaio é realizado com a fração insolúvel resultante do ensaio químico para definição do teor de aglomerante e por isso, a técnica possui uma certa limitação, já que a extração de amostras em edifícios antigos é limitada, gerando uma quantidade mínima de material (RODRIGUES, 2013).

Visto que as amostras são caracterizadas por uma quantidade muito pequena, deve ser utilizado no ensaio, conforme Santiago (2007), peneiras normatizadas pela ABNT de numeração 16, 35, 60, 100, 200, com aberturas de malha de 1,19 mm, 0,50 mm, 0,250 mm, 0,149 mm, 0,075mm, respectivamente.

2.2. Ensaio de média a alta complexidade

Os ensaios inseridos nessa categoria incluem procedimentos que requerem o uso de equipamentos com maior grau de sofisticação e que não estão amplamente disponíveis para uso do corpo acadêmico.

2.2.1. Microscopia óptica

A microscopia óptica (MO) é uma ferramenta importante na caracterização mineralógica e petrográfica dos constituintes da argamassa e na observação das suas fases minerais. Dos ensaios mais complexos, a MO é umas das técnicas mais simples e vantajosas, na medida em que permite obter informação relevante, de forma rápida e pouco dispendiosa (CALLISTER, 2006).

Segundo Genovez (2012), a dificuldade da técnica não está no equipamento, mas sim na preparação das amostras, já que devem ser polidas e lixadas ou, então, preparadas na forma de lâmina delgada. Considerando que o corte milimétrico requerido para as lâminas delgadas é de difícil execução, normalmente são utilizadas amostras preparadas através de polimento.

2.2.2. Microscopia Eletrônica de Varredura

A Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) é uma técnica que utiliza feixes de elétrons para observar a microestrutura de amostras. Conforme aponta Dedavid (2007), o ensaio é realizado em amostras que devem ser preparadas com recobrimento de íons metálicos, ou seja, condutores, onde normalmente são utilizados ouro ou platina.

Na caracterização de argamassas o ensaio fornece informações sobre a morfologia e a formação de produtos de reação, entre diversos materiais pozolânicos e o hidróxido de cálcio. Em argamassas antigas, é particularmente útil na identificação de carbonatos e de compostos formados pela interação entre a cal e as adições, assim como dos cristais e demais estruturas que constituem as composições (MAGALHÃES, 2018).

2.2.3. Difração de Raios-X

A fase cristalina das argamassas pode ser estudada através da difração de raios-X (DRX), que é umas técnicas de caracterização que permite determinar a composição mineralógica dos vários constituintes cristalinos como o quartzo, a calcita e o feldspato (MATTEINI; MOLES, 2001). Cada material possui uma estrutura molecular ou arranjo atômico formando planos cristalinos que é próprio de cada material e podem ser identificados por um equipamento de DRX (CALLISTER, 2006).

O ensaio consiste na colocação da amostra em forma de pó em uma lâmina de vidro, para ser irradiada aos Raios-X por aproximadamente 30-40 minutos. Como resultado, é gerado um difratograma, ou seja, um gráfico com informações dos picos relativos aos minerais que constituem o material analisado (MOTTA, 2004). Através dos resultados é possível distinguir os tipos de agregados e os tipos de aglomerante que foram utilizados na mistura.

2.2.4. Análise termogravimétrica

A partir da análise termogravimétrica (TG) é possível determinar os teores de carbonatos presentes nas argamassas históricas e seus constituintes orgânicos e inorgânicos como conchas e fibras animais e vegetais (MARQUES et al 2005; RODRIGUES, 2013)

A técnica consiste no aquecimento gradual de uma amostra de material com intervalo de aquecimento de 25 a 1000°C, verificando as perdas de massa que vão ocorrendo nas diferentes temperaturas devido as transformações térmicas de seus constituintes. Considerando que cada material tem a sua curva típica, é possível

identificar os constituintes da amostra por meio da comparação dos picos obtidos com aqueles tidos como padrão (NASCIMENTO FILHO, 2002; VELOSA, 2006).

2.2.5. Fluorescência de Raios-X

A análise por fluorescência de raios-X (FRX) é uma técnica utilizada para investigação qualitativa e quantitativa dos óxidos presentes na amostra. Se baseia na medição das intensidades dos raios-X característicos emitidos pelos elementos que constituem a amostra, quando estes são estimulados por partículas como elétrons, prótons ou íons produzidos em aceleradores de partículas ou ondas eletromagnéticas, ou então, através de tubos de raios-X, sendo esse último o processo mais utilizado (MELO JUNIOR, 2007).

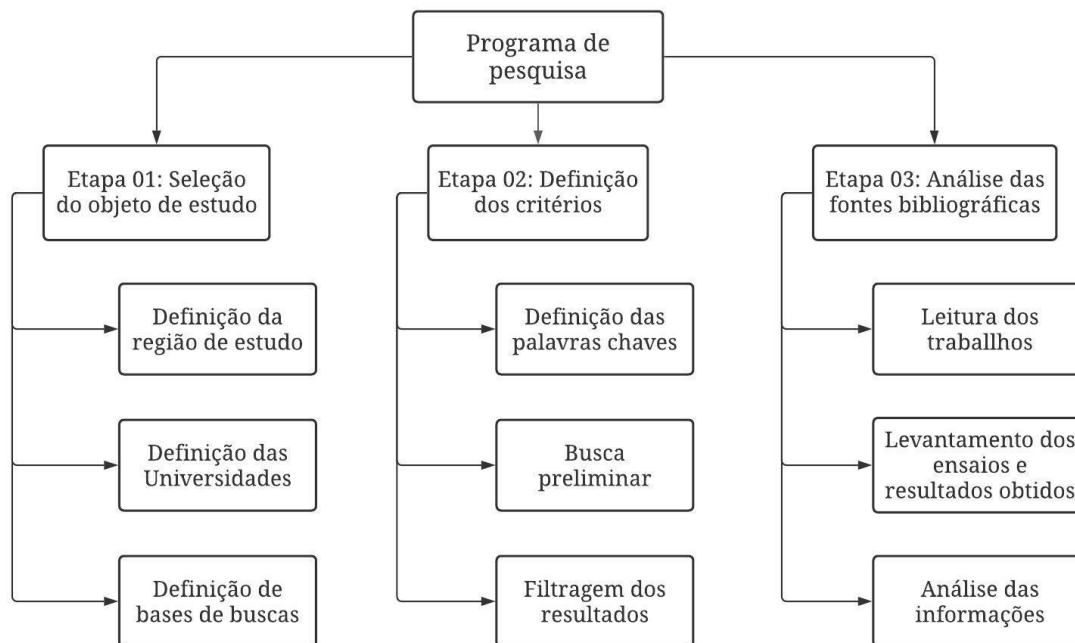
De modo resumido, a análise por FRX é realizada a partir de três fases: excitação dos elementos que constituem a amostra por meio dos raios-X emitidos pelos tubos de raios-X, dispersão dos raios-X característicos emitidos pela amostra e detecção desses raios-X (NASCIMENTO, 1999).

Neste tipo de análise, as amostras podem ser preparadas de maneira prensadas ou fundidas e um dos parâmetros a ser controlado no momento da preparação é a sua representatividade, ou seja, a amostra que será utilizada para a análise deverá conter todos os elementos presentes na amostra principal. Por isso, o tamanho da partícula é extremamente importante, sendo necessário diminuir seu tamanho para que ao incidir o raio X, todos os elementos presentes sejam caracterizados. Se as partículas forem grandes podem existir elementos que, presente em menor quantidade, não sejam analisados (BRISOLA, 2008).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para alcançar os objetivos propostos neste trabalho, o método de pesquisa foi dividido em três etapas: seleção do objeto de estudo, definição dos critérios de pesquisa e análise das fontes bibliográficas, cujo detalhamento é apresentado na Figura 1.

Figura 1: Fluxograma com as etapas da pesquisa



Fonte: Autor (2020)

3.1. Etapa 01 – Seleção do objeto de estudo

A etapa 1 do trabalho foi direcionada para a seleção do objeto de estudo a partir dos seguintes parâmetros: definição da região a ser estudada; levantamento das universidades dessa região que seriam incorporadas ao trabalho; base de busca dos trabalhos acadêmicos.

Para a definição da região adotou-se como critério o processo histórico de descobrimento do Brasil, sendo assim, o Nordeste brasileiro é representativo da primeira zona de povoamento pelos conquistadores portugueses, visto que iniciaram a colonização a partir do litoral nordestino, construindo no local as primeiras edificações do Brasil (LIMA JUNIOR, 2012).

Para a seleção das universidades adotou-se como critério a existência de cursos de graduação em engenharia civil, com ou sem programas de pós-graduação. Para isso utilizou o cadastro das instituições de ensino superior do Ministério da Educação (Cadastro e-MEC). Além disso, outro critério de seleção foi a existência de repositório digital com disponibilidade de acesso. Para constatar a sua existência e sua disponibilidade de acesso foram acessados os endereços eletrônicos de cada uma das instituições.

A partir das buscas realizadas no Cadastro e-MEC foram encontradas um total de 19 universidades na região Nordeste do Brasil que oferecem cursos de nível de graduação

em engenharia civil. Destas, seis estão no estado da Bahia, quatro em Pernambuco, três na Paraíba, duas no Ceará, duas no Rio Grande do Norte, uma no Piauí e uma em Sergipe. Entretanto, depois da consulta nos endereços eletrônicos foi possível perceber que somente 14 delas possuíam repositório digital acessível no momento da pesquisa, sendo, então, adotadas como objeto de pesquisa desse trabalho. O Quadro 1 apresenta os resultados dessa busca.

Quadro 01: Universidades da região Nordeste com graduação em engenharia civil e repositório digital disponível em 2020.

Estado	Universidade	Existência de repositório	
		SIM	NÃO
Bahia	UFBA	X	
	UFOB		X
	UFRB	X	
	UNEB	X	
	UEFS	X	
	UESC	X	
Ceará	UFC	X	
	UFCA		X
Piauí	UFPI	X	
Pernambuco	UFPE	X	
	UFRPE	X	
	UNIVASF		X
	UPE		X
Paraíba	UFPB	X	
	UFCG	X	
	UEPB		X
Sergipe	UFS	X	
Rio Grande do Norte	UFRN	X	
	UFERSA	X	

Fonte: Autor (2020)

3.2. Etapa 02 – Definição dos critérios de pesquisa

Em seguida, foram determinadas as palavras chaves que seriam inseridas no repositório de cada uma das universidades. Afim de se obter nos títulos exatamente as palavras chaves selecionadas, definiu-se esse critério como filtro, evitando, assim, trabalhos que se distanciasse do tema de interesse. O termo “argamassa”, foi o primeiro a ser utilizado, depois, usou-se termos mais específicos “argamassas históricas” e “caracterização de argamassas”, onde observou-se que, nesses dois últimos casos, o resultado não abrangia nenhum trabalho, como mostra o Quadro 2.

Quadro 2: Quantidade de trabalhos acadêmicos encontrados nos repositórios de acordo palavras-chaves definidas

Repositórios	Palavras-chaves
--------------	-----------------

	Argamassa	Argamassa histórica	Caracterização de argamassa
UFBA	9	0	0
UFRB	0	0	0
UNEB	0	0	0
UEFS	5	0	0
UESC	6	0	0
UFC	16	0	0
UFPI	6	0	0
UFPE	16	2	0
UFRPE	2	0	0
UFCG	22	0	0
UEPB	7	0	0
UFS	4	0	0
UFRN	24	2	0
UFERSA	30	10	10

Fonte: Autor (2020)

Após a busca, realizou-se uma segunda filtragem nos trabalhos encontrados. Esse segundo filtro foi realizado de forma mais aprofundada, onde inicialmente foi realizada a leitura dos títulos dos artigos, descartando os artigos que não tratavam especificamente do tema relacionado às argamassas históricas. Em seguida, os resumos dos trabalhos foram lidos, sendo considerados aqueles que tratavam especificamente de caracterização de argamassas, ou seja, que realizaram programas experimentais incluindo ensaios para determinação do traço e das características físicas e químicas do material.

Por fim, foram selecionados um total de treze trabalhos relativos. Destes, onze foram realizados no estado do Rio Grande do Norte pela UFERSA e UFRN, um realizado no Ceará pela UFERSA, um foi realizado na Bahia pela UFBA. O Quadro 3 apresenta as informações de cada um dos trabalhos incorporados nesse estudo. Para cada um deles foi utilizado um código para facilitar a sua identificação nas análises posteriormente realizadas.

Quadro 3: Trabalhos selecionados para análise

Código	Instituição	Título	Autores	Ano Public.	Local de coleta	Ano Const.
BA01SA	UFBA	Argamassas de cal com adições pozolânicas: contribuição para o desenvolvimento de formulações para o restauro	Magalhães, Ana Cristian Alves de	2018	Forte em Salvador, BA	1614
RN01SM	UFERSA	Caracterização de argamassas históricas: casa dos trabalhadores livres do engenho Belém de São	Menezes, Weslyanne Alves	2020	Engenho São José de Mipibu, RN	Início do séc. XIX

		José de Mipibu/RN				
RN02JS		Caracterização de argamassas históricas: estudo de caso da ponte da Pedra Lavada	Araújo, Cleiton Medeiros de	2020	Ponte em Jardim do Seridó, RN	1924
RN03CN		Caracterização de argamassas históricas: estudo de caso do hospital do Tororó de Currais Novos/ RN	Cruz, Maisa Dantas Silveira	2019	Hospital em Currais Novos, RN	1932
RN04PI		Caracterização de argamassas históricas: estudo de caso do mercado público de Jardim de Piranhas/RN	Almeida, José Carlos Gomes de	2019	Mercado Público em Jardim de Piranhas, RN	1951
RN05AS		Caracterização de argamassas históricas existentes no sobrado da família Amorim localizado no município de Assú/RN	Rodrigues, Bárbara Oliveira	2019	Residência familiar em Assú, RN	1815
RN06CC		Caracterização de argamassas históricas: estudo de caso de uma residência localizada na Palma – município de Caicó/RN	Medeiros, Baraklein de	2019	Residência familiar em Caicó, RN	1850
RN07CC		Caracterização de argamassas históricas: estudo de caso de uma residência no distrito Palma-Caicó/RN	Barreto, Victória Paes	2019	Residência familiar em Caicó, RN	1907
RN08AS		Caracterização de argamassas de revestimento existente no casarão do Banguê localizado na comunidade da lagoa do Piató na cidade de Assú/RN: Estudo de caso	França, Joyce Gomes de	2019	Residência familiar em Assú, RN	1911
RN09CR		Caracterização de argamassas históricas de	Wanderley Júnior,	2018	Residência familiar em	1868
	UFERSA					

		revestimento da casa da fazenda "Sabe Muito" em Caraúbas/ RN	Alexandre Peres		Caraúbas, RN	
CE01JN		Caracterização de argamassas históricas do revestimento da Casa Viana em Juazeiro do Norte- CE	Sousa, José Arthur Batista de	2018	Residência familiar em Juazeiro do Norte, CE	1945
RN11CM		Caracterização de argamassas históricas existentes na Usina de Ilha Bela localizada no município de Ceará Mirim/ RN	Menezes, Adna Lúcia Rodrigues de	2019	Usina em Ceará Mirim, RN	1930
RN12AS	UFRN	Argamassa do grupo escolar Augusto Severo/RN: Caracterização e incidência de manifestações patológicas	Sousa, Adla Kellen Dionisio	2014	Escola em Augusto Severo, RN	1908

Fonte: Autor (2020)

3.3. Etapa 03 – Análise das fontes bibliográficas

Essa etapa foi desenvolvida a partir da leitura de todos os trabalhos selecionados, buscando entender o processo utilizado para a caracterização das argamassas. Foram identificados os tipos de ensaios realizados em cada um dos programas experimentais, bem como os resultados obtidos para cada um dos materiais analisados, levando em conta o traço e os materiais constituintes.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir do número reduzido de trabalhos encontrados pela busca nos repositórios das universidades, percebe-se que, talvez, o interesse pela temática de pesquisa não tenha ganhado a devida importância na área da engenharia civil. A Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), se destaca apresentando um maior número de trabalhos, onde, apesar de também possuir cursos de pós-graduação em engenharia civil, todos eles são de nível de graduação. Encontrar um único trabalho realizado na UFBA no repositório causa estranheza, pois esta instituição possui um laboratório de renome na área de patrimônio histórico. Acredita-se que na possibilidade de os repositórios institucionais não estarem

totalmente atualizados e os trabalhos mais antigos não tenham sido inseridos no sistema digital.

O Quadro 4 apresenta uma síntese dos ensaios realizados nos treze trabalhos incorporados no estudo.

Quadro 4: Ensaios realizados em cada trabalho

Código	Análise Visual	Absorção de água	Teor de aglom.	Gran.	MEV	DRX	TG	FRX	Nível acadêmico
BA01SA	X		X	X	X	X	X	X	Doutorado
RN01SM	X	X	X	X					Graduação
RN02JS	X	X	X	X					Graduação
RN03CN	X	X	X	X					Graduação
RN04PI	X	X	X	X					Graduação
RN05AS	X		X	X					Graduação
RN06CC	X	X	X	X					Graduação
RN07CC	X	X	X	X					Graduação
RN08AS	X		X	X		X			Graduação
RN09CR	X	X	X	X		X		X	Graduação
CE01JN	X	X	X	X		X		X	Graduação
RN11CM	X	X	X	X		X	X	X	Mestrado
RN12AS	X				X	X	X	X	Mestrado

Fonte: Autor (2020)

Pode-se observar que os ensaios mais realizados foram os de baixa complexidade, isso se deve ao fato de serem mais acessíveis e fáceis de se executar. Dentre eles, percebe-se que a análise visual foi realizada em todos os casos, e o ensaio de granulometria e de determinação do teor de aglomerante só não foram realizados em um dos trabalhos. O ensaio de absorção de água também foi muito executado, e em todos os casos esse ensaio foi feito em laboratório, seguindo a NBR 9778 (ABNT, 2005). Além disso, percebe-se que os trabalhos no nível de graduação fizeram uso somente desses ensaios, com exceção do RN08AS, RN09CR e do CE01JN, que fizeram uso do DRF e do FRX. É verificado também que o ensaio de microscopia óptica, apesar de ser umas das técnicas mais simples dentre os ensaios mais complexos não foi realizado em nenhum trabalho.

Os trabalhos com nível de mestrado e doutorado exigem um detalhamento maior e mais completo da pesquisa, por isso fizeram uso de ensaios mais complexos no processo de caracterização como DRX, FRX, MEV e TGA. Ademais, sabe-se que esses ensaios requerem o uso de equipamentos e análises mais complexas, com compreensões teóricas mais aprofundadas, o que acaba limitando-o, pois, muitas vezes os equipamentos podem não estar disponíveis para uso do corpo acadêmico de nível de graduação, além do fato de não terem os resultados interpretados de maneira correta por qualquer estudante.

Os resultados encontrados para os prováveis traços, bem como a quantidade de amostra analisadas são apresentados no Quadro 5. As amostras do RN08AS foram divididas em internas (RN08AS_a) e externas (RN08AS_b) por se tratar de duas áreas distintas do mesmo objeto de estudo.

Quadro 5: Relação aglomerante: agregado

Código	Amostras com relação aglomerante: agregado								
	01	02	03	04	05	06	07	08	09
BA01SA	1:2,8	1:0,5							
RN01SM	1:5	1:10	1:14	1:17	1:20				
RN02JS	1:7	1:8	1:8	1:8	1:8				
RN03CN	1:5	1:6	1:6	1:7					
RN04PI	1:6	1:6	1:6	1:7	1:7	1:7	1:7		
RN05AS	1:4	1:4	1:4	1:4	1:5	1:7			
RN06CC	1:7	1:8	1:8	1:8	1:8	1:8	1:8	1:8	1:8
RN07CC	1:4	1:6	1:6	1:6	1:6	1:6	1:7	1:8	
RN08AS_a	1:43	1:70	1:76	1:76	1:90	1:99			
RN08AS_b	1:6	1:7	1:7						
RN09CR	1:5,12	1:10,19	1:11	1:17,52	1:22,8				
CE01JN	1:3,4	1:8,7	1:11,7	1:20,7	1:21,7				
RN11CM	1:3	1:4	1:6	1:7	1:8	1:8			

Fonte: Autor (2020)

Se tratando do traço das argamassas, vale ressaltar que para a realização de cada processo de caracterização são retiradas, de forma mapeada, um número de amostras na estrutura e para cada uma realiza-se o ensaio para a sua determinação. Nos trabalhos analisados os autores reportam que não houve dificuldade para a execução e em nenhum deles foi considerado alteração dos resultados pela presença de agregado calcário nas amostras. Foi possível perceber em alguns dos trabalhos que as amostras apresentam variação no traço utilizado. Em outros, há uma semelhança de traços tanto entre as amostras do mesmo trabalho, quanto em amostras de trabalhos diferentes.

As amostras do BA01SA, RN01SM, RN08AS, RN09CR, CE01JN foram as que obtiveram uma maior discrepância entre os traços, que podem ser justificados pela inexistência de controle tecnológico na produção da argamassa no passado ou pelas interferências que a edificação pode ter sofrido ao passar dos anos, modificando assim as características do material argamassa.

As demais amostras apresentam traços semelhantes entre elas, indicando mais uniformidade no preparo das argamassas e um certo controle nas quantidades de materiais usados na produção. Segundo Santiago (2007), antigamente, não havia regras para a indicação das proporções entre os diversos componentes das argamassas, mas vários autores indicavam traços de 1:2 a 1:4 (cal, areia). Nas argamassas analisadas, não houve

utilização de nenhum desses traços citados por Santiago (2007), o que se pode observar é uma frequência dos traços 1:6, 1:7 e 1:8 e a semelhança nessa utilização pode se dar pelas cidades de realização do estudo serem circunvizinhas.

As amostras do RN08AS_a mostram que os traços não são compatíveis com os usuais utilizados na época para uma produção de uma argamassa com cal, pois a relação areia: aglomerante difere muito da relação citada por outros autores, fato confirmado pelo DRX, cujo resultados serão apresentados mais à frente.

O Quadro 6 apresenta o módulo de finura (MF) e a fração granulometria de cada um dos agregados. Com exceção de BA01SA, que informou no corpo do trabalho somente o tipo de fração granulométrica do agregado ensaiado, todos os demais trabalhos apresentaram o resultado para o MF.

Quadro 6: Características físicas dos agregados utilizados

Código	Varição do MF	Granulometria
BA01SA	-	Areia grossa
RN01SM	1,55 a 2,01	Areia fina
RN02JS	3,27 a 3,31	Areia grossa
RN03CN	2,50 a 3,30	Areia média a grossa
RN04PI	4,32 a 5,1	Areia grossa
RN05AS	1,54 a 2,81	Areia fina a muito fina
RN06CC	1,80 a 2,89	Areia fina a média
RN07CC	1,86 a 2,76	Areia fina a média
RN08AS	1,40 a 2,10	Areia fina e muito fina
RN09CR	2,03 a 2,25	Areia fina
CE01JN	1,50 a 2,00	Areia fina
RN11CM	1,36 a 1,78	Areia fina e muito fina

Fonte: Autor (2020)

É possível perceber que as argamassas foram produzidas com uma variedade de frações granulométricas, incluindo areias muito finas, finas, médias e grossas. As amostras de BA01SA, RN02JS, RN04PI fizeram uso da areia grossa, enquanto RN12CM, CE01JN, RN09CR, RN08AS, e RN01SM usaram areia fina. As demais amostras utilizaram areias que variavam de fina a média e de média a grossa. Importante destacar que todas as amostras analisadas individualmente em cada trabalho possuíam regular similaridade entre si no que se diz respeito ao módulo de finura do agregado, indicando que ambas usadas na construção eram retiradas da mesma jazida na região de estudo.

Apesar dessa técnica possuir uma certa limitação devido a pequena quantidade de material usado para sua realização, em todos os casos foi possível executá-la sem nenhuma dificuldade.

Por meio do ensaio de absorção, os trabalhos avaliaram a porosidade das argamassas, cujo resultados são representados no Quadro 7.

Quadro 7: Variação da absorção média das argamassas

Código	Variação (%)
RN01SM	13,73 a 18,16
RN02JS	5,57 a 8,56
RN03CN	9,42 a 16,00
RN04PI	10,54 a 13,43
RN06CC	14,84 a 22,23
RN07CC	14,48 a 20,06
RN09CR	12,96 a 15,50
CE01JN	10,88 a 15,86
RN11CM	7,71 a 15,37

Fonte: Autor (2020)

Assim, a variação de absorção média das amostras apresenta maior similaridade entre RN06CC e RN07CC, onde se tem um intervalo maior com os maiores valores de absorção, indicando que essas argamassas são as mais porosas e possivelmente produzidas somente com cal. O valor menor de absorção corresponde às amostras de RN02JS.

O ensaio de Fluorescência de Raios-X proporcionou informação sobre os óxidos que constituem as amostras estudadas. Dos trabalhos analisados, apenas 5 realizaram esse tipo de ensaio e os resultados encontrados são representados no Quadro 8.

Quadro 8: Análise FRX das argamassas

Código	Elementos				
BA01SA	Óxido de cálcio	Dióxido de silício	Óxido de ferro	Trióxido de Alumínio	
RN09CR	Óxido de cálcio	Dióxido de silício	Óxido de ferro	Óxido de potássio	
CE01JN	Óxido de cálcio	Dióxido de silício	Óxido de ferro	Trióxido de Alumínio	Óxido de potássio
RN11CM	Óxido de cálcio	Dióxido de silício	Óxido de ferro		
RN12AS	Óxido de cálcio	Dióxido de silício	Óxido de ferro		

Fonte: Autor (2020)

Em todos os casos foram encontrados em maiores quantidades Óxido de cálcio (CaO), dióxido de silício (SiO₂) e óxido de ferro (Fe₂O₃). O CaO (Cal) foi o que apresentou maior porcentagem em todas as amostras, representando-se assim como principal elemento aglomerante das argamassas. O SiO₂ (Sílica) representa a segunda maior porcentagem, indicando que o principal agregado usado na composição foi a areia quartzosa, o que já era esperado por se tratar de um elemento bastante utilizado em argamassas como agregado miúdo. A presença de ferro, alumínio e potássio é comum em

argilas e feldspatos, o que indica a presença de argila também na composição dessas argamassas, porém, em proporções menores. Esses resultados vão ao encontro da afirmação de Magalhães (2018), onde, segundo ela, nas construções antigas, as argamassas de revestimento eram constituídas, fundamentalmente, à base de cal aérea e areia, mas era utilizada também argila e outros tipos de solo.

Através do ensaio de DRX foi possível obter os compostos cristalinos mostrados no Quadro 9.

Quadro 9: Principais compostos cristalinos obtidos pelo DRX

Código	Compostos cristalinos		
BA01SA	Calcita	Quartzo	Caulinita
RN08AS_a	Calcita	Quartzo	Caulinita
RN08AS_b	Calcita	Quartzo	-
RN09CR	Calcita	Quartzo	Feldspato
CE01JN	Calcita	Quartzo	Feldspato
RN11CM	Calcita	Quartzo	Caulinita
RN12AS	Calcita	Quartzo	Feldspato

Fonte: Autor (2020)

Com os resultados do DRX, comprovou-se os do FRX, onde os principais componentes encontrados nas amostras foram a sílica não reativa em forma de quartzo (SiO_2), feldspato (KAlSi_3O_8) e caulinita ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$) e, em maior predominância, o carbonato de cálcio de natureza calcita (CaCO_3), com exceção das amostras RN08AS_a, que indicaram que na sua composição não havia uma quantidade considerável de calcita (cal) sendo composta principalmente de quartzo (areia) e feldspato (argila), fato que pode ser comprovado pelos traços obtidos nessas amostras, já mostrados anteriormente.

Através dos ensaios de MEV e TG obteve-se os compostos já apresentados pelo DRX e FRX, onde, em todos os casos a cal de natureza calcita é a que aparece com mais intensidade, seguido do quartzo e da caulinita. Os Quadros 10 e 11 trazem esses resultados.

Quadro 10: Principais compostos identificados nas imagens do MEV

Código	Compostos		
BA01SA	Cálcio	Sílica	Ferro
RN12AS	Cálcio	Sílica	Ferro

Fonte: Autor (2020)

Quadro 11: Principais compostos identificados na TG

Código	Compostos	
BA01SA	Calcita	Caulinita
RN11CM	Calcita	Caulinita
RN12AS	Calcita	Caulinita

Fonte: Autor (2020)

Através dos resultados obtidos é possível perceber que os ensaios de DRX, FRX, TG e MEV, apesar de serem feitos de maneiras diferentes, chegam em resultados conclusivos semelhantes ou iguais, ou seja, um confirma os dados obtidos no outro. Assim, torna-se dispensável a realização de todos de maneira simultânea para analisar a composição das argamassas

5. CONCLUSÕES

A partir dos resultados encontrados no desenvolvimento deste trabalho é possível concluir que:

- Apesar de tanta importância e comparando com o número de universidades com curso de graduação em engenharia civil, foram poucos os estudos encontrados acerca da caracterização de argamassas históricas.
- Os ensaios mais realizados pelas universidades que apresentaram estudos na área são aqueles de baixa complexidade, principalmente os trabalhos realizados no nível de graduação. Os de maior complexidade foram realizados, em sua maioria, nos trabalhos com níveis de mestrado e doutorado.
- O repositório da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), localizada em Mossoró, no Rio Grande do Norte, foi o que havia o maior número de documentos sobre caracterização de argamassas, mostrando que a instituição é uma das que mais realiza trabalhos voltado para essa área.
- Se tratando dos materiais utilizados nessas construções, observou-se que se constituíam principalmente de cal do tipo calcita, areia fina do tipo quartzosa e de argila.
- Pode-se tornar redundante a utilização de todos os ensaios durante um processo de caracterização de argamassa, já que alguns deles apresentam resultados finais similares.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT, NBR. 9778. **Argamassa e concreto endurecidos-Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica.** Rio de Janeiro, 2005.

ADRIANO, P. et al. 2014. **Determinação da Composição de Argamassas Antigas.**

ARAÚJO, C. M. et al. **Caracterização de argamassas históricas:** estudo de caso da ponte da Pedra Lavrada. 2020.

BRISOLA, D. F. **Otimização no preparo de amostras para análise em espectrofotômetro de fluorescência de raios X.** 2008.

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

DEDAVID, B.A. Microscópio eletrônico de varredura. **Microscopia eletrônica de varredura:** aplicações e preparação de amostras: materiais poliméricos, metálicos e semicondutores. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007

FALCÃO, S. L. T. G. **Caracterização das argamassas antigas da igreja do colégio de Portimão.** 2010. 107 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Química Aplicada Ao Patrimônio Cultural, Departamento de Química e Bioquímica, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2010.

FUNARI, P. P.; PELEGRINI, S. C. A. **Patrimônio Histórico e Cultural.** Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 2009.

GENOVEZ, S. C. **Análise estratigráfica:** uma contribuição ao restauro. Dissertação de Mestrado – FAUUSP. SP. 2012. 210p.

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

GOMES, A. O. **Influência dos argilominerais nas propriedades das argamassas de revestimento em Salvador:** uma contribuição à qualidade ambiental. Dissertação, UFBA, 2000.

HORMES, J.; et al. **The characterization of historic mortars:** a comparison between powder diffraction and synchrotron radiation based x-ray absorption and x-ray fluorescence spectroscopy.: A comparison between powder diffraction and synchrotron radiation based X-ray absorption and X-ray fluorescence spectroscopy. *Microchemical Journal*, [s.l.], v. 125, p. 190-195, mar. 2016. Elsevier BV.

KANAN, M. I. **Manual de Conservação e Intervenção em Argamassas e Revestimentos à Base de Cal.** Brasília, Df: 2008. 172 p.

MAGALHÃES, A. C. A. **Argamassas de cal com adições pozolânicas:** contribuição para o desenvolvimento de formulações para o restauro. 2018. 314 f. Tese (Doutorado) - Curso de Arquitetura, Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2018.

- MARQUES, S. M. F. **Estudo de Argamassas de Reabilitação de Edifícios Antigos**. 2005. 148f. Dissertação Mestrado – Universidade de Aveiro, Portugal.
- MATTEINI, M.; MOLES, A. **Ciencia y restauración: método de investigación**. Madrid: Editorial Nerea, 2001.
- MELO JUNIOR, A. S. **Análise quantitativa do material particulado na região de Campinas, através das técnicas de microfluorescência de raio X e reflexão total usando radiação sincrotron**—Campinas SP,2007.
- MOTTA, E. V. **Caracterização de Argamassas de edificações históricas em Santa Catarina**. 2004. 130 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.
- MOROPOULOU, A. BAKOLAS, A. BISBIKOU, K. **Physico-chemical adhesion and cohesion bonds in joint mortars imparting durability to the historic structures. Construction and building materials**, n. 14, p. 35-46, 2000.
- NASCIMENTO FILHO, V. F., **Técnicas analíticas nucleares de fluorescência de raios X por dispersão de energia (ED-XRF) e por reflexão total (TXRF)**. Departamento de Ciências Exatas/ESALQ, USP, SP. Julho, 1999.
- NASCIMENTO, C. B. **Deterioração de forro em estuque reforçado com ripas vegetais: o caso “Vila Penteadado”** – FAUUSP. São Paulo, 2002. 244 p.
- QUARCIONI, V. A; CINCOTTO, M. A. **Reconstituição de traço de argamassas: atualização do método IPT**. 1998.Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.
- RIBEIRO, N. P. **Técnicas construtivas nas alvenarias históricas, no Brasil**. In: BRAGA, Márcia. **CONSERVAÇÃO E RESTAURO: arquitetura**. Arquitetura. Rio de Janeiro: Estácio de Sá, 2003. Cap. 3. p. 1-129.
- RODRIGUES, P. N. **Caracterização das argamassas históricas da Ruína de São Miguel Arcanjo/RS**. 2013. 142 f. Dissertação (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rs, Brasil, 2013.
- SANTIAGO, C. C. **Argamassas tradicionais de cal**. Salvador: EDUFBA, 2007.
- SOUSA, A. K. D. **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.
- SOUSA, J. A. B. et al. **Caracterização das argamassas históricas de revestimento da casa Viana em Juazeiro do Norte-Ce**. 2018.
- SOUZA, M. L. **Caracterização de argamassas históricas de conventos franciscanos do Estado de Pernambuco**. 2011. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.
- VELOSA, A. **Argamassas de cal com pozolanas para revestimentos de paredes antigas**. 2006. 467f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade de Aveiro, Portugal, 2006.

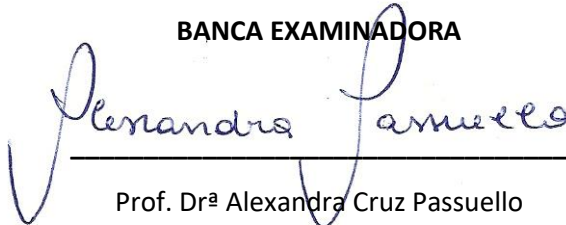
HYONARA SILVA OLIVEIRA

**CARACTERIZAÇÃO DE ARGAMASSAS HISTÓRICAS: ANÁLISE DE
TRABALHOS DA REGIÃO NORDESTE DO BRASIL.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Ciências à Universidade do Recôncavo da Bahia, como requisito parcial para obtenção do grau em Bacharel em Engenharia Civil.

Cruz das Almas, 18 de dezembro de 2020.

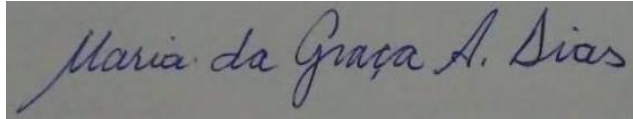
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr^a Alexandra Cruz Passuello

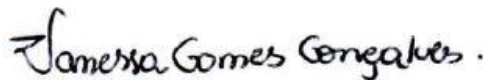
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Orientadora



Prof. Msc. Maria da Graça Andrade Dias

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia



Vanessa Gomes Gonçalves

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia