



UNIVERSIDADE D
COIMBRA

Kátia Maria Pereira Soares

ESTUDO DO COMPORTAMENTO DE ARGAMASSAS DE
CAL EM SUPORTES DE PEDRA CALCÁRIA, TIJOLOS
MACIÇOS E BLOCOS DE TERRA COMPRIMIDOS

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Reabilitação de Edifícios - Reabilitação Não Estrutural I, orientada pela Professora Doutora Maria Isabel Morais Torres e Professora Doutora Inês Flores Colen, e apresentada ao Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

Coimbra, Julho de 2020

1 2 9 0



UNIVERSIDADE D
COIMBRA

Kátia Maria Pereira Soares

**ESTUDO DO COMPORTAMENTO DE ARGAMASSAS DE
CAL EM SUPORTES DE PEDRA CALCÁRIA, TIJOLOS
MACIÇOS E BLOCOS DE TERRA COMPRIMIDOS**

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Reabilitação de Edifícios - Reabilitação Não Estrutural I, orientada pela Professora Doutora Maria Isabel Morais Torres e Professora Doutora Inês Flores Colen, e apresentada ao Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

Esta Dissertação é da exclusiva responsabilidade do seu autor. O Departamento de Engenharia Civil da FCTUC, declina qualquer responsabilidade, legal ou outra, em relação a erros ou omissões que possa conter.

Coimbra, Julho de 2020

Índice

1.	ENQUADRAMENTO.....	4
2.	OBJETIVOS.....	6
3.	REFERENCIAL TEÓRICO.....	7
3.1.	Constituição das argamassas	7
3.2.	Principais causas patológicas associadas às argamassas para revestimento.....	7
3.3.	Principais anomalias associadas às argamassas para revestimento	8
3.4.	Características a exigir das argamassas em paredes antigas.....	9
4.	METODOLOGIA.....	11
4.1.	Aspectos gerais	11
4.2.	Descrição da metodologia	11
5.	PLANO DE TRABALHO.....	13
6.	PRINCIPAIS REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS.....	14
7.	BIBLIOGRAFIA:.....	17

Anexos

ANEXO 1: Mapa de ensaios	19
ANEXO 2: Cronograma do Trabalho	20

1. ENQUADRAMENTO

De acordo com a literatura, não é possível determinar ao certo quando a humanidade descobriu a cal. Existe uma teoria que a partir da descoberta do fogo os homens antigos tenham utilizado a pedra calcária para proteger as fogueiras. O fogo aqueceu as rochas, transformando-as na primeira cal calcinada. Depois choveu e a cal extinguiu-se até transformar-se em hidróxido de cálcio que, por sua vez, reagiu com as cinzas e areia ao redor da fogueira, originando-se a primeira argamassa da antiguidade (www.lhoist.com/br_Br/cal-ao-longo-da-história).

O uso da cal, como ligante em argamassas de revestimento de alvenarias em edifícios remonta há milénios. (Malinowsky, 1982 e 1991) refere que as primeiras aplicações da cal apagada nas construções datariam do período Neolítico, por exemplo em Çatal Huyuk, na Turquia, por volta de 6.000 a. C. e que as primeiras argamassas só de cal teriam sido empregues em Jericó, na Palestina, por volta de 7.000 a. C. Num estudo recente, Reller (1992) encontrou em Nevoli Çori, na Turquia, restos da utilização de argamassas de cal em pavimentos, que datam de 10.000 a 8.000 a. C.

Às argamassas atribui-se não somente a função de juntar os elementos construtivos que erguem as paredes, mas principalmente a função de proteção e durabilidade dos suportes onde estão aplicadas. A esta função de proteção estão associadas as manifestações patológicas mais comuns, que afetam as propriedades e durabilidade destes suportes.

Ao longo dos anos, os rebocos (argamassas de revestimento) à base de cal foram sofrendo desgastes naturais, e, outras vezes, por ação de agentes externos, como o aumento da poluição, vibrações do tráfego de automóvel, alterações de uso e alterações climáticas.

Estes processos de desgastes obrigam, nesta contemporaneidade, a uma crescente necessidade de reabilitação de edifícios antigos, os quais podem requerer a substituição parcial ou integral dos rebocos, dependendo do estado de degradação em que se encontram.

Nesse sentido, propõe-se que estes procedimentos de recuperação assumam uma natureza de operação de manutenção usual ao invés de intervenções especializadas de reabilitação, promovendo, contudo, a adoção de soluções reversíveis, ou, pelo menos, pouco invasivas, com uma durabilidade satisfatória e uma integração equilibrada com a história e paisagem urbana.

Vários estudos científicos publicados demonstraram que a utilização de argamassas correntes não compatíveis com os substratos antigos existentes origina soluções de manutenção ou reabilitação pouco duráveis e potencialmente geradoras de novos processos de degradação das alvenarias:

Rodrigues (2004, p. 9), as argamassas de substituição aplicadas em edifícios antigos de forma incorreta, ou partindo de formulações ou de preparações deficientes, podem originar situações de patologia.

Mendes (2017, p.1), com o aparecimento do cimento houve técnicas construtivas e materiais tradicionais que deixaram de se utilizar, o que tem trazido consequências negativas para a reabilitação, pois é notório que o cimento é incompatível com os materiais das alvenarias utilizados até ao Séc. XX.

Veiga (apud ADRIANO, 2008, p.3,), o desconhecimento da constituição e da tecnologia envolvida fazem com que a opção comum para a reparação seja a extração de todo o revestimento e a sua substituição por uma solução atual, em geral não adaptada ao funcionamento do revestimento antigo. Muitas vezes, as soluções adoptadas, além de descaracterizarem os edifícios, são funcionalmente desadequadas e têm um desempenho e uma durabilidade inferiores aos pré-existentes.

Atualmente as argamassas de cal são as mais comumente usadas e indicadas na reabilitação de edifícios antigos pela sua capacidade de manter as propriedades características iniciais, harmonizando-se esteticamente com as alvenarias tradicionais, sendo materiais de alta plasticidade, o que favorece a sua conservação.

As caracterizações das argamassas de cal, quase sempre, são realizadas em provetes executados em laboratório e de acordo com a normalização aplicável, embora, após aplicação das mesmas em suportes reais, essas características possam não ser as mesmas.

Esta investigação tem como objetivo principal proceder a um estudo comparativo do comportamento de argamassas de cal aérea e hidráulica, moldadas em moldes laboratoriais, com o comportamento das mesmas aplicadas sobre suportes reais, no sentido de conhecer profundamente o comportamento dos rebocos que farão parte na implementação de processos de manutenção e reabilitação.

2. OBJETIVOS

O objetivo principal desta investigação é comparar o comportamento das argamassas de revestimento de cal aérea e hidráulica ensaiadas em provetes laboratoriais, com as mesmas aplicadas em substratos reais.

Para concretizar esse objetivo serão realizados ensaios, a fim de obter a caracterização das argamassas de cal moldadas em laboratório e quando aplicadas em suportes reais, avaliando as propriedades de porosidade aberta, permeabilidade do vapor de água, absorção de água, capacidade de secagem, módulo de elasticidade, resistências mecânicas, aderência e compatibilidade aos suportes, aspeto estético e durabilidade. Os suportes serão, também, caracterizados.

Expecta-se ao final poder responder, para as situações ensaiadas, se os resultados característicos das argamassas de reboco apresentaram ou não comportamentos semelhantes entre os provetes moldados em moldes laboratoriais e os aplicados sobre suportes reais do tipo modelos reduzidos (blocos).

Caso ocorra uma variabilidade significativa, serão apontados os fatores que influenciaram os resultados.

Em um segundo plano, pretende-se contribuir para auxiliar os técnicos nos conhecimentos necessários para intervenções em edifícios antigos com e sem valor histórico, garantindo a compatibilidade de elementos antigos e novos sem criar novos pontos de tensões, com soluções pouco invasivas, de durabilidade satisfatória e harmónica. Com esta abordagem o edificado é adequadamente preservado ao longo do tempo.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Segundo Torres (2014, p.24), no que se refere aos revestimentos exteriores, “podemos dizer que estes são a ‘pele’ dos nossos edifícios”.

Nesta função envoltória, serão as argamassas de revestimento que protegerão o interior das edificações.

3.1. Constituição das argamassas

Argamassa é uma mistura homogênea, produto resultante da mistura de um ligante com um agregado e água, contendo ou não aditivos ou adições, com propriedades de aderência e endurecimento.

As argamassas podem ser usadas em aplicações muito distintas com objetivos diferenciados, como, por exemplo, em revestimentos exteriores e interiores de parede, fechamento de juntas e injeções de consolidação.

Cada um destes tipos de aplicação deverá obedecer a requisitos diferentes, pelo que cada caso deve ser considerado separadamente.

Embora os materiais adotem a mesma designação em todas estas situações – argamassas – tratam-se de produtos distintos e que, por isso, devem ser considerados segundo abordagens também diferentes (FARIA/2008).

3.2. Principais causas patológicas associadas às argamassas para revestimento

Identificar as causas de patologias associadas às argamassas de revestimento é primordial para a compreensão de como atuam os agentes de degradação e as consequências que estas ações desencadeiam.

As ações de degradações estruturais, estáticas ou dinâmicas, podem provocar fendilhação e até a rotura ou colapso da construção. Esta ocorrência é menos frequente que as degradações por ações não estruturais.

As ações não estruturais químicas referem-se às reações entre os sais solúveis higroscópicos com outros elementos presentes nas alvenarias. Nesse sentido, a água desempenha papel importante de meio de transporte, quer na forma líquida ou de vapor, promovendo o contato entre os sais solúveis e os outros componentes. Se as construções se mantêm seca, não sofrem reações internas que conduzam à deterioração.

As ações não estruturais físicas relacionam-se com as variações de quantidade de água no interior dos materiais, como a evaporação por secagem associada à fenômenos de retração, absorção por capilaridade, ciclos de gelo-desgelo e às variações térmicas com desenvolvimento de tensões internas.

Todas as ações relacionadas anteriormente podem traduzir-se em patologias.

3.3. Principais anomalias associadas às argamassas para revestimento

A erosão é uma das patologias que podemos relacionar à deterioração das argamassas de revestimento. A sua origem está diretamente relacionada à ação das chuvas, do vento e dos sais solúveis higroscópicos.

Os sais solúveis higroscópicos estão presentes em quase todos os materiais de construção, em maior ou menor quantidade, sendo dissolvidos pela água no seu estado líquido. Após a evaporação da água esses sais cristalizam, ou na superfície dos elementos construtivos – *eflorescências* - ou em seus interiores – *criptoflorescências*. Após ciclos repetitivos de eflorescências ou criptoflorescências, ocorre, respetivamente, a erosão das superfícies dos paramentos e expansão dos sais que aumentam de volume, provocando a dessolidarizações entre camadas de matérias. Para além desta ação física, podem ocorrer simultaneamente reações químicas que levam ao destacamento das argamassas do resto dos elementos e cair, resultado do desenvolvimento de compostos expansivos que levaram à desintegração das argamassas.

A presença de água pode constituir outra patologia importante, uma vez que a água penetra nos materiais por ascensão ou difusão capilar, ou por infiltração pela fendilhação existente. As consequências dessa presença de água indesejada é a diminuição da resistência mecânica e de isolamento térmico, transporte de sais existentes nos materiais, dilatação / retração do material e o desenvolvimento de microrganismos e vegetação parasita em meio húmido (RODRIGUES, 2004).

3.4. Características a exigir das argamassas em paredes antigas

É consenso entre os estudiosos de argamassa que as principais características requeridas para as argamassas de revestimento de paredes antigas, de forma a reduzir a sua degradação e aumentar o seu desempenho, devem satisfazer as suas exigências funcionais (RODRIGUES, 2004; GUERREIRO, HENRIQUE, PINTO, 2007):

- Boa aderência ao suporte: este é um fenómeno mecânico que promove a aderência das argamassas às paredes, de modo que não se descolem sob efeitos de trações e compressões.
- Função impermeabilizante: o revestimento deve limitar a quantidade de água que pode atingir o suporte. Para revestimentos de cal, esta impermeabilidade implica que o revestimento seja suficientemente espesso, para constituir, de certa maneira, uma barreira à penetração de água. A espessura é atingida através de distintas camadas de reboco – crespido, camada de base e camada de acabamento.
- Baixa absorção capilar, quer em termos de velocidade de absorção (coeficiente de capilaridade), quer quanto à quantidade total de água absorvida (valor assintótico de absorção). A capilaridade é a capacidade de um material saturar por forças de sucção e é tanto maior quanto mais finos forem os capilares dos materiais.
- Boa deformabilidade de modo a absorver os movimentos de tensão a que são submetidas, sem fendilhar.
- Devem ter resistências mecânicas decrescentes desde o suporte até a camada de acabamento.
- Estabilidade dimensional, que é um fator muito importante, tanto a curto prazo, quando as eventuais retrações podem induzir a fendilhação, ou a longo prazo, quando as variações dimensionais podem criar esforços dentro da alvenaria ou no reboco ou a perda de aderência entre eles.
- Boa permeabilidade ao vapor de água, de forma a favorecer a evaporação de água que eventualmente possa ter penetrado, não devendo esta ser inferior à do suporte, aumentando de dentro para fora nas várias camadas que constituam o revestimento.
- Baixa libertação de sais solúveis, não só para a preservação da alvenaria como para a minimização da degradação da argamassa.

- Boa resistência aos sulfatos e cloretos, pois os sulfatos, devido a ações mecânicas, propiciam o aumento do volume dos sais ao longo de sua cristalização/dissolução; e os cloretos, devido a ações químicas, geram a formação de produtos expansivos que conduzem à rotura e desagregação das argamassas.
- Boa resistência a ciclos de gelo/degelo – requerida resistência mecânica elevada.
- Estética – o revestimento deverá conferir acabamento uniforme na textura e na cor.

As características no que tange à resistência aos sulfatos, aluminatos e ciclos gelo/degelo são difíceis de combinar.

A boa resistência aos sulfatos implica que os constituintes das argamassas possuam baixo teor de silicatos e aluminatos, o que conduz a baixas resistências mecânicas. Para um bom comportamento aos cloretos e ciclo gelo-desgelo é necessária uma alta resistência mecânica. Para resolver este impasse, uma porometria adequada, que permita o aumento de volume resultantes da cristalização e expansão, poderá ser suficiente.

Mesmo que fosse possível recriar as argamassas de revestimento, exatamente como quando foram originadas, não é possível e nem apropriado uma vez que as condições em que se encontram as bases já não são as mesmas devido à idade e às ações de envelhecimento.

Cada vez mais exigimos edificações saudáveis e confortáveis, por isso assegurar a durabilidade dos revestimentos externos não só é importante por razões de saúde, mas também por razões econômicas, uma vez que a sua fragilidade exige gastos com reparações; e também por razões ecológicas, já que a tomada de consciência da limitação de recursos de que dispomos impõe, também ela, a conservação do patrimônio (VEIGA,1998).

4. METODOLOGIA

4.1. Aspectos gerais

Do ponto de vista da Natureza esta é uma *Pesquisa Aplicada*, que objetiva gerar conhecimentos para aplicações práticas e dirigidos à solução de problemas específicos na área de reabilitação de edifícios antigos revestidos por argamassas de cal.

A abordagem será *Quantitativa* e os dados obtidos dos ensaios característicos serão traduzidos em números, através de técnicas estatísticas.

Do ponto de vista dos objetivos será uma *Pesquisa Exploratória* visando proporcionar maior familiaridade com o problema com vista a torná-lo explícito ou a construir hipóteses.

Do ponto de vista dos procedimentos técnicos será uma *Pesquisa Experimental*, onde se encontram definidos os objetos de estudo, as variáveis capazes de influenciá-los, assim como as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz nos objetos.

Será utilizada para chegar à conclusão a *Metodologia Dedutiva*, com o objetivo de explicar o conteúdo das premissas, por intermédio de uma cadeia de raciocínio em ordem descendente, de análise do geral para o particular.

4.2. Descrição da metodologia

Como já anunciado, o objetivo do estudo é comparar os resultados comportamentais das argamassas de revestimento de cal, ensaiadas em provetes, com os resultados das ensaiadas após aplicação em substratos reais.

O desenvolvimento dessa pesquisa decorrerá de setembro/2020 a Janeiro/2021, nos laboratórios do ItECons.

As escolhas das argamassas e dos suportes tiveram em conta que, para os casos reais de reabilitação de edifícios antigos, há uma maior predominância desses materiais. Outro fator considerado refere-se à importância da compatibilidade entre materiais novos e antigos (existentes).

Foram escolhidos quatro tipos de argamassas de revestimento: argamassas de cal aérea com areia fina; argamassas de cal aérea com areia média; argamassas de cal hidráulica com areia fina; e argamassas de cal hidráulica com areia média, todas na dosagem 1:3 em volume e formuladas em laboratório.

Os agregados constituem cerca de 75% a 85% do volume das argamassas. Foram escolhidas areias finas e médias (diâmetro médio) para comporem a dosagem.

Os suportes reais escolhidos incluem blocos de pedra calcária, tijolos cerâmicos maciços e blocos de terra comprimidos.

A metodologia a ser seguida nesta investigação constará de 2 fases.

A 1ª fase será destinada à caracterização dos agregados (areia fina e areia média), dos suportes (blocos de pedra calcária, tijolos cerâmicos maciços e blocos de terra comprimido) e da cal (aérea e hidráulica), em conformidade com as normas requeridas para cada um destes materiais.

A 2ª fase será destinada à caracterização das argamassas, quer no seu estado fresco, quer no seu estado endurecido.

Sobre os suportes reais, serão aplicadas as diversas argamassas de cal, com uma espessura uniforme de 1,50 cm, obtida através de gabaritos. Os suportes reais, antes de receberem o revestimento, serão humedecidos e receberão uma camada de chapisco. Os ensaios de caracterização no que concerne à consistência das argamassas frescas serão executados antecedentemente à aplicação das mesmas.

Serão adotados dois processos diferentes de cura/envelhecimento para as argamassas:

- O processo de cura corrente (seca), ensaiados aos 28 e 90 dias, respetivamente para as argamassas de cal hidráulica e argamassas de cal aérea, sendo conservados à temperaturas caracterizadas por $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ / $95\pm 5\%$ HR durante 7 dias e por $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ / $65\pm 5\%$ HR durante os restantes dias até ao ensaio; e
- O processo de cura por *Envelhecimento acelerado*, em conformidade com a Norma EN 1015-21.

Os ensaios que correspondem à 1ª fase e à 2ª fase desta investigação estão relacionados no Mapa de Ensaio, Anexo 1:

5. PLANO DE TRABALHO

Decorridos os diversos tempos de cura, corrente e por envelhecimento, serão iniciados os ensaios, em 4 etapas, conforme a seguir:

1ª etapa: serão ensaiadas as argamassas de cal hidráulica moldadas e aplicadas nos suportes, com cura corrente, aos 28 dias.

2ª etapa: serão ensaiadas as argamassas de cal hidráulica moldadas e aplicadas nos suportes, com cura pelo envelhecimento acelerado.

3ª Etapa: serão ensaiadas as argamassas de cal aérea moldadas e aplicadas nos suportes com cura corrente, aos 90 dias.

4ª etapa: serão ensaiadas as argamassas de cal aérea moldadas e aplicadas nos suportes, com cura pelo envelhecimento acelerado.

Para todos os ensaios serão caracterizadas as argamassas quanto a massa volúmica aparente, porosidade aberta, absorção de água por capilaridade, índice de secagem, permeabilidade ao vapor de água, resistência à compressão, resistência à tração por flexão e módulo de elasticidade.

Todos os procedimentos e metodologias de ensaios adotados nas etapas experimentais serão descritos na dissertação.

As etapas aqui elencadas, estão detalhadas no cronograma de trabalho, Anexo 2.

6. PRINCIPAIS REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

Torres, M.I.M. (2014). *Influência da absorção do suporte na argamassa de revestimento*. Relatório de Pós-Doutoramento pela Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra. Coimbra.

A pesquisa de Pós-Doutoramento da Dr. Maria Isabel Morais Torres caracterizou o comportamento de três tipos de argamassa (argamassa de cimento, argamassa de cal e reboco monocamada) aplicadas sobre três tipos de suportes (betão, tijolo e chapa acrílica).

A primeira conclusão dessa investigação foi que as características do suporte influenciam as características das argamassas aplicadas sobre eles.

A partir dessa conclusão identificou-se a necessidade de conhecer o comportamento das argamassas aplicadas em outros tipos de suportes e que ainda não haviam sido estudados. Assim, para atender a esta necessidade e acrescentando o fato de serem suportes tradicionalmente encontrados em edificações antigas, este projeto de dissertação, investigará o comportamento das argamassas aplicadas aos suportes de pedra calcária, tijolos maciços e blocos de terra comprimidos.

Kazmierczak, C.; Brezezinski D.E.; Collatto D. (2007). *Influência das características da base na resistência de aderência à tração e na distribuição de poros de uma argamassa*. Estudos tecnológicos - Vol. 3, nº 1:47-58. São Leopoldo.

Este trabalho de pesquisa do Doutor Cláudio de Souza Kazmierczak e dos engenheiros civis Débora Elisane Brezezinski e Décio Collato para a Universidade do Vale do Rio dos Sinos, caracterizou o comportamento de uma argamassa industrializada classificada segundo a ABNT-NBR 13281/95 como II-Alta-C, aplicada sobre mini-paredes de alvenaria de bloco cerâmico de vedação, bloco de concreto e tijolo maciço, variando a preparação do substrato com e sem chapisco e idade de 7 e 28 dias.

Neste estudo observou-se que o uso de chapisco (camada de ligação) altera a distribuição dos poros da argamassa, pelo que se pode inferir que, além do aumento da resistência de aderência à tração, poderá ocorrer alteração na durabilidade do revestimento, em função de seu comportamento frente às variações volumétricas decorrentes de gradientes de temperatura e de vibrações ser dependente de sua microestrutura.

A estas observações, e também ao fato de ser usual a aplicação de camada de interligação em edificações antigas, escolheu-se aplicar aos suportes uma camada de interligação.

Rodrigues, P.F. (2003). *Estudo comparativo de diferentes argamassas tradicionais de cal aérea e areia*. – PATORREB 2003 – 1º Encontro Nacional sobre Patologia e Reabilitação de Edifícios. Porto, FEUP, Março 2003, p.207-216.

Este trabalho de pesquisa da Professora da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Paulina Faria Rodrigues, testou oito composições diferentes de argamassas tradicionais de cal aérea e areia. Utilizou-se cal aérea hidratada em pó, a mesma cal, mas previamente misturada com água e utilizada já em pasta, uma cal viva em pedra previamente extinta e uma cal viva micronizada, também extinta atempadamente. Como agregado utilizou-se sempre a mesma areia de rio.

Dos resultados obtidos, faz-se conhecer o comportamento das argamassas, para os referidos traços, quando testadas em provetes, servindo de base de dados comparativo e para preparação dos traços das argamassas escolhidas para esta dissertação.

Veiga, M.R. (2003). *Argamassas para revestimento de paredes de edifícios antigos. Características e campo de aplicação de algumas formulações correntes*. Actas do 3ºENCORE, Encontro sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios, LNEC. Lisboa.

Este trabalho de pesquisa da Doutora Maria do Rosário Veiga, do LNEC estudou 14 composições de argamassa recomendadas para revestimento de edifícios antigos dos tipos argamassas de cimento, de cal hidráulica natural, de cal hidráulica artificial, de cal aérea e cimento, de cal aérea, de cal aérea aditivada com pozolanas, pó de tijolo e outros aditivos minerais, de cal aérea aditivada com “gordura” e argamassas pré-doseadas (de cal hidráulica artificial, de cal hidráulica artificial e cal aérea, de cal aérea).

Esta pesquisa, permitiu apontar as argamassas com base em cal aérea - com a cal aérea como único ligante, ou em misturas com teores reduzidos de cimento, como as mais adequadas para revestimentos de paredes antigas, quando referenciadas às características mecânicas e aos requisitos quanto ao comportamento à água e ao clima. Conclui-se também que um estudo cuidadoso das misturas de areia mais apropriadas surge como essencial para melhorar o desempenho de argamassas com base de cal.

A primeira conclusão reafirma, para esta dissertação, a escolha das argamassas de cal, e a segunda conclusão da necessidade de se testar diferentes tipos de agregados (areias) uma vez que não houve

um aprofundamento sobre este aspeto no estudo de Veiga/2003.

Kanan, M.I. (2008). *Manual de conservação e intervenção em argamassas e revestimentos a base de cal*. IPHAN - Programa Monumenta, 8º Caderno Técnico. Brasília.

Este manual de conservação e intervenção em argamassas e revestimento a base de cal de Maria Kanan serviu de literatura complementar para o entendimento geral do assunto e da sua importância perante a conservação do edificado antigo.

7. BIBLIOGRAFIA:

Torres, M.I.M. – *Influência da absorção do suporte na argamassa de revestimento*. Relatório de Pós-Doutoramento pela Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Coimbra 2014.

Rodrigues, M.P.S.F.F. – *Argamassas de revestimento para alvenarias antigas: contribuição para o estudo da influência dos ligantes*. Dissertação para obtenção do grau de Doutor em Engenharia Civil pela Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa 2004.

Rodrigues, P.F. (2003). *Estudo comparativo de diferentes argamassas tradicionais de cal aérea e areia*. – PATORREB 2003 – 1º Encontro Nacional sobre Patologia e Reabilitação de Edifícios. Porto, FEUP, Março 2003, p.207-216.

Velosa, A. – *Argamassas de cal com pozolanas para revestimentos de paredes antigas*. Dissertação para obtenção do grau de Doutor em Engenharia Civil pela Universidade de Aveiro, Aveiro, 2006.

Veiga, M.R.S. – *Comportamento de Argamassas de Revestimento de Paredes - Contribuição para o estudo da sua resistência à fendilhação*. Dissertação para obtenção do grau de Doutor em Engenharia Civil pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, LNEC, 1998.

Veiga, M.R. (2003). *Argamassas para revestimento de paredes de edifícios antigos. Características e campo de aplicação de algumas formulações correntes*. Actas do 3ºENCORE, Encontro sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios, LNEC, Lisboa.

Muller, Anderson, *Avaliação da aderência dos diferentes tipos de chapisco sobre substrato de concreto*. Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

Kazmierczak, Claudio; Débora Elisiane Brezezinski; Décio Collatto - *Influência das características da base na resistência de aderência à tração e na distribuição de poros de uma argamassa*. Estudos tecnológicos - Vol. 3, nº 1:47-58 (Jan/Jun 2007) ISSN 1808-7310.

R. Santos; M.R. Veiga; A. Santos Silva; J. de Brito - *A influência das areias no desempenho mecânico das argamassas de cal*. CONPAT, Setembro/2015.

Mendes, C.A.C – *Análise comparativa de argamassas de cal*. Dissertação de Mestrado apresentada ao Mestrado em Reabilitação Urbana do Instituto Politécnico de Tomar, Tomar, Setembro/2017.

Guerreiro, C; Henriques, F.M.A.; Pinto, A.P. – *Análise comparativa de argamassas de cal aérea, medianamente hidráulicas e de ligantes mistos para rebocos de edifícios antigos*. APFAC, 2007.

Santos, A.; Veiga, M.R.- *Argamassas compatíveis para edifícios antigos*. LNEC, 2012.

Guimarães, J.E.P.; Gomes, R.D.; Seabra, M.A.; *Guia das argamassas nas construções. Construindo para sempre com cal hidratada*. Associação Brasileira dos Produtores de Cal, 8ª Edição, 2004.

Kanan, M.I. – *Manual de conservação e intervenção em argamassas e revestimentos a base de cal*. IPHAN - Programa Monumenta, 8º Caderno Técnico, Brasília, 2008.

ANEXO 1:

MAPA DE ENSAIOS 1ª FASE								
Ensaio	Normas - Procedimentos	CARACTERIZAÇÃO DOS SUPORTES, AGREGADOS E CAL						
		Suportes			Agregados		Cal	
		Blocos de pedras calcárias	Tijolos cerâmicos maciços	Blocos de terra comprimidos	Areia fina	Areia média	Aérea	Hidratada
Massa volúmica aparente	NP EN 1936:2008	X	X	X				
Porosidade aberta	NP EN 1936:2008	X	X	X				
Absorção de água por capilaridade	ISO 15148:2002	X	X	X				
Permeabilidade ao vapor d'água	EN 1015-19:2008 ; ISO 12572:2001	X	X	X				
Análise granulométrica da areia	NP EN 933-1:2000				X	X		
Baridade	NP EN 1097-3:2002				X	X	X X	
Massa volúmica	MEV						X X	
Superfície específica	MEV						X X	
Granulometria por difração laser	Equipamento Malvern Séries 2600C						X X	
Característica química	Por titulação e gravimetria						X X	

MAPA DE ENSAIOS - 2ª FASE				
Ensaio	Normas	CARACTERIZAÇÃO DAS ARGAMASSAS		
		Argamassas em provetes prismáticos e Cilíndricos	Argamassas endurecidas nos suportes e não destacadas	Argamassas endurecidas nos suportes e destacadas
		Cura: 28/90 dias	Cura: 28/90 dias	Cura: 28/90 dias
Consistência (argamassa fresca)	EN 1015-3	NA	NA	NA
Massa volúmica aparente	NP EN 1936:2008	X		X
Porosidade aberta	NP EN 1936:2008	X		X
Absorção de água por capilaridade	ISO 15148:2002	X		X
Índice de secagem	Recomendação RILEM (1980)	X		X
Permeabilidade ao vapor d'água	EN 1015-19:2008 ; ISO 12572:2001	X		X
Resistência à compressão	EN 1015-11	X		X
Resistência à tração por flexão	EN 1015-11	X		X
Módulo de elasticidade	NF B 10-511 / Ultrasons	X	X	X
Aderência ao suporte	EN 1015-12	X	X	
Permeabilidade sobre pressão	Ficha FE Ao 39 DO LNEC		X	

ANEXO 2:

CRONOGRAMA DE TRABALHO																				
PERÍODO	set/20				out/20				nov/20				dez/20				jan/21			
	1ª Semana	2ª Semana	3ª Semana	4ª Semana	1ª Semana	2ª Semana	3ª Semana	4ª Semana	1ª Semana	2ª Semana	3ª Semana	4ª Semana	1ª Semana	2ª Semana	3ª Semana	4ª Semana	1ª Semana	2ª Semana	3ª Semana	4ª Semana
Revisão bibliográfica																				
1ª FASE: Caracterização dos agregados, suportes e cal																				
2ª FASE: Caracterização das argamassas																				
1ª Etapa: Cal hidráulica com cura corrente aos 28 dias																				
2ª Etapa: Cal hidráulica com cura por envelhecimento acelerado																				
3ª Etapa: Cal aérea com cura corrente aos 90 dias																				
4ª Etapa: Cal aérea com cura por envelhecimento acelerado																				
Análise dos dados obtidos																				
Redação final																				