

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
CURSO DE BACHARELADO INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Anderson Lima Oliveira
Ian Lucas Lopes Mendes
Nicolas Câmara de Castro

**ESTUDO DA RESISTÊNCIA MECÂNICA DA ARGAMASSA DE
REVESTIMENTO**

SÃO LUIS – MA
2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
CURSO DE BACHARELADO INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

**ESTUDO DA RESISTÊNCIA MECÂNICA DA ARGAMASSA DE
REVESTIMENTO**

Monografia de Trabalho de Contextualização e Integralização Curricular 1 submetido à Universidade Federal do Maranhão como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel do Curso Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia, sob a orientação do Professor Dr. Wener Miranda Teixeira dos Santos.

SÃO LUIS – MA

2018

SUMARIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. JUSTIFICATIVA	9
3. OBJETIVOS	10
4. REVISÃO TEÓRICA	11
4.1 Argamassa de revestimento	11
4.1.1 Estrutura de revestimento.....	11
4.2 Propriedade das argamassas de revestimento	13
4.2.1 Estado fresco.....	13
4.2.2 Estado endurecido	15
4.3 Componentes da argamassa	16
4.3.1 Aglomerantes.....	16
4.3.2 Agregado.....	18
4.3.3 Aditivos.....	19
4.3.4 Agua.....	20
4.4 Fabricação	20
4.4.1 Argamassa dosada em obra.....	21
4.4.2 Argamassa industrializada fornecida em sacos.....	21
4.4.3 Argamassa industrializada fornecida em silos.....	21
4.4.4 Argamassa dosada em central.....	21
4.5 Tipos de aderência	21
4.5.1 Aderência mecânica	22
4.5.2 Aderência química	22
4.6 Determinação das resistências mecânicas	22
4.6.1 Tração	23
4.6.2 Compressão	23
4.7 Ensaio	24
4.7.1 Corpo-de-prova.....	24
4.7.2 Quantidade de corpos-de-prova.....	24
5. METODOLOGIA	24
5.1 Materiais	24
5.1.1 Argamassas.....	24
5.1.2 Agregados	24
5.2 Métodos	24
6. RESULTADOS ESPERADOS	25
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26

RESUMO

As argamassas de revestimento são muito usadas nas edificações pelas suas qualidades técnicas, seja para regularizar superfícies, seja como acabamento final ou usadas como base para outras aplicações. Contudo, assim como quase todos os componentes empregados na construção civil, esta mistura não está imune da ocorrência de patologias como: fissuras, descolamento e deslocamento e, ainda, surgimento de manchas.

Este trabalho tem como objetivo dar início a uma pesquisa que resultará na determinação de uma argamassa que melhor se adequa ao uso nas edificações da cidade de São Luís - MA, tendo em vista cumprir suas funções e assegurar o desempenho adequado da edificação no que diz respeito ao sistema de vedações verticais externas e internas das edificações contra agentes agressivos e resistir aos desgastes superficiais, além de contribuir para o isolamento térmico e acústico.

Palavras chave: argamassa, revestimento, resistência, desempenho, aglomerante.

ABSTRACT

Coating mortars are widely used in buildings because of their technical qualities, whether for surface grading, final finishing or used as a basis for other applications. However, like almost all the components used in construction, this mixture is not immune to the occurrence of pathologies such as: cracks, detachment and displacement, and also the appearance of spots.

This work aims to initiate a research that will result in the determination of a mortar that is best suited to use in the buildings of the city of São Luís - MA. Aiming to fulfill its functions and to ensure the proper performance of the building with respect to the system of external and internal vertical seals of the buildings against aggressive agents and to resist superficial wear, besides contributing to the thermal and acoustic insulation.

Key words: mortar, coating, resistance, performance, binder

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Patologia de argamassa de revestimento	09
Figura 02 – Estrutura de revestimento	11
Figura 03 – Equipamento de apoio para ensaio de resistência.....	23

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Composição dos cimentos Portland comuns e composto.....	17
Tabela 02 – Exigências químicas da cal.....	18
Tabela 03 – Exigências físicas da cal.....	18
Tabela 04 – Limites granulométricos do agregado miúdo.....	19

1. INTRODUÇÃO

O uso da argamassa teve seus primeiros registros na pré-história, sendo produzidas apenas com e areia. Com o aumento e disseminação, ao longo do tempo, de conhecimento, houve grande desenvolvimento tanto na constituição quanto na aplicação da argamassa, chegando-se a argamassa industrial e o cimento Portland. Essa evolução ocorreu principalmente na Europa no final do século XIX, como afirma Sandra M. Coutinho, 2013. Já no Brasil, apenas em 1990, esse conhecimento da argamassa industrial começou a ser utilizado,

"...O que foi obtido tanto por investimentos das indústrias cimenteiras, quanto pela necessidade de racionalização das construtoras, pois o mercado passava a exigir cada vez mais rapidez nas obras, redução das perdas e melhoria da produtividade, o que levou a incorporação de novas tecnologias no mercado que possibilitam ganhos em tempo, qualidade e logística."(Coutinho, Sandra M. Et al. Pág. 42. 2013)

Em se tratando de compósitos, como a argamassa, um dos fatores mais importantes para sua identificação é a proporção dos materiais que a compõem. Neste sentido, o estudo da argamassa de revestimento está voltado para avaliar seu desempenho em relação à resistência mecânica através da identificação de suas propriedades físicas e mecânicas para diversas dosagens, a fim de reconhecer suas características associadas às solicitações de uso.

De forma análoga ao desenvolvimento de outros materiais e sistemas construtivos direcionados para edificações, o estudo da argamassa e sua aplicação apresentam exigências quanto ao atendimento de critérios de desempenho e qualidade, assim como redução de custos desses componentes. A priori, os requisitos de segurança estrutural, estanqueidade e durabilidade são indicados como essenciais ao desempenho de materiais destinado ao uso em edificações. Dada como conhecidas as características físicas e mecânicas, bem como as relacionadas com a permeabilidade, e asseguradas as exigências de segurança, conforto e custo, um dos pontos críticos do processo de desenvolvimento de um novo componente habitacional refere-se à sua durabilidade no ambiente em que está inserido.

2. JUSTIFICATIVA

A deterioração prematura dos revestimentos de argamassa é decorrente de diferentes formas de ataque, as quais podem ser classificadas em físicas, mecânicas, químicas e biológicas. No entanto, essa distinção entre os processos é meramente didática, pois, na prática, os fenômenos frequentemente se sobrepõem, sendo, portanto, necessário considerar também as suas interações. Além disso, geralmente, os problemas nos revestimentos se manifestam através de efeitos físicos nocivos, tais como, desagregação, descolamento, vesículas, fissuração e aumento da porosidade e permeabilidade.

Assim um dos pontos a ser visado é a determinação da argamassa de revestimento mais adequado para a cidade de São Luís – MA, baseando – se em seu comportamento frente aos agentes agressivos existentes na atmosfera da cidade, garantindo seu desempenho.



Figura 01 – Fonte: Engenhariacivil.com

3. OBJETIVOS

Objetivo geral:

O estudo da argamassa de revestimento está voltado para avaliar seu desempenho em relação à resistência mecânica através da identificação de suas propriedades físicas e mecânicas para diversas dosagens, a fim de reconhecer suas características associadas às solicitações de uso.

Objetivos específicos:

- Observar o comportamento mecânico das argamassas;
- Determinar a melhor argamassa para revestimento;
- Analisar os resultados obtidos na medição da resistência mecânica;
- Propor a partir dos resultados obtidos a melhor opção a ser empregada na sua finalidade de revestimento.

4. REVISÃO TEORICA

4.1 Argamassa de revestimento

Segundo a NBR 13281 (ABNT, 2001), é uma mistura homogênea de agregado (s) miúdo (s), aglomerante (s) inorgânico (s) e água, contendo ou não aditivos ou adições, com propriedades de aderência e endurecimento, podendo ser dosada em obra ou em instalação própria (argamassa industrializada).

4.1.1 Estrutura de revestimento

O revestimento argamassado é formado por diversas camadas com propriedades e funções específicas, conforme a figura abaixo:

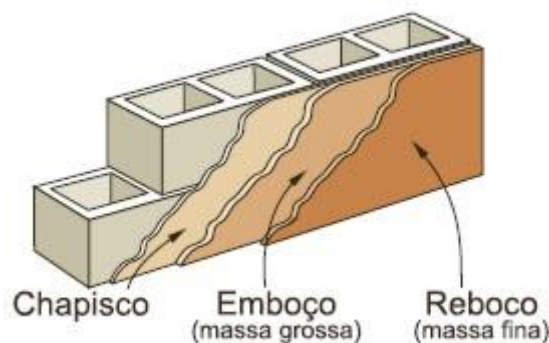


Figura 02 – Fonte: Blog construir

4.1.1.1 Substrato

É a base para aplicação das camadas de revestimento, normalmente os mais empregados são as bases de alvenaria e estrutura de concreto. O substrato, principalmente aqueles que não são aplicados chapiscos, podem ter grande influência na qualidade final do revestimento em função da diversidade de características e textura: absorventes, impermeáveis, lisos, rugosos, rígidos e deformáveis.

Segundo a NBR 13530 (ABNT, 1995), os revestimentos são considerados como sistemas constituídos de uma ou mais camadas de argamassa, podendo cada uma delas ter uma função característica; são aplicadas sobre paredes ou tetos, objetivando uma aparência desejada. Em casos específicos, atendem às exigências de conforto térmico e de proteção contra radiação e umidade. Esta norma classifica os revestimentos de argamassa de acordo com os seguintes critérios:

4.1.1.1.1 Quanto ao número de camadas aplicáveis:

- Revestimento de camada única;
- Revestimento de duas camadas.

4.1.1.1.2 Quanto ao ambiente de exposição:

- Revestimento de parede interna;
- Revestimento de parede externa
- Revestimento de contato com o solo.

4.1.1.1.3 Quanto ao comportamento à umidade:

- Revestimento comum;
- Revestimento de permeabilidade reduzida;
- Revestimento hidrófugo.

4.1.1.1.4 Quanto a comportamento a radiação:

- Revestimento de proteção radiológica.

4.1.1.1.5 Quanto comportamento ao calor:

- Revestimento termoisolante.

4.1.1.1.6 Quanto ao acabamento de superfície:

- Camurçado;
- Chapiscado;
- Desempinado;
- Sarrafeado;
- Imitação travertino;
- Lavado;
- Raspado.

4.1.1.2 Chapisco

O chapisco não é considerado como uma camada de revestimento. É um procedimento de preparação da base, de espessura irregular, sendo necessário ou não, conforme a natureza da base. O principal objetivo do chapisco é melhorar as condições de aderência da primeira camada do revestimento ao substrato. (SABBATINI, 1986)

Maciel, Barros e Sabbatini (1998) relacionam as seguintes características dos chapiscos:

- Chapisco tradicional – argamassa de cimento, areia e água que adequadamente dosada resulta em uma película rugosa, aderente e resistente;
- Chapisco industrializado – argamassa semelhante à argamassa colante, sendo necessário acrescentar água no momento da mistura. A aplicação é realizada com desempenadeira dentada somente sobre superfície de concreto;

- Chapisco rolado – argamassa bastante plástica obtida através da mistura de cimento, areia, água e adição de resina acrílica, A aplicação é realizada com rolo para textura acrílica sobre superfícies de alvenaria e concreto.

4.1.1.3 Emboço

O emboço, também conhecido por massa grossa, é uma camada cuja principal função é a regularização da superfície de alvenaria, devendo apresentar espessura média entre 15 mm e 25 mm. É aplicado diretamente sobre a base previamente preparada (com ou sem chapisco) e se destina a receber as camadas posteriores do revestimento (reboco, cerâmica, ou outro revestimento final). Para tanto, deve apresentar porosidade e textura superficiais compatíveis com a capacidade de aderência do acabamento final previsto. Ambas são características determinadas pela granulometria dos materiais e pela técnica de execução. (SABBATINI, 1986)

4.1.1.4 Reboco

O reboco, ou massa fina, é a camada de acabamento dos revestimentos de argamassa que é aplicada sobre o emboço, e sua espessura é apenas o suficiente para constituir uma película contínua e íntegra sobre o emboço, com no máximo 5 mm de espessura. É o reboco que confere a textura superficial final aos revestimentos de múltiplas camadas, sendo a pintura, em geral, aplicada diretamente sobre o mesmo. Portanto, não deve apresentar fissuras, principalmente em aplicações externas. Para isto, a argamassa deverá apresentar elevada capacidade de acomodar deformações. (SABBATINI, 1986)

4.2 Propriedade das argamassas de revestimento

4.2.1 Estado fresco

É de profunda importância conhecer o comportamento da argamassa no estado plástico, pois as deficiências geradas nessa etapa afetam diretamente a qualidade do revestimento.

4.2.1.1 Consistência:

Propriedade pela qual a argamassa tende a resistir à deformação, segundo CINCOTTO et al. (1995). Existe uma classificação de argamassas baseada na sua consistência, aceita por vários autores; secas (a pasta preenche os vazios entre os grãos), plásticas (a pasta atua como lubrificante na superfície dos grãos e forma uma camada fina), fluidas (os grãos da argamassa ficam imersos na argamassa). Essa propriedade é diretamente influenciada pela quantidade de água e os fatores

água/aglomerante, aglomerante/areia, granulometria da areia, natureza e qualidade do aglomerante, (SILVA, Narciso G. 2006).

4.2.1.2 Trabalhabilidade:

Se resume na facilidade de manuseio. Essa propriedade está intimamente ligada às outras propriedades e em especial a consistência. A trabalhabilidade ideal ocorre quando a argamassa se distribui facilmente ao ser assentada, não gruda na ferramenta usada para aplicá-la, não segrega ao ser transportada, não endurece e permanece plástica até que a operação seja completada (SABBATINI, 1984). Segundo CASCUDO et al. (2005) é muito difícil encontrar valores para a trabalhabilidade, uma vez que os testes para determiná-la dependem da destreza do mestre de obras, do substrato e a técnica aplicada.

4.2.1.3 Coesão e Tixotropia:

A coesão refere-se a forças de atração entre partículas sólidas da argamassa no estado fresco e ligações químicas da pasta aglomerante. A coesão está relacionada com a influência do cal, consistência e trabalhabilidade. Segundo SELMO (1989), tixotropia é capacidade de a argamassa sofrer alterações reversíveis e exotérmicas do estado sólido para um estado pastoso. SILVA (2006) cita em seu estudo uma afirmação de outro autor, que o estado pastoso, diz respeito à massa coesiva de aglomerante na pasta, mais densa após a hidratação (CINCOTTO et al., 1995).

4.2.1.4 Plasticidade:

Propriedade que argamassa no estado fresco possui, de tender a permanecer deformada logo após a saída das tensões de deformação. Para CINCOTTO et al. (1995), a trabalhabilidade está intimamente ligada à plasticidade e consistência, pois essas duas últimas a caracterizam. Para se obter a plasticidade ideal, é necessário que em cada mistura dependendo da sua finalidade e aplicação, haja uma quantidade adequada de água, que significa uma consistência ótima.

4.2.1.5 Retenção de Água:

segundo CINCOTTO et al, (1995), é a propriedade da argamassa no estado fresco, de conservar sua consistência ou trabalhabilidade quando exposta a solicitações que causam perda de água por evaporação, sucção do substrato ou pela hidratação do cimento e carbonatação de cal. Para ROSELLO que foi mencionado por CARASEK (1996), as argamassas tendem a conservar água necessária para molhar as partículas dos aglomerados e do agregado miúdo e a água em excesso é perdida facilmente por causa da absorção do substrato.

4.2.1.6 Adesão Inicial:

Segundo CINCOTTO et al. (1995), é a propriedade que caracteriza o comportamento do conjunto substrato/revestimento quanto ao desempenho decorrente da aderência. A aderência da argamassa no estado fresco ao substrato ocorre devido às características reológicas da pasta aglomerante, e a baixa tensão superficial da pasta é que propicia a sua aderência física ao substrato, e também para os grãos do agregado miúdo. Vale lembrar, que para garantir uma boa aderência ao substrato, a superfície do mesmo deve estar limpa, sem poeira, gorduras ou algo semelhante.

4.2.2 Estado endurecido

Logo após as reações de hidratação do cimento, onde uma parte da água é absorvida e a outra se evapora, a consistência da argamassa passa para o estado semi - sólido, a seguir, para o estado sólido.

4.2.2.1 Aderência no Estado Endurecido:

Propriedade influenciada pela condição superficial substrato, pelos componentes constituintes da argamassa, pela capacidade de retenção de água da argamassa e espessura do revestimento (SANTOS, 2008). Pode ser definida, segundo SABBATINI (1984), como sendo a capacidade que a superfície de contato argamassa/substrato tem de absorver tensões tangenciais (cisalhamento) e normais (tração) a ela sem danificar-se. Os autores TAHA & SHRIVE (2001) mencionados por CARVALHO JR et al. (2005) em seu trabalho, afirma que a aderência à alvenaria tem seu desenvolvimento em dois mecanismos:

- Aderência química: advém de forças covalentes ou forças de Van der Waals, desenvolvidas entre a unidade de alvenaria e os produtos da hidratação do cimento;
- Aderência mecânica: formada pelo intertravamento mecânico dos produtos da hidratação do cimento, transferidas para a superfície dos poros dos blocos de alvenaria devido ao efeito da sucção ou absorção capilar.

A NBR 15258 (ABNT,2005), estabelece procedimentos que devem ser seguidos para se obter a resistência de aderência à tração. Essa mesma norma insere em seu conteúdo o conceito de aderência potencial e um substrato padrão a fim de diminuir a interferência da base na aderência, para uma melhor análise apenas da contribuição da argamassa na resistência de aderência à tração.

4.2.2.2 Durabilidade:

Propriedade que a argamassa possui de manter-se em um bom estado, resistindo às condições agressivas a ela imposta, conservando suas características físicas e mecânicas, durante um intervalo de tempo (SANTOS, 2008). Já para Maciel, Barros e Sabbatini (1998) durabilidade é uma propriedade do período de uso do revestimento no estado endurecido e que reflete o desempenho do revestimento frente às ações do meio externo ao longo do tempo. Os principais fatores que interferem na durabilidade são: fissuração, espessura excessiva, cultura e proliferação de microrganismos, qualidade das argamassas e a falta de manutenção.

4.2.2.3 Elasticidade

Capacidade que a argamassa possui em seu estado endurecido apresenta em se deformar sem sofrer rachaduras, fissuras, rupturas quando expostas às diversas condições do meio ao qual está inserida e voltar a sua dimensão normal inicial depois de cessado os esforços sobre elas SABBATINI (1984). Para CINCOTTO et al. (1995), a elasticidade é uma propriedade que determina a ocorrência de fissuras no revestimento e influencia diretamente no grau de aderência da argamassa a base e como consequência influencia também na durabilidade do revestimento. A capacidade do revestimento de absorver deformações é avaliada pelo módulo de elasticidade, que é obtido pelo método estático ou dinâmico. Quanto maior o valor do módulo de elasticidade, menor será a capacidade do revestimento de absorver deformações. A NBR 8802 (ABNT, 1994) – Determinação da velocidade de propagação de onda ultrassônica e a NM 58 (ABNT, 1996) de mesmo título, são as normas que estabelecem os procedimentos adequados para a realização dos testes de ensaio para se obter o módulo de elasticidade em argamassas para revestimento.

4.3 Componentes das argamassas de revestimento

4.3.1 Aglomerantes

São substâncias finamente pulverizadas que, pela mistura com água formam uma pasta que tem como finalidade um efeito cimentante, ou seja, podem ligar materiais pétreos (Silva, 1991). Devido a reações químicas, físicas ou físico-químicas entre aglomerantes e água pode-se observar o endurecimento, mais rápido ou mais lento, dependendo dos mesmos.

- Cimento Portland: composto por clínquer (principal componente composto de calcário e argila) e adições. Quando o clínquer reage quimicamente com a água torna-se pastoso e, em seguida, endurece, conferindo elevada resistência e durabilidade. É esta característica

adquirida que, segundo Santos (2008), faz do clínquer um ligante hidráulico. No Brasil, há uma diversidade de cimento Portland, que são aplicados de acordo com sua finalidade já predeterminada, segundo o Boletim Técnico BT-106 (ABCP, 2002). São eles: cimento Portland comum, cimento Portland composto, cimento Portland de alto-forno, cimento Portland pozolânico; cimento Portland de alta resistência inicial; cimento Portland resistente aos sulfatos, cimento Portland branco, cimento Portland de baixo calor de hidratação, cimento para poços petrolíferos, sendo os quatro primeiros os mais utilizados na construção civil, e os cinco últimos são menos usados devido as ofertas e suas condições especiais de aplicação. Com o desenvolvimento tecnológico, surgiu no mercado brasileiro, a partir de 1991, um novo tipo de cimento, o cimento Portland composto, que possui sua composição intermediária entre os cimentos Portland comuns e os cimentos Portland com adições (alto-forno e pozolânico) (SANTOS, 2008). A seguir, a tabela mostra a composição dos cimentos Portland comuns e compostos.

Tipo de Cimento Portland	Sigla	Composição (% em massa)				Norma Brasileira
		Clínquer + gesso	Escória Granulada de alto-forno (Sigla E)	Material pozolânico (Sigla Z)	Material Carbonático (Sigla F)	
Comum	CP I	100		-		NBR 5732
	CPI-S	99-95		1-5		
Composto	CPII-E	94-56	6-34	-	0-10	NBR 11578
	CPII-Z	94-76	-	6-14	0-10	
	CPII-F	94-90	-	-	6-10	

Tabela 01 – Fonte: SANTOS, 2008

Um ponto importante quando se trata de cimento Portland, é o local de estocagem. Para Bauer (2000) o local deve estar isento de qualquer possibilidade de hidratação já que embalagem não garante a total impermeabilidade, motivo pelo qual o cimento não pode ser estocado por muito tempo.

- Cal: Pó obtido pela hidratação da cal virgem, constituído essencialmente de uma mistura de hidróxido de cálcio e hidróxido de magnésio, ou ainda, de uma mistura de hidróxido de cálcio, hidróxido de magnésio e óxido de magnésio, segundo a NBR 7175 (ABNT, 2003). A produção da cal hidratada segue alguns processos, primeiro se obtém a cal virgem, em seguida vem a hidratação. Os processos são, respectivamente: extração da matéria-prima e britagem, seleção da faixa granulométrica ótima e transporte para o forno, calcinação e controle do

grau de calcinação, moagem adequada para cada tipo de hidratador, armazenamento da cal virgem, hidratação e moagem, ensacamento e distribuição para comercialização.

De acordo com Santos (2008), a cal hidratada em relação a cal virgem é mais utilizada nos canteiros de obra, por ser um componente essencial no preparo de argamassas de assentamento e de revestimento com grande durabilidade e desempenho. Podemos ainda citar como vantagem a facilidade com o manuseio, transporte e armazenamento. A seguir temos as tabelas com as características físico-químicas da cal, adaptadas por Santos (2008), da NBR 7173 (ABNT, 2003)

Requisitos químicos

Requisitos		Limites		
		CH I	CH II	CH III
Anidrido carbônico(CO ₂)	Na fábrica	≤ 5 %	≤ 5 %	≤ 13 %
	No depósito	≤ 7 %	≤ 7 %	≤ 15 %
Óxidos de cálcio e de magnésio não hidratado calculado (CaO+MgO)		≤ 10 %	≤ 15 %	≤ 15 %
Óxidos totais na base de não-voláteis (CaO + MgO)		≥ 90 %	≥ 88 %	≥ 88 %

Tabela 02 – Fonte: Santos, 2008

Requisitos físicos

Requisitos		Limites		
		CH I	CH II	CH III
Finura (% retida acumulada)	Peneira 0,600 mm	≤ 0,5 %	≤ 0,5 %	≤ 0,5 %
	Peneira 0,075 mm	≤ 10 %	≤ 15 %	≤ 15 %
Retenção de água		≥ 75 %	≥ 75 %	≥ 70 %
Incorporação de areia		≥ 3,0	≥ 2,5	≥ 2,2
Estabilidade		Ausência de cavidade ou protuberâncias		
Plasticidade		≥ 110	≥ 110	≥ 110%

Tabela 03 – Fonte: Santos, 2008

4.3.2 Agregados

De acordo com a definição de Bauer (2000), material particulado, incoesivo, de atividade química praticamente nula, constituído de misturas de partículas cobrindo extensa gama de tamanhos. Conforme a sua origem podemos classificá-lo em agregado natural ou artificial:

- Agregados naturais - são obtidos através da exploração de jazidas naturais ou retirados dos leitos dos rios através de dragagem.
- Agregados artificiais – são obtidos através de processos industriais como a britagem de rochas.

A NBR 7211 (ABNT, 1983) classifica como agregado miúdo as areias de origem natural ou resultante do britamento de rochas estáveis, ou mistura de ambas, cujos grãos passam pela peneira ABNT 4,8 mm ficam retidos na peneira ABNT 0,075 mm. Define, também, que a granulometria determinada segundo a NBR 7217, deve cumprir os limites de apenas uma das zonas indicadas na tabela a seguir.

Limites granulométricos do agregado miúdo

Peneiras ABNT	Porcentagem em peso, retida acumulada na peneira ABNT			
	Zona 1 (muito fina)	Zona 2 (fina)	Zona 3 (média)	Zona 4 (grossa)
9,5 mm	0	0	0	0
6,3 mm	0 a 3	0 a 7	0 a 7	0 a 7
4,8 mm	0 a 5 ^(A)	0 a 10	0 a 11	0 a 12
2,4 mm	0 a 5 ^(A)	0 a 15 ^(A)	0 a 25 ^(A)	5 ^(A) a 40 ^(A)
1,2 mm	0 a 10 ^(A)	0 a 25 ^(A)	10 ^(A) a 45 ^(A)	30 ^(A) a 70 ^(A)
0,6 mm	0 a 20	21 a 40	41 a 65	66 a 85
0,3 mm	50 a 85 ^(A)	60 ^(A) a 88 ^(A)	70 ^(A) a 92 ^(A)	80 ^(A) a 95
0,15 mm	85 ^(B) a 100	90 ^(B) a 100	90 ^(B) a 100	90 ^(B) a 100

Tabela 04 – Fonte: Santos, 2008

A: Pode haver uma tolerância de até um máximo de 5% em um dos limites marcados com a letra A ou distribuídos em vários deles.

B: Para agregado miúdo artificial este limite poderá ser 80%.

Silva (1991), afirma que os agregados devem ser livres de substâncias nocivas que prejudiquem as reações e o endurecimento da argamassa.

4.3.3 Aditivos

Para Santos (2008), São produtos químicos que se adicionam ao traço das argamassas com a finalidade de melhorar suas características relativas à plasticidade, tempo de utilização, resistência mecânica, impermeabilidade, aparência durabilidade. Geralmente, com o uso de aditivos busca-se diminuir a fissuração (diminuir a retração na secagem), facilitar a trabalhabilidade, aumentar a retenção de água e, por fim, a aderência ao substrato. É fundamental o conhecimento específico das funções de cada um deles, desse modo, deve-se adotar procedimentos de controle para garantir sua homogeneidade, a partir das especificações da edificação, assim como as prescritas em normas técnicas.

Alguns aditivos:

- Plastificantes: melhora a trabalhabilidade da argamassa sem alterar a quantidade de água.
- Retenção de água: confere capacidade de retenção de água frente bases de muita absorção.

- Promotores de aderência: otimizam a aderência mecânica e melhora a aderência química.
- Retardadores de pega: retardam a hidratação do cimento.
- Adesivos: proporcionam aderência química com o substrato.
- Hidrofugantes: reduzem a absorção de água da argamassa, sem impedir a troca de gases com o meio.
- Impermeabilizantes: reduzem a permeabilidade, porém não garantem a impermeabilização total devido suas falhas quando ocorrem novas fissuras no revestimento. Silva (1991) ressalta que podem agir de dois modos: por obturação dos poros ou por ação repulsiva sobre a água.
- Incorporadores de ar: melhoram a plasticidade e a adesão inicial e aumentam a retenção de água. Entretanto, reduzem as resistências à compressão, flexão e aderência.

4.3.4 Água

A água possui três funções fundamentais: hidratação do cimento, molhagem dos agregados e determinação da trabalhabilidade (Botelho, 2003). A água confere à mistura ocorrência de reações entre os componentes, sobretudo àquelas relacionadas a química do cimento. A água a ser utilizada deve ser armazenada em tanques ou caixas d'água com o intuito de prevenir a contaminação com substâncias indesejadas, ela deve ser livre de impurezas que interfiram na sua reação com o cimento, (Silva, 1991). Portanto, o adequado e ideal, é que se utilize água potável para preparação das argamassas. A NBR 11560 (ABNT, 1990) estabelece os critérios a serem observados para que se considere a água como potável:

- PH entre 6,0 e 8,0;
- Matéria orgânica (em oxigênio consumido) = 5 mg/l;
- Resíduos sólidos = 4000 mg/l;
- Sulfatos (em íons SO_4^{2-}) = 300 mg/l;
- Cloretos (em íons Cl^-) = 250 mg/l;
- Açúcar = ausente.

4.4 Fabricação

De acordo com Maciel, Barros e Sabbatini (1998) a produção de argamassa significa a mistura ordenada dos seus materiais constituintes, nas proporções estabelecidas e por um determinado período de tempo, utilizando equipamentos específicos para este fim. Quanto à maneira de produção a argamassa pode ser

preparada em obra, industrializada fornecida em sacos ou silos. Cada um desses tipos de argamassa interfere nas atividades de produção e no seu sequenciamento, na escolha das ferramentas e equipamentos necessários para produção, bem como na adequação do próprio canteiro de obras.

4.4.1 Argamassa dosada em obra

Central de produção em obra, os materiais constituintes no preparo da argamassa em obra são medidos e transportados até o equipamento de mistura, tais como betoneiras, padiolas, carrinhos de mão ou jericá e argamassadeira.

4.4.2 Argamassa industrializada fornecida em sacos

Essas argamassas compõem-se de agregados com granulometria controlada, cimento Portland e aditivos especiais que otimizam as propriedades das mesmas, tanto no estado fresco quanto no endurecido.

As argamassas ensacadas são fabricadas em complexos industriais, onde os agregados miúdos, os aglomerantes e os aditivos em pó são misturados a seco e ensacados. A embalagem pode ser plástica ou de papel Kraft, semelhante aos sacos de cal e cimento.

4.4.3 Argamassa industrializada fornecida em silos

Processo mecanizado, onde o equipamento de mistura é atrelado ao silo ou em outro equipamento localizado nos pavimentos da edificação, onde se possa efetuar a mistura.

4.4.4 Argamassa dosada em central

Em argamassas dosadas em central ocorre o controle tecnológico de qualidade dos materiais, onde são medidos em massa e em volume, misturados e transportados em caminhão betoneira.

4.5 Tipos de aderência

De acordo com a NBR 13528 (ABNT, 2010) aderência é a capacidade do revestimento de resistir às tensões que atuam na interface do substrato. Portanto, a aderência não é uma propriedade da argamassa, sendo então, a interação entre as camadas do sistema de revestimento. Dependendo da composição e do tipo de aditivo empregado na argamassa tem-se duas formas distintas de adesão: física ou mecânica e química. O tipo e as características do aglomerante podem influenciar nos valores

de aderência. Um dos parâmetros mais significativos é a granulometria do aglomerante: quanto mais fino, maior a resistência de aderência obtida.

4.5.1 Aderência mecânica

Adesão, segundo Carasek (2007), denominada de “pegajosidade”, é a condição na qual duas superfícies se mantêm unidas. Nas argamassas tradicionais é um fenômeno essencialmente mecânico, onde há penetração da pasta aglomerante (ou da própria argamassa) nos poros ou rugosidades da base onde é aplicada. É no interior dos poros e cavidades onde ocorrer a precipitação dos produtos de hidratação dos aglomerantes e, com o processo de cura, exercem ação de ancoragem da argamassa à base de aplicação.

Alguns fatores que dificultam a ancoragem mecânica são citados (SELMO, 1996; CANDIA e FRANCO, 1998; CARASECK et al., 2001; SCARTEZINI et al., 2002):

- Teor e características dos agregados: agregados com alto teor de finos podem ser prejudiciais, pois podem ocupar poros que seriam preenchidos por produtos de hidratação;
- Tipo de cimento: tendo como granulometria, ou seja, a finura do cimento como parâmetro significativo para maior resistência de aderência;
- Condições de limpeza da base de aplicação, partículas de poeira, fungos e outros podem ser obstáculos para ancoragem;
- Porosidade, absorção de água e taxa de sucção inicial: comprometem o processo devido retirada excessiva de água da argamassa;
- Textura superficial da base.

4.5.2 Aderência química

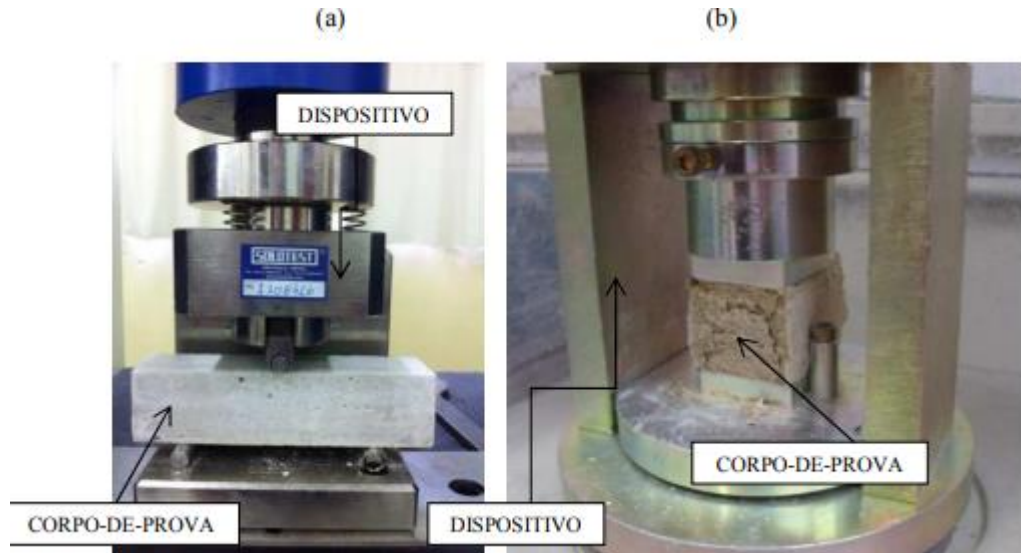
É utilizada na ancoragem de materiais lisos, polidos ou sem porosidade, onde a resistência de aderência provém da união química e/ou eletrostática adquirida pelos produtos de hidratação do cimento e alvenaria. Neste caso, utilizam-se argamassas à base de cimento, com maior quantidade de aditivos adesivos ou mesmo à base de resinas, que funcionam como uma “cola”.

4.6 Determinação das resistências mecânicas

A NBR 13279 prevê o método para determinar a resistência à tração e a resistência à compressão de argamassas de assentamento e revestimento de paredes e tetos, no estado endurecido. Devem ser preparados três corpos-de-prova

para um determinado traço de argamassa a fim de determinar as resistências mecânicas com 28 dias de idade.

Figura 03 - Equipamento de apoio para ensaio de resistência à tração (a) e de resistência à compressão (b)



Fonte: Pereira, 2014

4.6.1 Tração

Os corpos-de-prova devem ser posicionados no equipamento de ensaio conforme figura 03 (a). Logo após deve ser aplicada uma carga de (50 ± 10) N/s até o momento da ruptura do corpo-de-prova. É considerado válido quando o resultado do ensaio for constituído da média de no mínimo dois corpos-de-prova.

A equação (i) calcula a resistência à tração é definida por:

$$Rf = \frac{1,5 * Ff * L}{40^3} \quad \text{Eq (i)}$$

Onde:

Rf: resistência à tração na flexão (MPa)

Ff: carga aplicada verticalmente no centro do corpo-de-prova (N)

L: distância entre os suportes (mm)

4.6.2 Compressão

Devem ser utilizadas as metades dos corpos-de-prova do ensaio de flexão, posicionando-as no equipamento de ensaio conforme figura 03 (b). Em seguida, aplicar carga de (500 ± 50) N/s até o momento da ruptura do corpo-de-prova. O ensaio é considerado válido quando constituído da média de no mínimo quatro corpos-de-prova.

A resistência à compressão é calculada conforme a equação (ii):

$$R_c = \frac{F_c}{1600} \quad \text{Eq (ii)}$$

R_c: é a resistência à compressão (MPa)

F_c: é a carga máxima aplicada (N)

O valor 1600 é a área da seção quadrada do equipamento de carga 40 mm x 40 mm, em milímetros quadrados.

4.7 Ensaio

4.7.1 Corpo-de-prova

Os corpos-de-prova devem ser preparados in situ, com dimensões segundo a NBR 5738:2015, moldados com argamassa recém preparada.

4.7.2 Quantidade de corpos-de-prova

Deve – se ensaiar pelo menos três corpos-de-prova, afim de aferir qual apresentara melhor desempenho.

5. METODOLOGIA

O projeto será executado em um laboratório de construção civil, com base nas normas da ABNT, mirando a comparação entre as argamassas selecionadas no mercado ludovicense.

5.1 Materiais

5.1.1 Argamassa

Serão utilizados três tipos de argamassas comercializadas no mercado local, sendo elas industriais ou não.

5.1.2 Agregados

Agregados graúdos ou miúdos provenientes da região de São Luís – MA.

5.2 Métodos

Os métodos escolhidos seguiram as normas de determinação de resistência mecânica de compressão e de resistência mecânica a tração, sendo elas ABNT NBR 57392:2007 e ABNT NBR 7222:1994.

6. RESULTADOS ESPERADOS

A partir de todos os ensaios realizados em laboratório poderemos determinar uma ou mais argamassas que se comportam melhor no mercado ludovicense, contribuindo com um melhor desempenho na edificação.

Observando as propriedades da argamassa, é esperado que se alcance determinar a argamassa que abranja seu melhor desempenho mecânico nas estruturas de revestimento. Assim minimizando eventuais patologias e aumentando a vida útil das construções revestidas de argamassa implicando na diminuição dos custos com manutenção.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANCELMO, P. M. Alexandra. **Mecanismos físico-químicos de aderência na interface argamassa modificada com polímeros/cerâmicas de revestimento.** Tese de Doutorado. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Manual de revestimento de argamassa.** Disponível em: <<http://www.comunidade-da-construcao.com.br/upload/ativos/279/anexo/ativosmanu.pdf>>. Acesso em: 15 abril de 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Argamassa para revestimento de paredes e tetos - determinação da resistência potencial de aderência à tração.** NBR 15258: Rio de Janeiro, 2005.

_____. **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - determinação da resistência à tração na flexão e à compressão.** NBR 13279: Rio de Janeiro, 2005.

_____. **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos.** NBR 13281: Rio de Janeiro de 2001.

_____. **Água destinada ao amassamento do concreto – qualidade e controle.** NBR 11560: Rio de Janeiro, 1990.

_____. **Agregados para concreto - especificação.** NBR 7211: Rio de Janeiro, 1983.

_____. **Cal hidratada para argamassas.** NBR 7175: Rio de Janeiro, 2003.

_____. **Concreto e argamassa – Determinação da resistência mecânica à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos.** NBR 7222: Rio de Janeiro de 2011.

_____. **Concreto – Ensaio de compressão de corpos – de – prova.** NBR 5739: Rio de Janeiro de 1994.

_____. **Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos – de – prova.** NBR 5738: Rio de Janeiro de 2015.

_____. **Determinação da composição granulométrica.** NBR 7217: Rio de Janeiro, 1987.

_____. **Revestimento de parede e tetos de argamassas inorgânicas – determinação da resistência de aderência à tração.** NBR 15328: Rio de Janeiro, 2010.

_____. **Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas.** NBR 13529: Rio de Janeiro, 1995.

BAUER, L. A. Falcão. **Materiais de Construção.** 5a Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2000.

BOTELHO, Patrícia C. N. F., **Argamassa tradicionais em suportes de alvenaria antiga: comportamento em termos de aderência e durabilidade.** Dissertação de Mestrado em Construção. Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2003.

CANDIA, M. C. e FRANCO, L. S. **Contribuição ao Estudo das Técnicas de Preparo da Base no Desempenho dos Revestimentos de Argamassas.** 1998. 13 p. Boletim Técnico - Escola Politécnica, USP, São Paulo, 1998.

CARVALHO JR., A. N.; BRANDÃO, P. R. G.; FREITAS, J. M. C. **Relação entre a resistência de aderência de revestimento de argamassa e o perfil de penetração de pasta de aglomerante nos poros do bloco cerâmico.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, VI., 2005, Florianópolis. Anais... Florianópolis: ANTAC, 2005. p. 518-529.

CARASEK, H. **Aderência de argamassa à base de cimento portland a substratos porosos: avaliação dos fatores intervenientes e contribuição ao estudo do mecanismo da ligação.** São Paulo, 1996. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

CARASEK, H.; CASCUDO, O. e SCARTEZINI, L. M. **Importância dos Materiais na Aderência dos Revestimentos de Argamassa.** In: IV Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas IV SBTA, 2001, Brasília, Brasil. Anais ... 2001. p. 43-67.

CARASEK, Helena. **Materiais naturais e artificiais**. In: ISAIA, Geraldo Cechella. *Matérias de construção civil*. P. 1-7.

CASAREK, Helena. **Patologia das argamassas de revestimento**. Instituto Brasileiro de Concreto. <<https://ecivilufes.files.wordpress.com/2011/03/patologias-em-argamassa.pdf>>. Acesso em: 10 jun de 2018.

CASCUDO, O.; CARASEK, H.; CARVALHO, A. **Controle de argamassas industrializadas em obra por meio do método de penetração do cone**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, VI., 2005, Florianópolis. Anais... Florianópolis: ANTAC, 2005. pg. 83-94.

CINCOTTO, M. A.; SILVA, M. A. C.; CASCUDO, H. C. **Argamassas de revestimento: características, propriedades e métodos de ensaio**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1995. Boletim Técnico n. 68.

Comunidade da construção. **Revestimento de argamassa**. Disponível em: <<http://www.comunidadeconstrucao.com.br/sistemas-construtivos/4/materiais/qualidade/71/materiais.html>>. Acesso em: 10 jun de 2018

FERREIRA, Leonardo machado. **Possíveis causas e soluções para fissura em fachadas com revestimento argamassado em edifícios de Formosa – GO**. Curso de Engenharia civil, Centro universitário de Brasília, 2014. Disponível em:<<http://repositorio.uniceub.br/bitstream/235/6362/1/20914843.pdf>>. Acesso em: 17 de abril de 2018.

COUTINHO, Sandra M.; PRETTI, Soraya M.; TRISTÃO, Fernando A. **Argamassa preparada em obra x argamassa industrializada para assentamento de blocos de vedação: análise do uso em Vitória-ES**. Teoria e Prática na Engenharia Civil, nº 21, pg. 41-48, maio, 2013.

PEREIRA, H. R. S., **Proposta de formulação de argamassas para assentamento e revestimento de paredes e tetos com incorporação de pó de exaustão de fundição**. Tese (Doutorado) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, 2014.

ROSELLO, M. T. V. **Morteros de cemento para albanileria**. Madrid: Instituto Eduardo Torroja, 1976. 55 p.

Sabbatini, Fernando Henrique. **Argamassas de assentamento para paredes de alvenaria resistente**. São Paulo: Epusp, 1986. 26p

SABBATINI, F. H. **O processo construtivo de edifícios de alvenaria estrutural sílico-calcária**. São Paulo. 1984. 298 pg. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

SANTOS, Heraldo Barbosa dos. **ENSAIO DE ADERÊNCIA DAS ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO**. 2008. 50 f. Monografia (Especialização) - Curso de Curso de Especialização em Construção Civil, Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008. Disponível em: <http://pos.demc.ufmg.br/novocecc/trabalhos/pg1/Monografia_Heraldo_Barbosa.pdf>. Acesso em: 08 jun. 2018.

SCARTEZINI, L. M. et al. **Influência do Preparo da Base na Aderência e na Permeabilidade à Água dos Revestimentos de Argamassa**. Ambiente Construído, v. 2, p. 85-92, 2002.

SELMO, S. M. S. **Revestimentos de Argamassas de Paredes e Tetos de Edifícios – Projeto, Execução e Manutenção**. 1996. 56 p. Associação Brasileira de Cimento Portland, ABCP, 1996.

SELMO, S. M. S. **Dosagem de argamassa de cimento portland e cal para revestimento externo de fachadas dos edifícios**. São Paulo, 1989. 227 pg. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

SILVA, Moema. **Materiais de Construção**. 2ª Edição. Pini, São Paulo, 1991.

Silva, Narciso Gonçalves da. **Avaliação da retração e da fissuração em revestimento de argamassa na fase plástica** (tese). – Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2011. 329 p.: graf., tabs.

SILVA, N. G. **Argamassa de revestimento de cimento, cal e areia britada de rocha calcária**. Curitiba. 2006. 164 pg. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Paraná.

TAHA, M. M., SHRIVE, N. G. **The use of pozzolans to improve bond and bond strength**. In: CANADIAN MASONRY SYMPOSIUM, 9th, Fredericton. Department of Civil Engineering – University of New Brunswick, 2001.