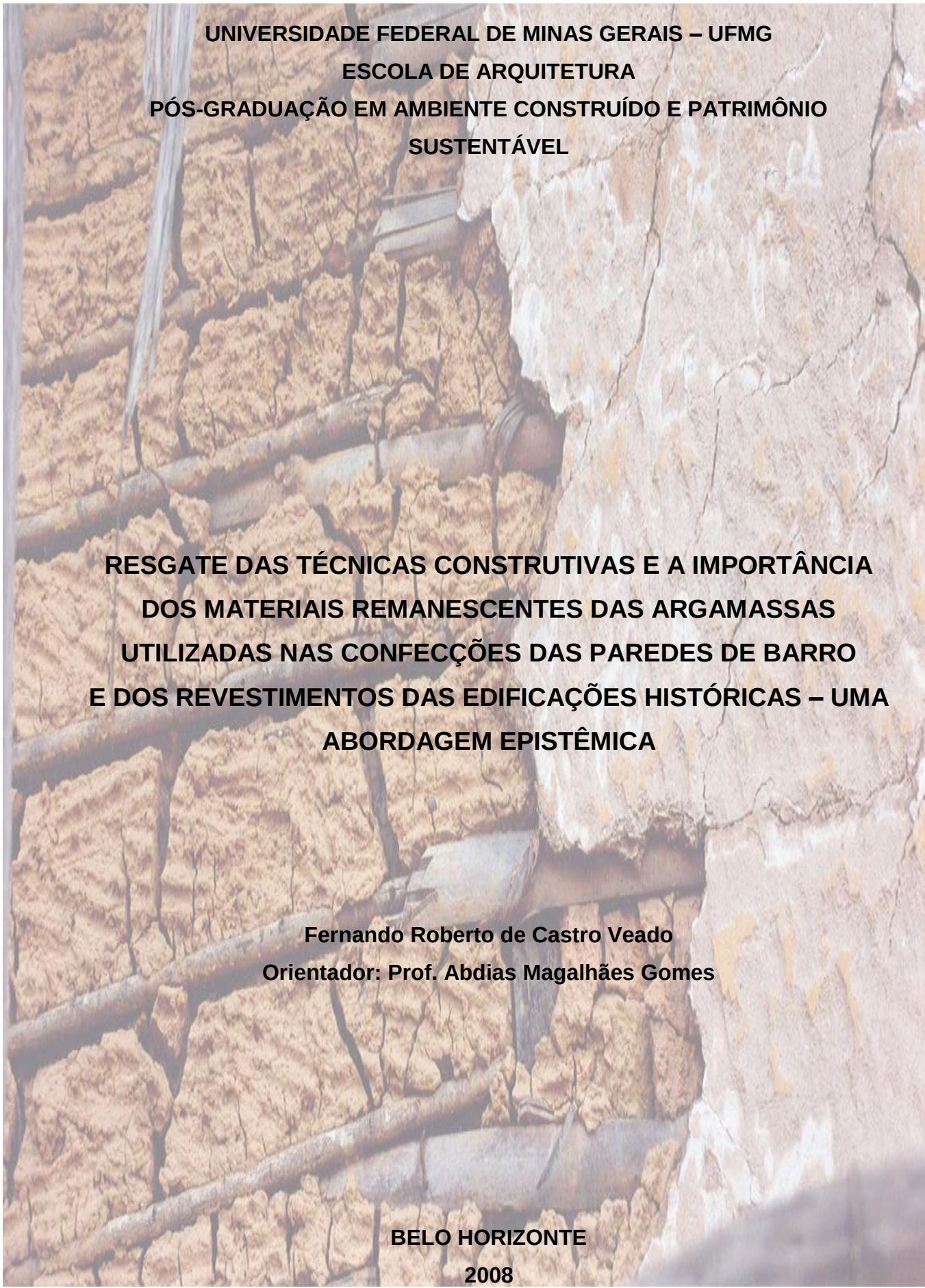




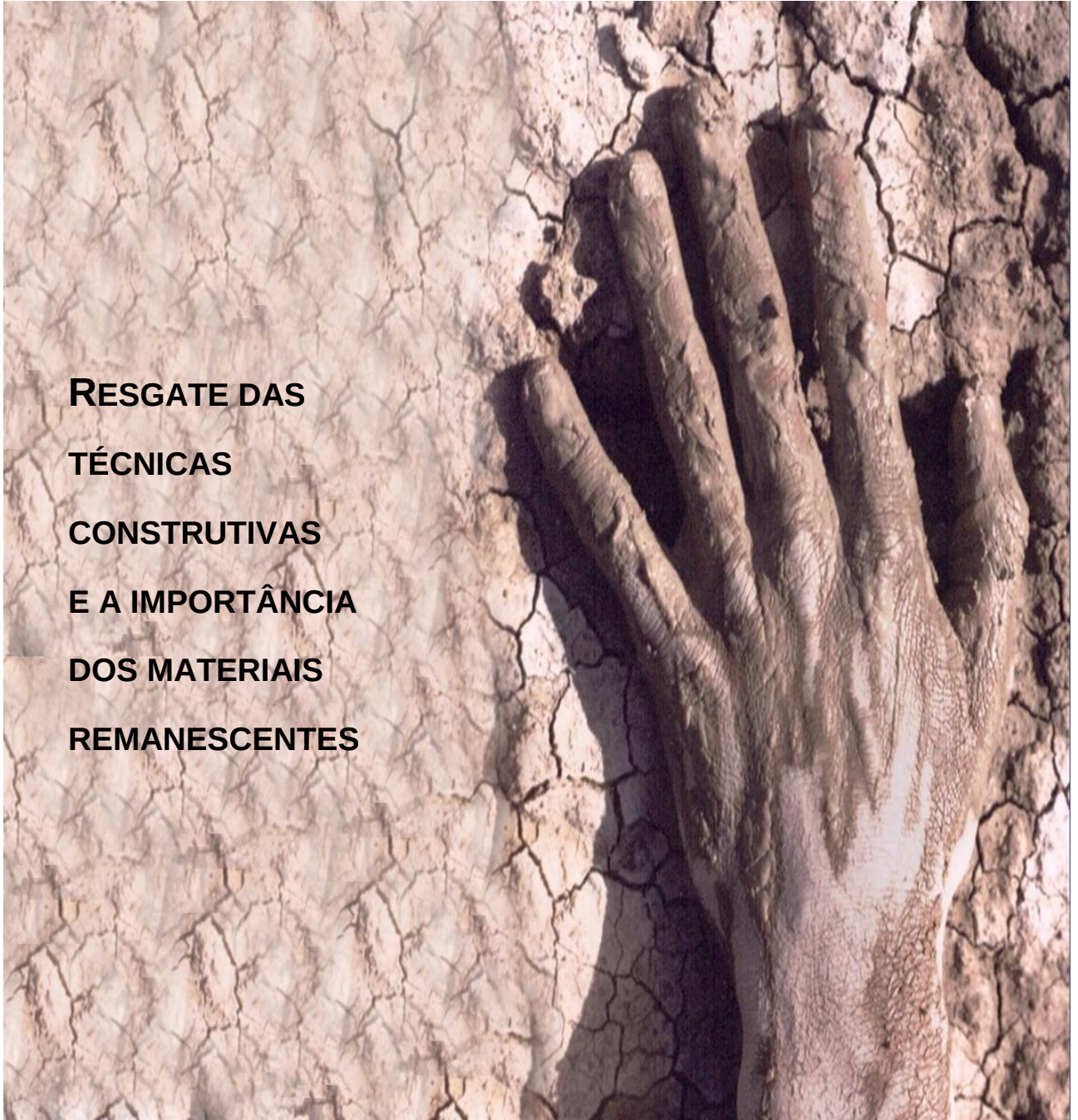
**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS – UFMG
ESCOLA DE ARQUITETURA
PÓS-GRADUAÇÃO EM AMBIENTE CONSTRUÍDO E PATRIMÔNIO
SUSTENTÁVEL**

**RESGATE DAS TÉCNICAS CONSTRUTIVAS E A IMPORTÂNCIA
DOS MATERIAIS REMANESCENTES DAS ARGAMASSAS
UTILIZADAS NAS CONFECÇÕES DAS PAREDES DE BARRO
E DOS REVESTIMENTOS DAS EDIFICAÇÕES HISTÓRICAS – UMA
ABORDAGEM EPISTÊMICA**

**Fernando Roberto de Castro Veado
Orientador: Prof. Abdias Magalhães Gomes**

**BELO HORIZONTE
2008**

**RESGATE DAS
TÉCNICAS
CONSTRUTIVAS
E A IMPORTÂNCIA
DOS MATERIAIS
REMANESCENTES**



Fernando Roberto de Castro Veadó

**RESGATE DAS TÉCNICAS CONSTRUTIVAS E A IMPORTÂNCIA
DOS MATERIAIS REMANESCENTES DAS ARGAMASSAS
UTILIZADAS NAS CONFECCÕES DAS PAREDES DE BARRO
E DOS REVESTIMENTOS DAS EDIFICAÇÕES HISTÓRICAS – UMA
ABORDAGEM EPISTÊMICA**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável da Escola de Arquitetura da UFMG, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Abdias Magalhães Gomes

BELO HORIZONTE

2008

FICHA CATALOGRÁFICA

V395r	Veado, Fernando Roberto de Castro. Resgate das técnicas construtivas e a importância dos materiais remanescentes das argamassas utilizadas nas confecções das paredes de barro e dos revestimentos das edificações históricas – uma abordagem epistêmica / Fernando Roberto de Castro Veado - 2008. 208f. : il. Orientador: Abdias Magalhães Gomes Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Arquitetura. 1. Edifícios históricos – Conservação e restauração 2. Construção de adobe 3. Casas de terra 4. Revestimentos 5. Argamassa 6. Materiais de construção I. Gomes, Abdias Magalhães II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Arquitetura III. Título CDD : 720.288
-------	---

FERNANDO ROBERTO DE CASTRO VEADO

**RESGATE DAS TÉCNICAS CONSTRUTIVAS E A IMPORTÂNCIA DOS
MATERIAIS REMANESCENTES DAS ARGAMASSAS UTILIZADAS NAS
CONFEÇÕES DAS PAREDES DE BARRO E DOS REVESTIMENTOS DAS
EDIFICAÇÕES HISTÓRICAS – UMA ABORDAGEM EPISTÊMICA**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável da Escola de Arquitetura da UFMG, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Abdias Magalhães Gomes – Orientador (UFMG)

Prof. Dr. Antônio Neves de Carvalho Júnior (Escola de Engenharia da UFMG)

Prof. Dr. Marco Antônio Penido (Escola de Arquitetura da UFMG)

Belo Horizonte, _____ de setembro de 2008

Agradeço primeiramente a Deus, por estar sempre ao meu lado, me protegendo e me iluminando.

Aos meus amados pais, pela força, carinho e dedicação.

Às minhas filhas e esposa pelo amor e compreensão.

AGRADECIMENTOS

Ao Nosso Senhor, a Nossa Senhora e aos meus anjos da guarda, que estão presentes a todo momento, seja na alegria ou na tristeza e, principalmente, naqueles períodos mais desanimadores pelos quais passei.

Às minhas queridas filhas que tanto amo, a minha esposa e enteado que estão sempre presentes.

Aos meus irmãos, por quem tenho muito carinho e cuja ajuda e amizade foram indispensáveis.

Aos meus sobrinhos que tanto me ajudaram na finalização deste trabalho.

Aos meus amados pais, que me deram a oportunidade de estar aqui, concretizando mais um sonho. É por vocês que tenho a vontade de estar sempre buscando o melhor.

Aos amigos do IEPHA, em especial ao Marco Antônio.

E não poderia me esquecer de agradecer ao grande amigo e mestre, Prof. Abdias Magalhães, por sua amizade e seus ensinamentos, os quais foram indispensáveis em todo o processo de elaboração desta dissertação.

Muito obrigado a todos que, de longe ou de perto, contribuíram para que eu conseguisse realizar este grande sonho. É a vocês que dedico a minha felicidade!

RESUMO

Este estudo inclui uma reflexão sobre o problema da conservação e restauração dos revestimentos que são elementos fundamentais da estrutura edificada, pois além de terem uma função protetora, também possuem, muitas vezes, uma função decorativa relevante. Sendo assim, testemunho do tempo e do passado, estas camadas e as técnicas construtivas devem ser preservadas, porque os monumentos históricos não podem ser vistos apenas como um velho e deteriorado edifício que foi morada de algum personagem, ou aquele que está marcado por acontecimento histórico, mas também, saber da importância dos materiais existentes na estrutura edificada e o modo de suas aplicações, com as técnicas de cada região, posto que se utilizava de técnicas primitivas ou limitadas. Assim, ao restaurador e conservador de monumentos históricos cabe consolidar a obra quanto possível e fazê-la voltar ao seu estado de origem, utilizando de todas as técnicas de restauro e da pesquisa histórica que deverá propiciar o conhecimento do processo construtivo, das intervenções, da detecção de eventuais anomalias, porque o respeito ao bem restaurado a autenticidade dos materiais constituintes e das técnicas construtivas é que vão manter o valor histórico das distintas épocas. É importante salientar que os métodos empregados para a conservação e restauro das técnicas e dos revestimentos variam conforme o tipo de deterioração e os materiais necessários para a sua preservação. Desse modo, é necessária, em qualquer trabalho de restauro, uma análise prévia criteriosa do estado de conservação dos revestimentos, das técnicas e que esta ação seja realizada com consciência e responsabilidade do que se está fazendo e do valor da coisa em cima do qual estamos trabalhando. Caso contrário, podem provocar patologias mais graves que as anteriormente encontradas. O objetivo deste estudo é descrever os conhecimentos nessa área empregada na arquitetura mineira. Faz-se também uma compilação das principais anomalias encontradas nas paredes de barro e dos materiais existentes, de forma a contribuir para uma melhoria das intervenções de restauro.

Palavras-chave: Técnica construtiva; Arquitetura e terra; Taipa; Argamassas; Revestimentos; Materiais.

ABSTRACT

This study includes a reflection on the coatings preservation and restoration problem, that are built structure fundamental elements, because besides having a protective function, they also own, many times, an important ornamental function. Being thus, time testimony and of the past, these layers and the constructive techniques must be preserved, because the historical monuments can't be seen just as an old and damaging building that was habitation of some character, or the one that is marked for historical happening, but also, know of the existing materials importance in the built structure and the way of her applications, with the techniques each region, post that was used of primitive or limited techniques. Thus, to the historical monuments restorer and conservative, fits consolidate the work how much possible and make it returns to her origin state, using of all the techniques of restore and of the historical research that must propitiate the constructive process knowledge, of the interventions, of the eventual anomalies detection, because the respect to the well restored the constituent materials authenticity and of the constructive techniques is just that are going to keep the distinct times historical value. It is important to point out that the methods employees for the preservation and restore of the techniques and of the coatings vary as deterioration the kind and the necessary materials for your preservation. Thus, it is necessary, in any work of restore, a coatings preservation state discerning previous analysis, of the techniques and that this action be accomplished with conscience and responsibility than is doing and of the thing value on top of which are working. Otherwise, they can provoke more serious pathologies than the previously found. The objective of this study is to describe the knowledge in this area made in the mining architecture. It does also a main anomalies compilation found in the mud walls and of the existing materials, of form to contribute for a interventions improvement of restore.

Key Words: Building techniques; Soil architecture; The wattle and daub structures; Daub; Revestments; Materials

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Detalhe do estado de conservação das fachadas que atualmente estão sendo alvo do descomprometimento dos responsáveis pela sua guarda.....	20
FIGURA 2	Utilização de materiais incompatíveis, comprometendo os existentes	21
FIGURA 3	Amostras de revestimento de fachadas. Componentes: cal, terra, areia e estrume	22
FIGURA 4	Amostras de revestimento de fachadas. Componentes: cal, terra, areia e estrume	23
FIGURA 5	Modelo de taipa de pilão – Casa Quatro Cantos – Tiradentes	26
FIGURA 6	Remoção de amostras de terra ideal próximo ao local	27
FIGURA 7	Esquema da montagem do taipal	28
FIGURA 8	Teste do pote para correção do solo	30
FIGURA 9	Verificação do ponto correto da umidade	31
FIGURA 10	Preparo da argamassa para confecção dos tijolos	33
FIGURA 11	Tijolo moldado a mão em moldes de madeira	33
FIGURA 12	Remoção das formas.....	34
FIGURA 13	Secagem dos tijolos.....	34
FIGURA 14	Estrutura de madeira para execução da taipa de mão	35
FIGURA 15	Detalhe da taipa de mão.....	36
FIGURA 16	Tiradentes – Sobrado quatro cantos – armação da estrutura em pau-a-pique.....	37
FIGURA 17 e 18	Preparo e mistura de argamassa e revestimento das paredes de pau-a-pique, com uso de terra, areia e estrume	38
FIGURAS 19 e 20	Aplicação de massa fina (chapisco) a base de solo, areia e estrume para preenchimento de rachaduras	38
FIGURA 21	Preenchimento do pau-a-pique com argamassa de terra.....	39
FIGURA 22	Alvenaria de pedra (Grão Mogol-MG).....	41
FIGURA 23	Alvenaria de pedra (Grão Mogol-MG).....	41
FIGURA 24	Alvenaria de pedra parelhada.....	42
FIGURA 25	Modelos de tijolos empregados nas alvenarias das edificações históricas	43
FIGURA 26	Modelos de tijolos empregados nas alvenarias das edificações históricas	43
FIGURA 27	Modelos de tijolos empregados nas alvenarias das edificações históricas	44
FIGURA 28	Caminho percorrido pelo óxido de cálcio e pelo óxido de magnésio desde as jazidas até as paredes das alvenarias	68
FIGURA 29	Diagrama esquemático das vantagens da cal hidratada para as argamassas	69
FIGURA 30	Papel e a importância da cal na durabilidade das paredes e revestimentos	78
FIGURA 31	Recomendações e cuidados na aplicação e execução dos revestimentos	86

FIGURA 32	Recomendações e cuidados na aplicação e execução dos revestimentos	87
FIGURA 33	Recomendações e cuidados na aplicação e execução dos revestimentos	87
FIGURA 34	Igreja Nossa Senhora do Rosário – Chapada do Norte – Materiais aplicados na argamassa que irão garantir as suas propriedades.....	91
FIGURA 35	Preparo e análise prévia de amostra de revestimento a base de terra, cal, areia e fibra (1º passo).....	93
FIGURA 36	Inspeção detalhada de amostra (2º passo)	94
FIGURA 37	Avaliação detalhada dos materiais constituintes (3º passo)	94
FIGURA 38	Manifestações patológicas nos revestimentos tradicionais	112
FIGURA 39	Detalhe eflorescência nos revestimentos a base de aglomerante hidráulico devido a problemas de umidade e infiltrações	114
FIGURA 40	Detalhe da eflorescência	115
FIGURA 41	Manchas de vesículas causadas devido a umidade e aplicação de materiais adulterados	116
FIGURA 42	Manchas de vesículas	117
FIGURA 43	Análise do emboloramento	118
FIGURA 44	Análise do emboloramento	118
FIGURA 45	Manchas de bolores junto a fachada devido a umidade e infiltrações	119
FIGURA 46	Manchas de bolores devido a umidade e inexistência de sol	119
FIGURA 47	Manchas de bolores nas paredes internas devido a umidade ascendente	120
FIGURA 48	Manchas de bolores e presença de vegetação junto a fachada causada pela falta de manutenção e infiltração.....	120
FIGURA 49	Descolamentos de revestimentos das fachadas do sobradão em Minas Novas – Minas Gerais	122
FIGURA 50	Descolamentos de revestimentos das fachadas do sobradão em Minas Novas – Minas Gerais.....	123
FIGURA 51	Descolamentos de revestimentos.....	123
FIGURA 52	Descolamento com pulverulência causado pela excessiva presença de sais.....	124
FIGURA 53	Descolamento com pulverulência - Secretaria de Estado de Turismo.....	125
FIGURA 54	Descolamento com empolamento da fachada principal	126
FIGURA 55	Descolamento com empolamento das fachadas lateral e posterior.....	126
FIGURA 56	Manchas de umidade provenientes de vazamentos das instalações ou umidade acidental.....	128
FIGURA 57	Manchas de umidade	128
FIGURA 58	Manchas de umidade	129
FIGURA 59	Manchas de umidade	129
FIGURA 60	Fissuras no revestimento causado pelo recalque do solo e fundação.....	131

FIGURA 61	Fissuras no revestimento devido a fatores externos aos revestimentos	131
FIGURA 62	Fissuras no revestimento causado pela incompatibilização dos revestimentos sobre a laje de concreto da igreja de São Francisco – Pampulha – Belo Horizonte.....	132
FIGURA 63	Manchas nas fachadas de origem parasitária	134
FIGURA 64	Manchas de vandalismo – Escola Barão do Rio Branco – Savassi – Belo Horizonte.....	134
FIGURA 65	Manchas de vandalismo – Escola Pedro II – Belo Horizonte	135
FIGURA 66	Manchas de vandalismo – Edificação situada entre a Av. Afonso Pena e Av. Bernardo Monteiro – Belo Horizonte	135
FIGURA 67	Manchas de vandalismo – Viaduto Santa Tereza – Belo Horizonte	136
FIGURA 68	Prospecção de pintura para identificação das camadas pictóricas	139
FIGURA 69	Remoção de camada de pintura sobre pintura parietal	139
FIGURA 70	Identificação de pintura - análise comparativa com Atlas Cromático	140
FIGURA 71	Prospecções pontuais, com ferramenta apropriada para registro das partes comprometidas.....	142
FIGURA 72	Mapeamento das partes comprometidas após sondagens pontuais.....	142
FIGURA 73	Extração de amostras em áreas menos degradadas das fachadas com ferramentas adequadas.....	143
Figura 74	Remoção de amostra para conhecimento da sua composição, inclusive para identificação das camadas de pintura.....	143
Figura 75	Remoção de amostra para conhecimento da sua composição, inclusive para identificação das camadas de pintura.....	144
FIGURA 76	Armazenamento das amostras em sacos plásticos e etiquetados	144
FIGURA 77	Amostras armazenadas para evitar contaminações.....	145
FIGURA 78	Corte estratigráfico com observação à lupa binocular	145
FIGURA 79	Preparo da amostra para análise das cores existentes	146
FIGURA 80	Remoções das camadas de pinturas para registro das camadas.....	146
FIGURA 81	Limpeza com raspagens das camadas de pintura para identificação das próximas cores.....	147
FIGURA 82	Detalhe das camadas de pintura	147
FIGURA 83	Análise comparativa com o Atlas Cromático para informações da história do colorido da fachada.....	148
FIGURA 84	Análise comparativa com o Atlas Cromático para informações da história do colorido da fachada.....	148
FIGURA 85	Identificação dos teores constituintes da argamassa para informações sobre as técnicas construtivas aplicadas	149
FIGURA 86	Identificação das camadas de revestimento.....	149
FIGURA 87	Observação da presença de película de cal com a finalidade de aumentar a resistência a aderência das camadas posteriores.....	150

FIGURA 88	Identificação da presença de fibras para aumentar resistência aos movimentos de expansão e retração	150
FIGURA 89	Praça Tiradentes – Ouro Preto	153
FIGURA 90	Registro das diversas camadas de pintura existentes. As camadas serão descritas e numeradas do interior para o exterior indicando sua cor original	155
FIGURA 91	Procedimentos em laboratório para avaliação das cores nas intervenções	156
FIGURA 92	Procedimentos em laboratório para avaliação das cores nas intervenções	156
FIGURA 93	Capela Senhor do Bonfim – Santa Luzia.....	157
FIGURA 94	Casa da Cultura – Lavras – Minas Gerais	158
FIGURA 95	Rua Direita 101 – Santa Luzia – Minas Gerais	158
FIGURA 96	Rua Direita 561 – Santa Luzia	159
FIGURA 97	Fachada Principal – Santa Luiza	159
FIGURA 98	Casa na Praça da Estação – Raposos/MG	160
FIGURA 99	Ubá – Minas Gerais	160
FIGURA 100	Matriz da Igreja São Braz do Suassuí – MG.....	161
Figura 101	Matriz de Santo Antonio – Mateus Leme – MG	161
FIGURA 102	Sony – Montes Claros – MG.....	162
FIGURA 103	Museu de Uberlândia – MG	162
FIGURA 104	Ouro Fino – MG	163
FIGURA 105	Capela de São José – Minas Novas.....	167
FIGURA 106	Fotos 106a e 106b.....	168
FIGURA 107	Fotos 107a, 107b e 107c	168
FIGURA 108	Fotos 108a 108b.....	169
FIGURA 109	Fotos 109a e 109b.....	169
FIGURA 110	Fotos 110a e 110b.....	170
FIGURA 111	Fotos 111a e 111b.....	170
FIGURA 112	Fotos 112a e 112b.....	171
FIGURA 113	Fotos 113a e 113b.....	171
FIGURA 114	Fotos 114a e 114b.....	172
FIGURA 115	Fotos 115a e 115b.....	173
FIGURA 116	Fotos 116a e 116b.....	174
FIGURA 117	Fotos 117a e 117b.....	174
FIGURA 118	Fotos 118a e 118b.....	175
FIGURA 119	Fotos 119a e 119b.....	175
FIGURA 120	Fotos 120a e 120b.....	176
FIGURA 121	Fotos 121a e 121b.....	177
FIGURA 122	Fotos 122a e 122b.....	178
FIGURA 123	Fotos 123a e 123b.....	179
FIGURA 124	Fotos 124a e 124b.....	179
FIGURA 125	Fotos 125a, 125b e 125c	180
FIGURA 126	Fotos 126a e 126b.....	180
FIGURA 127	Fotos 127a e 127b.....	181
FIGURA 128	Fotos 128a e 128b.....	181
FIGURA 129	Fotos 129a e 129b.....	182
FIGURA 130	Fotos 130a e 130b.....	182
FIGURA 131	Fotos 131a e 131b.....	183

FIGURA 132	Fotos 132a e 132b.....	183
FIGURA 133	Fotos 133a e 133b.....	184
FIGURA 134	Fotos 134a e 134b.....	184
FIGURA 135	Fotos 135a e 135b.....	185
FIGURA 136	Fotos 136a e 136b.....	185
FIGURA 137	Fotos 137a e 137b.....	186
FIGURA 138	Fotos 138a e 138b.....	186
FIGURA 139	Fotos 139a e 139b.....	187
FIGURA 140	Fotos 140a e 140b.....	188
FIGURA 141	Fotos 141a e 141b.....	189
FIGURA 142	Fotos 142a e 142b.....	189
FIGURA 143	Fotos 143a e 143b.....	190
FIGURA 144	Fotos 144a e 144b.....	190
FIGURA 145	Fotos 145a e 145b.....	191
FIGURA 146	Fotos 146a e 146b.....	192
FIGURA 147	Fotos 147a e 147b.....	193
FIGURA 148	Fotos 148a e 148b.....	194
FIGURA 149	Fotos 149a e 149b.....	195
FIGURA 150	Fotos 150a e 150b.....	196
FIGURA 151	Fotos 151a e 151b: Conclusão dos serviços de restauração da Capela de São José	197
FIGURA 152	Conclusão: Foto 152: Reprodução da estrutura autônoma de madeira, conforme proposta para o reforço de fundação	201
FIGURA 153	Conclusão: Foto 153: Prospecção e escavação do terreno para substituição de "pé de esteio", comprometido por sapata isolada de concreto armado	201
FIGURA 154	Conclusão: Foto 154: Prospecção e escavação do terreno para substituição de "pé de esteio", comprometido por sapata isolada de concreto armado	201
FIGURA 155	Conclusão: Fotos 155a e 155b: Avaliação do comprometimento da peça de fundação, inclusive corte e remoção da peça totalmente apodrecida	202
FIGURA 156	Conclusão: Fotos 156a, 156b, 156c: Montagem de forma e armação de ferragens para a execução do reforço em concreto armado	202
FIGURA 157	Conclusão: Fotos 157a, 157b: Ensino aos oficiais para confecção de ferragens em ferro fundido	203
FIGURA 158	Conclusão: Ensino para serviços de emendas em madeira.....	203
FIGURA 159	Conclusão: Escolha e preparo dos materiais para elaboração de argamassa.....	204
FIGURA 160	Conclusão: Amassamento com os pés para homogeneização dos materiais (terra, fibra e areia) para elaboração de argamassas	204
FIGURA 161	Conclusão: Fotos 161a, 161b, 161c: Experimento e dosagem para a elaboração de argamassa, com materiais selecionados e compatíveis, e com as mesmas características e propriedades mecânicas das paredes de barro a serem revestidas	205

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABPC	Associação Brasileira de Produtos de Cal
CO ₂	Dióxido de Carbono
CSTB	Centre Scientifique et Technique du Batiment
IEPHA	Instituto Estadual do Patrimônio Histórico e Artístico de Minas Gerais
IPHAN	Arquivo do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional
LNEC	Laboratório Nacional de Engenharia Civil
NBR	Norma Brasileira

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
1.1	Objetivo do trabalho	19
1.2	Relevância do tema	20
1.3	Estado da arte	22
2	TÉCNICAS CONSTRUTIVAS UTILIZADAS NAS CONSTRUÇÕES DAS PAREDES DE BARRO DAS EDIFICAÇÕES HISTÓRICAS; DESTAQUE DADO AS TAIPAS DE PILÃO, TAIPAS DE MÃO E TIJOLOS DE ADOBE.....	25
2.1	Introdução	25
2.2	Taipa de pilão	26
2.2.1	Montagem do taipal	28
2.2.2	Aplicação	28
2.2.3	Seleção e dosagem do solo para confecção das paredes de taipa	29
2.3	Adobe.....	31
2.3.1	Introdução	31
2.4	Pau-a-pique	35
2.4.1	Introdução	35
2.5	Paredes de alvenaria de pedra	39
2.5.1	Sem aparelhamento.....	40
2.5.2	Com aparelhamento	40
2.5.3	De duas faces.....	40
2.6	Paredes de tijolo maciço.....	42
3	A IMPORTÂNCIA DAS CARACTERÍSTICAS E DAS PROPRIEDADES DOS PRINCIPAIS MATERIAIS PARA ELABORAÇÃO DAS ARGAMASSAS E PARA A CONFEÇÃO DAS PAREDES DE BARRO TÍPICAS DA ARQUITETURA DE MINAS GERAIS	45
3.1	Introdução	45
3.2	Aglomerante	46
3.3	Ligantes Hidráulicos	46
3.4	Cal	46
3.4.1	Vantagens do uso da cal em restauração	47
3.4.2	A autonomia da cal sobre o cimento Portland nos revestimentos especificados para o restauro das edificações	49
3.4.3	Desvantagens do uso da cal em restauração	50
3.4.4	Materiais mais indicados para a produção de argamassas a base de cal	50
3.5	Terra.....	52

3.5.1	Propriedades da terra utilizada nas argamassas antigas	52
3.5.2	Terra como constituinte das argamassas	53
3.5.3	Composição e propriedades do material.....	54
3.6	Areia.....	56
3.7	Saibro.....	56
3.8	Adições minerais	57
3.9	Aditivos.....	58
4	INFLUÊNCIA DAS TÉCNICAS CONSTRUTIVAS E O PREPARO DAS PAREDES NO PROCESSO DE ADERÊNCIA COM OS REVESTIMENTOS	59
4.1	Tipos de superfície e suas propriedades e características	59
4.2	Preparo e tratamento da superfície.....	59
5	A IMPORTÂNCIA DA CAL NA ADERÊNCIA DOS REVESTIMENTOS SOBRE AS PAREDES	61
5.1	Introdução	61
5.2	O papel dos materiais constituintes da argamassa na aderência revestimento-substrato	62
5.3	Natureza dos aglomerantes e agregados	62
6	A INFLUÊNCIA DA MATURAÇÃO NO AUMENTO DA RESISTÊNCIA DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DA ARGAMASSA	64
7	IMPORTÂNCIA DA CAL HIDRATADA E MATURADA PARA OS REVESTIMENTOS APLICADOS SOBRE AS PAREDES DE BARRO.....	66
7.1	Introdução	66
7.2	O papel e a importância da cal nas argamassas	67
7.3	Resistência à penetração de água	71
7.3.1	Retenção de água	71
7.3.2	Plasticidade e trabalhabilidade	72
7.4	O papel da Cal e o seu desempenho no estado endurecido	73
7.5	A influência da cal na microestrutura das argamassas mistas	75
7.5.1	Considerações	75
7.6	A importância da propriedade de durabilidade das argamassas nas paredes e nas estruturas dos prédios antigos	75
8	QUALIFICAÇÃO E AS PROPRIEDADES DAS ARGAMASSAS CONFORME NORMAS EXISTENTES NA ELABORAÇÃO DOS REVESTIMENTOS	79
8.1	Introdução	79
8.2	Qualificação das argamassas.....	79
8.3	Regras e recomendações de qualidade.....	80
8.3.1	Regras de qualificação a serem observadas conforme propostas de alguns estudiosos.....	80

9	PRINCIPAIS CAMADAS DE REVESTIMENTOS PARA PROTEÇÃO DAS PAREDES	83
9.1	Introdução	83
9.2	Principais revestimentos empregados nas paredes dos edifícios históricos	83
9.2.1	Encasque	83
9.2.2	Chapisco	84
9.2.3	Emboço	84
9.2.4	Reboco	84
10	PROPRIEDADES DAS ARGAMASSAS NO ESTADO FRESCO E NO ESTADO ENDURECIDO	88
10.1	Introdução	88
10.2	Principais propriedades das argamassas no estado fresco	88
10.3	Principais propriedades das argamassas no estado endurecido ..	90
11	MÉTODOS RECOMENDÁVEIS PARA AVALIAÇÃO DOS COMPROMETIMENTOS DOS REVESTIMENTOS SOBRE PAREDES	92
11.1	Metodologia recomendável para avaliação e caracterização dos materiais	93
12	ESTUDO DE CASO I: REGISTRO DOS SERVIÇOS DE RECUPERAÇÃO E CONSOLIDAÇÃO DOS REVESTIMENTOS SOBRE PAREDES (FACHADAS) DA IGREJA DE SANTO ANTÔNIO EM TIRADENTES/MG – 1728/SÉCULO XVIII	95
13	AS ANOMALIAS COM IMPLICAÇÕES ESTRUTURAIS NAS EDIFICAÇÕES HISTÓRICAS	109
14	MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NOS REVESTIMENTOS DAS PAREDES DE BARRO	112
14.1	Introdução	112
14.2	Levantamento das manifestações patológicas	113
14.3	Principais manifestações patológicas identificadas conforme ilustrações	114
14.3.1	Manifestações patológicas em revestimentos argamassados	114
14.3.1.1	<i>Eflorescência</i>	114
14.3.1.2	<i>Vesículas</i>	116
14.3.1.3	<i>Bolores</i>	117
14.3.1.4	<i>Descolamentos</i>	121
14.3.1.4.1	<u>Descolamento em placas</u>	122
14.3.1.4.2	<u>Descolamento com pulverulência</u>	124
14.3.1.4.3	<u>Descolamento com empolamento</u>	125
14.3.1.4.4	<u>Fissuras horizontais</u>	130
14.3.1.4.5	<u>Fissuras mapeadas</u>	130
14.3.1.4.6	<u>Manchas</u>	133

15	PROCEDIMENTOS PREVISTOS PARA REPAROS DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM REVESTIMENTOS ARGAMASSADOS DAS EDIFICAÇÕES HISTÓRICAS.....	137
15.1	Introdução	137
15.2	Recomendações e procedimentos para recuperação das patologias nos revestimentos argamassados nas fachadas	138
15.2.1	Descrição das fases dos procedimentos	138
15.2.2	Análises laboratoriais das argamassas e pintura.....	140
15.2.2.1	<i>Descrição ilustrativa das fases dos procedimentos para restauração das camadas de revestimentos</i>	141
15.2.3	Procedimentos para os serviços de reparo das patologias	151
15.2.3.1	<i>Eflorescência</i>	151
15.2.3.2	<i>Vesículas</i>	151
15.2.3.3	<i>Bolor</i>	151
15.2.3.4	<i>Descolamento com empolamento</i>	151
15.2.3.5	<i>Descolamento com pulverulência</i>	151
15.2.3.6	<i>Fissuras horizontais</i>	152
15.2.3.7	<i>Fissuras mapeadas</i>	152
16	A IMPORTÂNCIA DA PINTURA A BASE DE CAL PARA A CONSERVAÇÃO E PROTEÇÃO DOS REVESTIMENTOS DAS CONSTRUÇÕES ANTIGAS.....	152
16.1	A arte de pintar sobre paredes das edificações históricas.....	152
16.1.1	<i>Tinta sem pigmentos.....</i>	154
16.1.2	<i>Procedimentos para recuperação de pintura</i>	155
17	ESTUDO DE CASO II: Restauração das fachadas e estruturas de madeira, inclusive entelhamento, da Capela de São José – Minas Novas	164
18	RECOMENDAÇÕES FINAIS	198
18.1	18.1 RECOMENDAÇÕES PARA A CONSERVAÇÃO E PROTEÇÃO DAS EDIFICAÇÕES HISTÓRICAS	198
18.1.1	Introdução	198
19	CONCLUSÃO.....	206
	REFERÊNCIAS	208

1 INTRODUÇÃO

O conhecimento sobre argamassas é ainda, em grande parte, empírico, apesar do esforço recente de pesquisa. As conseqüências práticas deste empirismo não podem ser subestimadas.

Nas últimas décadas, notou-se um interesse crescente voltado ao estudo de caracterização dos diversos tipos de materiais de conservação e restauro utilizados em engenharia, como também para o desenvolvimento de novos materiais exigidos em um campo de ciência específico.

Nesta área, o desenvolvimento de novos produtos tem sido realizado dentro dos diferentes setores industriais, sem que exista um desenvolvimento de um corpo de conhecimento científico comum. A ausência deste conjunto de conhecimentos dificulta a formação de recursos humanos e as atividades de pesquisa na indústria. Consequentemente aumenta significativamente o risco de desenvolvimento de produtos com desempenho insuficiente, especialmente a longo prazo.

Os revestimentos antigos são, na sua maioria, constituídos por argamassas de cal aérea hidratada, areia de rio (quartzosa) e água, eventualmente com adições minerais e aditivos orgânicos, apresentando diversas camadas com finalidades diferentes: chapisco, emboço, reboco e pintura. Estes revestimentos possuem características diferentes dos revestimentos atuais, que são na maioria, a base de materiais cimentícios (cimento Portland). Os revestimentos antigos são constituídos por materiais de elevada porosidade e também hidrófilos, ou seja, permitem a entrada do vapor de água para o interior do substrato, mas evitam a permanência prolongada deste vapor, promovendo de forma fácil e rápida a saída para o exterior.

Conforme ARENDT (1995), VEIGA e TAVARES (2002), as argamassas de recuperação e recomposição devem reter a água na forma líquida, assim como os sais e permitir, devido a sua grande permeabilidade ao vapor, uma secagem eficiente do substrato. Além disso, estes revestimentos evitam a entrada de água de chuva, por conter aditivos hidrofugantes. Entretanto, as argamassas de recuperação não restringem a umidade ascensional nas alvenarias, nem eliminam os sais do substrato. A alvenaria permanecerá úmida, e os sais continuam cristalizando-se,

porém não mais no interior dos componentes da alvenaria, na interface alvenaria-revestimento ou na superfície do revestimento, e sim no interior da argamassa. Desta forma, o revestimento de argamassa de recuperação não é uma solução totalmente definitiva. Estes revestimentos devem ser removidos e reaplicados após um período de 15 a 20 anos, dependendo da porosidade dos materiais constituintes e do ambiente em que se encontra inserido as edificações revestidas.

Desde então o interesse por materiais à base de cal que combinados com componentes pozolânicos tem crescido bastante entre os pesquisadores, restauradores e projetistas, devido aos problemas oriundos da incompatibilidade de determinados materiais novos com os antigos, já que a inserção de materiais novos em contato com alvenarias antigas pode causar tensão devido aos ciclos de expansão térmica e às reações de origem física e química, como a cristalização de sais solúveis formados durante a hidratação dos componentes dos materiais cimentícios e também a umidade retida atrás de camadas impermeáveis e outros problemas.

1.1 Objetivo do trabalho

Este estudo tem como objetivo aprofundar os conhecimentos da área de conservação e restauro das técnicas construtivas e das argamassas aplicadas em monumentos históricos para difundi-los pelo meio técnico, de forma a contribuir para uma melhoria das intervenções e conservação de revestimentos em paredes antigas, evitando desta forma, a trágica destruição de que atualmente são alvo, a Figura 1 mostra a trágica destruição de nosso patrimônio causado pela indústria cultural. Isto porque os revestimentos externos que cobrem as superfícies das fachadas das edificações históricas são elementos fundamentais da estrutura edificada, pois além de terem uma função protetora, também possuem muitas vezes, uma função decorativa relevante. Sendo assim, testemunho do tempo e do passado, estas camadas devem ser preservadas devido à sua importância técnica, histórica e estética.

É importante salientar que os métodos empregados para a conservação e o restauro de revestimentos exteriores variam conforme o tipo de deterioração e com os materiais necessários para sua preservação. Deste modo, é necessária em qualquer trabalho de restauro uma análise prévia criteriosa do estado de

conservação do revestimento, e que esta ação seja realizada por um profissional capacitado, para que sejam corretamente estabelecidos os métodos e materiais usados.

Por isso, o objetivo deste trabalho é descrever as técnicas compatíveis que empregavam a terra como matéria prima. O destaque é dado às taipas de pilão, às taipas de mão, à confecção dos tijolos de terra amassados de nome genérico “adobe” e as argamassas de revestimento e assentamento das paredes de barro.



Figura 1 - Detalhe do estado de conservação das fachadas que atualmente estão sendo alvo do descomprometimento dos responsáveis pela sua guarda
Fonte: Acervo do IEPHA.

1.2 Relevância do tema

É importante salientar que a conservação e restauração são atividades específicas baseadas em evidências físicas e mecânicas, devendo ser precedidas de uma maior análise e pesquisa dos materiais compatíveis aos originais e das técnicas construtivas aplicadas nos revestimentos das edificações históricas.

Deste modo, é necessário em qualquer trabalho de restauro uma análise prévia criteriosa do estado de conservação dos revestimentos e paredes e que esta ação seja realizada por um profissional capacitado para que sejam corretamente estabelecidos os métodos e materiais utilizados.

Em virtude disto, uma preocupação está nas elites responsáveis pela conservação e restauração de nosso patrimônio edificado, quando não reconhecem o valor do material humano que torna exeqüível as nossas idéias e alternativas, além de omitir a utilização do uso dos materiais e técnicas inadequadas e incompatíveis, colocando em risco a conservação dos materiais e das técnicas construtivas, conforme ilustrado na Figura 2. Além dessas considerações, não dispomos de informações suficientes, levando em conta as diversas variáveis, dentre as quais se destacam: a grande variedade de materiais existentes; a tradição de alguns povos no uso e aplicação dos materiais e técnicas construtivas variando de região para região; a utilização cada vez mais marcante desses materiais incompatíveis comparados aos existentes.



Figura 2 - Utilização de materiais incompatíveis, comprometendo os existentes
Fonte: Acervo do IEPHA.

Assim, este trabalho tem a finalidade de descrever e registrar as técnicas utilizadas na restauração de paredes de barro e incluem uma reflexão sobre os problemas da conservação e restauro dos revestimentos históricos, proporcionando aos profissionais ligados aos trabalhos de restauração um instrumento de pesquisa e orientação na criação de metodologia específica para melhor especificar, recuperar, reparar todas as técnicas e materiais aplicados nas edificações históricas do Estado de Minas Gerais, evitando, dessa forma, a trágica destruição de nosso patrimônio de que atualmente são alvo.

1.3 Estado da arte

A evolução da produção dos aglomerantes varia desde as composições dos materiais crus e do processo de produção. Os aglomerantes evoluíram da terra, gesso, cal, pozolana natural, pó de tijolo, cal hidráulica até chegar ao cimento Portland. Já o processo de produção evoluiu pelo aumento e controle da temperatura de queima dos materiais, bem como o controle das composições dos materiais. Isto baseado na definição do **termo cimento**

[...] que é usado para designar materiais finamente particulados e inorgânicos que misturados com água dão origem a misturas plásticas que com a passagem do tempo, perdem a plasticidade, solidificam-se e gradativamente adquirem resistência mecânica.

SILVA, CLÁUDIO A. R. (1998)

Portanto, as argamassas históricas são sistemas bastante complexos, compostos por aglomerantes aéreos ou hidráulicos, ou misturas de aglomerantes, agregados inertes e aditivos que interagem com o material aglomerante. Nas Figuras 3 e 4 são apresentadas amostras de revestimentos de paredes típicas das edificações históricas do estado de Minas Gerais.



Figura 3 - Amostras de revestimento de fachadas.
Componentes: cal, terra, areia e estrume
Fonte: Acervo do autor da Dissertação.



Figura 4 - Amostras de revestimento de fachadas.
Componentes: cal, terra, areia e estrume
Fonte: Acervo do autor da Dissertação.

Segundo PRATT (1988), os métodos de caracterização micro-estrutural "são imprescindíveis para todas as definições e especificações de dosagem e substituição das argamassas de revestimento em monumentos históricos e podem ser classificados em diretos e indiretos".

Quanto aos métodos diretos, são aqueles que produzem uma imagem da microestrutura, revelando os tamanhos e formas das fases e dos poros. Esses métodos incluem as técnicas de Microscopia Ótica ou Eletrônica de Varredura.

Quanto aos métodos indiretos, fornecem informações qualitativas e quantitativas (químicas e mineralógicas) sobre os elementos, as fases e os tipos de poros presentes no material: são as técnicas de avaliação da porosidade, fluorescência de raios-X, difração de raios-X, análises térmicas, espectroscopia no infravermelho, análise química.

É um consenso entre o grupo de pesquisadores e projetistas, que antes de qualquer intervenção em monumentos históricos, deve-se realizar um estudo técnico-científico para a caracterização e a identificação do aglomerante e agregados e as suas relações aglomerante-agregado, para que haja a compatibilidade entre o material existente e o de recomposição e restauro.

O aglomerante utilizado no Brasil desde 1949, conforme GUIMARÃES

(1998), era o calcário de depósitos conchíferos que revestiam o fundo do mar. Há relatos de usos de misturas de cal de concha, areia e óleo de peixe-baleia para confeccionar as argamassas. Estas conchas eram retiradas de extensos depósitos milenares e colocadas em uma cova em camadas intercaladas com lenha. Ateava-se fogo e a cal resultava das conchas calcinadas. Este processo, por ser artesanal, caiu em desuso com o início da mineração da pedra ou rocha calcária.

Baseado em informações, pesquisas e vistorias, segundo MASCARELO (1982), os revestimentos argamassados assentados nas paredes dos monumentos históricos eram compostos por uma primeira camada de argamassa de barro misturada com estrume de animal e um pouco de areia lavada, sendo as demais camadas de argamassa de areia, óleo de baleia e cal.

Segundo a tradição, o óleo de baleia teria sido utilizado em antigas construções no Brasil. No entanto, os estudos realizados mostraram que seu emprego era apenas recomendado no caso de edificações sujeitas à ação excessiva da umidade, e não como um elemento cujo uso seria indiscriminadamente difundido em toda e qualquer construção e com a finalidade de proporcionar-lhes maior resistência e durabilidade. Não se tem muitos documentos escritos que permitam comprovar a veracidade dessas afirmações, o que dificulta as pesquisas realizadas no intuito de fornecer subsídios para que se possam reproduzir os traços e verificar as melhorias efetivadas com a adição do óleo. Segundo pesquisadores, o óleo de baleia era usado como aditivo plastificante nas argamassas históricas.

2 TÉCNICAS CONSTRUTIVAS UTILIZADAS NA CONSTRUÇÃO DAS PAREDES DE BARRO DOS MONUMENTOS HISTÓRICOS; DESTAQUE DADO ÀS TAIPAS DE PILÃO, TIJOLOS DE ADOBE E TAIPA DE MÃO

2.1 Introdução

As edificações históricas são exemplares de atividade de construção do homem no passado que resistiram a eventos naturais ou provocado pelo próprio homem.

Estas edificações históricas em Minas Gerais frequentemente apresentam desempenho insatisfatório, por conta de características próprias, diferenciadas, que o tempo lhes imprime. Seu aspecto atual nem sempre reproduz as condições originais, vez que intervenções, acréscimos, demolições e mudanças as mais variadas são comuns ao longo de sua vida útil e devido ao desconhecimento das técnicas e da omissão de grande parte dos conservadores.

Como testemunhos da história do homem, de seus valores culturais, criatividade e organização social, a restauração destes monumentos tem-se constituído em uma exigência cada dia maior da comunidade, orgulhosa dos marcos do seu passado.

As intervenções de restauração das edificações são executadas com tecnologias modernas, usando de materiais de comportamento mecânico diferenciado dos originais e de técnicas construtivas inadequadas. E em Minas Gerais é utilizado, com grande frequência, o uso de materiais e técnicas construtivas inadequadas que colocam em risco a conservação dos materiais e das técnicas históricas existentes.

Toda esta perda do conhecimento das técnicas construtivas e da manipulação dos materiais existentes está acontecendo em nome da ciência moderna, da tecnologia avançada, da comercialização da memória, que são os grandes responsáveis pela destruição das formas do conhecimento e alternativas, inclusive o empobrecimento do saber fazer.

A grande maioria dos monumentos ou edificações históricas se caracterizam por terem sido construídos em passado mais ou menos remoto, usando técnicas rudimentares e materiais naturais de solo, rocha, peças vegetais, compactados ou rejuntados por outros materiais, também naturais que funcionam

como ligantes assim como exemplifica a Figura. 5.



Figura 5 - Modelo de taipa de pilão – Casa Quatro Cantos – Tiradentes
Fonte: Acervo do IEPHA.

Os materiais utilizados, de modo geral, vinham de áreas vizinhas às edificações de construção, que freqüentemente eram escolhidos próximo da jazida, a uma distância mínima. Porém, o resgate dessas técnicas torna-se de vital importância para a manutenção (através da restauração e conservação) de nossos monumentos e moradias, preservando não só a parte física e a integridade das edificações, mas também mantendo viva a nossa história e a nossa cultura.

2.2 Taipa de pilão

Nome genérico que se costuma dar a toda técnica construtiva em que se emprega na confecção de paredes e muros, a terra molhada ou umedecida, como matéria prima básica. Em síntese, a parede de taipa de pilão é conseguida comprimindo-se a terra dentro de fôrmas de madeira. A fôrma de madeira ou Taipal é constituída de duas grandes pranchas compostas de tábuas emendadas de topo, afastadas entre si, graças a sistemas variáveis, que são empregados pontaletes, travessas, escoras etc., formando os taipais desmontáveis e deslocáveis ao longo das paredes em obras. A montagem do taipal é apresentada no item seguinte (2.2.1 - Figura 7), dando melhor idéia ao conjunto.

Inicia-se a execução das paredes de taipa de pilão, pela própria fundação, onde a terra é pilada. Assim, são abertas as valas ao longo dos eixos das paredes projetadas, com a largura desejada e sugerida, pela prática, que nunca a taipa de pilão passou além dos campos do empirismo. As larguras das paredes, então, variam conforme o “sentimento” do mestre. A largura média das paredes pode-se fixar em volta de 0,60 m a 1,50m de espessura. Nunca as valas das fundações possuíam menos de 0,30m de profundidade e sempre com os fundos e nível. Dentro das valas já começava a ser socada a terra, a qual devia ser de qualidade, isto é, argilosa, mas não muito grudenta e não muito areenta, pois a areia não daria a consistência necessária à taipa.

A terra ideal é a vermelha uniforme, sem vestígios de matéria orgânica e com grau de umidade natural, com que se apresenta normalmente já a um palmo de profundidade. A terra boa é aquela que, apertada nas mãos, forma um bolo compacto mostrando os sulcos dos dedos, conforme Figura 6. Depois de apiloada a terra dentro das valas dos alicerces, começam a ser usado os taipais, como se vê na Figura 7:



Figura 6 - Remoção de amostras de terra ideal próximo ao local
Fonte: Acervo do IEPHA.

2.2.1 Montagem do taipal

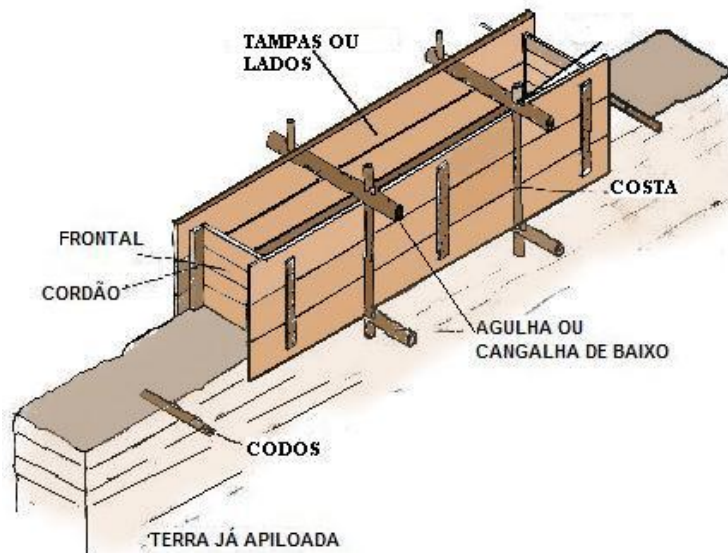


Figura 7 - Esquema da montagem do taipal
Fonte: Acervo do IEPHA.

1. Fixação dos lados ou tampas – são as pranchas que seguram lateralmente a terra a ser socada e presa à peças verticais que recebem o nome de Costas, que impedem as Tampas inclinarem-se para fora;
2. Agulhas ou cangalhas – são peças que impedem as Tampas não se inclinarem para dentro e estas peças são presas entre si superiormente entre as Costas;
3. Frontal – são tábuas colocadas nas extremidades perpendiculares às tampas que fecham o caixão e que determinam a espessura da parede.

2.2.2 Aplicação

1. A terra a ser socada em seu estado plástico deve ser disposta em camadas de 15 cm, acrescentando-se fibras à massa para melhorar a resistência dos movimentos de dilatação e retração;

2. Os taipais sugerem que tais blocos têm suas extremidades verticais ou inclinadas para obter melhor amarração;
3. Os blocos são feitos desencontrados, à semelhança dos aparelhos de tijolos de alvenaria;
4. Quando a terra atingir dois terços da altura do Taipal, são colocados pequenos paus roliços denominados Codos, para que depois de terminado o lanço e após 24 horas de retirada, passa-se ancorar o Taipal do bloco superior;
5. Depois de secos os vãos de portas e janelas são abertas a talhadeira ou arame conforme técnica usada pelos taapeiros;
6. Após a secagem das paredes, que varia de 3 a 6 meses dar início aos revestimentos;
7. O maior perigo nas obras estava nas chuvas repentinas, pois a água é a maior inimiga da taipa. Por isso, depois de ter terminado uma jornada, era costume de cobrirem os blocos.

2.2.3 Seleção e dosagem do solo para confecção das paredes de taipa

Para a escolha do solo que irá compor a massa das taipas, é interessante pegar as amostras da região. Estas amostras devem passar por um teste de granulometria e identificará as porcentagens ideais de areia e argila que compõem o solo, através do método alternativo rápido, como, por exemplo, o teste de vidro. A Figura 8 exemplifica o equipamento.



Figura 8 - Teste do pote para correção do solo

Fonte: Acervo do Laboratório de análises da PUC Minas. Profª Margarete Araújo

- Pegar amostra no próprio local.
- Colocar a amostra até a metade e completar com água.
- Agitar bem.
- Esperar as partículas se assentarem e verificar a porcentagem das camadas. As mais pesadas ficarão no fundo.
- Porcentagem ideal é de 30% de argila e 70% de areia.
- Caso não se encontre naturalmente estas condições deve-se acrescentar mais areia ou argila no solo até atingi-las. É importante revolver e peneirar a mistura para uniformizá-la e eliminar raízes e pedras pequenas.
- Conseguida a mistura ideal deve-se umedecê-la na véspera do uso.
- Pulverizar a água para compor a dosagem correta.
- Fazer a verificação da umidade apertando com as mãos um punhado de terra, formando um bolo compacto, que estará no ponto correto de mostrar os sulcos dos dedos já citados anteriormente (Figura 9).
- Pode-se acrescentar, durante o amassamento para estruturar o solo, areia, cal, fibra, vegetal.



Figura 9 - Verificação do ponto correto da umidade
Fonte: Acervo do IEPHA.

2.3 Adobe

2.3.1 Introdução

É uma das mais difundidas técnicas de construção em terra e uma das mais antigas e utilizadas na construção de habitações humanas, que consiste na realização de tijolos de terra amassada com água e seco ao ar. A moldagem dos tijolos faz-se através de fôrmas de madeira com dimensões variáveis e secas ao ar durante duas a três semanas, antes de sua utilização. As terras apropriadas e as recomendações para a confecção do adobe têm as mesmas características das taipas de pilão descritas anteriormente. Uma vez que a fabricação do adobe requer mais água (o suficiente para moldes). É normal adicionar fibras à mistura por forma a reduzir a retração por secagem (capim, palha ou cisal, para reduzir a fissuração). Uma das fragilidades dessas técnicas construtivas em terra é também a água. Uma boa drenagem nas fundações e nas coberturas constitui formas de anular esses efeitos e adotar as soluções que tornem o adobe resistente à água, este processo chama-se estabilização.

Existem adições que podem adicionar para obter essa estabilização, como, por exemplo, a cal e o olho de linhaça.

Matéria-prima

- Solo: as terras apropriadas para o uso têm entre 15 a 30% de argila. Usa-se a mesma terra para taipa de pilão;
- Estabilizante para o adobe: adicionar fibra, capim, palha ou sisal, para reduzir a fissuração durante a secagem.

Execução

- A preparação se faz num poço aberto no solo, da ordem de 2m, com profundidade entre 1 e 1,5m, onde é misturado o barro com fibras, numa proporção de 20 partes de barro para uma parte de fibras;
- O ideal é começar a mistura colocando menos água e ir agregando água até obter a umidade local;
- Para melhorar a qualidade do adobe, adicionar óleo queimado ou cal;
- As peças podem ser colocadas para secar de preferência na sombra. Devem ser viradas periodicamente;
- A cura dos tijolos pode levar de 2 a 5 dias. Só então podem ser empilhados;
- Assentamento dos tijolos com argamassa de barro com pouca areia acrescida ou não de cal.
- As Figuras 10 a 13 mostram as técnicas construtivas para confecção dos tijolos de adobe.



Figura 10 - Preparo da argamassa para confecção dos tijolos
Fonte: Acervo do IEPHA.



Figura 11 - Tijolo moldado a mão em moldes de madeira
Fonte: Acervo do IEPHA.



Figura 12 – Remoção das formas
Fonte: Acervo do IEPHA.



Figura 13 – Secagem dos tijolos
Fonte: Acervo do IEPHA.

2.4 Pau-a-pique

2.4.1 Introdução

Bastante difundida no Brasil, essa técnica conhecida como estrutura autônoma com vedação de estramado preenchido com barro, ou mais vulgarmente como pau-a-pique, ou taipa de sopapo, teve preferência sobre a taipa de pilão pois era de mais fácil execução, mais rápida e econômica, além de ser livre e de facilmente se adaptar a topografias acidentadas. Essas últimas razões, justificariam como a técnica construtiva mais comum utilizada no Estado de Minas Gerais a partir do século XVIII, sendo que os exemplares remanescentes atestam sua viabilidade e durabilidade.

Pau-a-pique são paredes que fazem parte de uma estrutura de madeira bastante rígida, formada por:

- **Esteios** com seção quadrada enterrada no solo a profundidades variáveis, pela continuidade do tronco, denominado **nabo**; as Figuras 14 e 15 mostram a estrutura autônoma de madeira e as respectivas nomenclaturas das peças que formam a gaiola.
- No nível do solo os esteios recebem os encaixes para colocação das **vigas baldrames**, mais altas que o solo;

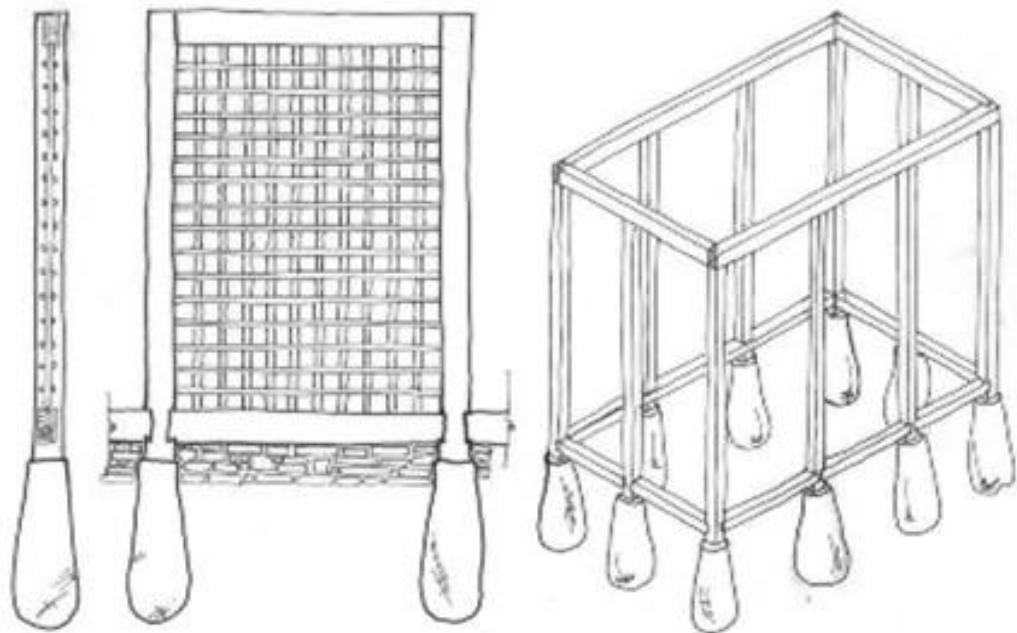


Figura 14 - Estrutura de madeira para execução da taipa de mão
Fonte: Adaptado de Vasconcellos (1961).

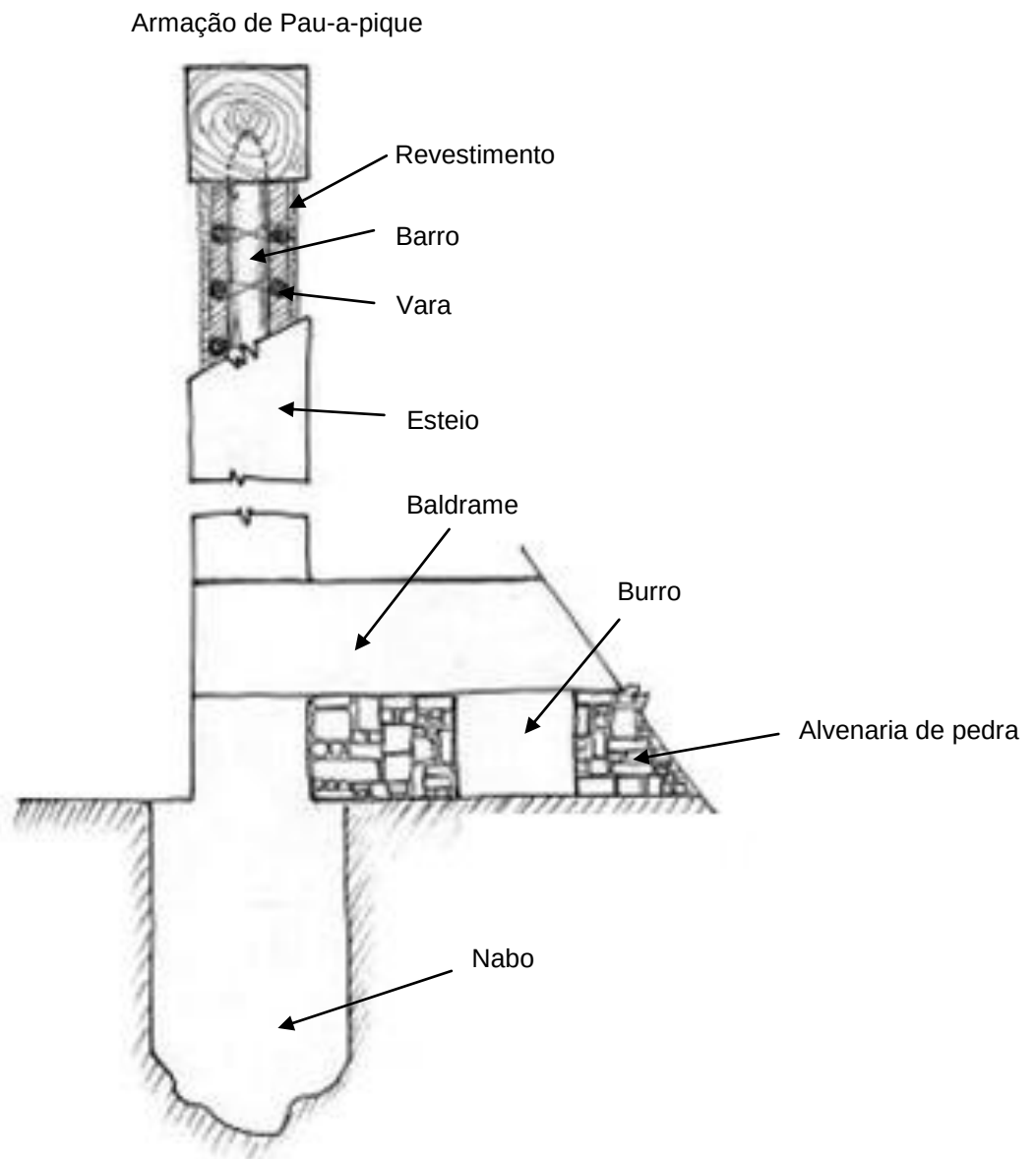


Figura 15 - Detalhe da taipa de mão
 Fonte: Adaptado de VASCONCELLOS (1961).

- Na parte superior os esteios recebem a carga dos **frechais** apoiados ou encaixados, formando uma estrutura denominada **gaiola**;
- Entre os frechais e as vigas baldrames, encaixar os paus roliços de menor espessura;
- Perpendicularmente aos paus roliços são amarrados com cipós, arame ou tiras de couro outras peças de madeira mais finas, denominadas varas dos dois lados paralelos ou alternados, conforme Figura 16.



Figura 16 - Tiradentes – Sobrado quatro cantos
– armação da estrutura em pau-a-pique
Fonte: Acervo do IEPHA.

Matéria-prima

Solo local, água e fibra vegetal. Ex.: capim, palha, sisal ou esterco.

Mistura

Mesmo procedimento da taipa de pilão. Porém, após a armação da trama, a argamassa preparada deve ter plasticidade maior que a taipa de pilão, para poder ser manuseada, ver ilustração conforme Figura 17 e 18 na elaboração e dosagem da mistura de argamassa.



Figuras 17 e 18 - Preparo e mistura de argamassa e revestimento das paredes de pau-a-pique, com uso de terra, areia e estrume
Fonte: Acervo do IEPHA.



Figuras 19 e 20 - Aplicação de massa fina (chapisco) a base de solo, areia e estrume para preenchimento de rachaduras
Fonte: Acervo do IEPHA.

Execução:

- Dois trabalhadores taapeiros se colocam de lados opostos da trama;
- Com as mãos pegam uma quantidade de barro que é prensado energicamente ao mesmo tempo contra a trama;
- O tempo de secagem de uma parede de 15 a 20 cm de espessura é de um mês;
- Após a secagem a parede deve rachar um pouco, devido aos componentes da argamassa de terra crua. Usa-se então uma massa fina a base de solo, areia e estrume denominada **chapisco** para preencher as rachaduras e recebem o **emboço** e **reboco**.

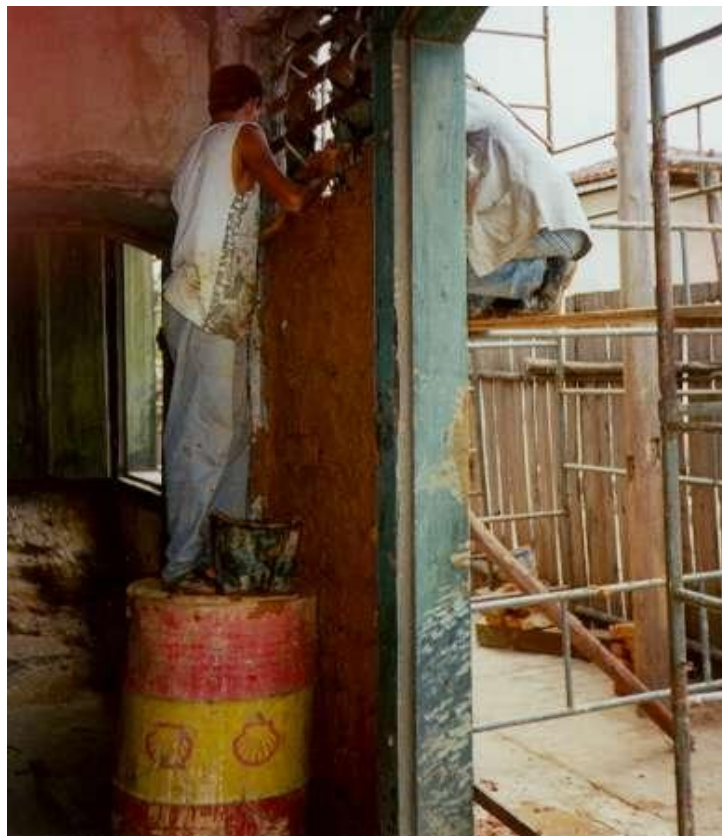


Figura 21 - Preenchimento do pau-a-pique com argamassa de terra
Fonte: Acervo do IEPHA.

2.5 Paredes de alvenaria de pedra

A escolha do sistema construtivo para uma dada parede dependia de vários fatores: custos, prazo de execução, natureza de recursos, materiais de ligação, técnicas construtivas, etc. Pelo que não havia à partida critérios que

definissem de imediato a solução a adotar, embora a distribuição geográfica pareça ser o fator de maior influência.

As pedras utilizadas nas paredes dos edifícios antigos eram normalmente ligadas entre si por argamassas de cal (Figuras 22 a 24).

Podemos dividir as paredes de pedra argamassada em três grupos.

- Sem aparelhamento
- Com aparelhamento
- De duas faces

2.5.1 Sem aparelhamento

Sem aparelhamento ou ordinária (Corrente), são paredes de pedra toscas, angulosas e irregulares em forma e dimensão, ou roladas, ligadas entre si por argamassas ordinárias.

Este tipo de construção encontra-se espalhada por todo o país, mas de mais forte implantação na região Noroeste, Minas Gerais, possivelmente por este tipo de material ser abundante mesmo proveniente de demolições. Normalmente é rebocada e caiada para ser protegida dos agentes atmosféricos, nomeadamente a água.

2.5.2 Com aparelhamento

Em Perpianho, ou seja regular, trabalhadas para o efeito, dispostas em camadas e ligadas entre si por argamassas, ou simplesmente depositadas umas sobre as outras. Cantaria que tem toda a largura da parede, aparelhada nas quatro faces. Encontra-se normalmente na região Noroeste/Grão Mogol - MG.

2.5.3 De duas faces

Paredes de pedra argamassada, normalmente irregular de forma angulosa dispostas em duas folhas, uma interior e outra exterior, preenchidas no meio por material de pequenas dimensões com argamassa ordinária.

O seu travamento era conseguido por meio de ligadores de pedra que

atravessavam a parede a toda a espessura, de madeira ou de ferro que impediam o esboroamento lateral das paredes.



Figura 22 - Alvenaria de pedra aparelhada (Grão Mogol-MG)
Fonte: Acervo do IEPHA.



Figura 23 - Alvenaria de pedra aparelhada (Grão Mogol-MG)
Fonte: Acervo do IEPHA.



Figura 24 - Alvenaria de pedra aparelhada
Fonte: Acervo do IEPHA.

2.6 Paredes de tijolo maciço

O tijolo vulgarmente utilizado na construção de edifícios antigos, maciço, denominado "Burro", tinha em média as dimensões de 0,23 x 0,11 x 0,07m, as juntas não excediam 0,01 m de espessura. A argamassa de aplicação para além de ter alguma consistência devia também preencher todos os espaços livres.

Em igualdade de circunstâncias as paredes de tijolo podiam ser menos espessas que as de pedra, por dois motivos. Primeiro porque a horizontalidade da fiada e a maior regularidade de sobreposição conferiam-lhes maiores resistências e fraca condutibilidade térmica.

Assim uma parede de 0,35 e 0,38 m de espessura numa parede de tijolo, correspondia a uma parede de alvenaria de pedra de 0,50 m de espessura.

Os modelos de tijolos utilizados nas edificações históricas do século XIX são indicados nas Figuras 25 a 27.



Figura 25 - Modelos de tijolos empregados nas alvenarias das edificações históricas
Fonte: Acervo do autor.



Figura 26 - Modelos de tijolos empregados nas alvenarias das edificações históricas
Fonte: Acervo do autor.



Figura 27 - Modelos de tijolos empregados nas alvenarias das edificações históricas
Fonte: Acervo do autor.

3 A IMPORTÂNCIA DAS CARACTERÍSTICAS E DAS PROPRIEDADES DOS PRINCIPAIS MATERIAIS PARA ELABORAÇÃO DAS ARGAMASSAS E PARA A CONFEÇÃO DAS PAREDES DE BARRO TÍPICAS DA ARQUITETURA DE MINAS GERAIS

3.1 Introdução

Com relação aos materiais utilizados no preparo das argamassas de revestimentos das paredes dos edifícios históricos, compreende-se que as matérias de cunho dedutivo sejam importantíssimas, e que a elas os construtores, projetistas e restauradores dediquem maior atenção, não omitindo nunca as suas propriedades, limitações, vantagens e utilização que deverão ser perfeitamente conhecidas. Não adianta saber apenas calcular sua dosagem ou traços, é preciso saber também controlar sua preparação durante toda a obra.

Da qualidade dos materiais empregados irá depender a compatibilidade, a solidez, a durabilidade e o acabamento dos serviços de consolidação e restauro da obra.

Uma restauração de uma parede pode ser executada com diferentes materiais, mas a cada um corresponderão diferentes desempenhos e diferentes aparências. Cabe aos projetistas e restauradores especificar o que melhor atenda às condições pedidas, e que tenha, ao mesmo tempo, uma compatibilidade e durabilidade suficiente com o sistema construtivo existente. Por essa razão, deve-se conhecer os materiais que têm ao seu dispor.

Tal conhecimento deve ser predominantemente experimental e tecnológico. As qualidades dos materiais podem ser estabelecidas pela observação contínua, pela experiência adquirida ou por ensaios em laboratórios especializados.

Como não seria prático que cada novo projetista ou restaurador fosse adquirindo aos poucos essa experiência, é preciso que esses conhecimentos sejam difundidos por meio de ensino, manuais e cadernos de recomendações técnicas.

Nos últimos trinta anos, os estudos de materiais de conservação e restauro desenvolveram-se em um campo de ciência específico. Assim, em 1981, o tema do Simpósio Anual realizado em Roma, foram as Argamassas em Edificações Históricas. Desde aquela época o interesse por materiais à base de cal e combinados com componentes pozolânicos cresceu devido aos problemas oriundos

da incompatibilidade de determinados materiais novos com os antigos, já que a inserção de materiais novos em contato com alvenarias antigas pode causar tensão devido aos ciclos de expansão térmica e as reações de origem físicas e químicas, como a cristalização de sais solúveis formados durante a cura; umidade retida atrás de camadas impermeáveis e outros problemas.

Para a consolidação, recuperação e restauro de monumentos históricos é preciso conhecer, a fim de alcançar o objetivo desejado, as forças externas que atuarão sobre as paredes (vento, clima, esforços etc.). As forças internas que então originarão tensões e o material que poderá resistir a essas forças e tensões. Por esse motivo é importante que se conheçam as propriedades físicas, químicas e mecânicas desses constituintes (materiais).

3.2 Aglomerante

Aglomerante é todo aquele material usado na argamassa como ligante, finamente particulados e inorgânicos, que misturados com água dão origem a misturas plásticas que, com a passagem do tempo, perdem a plasticidade, solidificam-se e gradativamente adquirem resistência mecânica.

3.3 Ligantes hidráulicos

Ligantes hidráulicos são materiais utilizados nas argamassas como aglomerantes que, após endurecidos, mantêm sua resistência e estabilidade sob a água.

3.4 Cal

A cal, como constituinte aglomerante das argamassas de revestimentos e aglutinantes das tintas, é obtida através de uma reação química simples chamada de "calcinação", mas requer conhecimento e habilidade para alcançar o padrão de qualidade ideal; tem sido utilizada desde a antiguidade. Mesmo com o surgimento do cimento Portland, em 1824, seu uso prolonga-se até as primeiras décadas do século XX, e ainda hoje é utilizada em várias partes do mundo. Essas argamassas tradicionais eram constituídas principalmente de cal aérea misturadas com

agregados inertes ou reativos de natureza pozolânica, natural ou artificial e apresentavam várias funções, como preenchimento de estruturas e vedações, protegendo e decorando fachadas.

Materiais à base de Cal apresentam vantagens do ponto de vista da conservação e da restauração, pois possibilitam maior autenticidade e compatibilidade entre o novo e o antigo, evitando tensões das alvenarias e materiais adjacentes.

O uso indiscriminado de materiais de grande resistência e impermeabilidade, por exemplo, cimento Portland em restauração, trouxe prejuízos à conservação das paredes, ocasionando decomposição lenta e gradual dos tijolos cerâmicos, de barro e pedras. O principal argumento levantado pelos conservadores contra o uso de argamassas de alto teor de cimento é a excessiva diferença nas propriedades (no estado endurecido) destas argamassas em relação às argamassas tradicionais com as de cal, e os resultados danosos destas diferenças.

Da mesma forma tintas acrílicas, PVA e similares são nocivos ao patrimônio edificado, pois impermeabilizam as paredes. O uso dos materiais hidráulicos e impermeáveis sobre paredes antigas evita que estas possam respirar, e o teor de umidade retida aumenta.

3.4.1 Vantagens do uso da cal em restauração

Edificações históricas apresentam características construtivas diferentes das construções modernas. Enquanto nas antigas, as alvenarias espessas e de fundações rasas foram erguidas sem barreiras contra umidade e com argamassas de solo e cal, as modernas são concebidas de forma a manter a água afastada.

A conservação e restauração dos edifícios históricos é uma atividade especializada baseada em evidências físicas e científicas, devendo ser precedida de uma análise crítico-histórica do edifício e do seu processo de transformação ao longo do tempo. Inclui diversas ações como consolidação, reintegração, recuperação e restauração de partes perdidas, visando prevenir o monumento histórico da deterioração e prolongar seu tempo de vida. Entre os princípios de restauração plenamente aceitos internacionalmente estão os de assegurar a reversibilidade a um mínimo de intervenção, mantendo a autenticidade e integridade física do bem, usando métodos e materiais comprovados e compatíveis.

O princípio da compatibilidade estabelece que os materiais usados em restauração devem, sempre que possível, apresentar resistência física e mecânica igual ou menor que os materiais construtivos adjacentes à restauração. Materiais de resistência maior para restaurar partes de edifícios colocam em risco a conservação dos materiais históricos, por tornarem estes vulneráveis à deterioração, por sua própria natureza e constituintes.

Entre as características dos materiais à base de cal particularmente interessantes para a conservação de edificações históricas destacamos as seguintes:

- **Boa plasticidade, aderência e harmonia estética.** A plasticidade e as características de acabamento da cal permitem a execução de diversos revestimentos e detalhes arquitetônicos, cuja feição valoriza a arquitetura histórica
- **Alta porosidade e alta permeabilidade.** Estas características permitem a evaporação a umidade da parede, concentram os efeitos da deterioração causados pelo ambiente nesta camada, enquanto a alvenaria fica protegida. A capacidade de evaporação dos rebocos de cal protege e ajuda a secar os edifícios, evitando problemas de condensação e contribuindo para o conforto das pessoas.
- **Baixa condutividade térmica.** Esta propriedade contribui para um melhor conforto térmico do ambiente. Os rebocos de cal são mais agradáveis ao toque que os de cimento.
- **Capacidade de acomodar movimentos.** Edificações antigas estão sujeitas a pequenos movimentos de acomodação. Argamassas de cal desenvolvem muitas micro fissuras enquanto as de cimento desenvolvem poucas fissuras, porém largas. A cal livre dissolvida pela água da chuva, absorvida pela argamassa porosa, se deposita na superfície e consolida-se nas micro fissuras.
- **Adequada resistência mecânica.** A resistência das argamassas de cal é adequada às alvenarias antigas, permitindo reversibilidade e não causando tensão.
- **Durabilidade e longevidade.** Argamassas de cal são mais adequadas, pois à medida que envelhecem, não alteram fisicamente o monumento. A manutenção periódica consolida as paredes e funciona como filtro químico à ação de poluentes presentes na atmosfera. Há exemplos de edificações antigas, cujas argamassas de cal sobreviveram por vários séculos.

3.4.2 A autonomia da cal sobre o cimento Portland nos revestimentos especificados para o restauro das edificações

As argamassas ricas em cal hidratada para os revestimentos especificados nos serviços de restauro das paredes e fachadas nas edificações históricas possuem uma importância superior aos outros aglomerantes de linha, como por exemplo, na extensão da aderência, tanto em nível macro, como em nível micro, por possuir as suas propriedades mais plásticas, tendo a maior capacidade de "molhar" a superfície e preencher as cavidades do substrato com seus constituintes que irão recarbonatar e iniciar o processo de ancoragem para uma aderência mais densa e mais contínua na interface com o substrato, além de apresentarem menor incidência de microfissuras na interface. Por outro lado, se for especificado outro aglomerante no caso dos cimentos Portland que em geral apresentam elevada resistência de aderência nas primeiras horas, o que para a maioria dos construtores, não existe melhor aglomerante para as obras de restauração. Isso por seu desconhecimento dos sistemas construtivos das edificações e monumentos históricos, ou por estar comprometido com o prazo de entrega ou da conclusão da obra, ou então pela omissão e a responsabilidade de estar especificando materiais incompatíveis com os existentes, porque ao invés de estar protegendo ou resguardando as estruturas e vedações em alvenarias, está causando um grande prejuízo e aumentando ainda mais o seu estado de deteriorização antes de todo e qualquer trabalho de proteção e restauro dos monumentos históricos.

Este grande prejuízo para a restauração das edificações históricas é devido às argamassas de cimento serem incompatíveis com as construções históricas, por possuírem maior tendência a desenvolver fissuras e por ser um produto extremamente impermeável para as alvenarias de terra e cal, que necessitam de uma camada protetora e permeável ao vapor de água e ao dióxido de carbono, para uma troca de umidade e para contribuir com a recarbonatação do óxido de cálcio presente na mistura de solo e cal das alvenarias de taipas, adobes e pau-a-pique.

Além da ação aglomerante, aglutinante e ligante, a cal propicia um acréscimo na capacidade de retenção de água e uma melhoria na trabalhabilidade, resultando em ganho em todas as propriedades das argamassas a base de cal, terra e areia utilizadas nas fachadas e paredes das edificações do século XVIII ao XIX,

consideradas como monumentos.

3.4.3 Desvantagens do uso da cal em restauração

Do ponto de vista técnico, é sabido que as propriedades dos materiais a base de cal são particularmente adequados para uso em restauração. Apesar disto, a produção de argamassas de cal que tenham certa durabilidade e qualidade para serem aplicadas em serviços de restauração depende de determinadas condições e certa técnica, que criam dificuldades e limitam o seu uso. Alguns fatores que têm limitado o uso da cal em restauração são identificados abaixo:

- **Materiais.** Parte da cal disponível no mercado apresenta impurezas, hidratação e acondicionamento inadequado, que diminuem sua qualidade para uso em restauração. A cal virgem não está facilmente disponível no mercado.
- **Experiência da mão-de-obra.** O uso da cal requer considerável habilidade por parte dos pedreiros. Com a conseqüente proliferação dos materiais novos, os artífices perderam experiência na manipulação da cal para execução e preparo dos revestimentos sobre as paredes de barro.
- **Trabalhabilidade e resistência.** Devido à falta de prática dos pedreiros atuais no preparo de argamassas de cal, há uma tendência a adicionar água em excesso para a argamassa ser mais facilmente preparada, ocasionando maior retração durante a fase de secagem, e conseqüente redução da resistência mecânica.
- **Pega e carbonatação lenta.** As argamassas de cal têm reação lenta de cura (carbonatação) com o Dióxido de Carbono (CO_2), requerendo maior tempo de execução em relação às de cimento, especificações especiais e controle de secagem. O processo inicia-se imediatamente, mas pode levar semanas, meses, anos ou nunca carbonatar completamente. A cal pode nunca curar em situações de extrema umidade, encorajando assim, a adição de componentes hidráulicos. A adição de determinados componentes em argamassas de cal é desejável, mas outros, como o cimento artificial, poderão ter efeitos negativos nas edificações históricas. Para melhorar estes aspectos têm sido realizadas pesquisas, como na Suécia e Reino Unido, visando identificar os fatores que afetam o comportamento das argamassas de cal.

3.4.4 Materiais mais indicados para a produção de argamassas a base de cal

- **Cal hidratada** preferencialmente *calcita*, com mais de 90% de óxido de cálcio, de

alta reatividade.

- **Pasta de cal gorda, muito plástica**, hidratada com excesso, de água, contendo entre 30 a 45% de água livre.
- **Agregado limpo e isento de matéria orgânica**. Tradicionalmente areia natural de fontes locais, de jazidas e rios, de preferência, quartzosa.
- **Agregado com granulometria variada e de forma angular** porque distribui melhor a cal entre os grãos (exceto nos casos onde cor e textura da areia devem ser similares ao do material existente). Argamassas com excesso de areia grossa resultarão em argamassas mais difíceis de trabalhar e serão mais fracas (na fase de cura), enquanto que argamassas com areia de grãos de tamanho uniforme são mais fáceis de trabalhar, mas necessitam de mais água e cal, resultando em maior retração.
- **Agregado de forma angular** é mais recomendado para trabalhos de restauração, uma vez que a rugosidade dos grãos aumenta a carbonatação. Devem ser especificados agregados que misturem grãos de forma arredondada e angulosa.
- **Finos em excesso**, adiciona-se no máximo 10% de grãos menores do que 0,150mm. Argamassas produzidas com excesso de finos diminuem o potencial da cal como a aglutinante, pois dificultam a adesão entre cal e areia.
- **Agregado poroso**, produzido de pó de concha, mármore, calcário e dolomito são recomendados em substituição à parte de areia comum. Estes constituintes aumentam a porosidade, auxiliando na carbonatação, e devem auxiliar no endurecimento ao promover o crescimento de cristais de cal, pelo contato com as superfícies ásperas e irregulares destes componentes.
- **Agregado pozolânico**, como pó de tijolo, pode resultar em material mais resistente aos problemas de umidade e sais, pois além dos aspectos positivos de um material poroso pode ainda conter sílica e alumina reativa nos grãos inferiores a 0,075mm, conferindo propriedades hidráulicas à argamassa de cal.
- **Fibras** podem ser incluídas, quando houver problemas de retrações excessivas.
- **Aditivos orgânicos** não necessitam ser inclusos, seu uso deve ser restrito a casos específicos. Tradicionalmente, a durabilidade das argamassas históricas tem sido atribuída a aditivos orgânicos como óleo de linhaça, sangue, urina e caseína. Mesmo que se possa identificar estes componentes em algumas argamassas antigas, a inclusão dos mesmos em argamassas de restauração não tem sido indicada.

- **Cimento artificial**, como aditivo, em pequenas quantidades, para acelerar ou iniciar pega hidráulica, é desaconselhado, já que tem sido demonstrado em diferentes pesquisas que estes componentes afetam a porosidade e resultam em argamassas menos resistentes e cristalização de sais.

3.5 Terra

A terra, como matéria-prima na elaboração de argamassas de revestimentos, tem sido empregada desde o período colonial com tendências diferentes, dependendo das condicionantes locais e históricas e continuará sendo, devido ao baixo impacto ambiental provocado por este material, que consegue ser abundante e nobre ao mesmo tempo.

As referências do uso deste material em Portugal são registradas pelos escritores desde a presença romana e traduz sempre o uso da terra como o componente mais importante no sistema construtivo tradicional.

3.5.1 Propriedades da terra utilizadas nas argamassas antigas

São empregados vários termos na língua portuguesa, como argila, barro, terra e solo, mas todos como sinônimos. Como material ou constituinte das argamassas empregadas nas construções dos prédios antigos, pode-se ressaltar algumas características que todo construtor e projetista deve conhecer antes de iniciar qualquer estudo, ou até mesmo nas especificações e ensaios, para utilizá-lo. Baseado em MINKE (2001), pode-se observar que as construções com a terra como a matéria-prima básica, apresentam vantagens e desvantagens em relação a outros materiais clássicos de construção, a saber:

Vantagens

- A terra crua regula a umidade ambiental: o barro possui a capacidade de absorver e perder mais rapidamente a umidade que os demais materiais de construção;
- A terra armazena calor: como outros materiais densos como as alvenarias de pedra, o barro armazena o calor durante sua exposição aos raios solares e perde-o lentamente quando a temperatura externa estiver baixa;
- As construções com terra crua economizam muito energia e diminuem a

contaminação ambiental. As construções com terra praticamente não contaminam o ambiente, pois para prepará-las necessita-se de 1 a 2% da energia despendida com uma construção similar com concreto armado ou tijolos cozidos;

- O processo é totalmente reciclável: as construções com solo podem ser demolidas e reaproveitadas múltiplas vezes. Basta fragmentar e voltar ao processo de preparo da massa de terra.

Desvantagens

- Não é um material de construção padronizado: sua composição depende das características geológicas e climáticas da região. Podem variar composição, resistências mecânicas, cores, texturas e comportamento. Para avaliar essas características são necessários ensaios que indicam as providências corretivas para corrigi-las;
- É permeável: as construções com terra crua são permeáveis e estão mais suscetíveis às águas, sejam pluviais, do solo ou de instalações. Para sanar esse problema é necessária a proteção dos elementos construtivos: seja com detalhes arquitetônicos ou com materiais e camadas impermeáveis, com a adição da cal hidratada;
- Há retração: o solo sofre deformações significativas durante a secagem, gerando fissuras e trincas.
- Elevada expansibilidade de alguns argilo-minerais (Ex.: montmorilonita)

3.5.2 Terra como constituinte das argamassas

A elaboração de argamassas com terra crua pode ser comparada a qualquer outra tecnologia construtiva, tanto a nível técnico como científico. Para o preparo de argamassas com terra são necessárias duas coisas: a existência da matéria-prima e o conhecimento das técnicas.

As aplicações deste material são múltiplas, abrangendo séculos de experiência vernacular até as aplicações atuais, que atingem um grau sofisticado na construção civil, como a restauração das edificações históricas.

As técnicas de recuperação e restauro com terra representam um enorme

potencial na compatibilidade com os materiais existentes na preservação dos sistemas construtivos, na liberdade plástica e como isolamento térmico e acústico.

3.5.3 Composição e propriedades do material

a) Proporção de argila e areia - plasticidade

Na avaliação da resistência mecânica do solo, as variáveis principais são o conteúdo de areia e argila. Do ponto de vista das propriedades dos seus constituintes, a terra é semelhante a uma argamassa. A argila faz o papel de aglomerante, enquanto que a areia se comporta como agregado.

b) Composição granulométrica

Terra com granulometria não uniforme permite um amassamento mais eficaz que as de granulometria uniforme, pois durante o amassamento as partículas pequenas ocupam os vazios entre as partículas maiores. Quando a terra é misturada com água, ocorre a diminuição dos vazios internos do material, assegurando uma maior resistência física e impermeabilidade

c) Estabilização

A argila contida no solo sempre apresenta variações volumétricas em função da proporção de água. Se ocorrem ciclos de umidificação e secagem, como quando o material fica exposto ao tempo, podem ocorrer deformações.

A fim de limitar essas variações volumétricas são acrescentadas ao solo substâncias estabilizadoras que melhore o seu comportamento.

O estabilizante tem por objetivo unir as partículas do solo e impedir a absorção de água, evitando contrações e expansões. Existe uma grande quantidade de substâncias estabilizantes, herdadas da arquitetura tradicional ou desenvolvidas recentemente. Elas se classificam conforme abaixo:

c.1. Estabilização por cimentação

Consiste em adicionar ao solo uma substância capaz de solidarizar os grãos de areia e as partículas, a fim de formar uma estrutura interna que se oponha às variações volumétricas e à absorção de água.

A Cal constitui o primeiro dos estabilizantes, pois sua resistência aumenta

após a recarbonatação, devendo-se resguardá-la do sol direto, e, além disto, a cal é um material mais barato e mais utilizado nas argamassas como aglomerante.

Pode-se usar também uma mistura de cinzas e cal ou pó de tijolo, que resulta num aglomerante hidráulico.

c.2. Estabilização por armação

Consiste em agregar à massa um material de coesão (grãos, fibras) que dê uma maior firmeza à mesma. Esses materiais funcionam como um esqueleto interno que aumenta a resistência imediata da massa e melhora a resistência aos movimentos de dilatação e retração térmica.

Ela não protege das infiltrações de água, mas aumenta a resistência à erosão por chuva ou vento.

Os materiais a serem utilizados variam extremamente, obedecendo critérios regionais. Os mais comuns são as palhas secas cortadas, fibras de folha de palmeira etc.

c.3. Estabilização por impermeabilização

Consiste em envolver as partículas de argila em uma capa impermeável, bloqueando a ação da umidade.

O mais conhecido dos materiais que assegura esse comportamento é o betume. A emulsão betuminosa conserva a coesão do solo, porém perde a plasticidade e, conseqüentemente, não sofre variações de volume.

O uso desse tipo de estabilização está limitado à fabricação de adobes e não serve para as construções em terra compactada, nas quais a terra deve estar mais úmida.

Na arquitetura tradicional encontra-se o emprego de outros materiais com um objetivo semelhante, porém com uma eficácia reduzida, devido a pouca solubilidade: óleos, azeites etc.

c.4. Estabilização por tratamento químico

Consiste em melhorar as propriedades do solo, adicionando-se diversas substâncias que formam compostos estáveis com a argila.

Os produtos químicos variam segundo a composição da mesma, sendo necessária uma análise prévia para determinar o tipo a ser usado.

Assim, em alguns casos, a estabilização com cal se dá mais por tratamento químico que por cimentação, pois a cal reage com silicatos e aluminatos formando compostos pozolânicos estáveis, diminuindo a plasticidade do solo.

Esse tipo de estabilização pode ser usado tanto na execução da terra compactada ou moldada, bem como em seu revestimento.

3.6 Areia

O agregado ou areia componente das argamassas é o material particulado de origem mineral, onde predomina o quartzo; é apontada como um dos fatores que mais influencia a performance das argamassas na resistência a aderência ao cisalhamento. As características dos agregados miúdos que mais afetam as argamassas na aderência em ordem decrescente de importância são: módulo de finura; conteúdo de material pulverulento orgânico; por outro lado é a areia, por constituir-se no esqueleto indeformável da massa, que garante a durabilidade da aderência pela redução da retração. Já a areia muito grossa não produz argamassas com boa capacidade de aderir porque prejudicam a sua trabalhabilidade e, conseqüentemente, a sua aplicação ao substrato, reduzindo a extensão da aderência. No entanto, no campo das areias que produzem argamassas trabalháveis, uma granulometria mais grossa, na faixa granulométrica até 2,4mm, é considerada ideal para as propriedades físicas na aderência.

Para obtenção de bons resultados de aderência, a areia deve possuir uma distribuição granulométrica contínua. De uma forma geral, os estudiosos indicam que quanto mais angulosa a forma dos grãos, maior a resistência de aderência ao cisalhamento, uma vez que, assim, aumenta-se o coeficiente de atrito da interface entre argamassa e substrato. Entretanto, esta condição deve ser realizada no que diz respeito à trabalhabilidade.

3.7 Saibro

O uso de solos contendo uma fração argilosa no proporcionamento das argamassas de assentamento e revestimento foi uma prática constante e de grande incidência no contexto dos sistemas construtivos das edificações históricas nacionais. Esses solos, genericamente chamados de saibros, devido à sua

superfície específica relativamente elevada, têm boa capacidade de conferir plasticidade e trabalhabilidade às argamassas e, por serem um material não processado (industrializado), de custo muito baixo, entravam nas argamassas antigas em substituição à cal, motivo pelo qual é rotineiro o encontro deste material nas prospecções dos revestimentos das fachadas nas edificações históricas.

Este material tem demonstrado, no entanto, que o emprego do saibro foi utilizado indiscriminadamente, sem maiores critérios técnicos, sem nenhum tipo de controle tecnológico de suas características e propriedades, e predominando basicamente o empirismo. O resultado disso foi a grande incidência de manifestações patológicas nas alvenarias e, principalmente, nos revestimentos produzidos com tais argamassas.

O saibro, basicamente dado por suas características físicas e mineralógicas, exerce grande influência nas propriedades das argamassas de assentamento e revestimento e, conseqüentemente, na aderência. Portanto, apesar de todos estes predicados a favor da qualidade do saibro, não é aconselhável a substituição da cal pelo saibro, e nem mesmo como um dos constituintes das argamassas, principalmente como ligante, e da falta de estudos da durabilidade da aderência ao longo do tempo com a utilização deste material nas argamassas.

3.8 Adições minerais

As adições minerais e seus efeitos sobre a cal hidratada são conhecidos pelo homem há muito tempo. Os gregos e os romanos utilizavam certos minerais vulcânicos, finamente moídos, junto à cal e areia, para obtenção de argamassas mais duráveis e de melhor comportamento mecânico que, além disso, exibiam a propriedade de endurecer, mesmo quando submerso em água. A esses materiais, passou-se a dar o nome de pozolanos.
SILVA, Cláudio A.R. (1998)

Já ZAMPIERI (1993) define os materiais pozolânicos da seguinte maneira:

[...] considera-se pozolânico todo material natural ou artificial, que por si só não possui nenhuma atividade hidráulica (não reage isoladamente na presença de água. Quando finamente, entretanto, exibe a capacidade de se combinar com o óxidos e hidróxidos de cálcio em meio aquoso e à temperatura ambiente, proporcionando a formação de novos compostos com propriedades cimentícias e insolúveis em água.

Para exemplificar a utilização os materiais pozolânicos nos sistemas construtivos das edificações do século XVIII e XIX podemos citar: pó de tijolo, pó de mármore, calcário, terra (de formigueiro) e o pó de concha, bastante utilizado na mistura das argamassas à base de cal e terra, para melhorar as suas propriedades mecânicas e também em aumentar o poder de aderência com as superfícies.

3.9 Aditivos

Os aditivos são produtos orgânicos ou inorgânicos, dispensáveis à composição e às finalidades das argamassas. Mas sua aplicação em quantidades pequenas, antes ou durante a mistura dos componentes, faz aparecer ou reforça certas características, como na resistência à aderência que é importante na união das várias camadas de revestimento sobre as alvenarias de terra e cal.

BAUER, Falcão L.A. (2001)

Recentemente foram colocados no mercado produtos com marcas que levam o consumidor a confundi-los como derivados da cal. Em geral são constituídos predominantemente de caolim, quartzo e outros minerais, de cor branca, muito fino, de uma rocha de filitos. Estes produtos não podem e não devem ser encarados como substitutos da cal hidratada na confecção de argamassas de revestimento e assentamento, pois produzem argamassas com comportamentos diferente das argamassas existentes nas edificações históricas, resultando em manifestações patológicas, como: descolamentos, empolamentos, vesículas e fissuras generalizadas.

Para se saber avaliar um novo produto para ser utilizado na mistura de argamassa para revestimento em edificações antigas, com base no seu desempenho durante a aplicação, não é suficiente para garantir a qualidade do produto final, sendo necessária a realização de ensaios para medir seu comportamento em uso e no decorrer do tempo.

4 INFLUÊNCIA DAS TÉCNICAS CONSTRUTIVAS E O PREPARO DAS PAREDES NO PROCESSO DE ADERÊNCIA COM OS REVESTIMENTOS

4.1 Tipos de superfície e suas propriedades e características

O processo de aderência inicia-se imediatamente após o contato da argamassa com o substrato e é devido ao movimento da água (contendo aglomerante) em direção à base, que exerce sucção capilar. Assim, no que diz respeito à aderência do revestimento, tão importante quanto as características adesivas da argamassa são as propriedades e características do substrato, podendo-se destacar a matéria-prima, a porosidade (estrutura e distribuição dos tamanhos dos poros), a capacidade de absorção de água e a textura superficial como sendo as de maior importância.

O tipo de superfície, como as alvenarias de barro (taipa de pilão, adobe e pau-a-pique) e as de tijolos, constitui-se em fator que exerce influência significativa na resistência de aderência. Isto é comprovado nas experiências e práticas de obra de restauração, através da observação do comportamento diferenciado da mesma argamassa (traço e materiais), quando aplicado em diferentes bases, apesar das mesmas condições de aplicação e da mão-de-obra. Por esta razão, é imprescindível o conhecimento do sistema construtivo das alvenarias através da prospecção, antes da elaboração de projetos ou especificações dos procedimentos e recomendações para a aplicação dos revestimentos, isto porque os diferentes tipos de matérias-primas para a confecção das alvenarias podem produzir resistências diferenciadas à aderência.

4.2 Preparo e tratamentos da superfície

Um importante aspecto do desenvolvimento de uma adequada aderência do sistema é o preparo da superfície anterior à aplicação da argamassa de revestimento, que consiste na limpeza do substrato, bem como na correção das irregularidades existentes.

A limpeza da base deve garantir a remoção de todos os resíduos de poeira, partículas soltas, desmoldante, óleos e graxas que porventura possam existir e impedir o perfeito contato da argamassa com a base.

Essa limpeza pode ser realizada através de diversas técnicas e produtos. Tenta-se, no entanto, no caso do emprego de produtos químicos, o cuidado de saturar bem com água limpa a superfície a ser lavada, evitando assim a penetração, em profundidade, da solução de lavagem.

As falhas de base, furos e depressões, como também as saliências na alvenaria, devem ser corrigidas antes da etapa de revestimento. No caso das depressões com profundidade inferior a 5 cm, pode-se fazer o preenchimento com a mesma argamassa de assentamento da alvenaria; já para depressões com mais de 5 cm, estas devem ser preenchidas em duas demãos, com intervalo entre elas igual ou superior a 24 horas.

Uma forma de melhorar a capacidade de aderência da base é promover algum tipo de tratamento superficial do substrato, cujo objetivo é regularizar e homogeneizar a capacidade de sucção da água ou aumentar a rugosidade superficial. Como exemplos de tratamentos podem ser citados o pré-umedecimento e a aplicação de chapisco.

A sucção por capilaridade de substratos com alta absorção de água pode ser reduzida pelo molhamento ou pré-umedecimento, tendo-se em geral, como resultado, uma melhora na resistência de aderência. Isto ocorre porque a retirada excessiva de água das argamassas nas primeiras horas, pela sucção elevada do substrato, pode conduzir à formação de microfissuras na interface devido à retração plástica, que por sua vez, diminui a aderência (LAWRENCE e CÃO, 1987).

Em climas quentes e secos, quando da aplicação de argamassas em fachadas ensolaradas, pode-se usar do recurso de umedecimento do substrato, mediante a aspersão de água de cal através de broxa, de modo a garantir uma execução adequada, melhorando assim a aderência. No entanto, este procedimento deve ser empregado com muita cautela, pois um molhamento exagerado, através de mangueira, por exemplo, pode levar a uma queda da resistência da aderência devida à redução excessiva da sucção do substrato e, conseqüentemente, redução da avidez do material pela água da argamassa, o que prejudica a ancoragem mecânica dada a falta de penetração de produto de hidratação dos aglomerantes no interior dos poros. Além deste efeito, pode-se ter um prejuízo na aplicação, tendo em vista a baixa adesão inicial propiciada pela argamassa.

5 A IMPORTÂNCIA DA CAL NA RESISTÊNCIA À ADERÊNCIA DOS REVESTIMENTOS SOBRE PAREDES

5.1 Introdução

A perda ou a falta de aderência dos revestimentos argamassados normalmente acarreta prejuízos significativos à integridade dos monumentos históricos, inclusive econômicos, com eventuais prejuízos à habitabilidade e ao conforto, além do comprometimento estético.

Desta forma, é fundamental conhecer os mecanismos de ligação e os materiais intervenientes da principal propriedade das argamassas de revestimento na extensão da aderência.

No caso dos revestimentos de argamassa, o termo aderência é usado para descrever a resistência e a extensão de contato entre a argamassa e uma base porosa que é representada pela alvenaria, a qual pode ser de barro, tijolos cerâmicos e tijolos de terra. Esta aderência deriva de três propriedades da interface argamassa-substrato: a resistência de aderência à tração, resistência de aderência ao cisalhamento e a extensão de aderência.

Além da necessidade da existência da resistência e de uma superfície extensão de contato, é essencial existir também a durabilidade dessa aderência, a qual começa com o endurecimento inicial da argamassa e continua ao longo da vida útil do revestimento. Caso ocorram fissuras durante ou após o endurecimento da argamassa, a aderência poderá ficar comprometida.

O mecanismo de ligação desta aderência é um fenômeno mecânico devido, basicamente,

[...] à penetração da pasta aglomerante ou da própria argamassa nos poros ou entre a rugosidade da base de ligação. Quando a argamassa no estado plástico entra em contato com a superfície absorvente do substrato, parte da água de amassamento, que contém em dissolução os componentes de hidratação dos aglomerantes, penetra pelos poros e cavidades desse substrato. No interior destes, ocorrem fenômenos de precipitação dos produtos da hidratação da cal, e transcorrido algum tempo, com a cura, esses precipitados intracapilares exercem ação de ancoragem da argamassa à base.

CARASEK (1996)

5.2 O papel dos materiais constituintes da argamassa na aderência revestimento-substrato

As argamassas dos revestimentos em edificações históricas são basicamente constituídas por aglomerantes de cal hidratada, areia e água. Elas também podem conter adições, normalmente acrescidas com a finalidade de melhorar outras características e propriedades específicas, como por exemplo, aumentar a impermeabilidade à água pluvial e melhorar a proteção da base. As características físicas e químicas dos materiais, bem como suas proporções, podem afetar, dentre outras propriedades da argamassa, a sua aderência aos substratos porosos. Portanto, serão descritas as considerações sobre o efeito dos principais materiais e da composição das argamassas na aderência.

5.3 Natureza dos aglomerantes e agregados

Pela tradição, múltipla utilidade e benefícios sociais e econômicos, a cal é o principal produto derivado dos calcários na elaboração de argamassas de revestimentos e assentamentos das alvenarias dos edifícios históricos.

A cal é obtida através de uma reação química simples – "calcinação – que é a decomposição térmica dos calcários", resultando na formação de dois produtos: a "Cal e o dióxido de carbono". Mas para executar este processo, requer conhecimento e habilidade para o manuseio deste produto, para alcançar o padrão de qualidade ideal.

A cal, além de ser um material aglomerante possui, por sua finura, importantes propriedades plastificantes e de retenção de água, inclusive a capacidade de possuir excelente resistência à aderência. Dessa forma, as argamassas, contendo cal como o principal aglomerante e aglutinante, preenchem mais fácil e de maneira mais completa toda as superfícies do substrato, propiciando maior extensão de aderência. Por sua vez, a durabilidade da aderência é proporcionada pela habilidade da Cal em evitar fissuras e preencher vazios, o que é conseguido através da reação de carbonatação que se processa ao longo do tempo e o seu restabelecimento ou reconstituição autógena, que representa uma das inúmeras vantagens do uso da cal nas argamassas revestimento e assentamento.

Também como aglomerante a Cal tem na restauração de paredes antigas, a principal função de ligar de forma eficiente e duradoura, os tijolos

construtivos naturais, como os tijolos de adobe e cerâmicos. Mas, além disso, nas argamassas a Cal forma com água e os inertes que a incorporam, uma mistura pastosa que penetra nas reentrâncias e vazios dos tijolos, nas paredes de taipa e adobe, cimentando-os, principalmente pela recristalização dos hidróxidos de cálcio e de sua reação química com os dióxidos de carbono do ar. Durante o endurecimento, as partículas muito finas de hidróxidos se aglomeram, formando cristais que aumentam em número e tamanho à medida em que a água se evapora. Estes cristais se entrelaçam formando uma malha resistente que retém os agregados, isso se deve a formação do Carbonato de Cálcio.

Paralelamente, seu hidróxido de cálcio se transforma em carbonato anidro, em função do dióxido de carbono do ar incorporado. Tal aumento de volume das partículas provoca expansões e, conseqüentemente, compactação e a maior rigidez dos entrelaçamentos das interfaces dos componentes do sistema na aderência argamassa-substrato.

De todos os predicados da cal como aglomerante das argamassas de revestimento e assentamento das paredes antigas, ela propicia um excelente acréscimo na capacidade de retenção de água e uma melhoria na trabalhabilidade, proporcionando grandes ganhos nas extensões de aderência.

6 A INFLUÊNCIA DA MATURAÇÃO NO AUMENTO DA RESISTÊNCIA DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DA ARGAMASSA

A maturação da cal pode ser utilizada tanto para a cal virgem quanto para a cal hidratada. Consiste em deixar a cal em contato com areia e água ou só água durante certo período de tempo, antes do emprego na elaboração das argamassas. O efeito do tempo da maturação na evolução da hidratação dos óxidos da cal é muito importante para prevenir as manifestações patológicas nas argamassas de revestimento e assentamento, como fissuras, vesículas, descolamentos e empolamento.

Segundo a NBR 7200/98, no preparo das argamassas de cal também deve ser feita a maturação da cal hidratada, principalmente se tratando das argamassas de revestimentos para a restauração das fachadas em monumentos históricos.

A cal hidratada deve necessariamente ficar em repouso em contato com a água antes da sua mistura, para que ocorra a sua completa descarbonatação. Isso porque, como foi citado, o objetivo da extinção é de hidratar os óxidos, enquanto que a maturação é complementar a hidratação.

Após a maturação, o preparo da argamassa e a sua aplicação, começa a fase de endurecimento da argamassa de cal que, devido à sua secagem pela perda de água de amassamento, inicia-se a formação de uma nova estrutura cristalina da massa de cristalitos de hidróxidos de cálcio. Em seguida, forma-se uma camada superficial de carbonato de cálcio sobre o hidróxido de cálcio, pela ação do anidrido carbônico do ar exterior, ou o já incorporado na argamassa.

Outra grande contribuição e influência da maturação das argamassas é a complementação da hidratação dos óxidos de magnésio presentes nas cales dolomíticas, que é sempre mais lento que do óxido de cálcio, que é acompanhada por um grande aumento de volume. A hidratação se dá, então, com expansão e, se ela ocorre após a aplicação da argamassa no revestimento, pode gerar a formação de vesículas causadas pela hidratação do óxido de cálcio, e empolamento, causado pela hidratação do óxido de magnésio. Além disto, a cal que fica em repouso sob a forma de pasta ou argamassa, contribui muito para melhorar em suas propriedades no estado fresco, tais como a trabalhabilidade e na retenção da água,

comparativamente à situação da cal em pó no início da mistura.

Portanto, a hidratação e maturação da cal virgem e hidratada são muito importantes para formular argamassas de qualidade e duráveis, inclusive com grande potencial na propriedade de aderência das argamassas e substrato.

7 IMPORTÂNCIA DA CAL HIDRATADA E MATURADA PARA OS REVESTIMENTOS APLICADOS SOBRE AS PAREDES DE BARRO

7.1 Introdução

Desde a antiguidade o homem usou a cal como um ligante eficiente e econômico para unir tijolos, pedras e madeira nas suas construções, que são testemunhos até hoje do bom êxito como aglomerante único nas argamassas de assentamento e de revestimento, ou associado ao gesso ou a pozolanas.

A Cal derivada das rochas carbonáticas sempre foi a mais conhecida e estudada pela propriedade aglomerante que transmite às argamassas. Mas esta função é enriquecida por várias outras qualidades próprias de sua natureza de reagente químico.

Como aglomerante ou ligante, a Cal hidratada teve e tem, para a recuperação e restauração dos monumentos históricos, a principal função de ligar de forma eficiente e duradoura, geralmente com o agregado e água, os blocos construtivos naturais ou artificiais.

Mas, além disso, nas argamassas a cal forma também com os inertes e água uma mistura pastosa que penetra nas reentrâncias e vazios dos suportes construtivos, cimentando-os, principalmente pela recristalização dos hidróxidos e de sua reação química com o dióxido de carbono do ar. Durante o endurecimento, as partículas muito finas de hidróxidos da cal se aglomeram, formando cristais que aumentam em número e tamanho à medida que a água se evapora. Estes cristais se entrelaçam formando uma malha resistente que retém os agregados.

Paralelamente, seu hidróxido de cálcio se transforma em carbonato de cálcio em função do anidrido carbônico do ar incorporado que, conseqüentemente, provoca a maior rigidez no entrelaçamento das interfaces dos componentes do sistema, já acentuados com o natural desenvolvimento dos cristais formados e ancorados nas bases. Apesar de todo esforço de pesquisas e estudos sobre a cal e conhecimento e manuseio para a elaboração de argamassas à base de cal, é ainda predominantemente empírico. Este desconhecimento sobre a utilização da cal virgem para elaboração da argamassa a base da cal hidratada, posto que a cal é o mais tradicional dos aglomerantes para argamassa, pouco se conhece do efeito da adição deste aglomerante nas fases endurecidas.

Comparações de argamassas contendo a cal como único aglomerante e outros com aglomerantes a base de cimento ou aditivos plastificantes são feitas frequentemente por falta de conhecimento e prática na confecção de argamassas de revestimentos em edificações históricas como protetoras de paredes de vedação que, muitas vezes ou na maioria das aplicações, afeta o desempenho das argamassas e a deterioração precoce dos revestimentos, acarretando prejuízos estéticos e econômicos. Portanto, apesar do esforço recente de pesquisa sobre os procedimentos e dosagens destas argamassas históricas a base de cal, não podem ser subestimadas as consequências práticas deste empirismo.

Como consequência, a importância do manuseio e da utilização da cal nas argamassas é ainda hoje conhecida mais do ponto de vista empírico do que científico. Até o desenvolvimento do cimento Portland no início do século XIX, as argamassas para uso das fachadas podiam ser produzidas somente por cal hidratada ou hidráulica, misturada ou não com cerâmica vermelha moída, outras pozolanas naturais ou minerais naturais, como fizeram os povos antigos. E muitas dessas argamassas, com quase 1000 anos de uso, continuam desempenhando adequadamente as suas funções. Esta longevidade e o fato de que restauros recentes utilizando argamassas modernas como ditas anteriormente, tem apresentado falhas precoces.

7.2 O papel e a importância da cal nas argamassas

Para compreendermos melhor o desempenho, a influência e a importância da cal nas argamassas, é importante salientarmos o caminho percorrido pelo óxido de cálcio e pelo óxido de magnésio desde as jazidas até as paredes das alvenarias, representados no diagrama da Figura 28, o conjunto de benefícios proporcionados pelas argamassas portadoras de cal hidratada.

CICLO DOS ÓXIDOS DE CÁLCIO E MAGNÉSIO

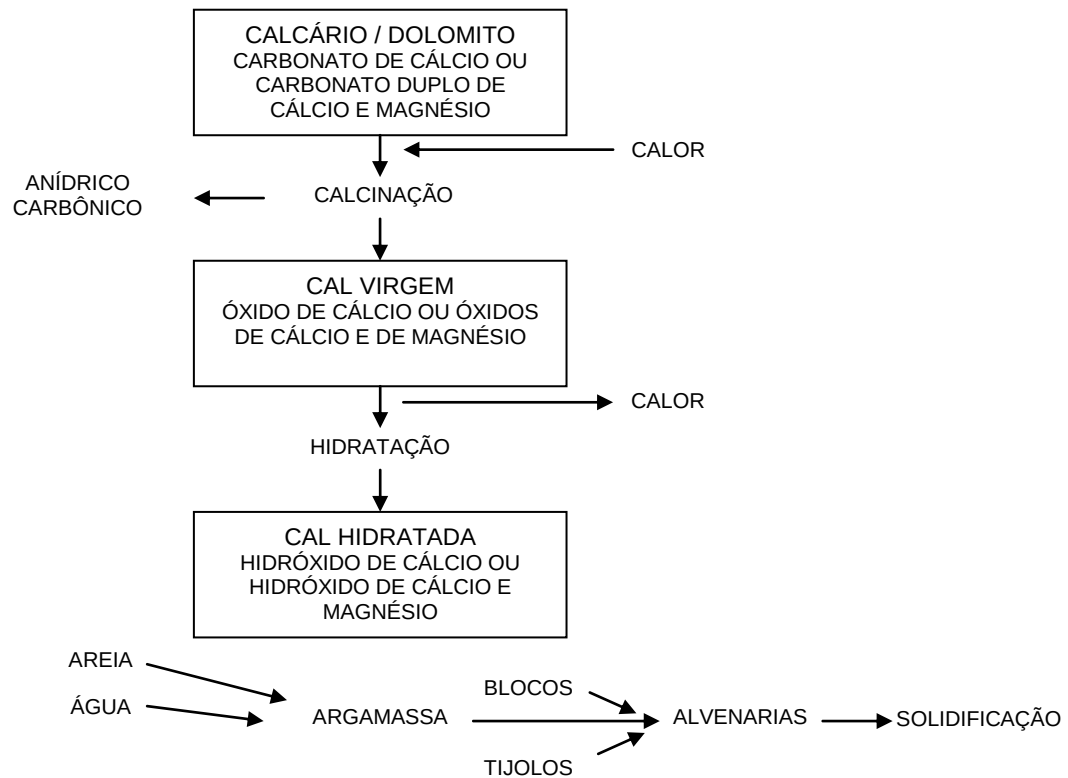


Figura 28 - Caminho percorrido pelo óxido de cálcio e pelo óxido de magnésio desde as jazidas até as paredes das alvenarias
 Fonte: Adaptado de GUIMARÃES, 1997.

A cal hidratada e a qualidade das argamassas poderão ser vistas no diagrama esquemático da Figura 29, permitindo a visualização do conjunto de benefícios proporcionado pelas argamassas portadoras de cal hidratada.

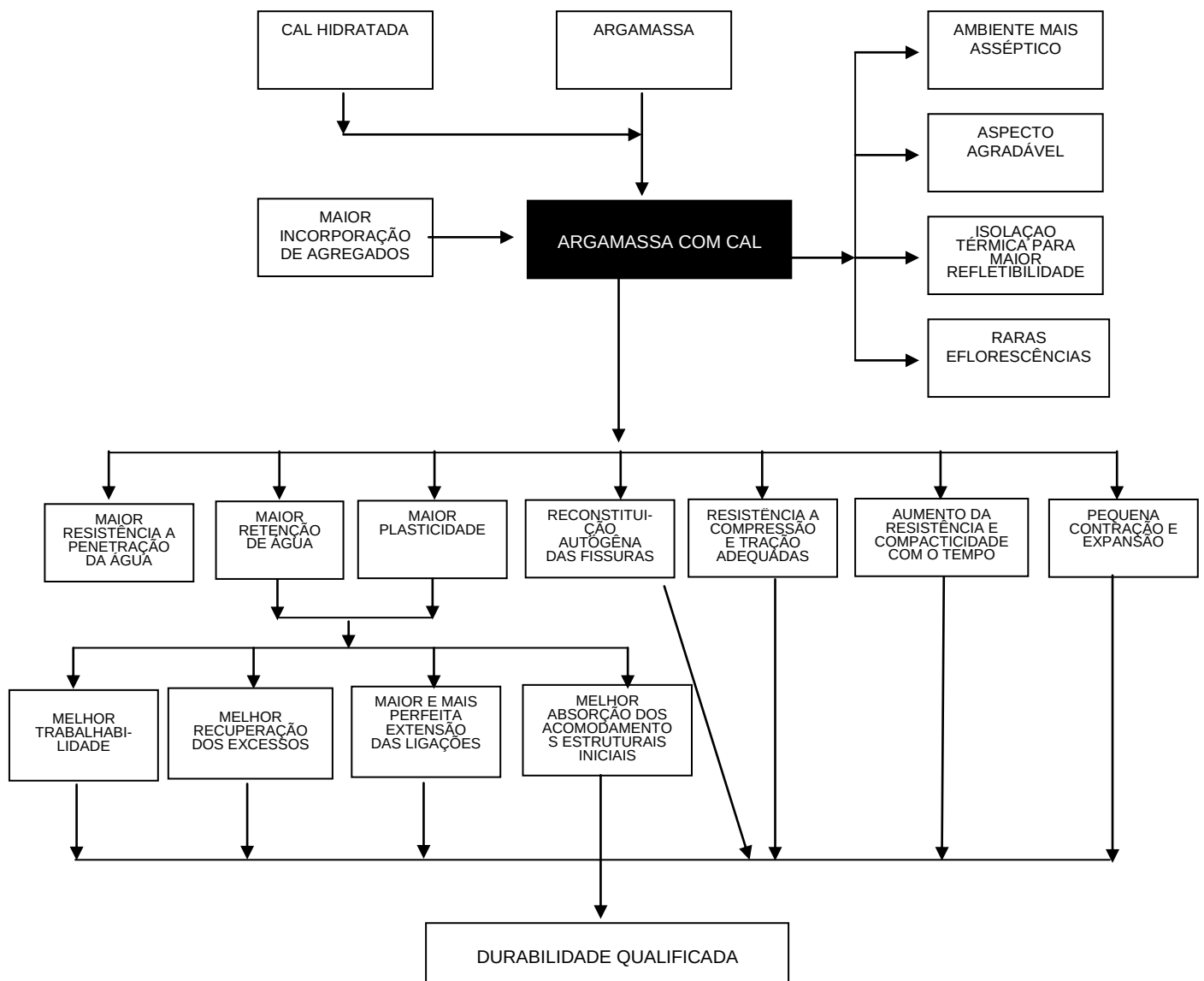


Figura 29 - Diagrama esquemático das vantagens da cal hidratada para as argamassas

Fonte: Adaptado de GUIMARÃES, 1997.

Como aglomerante, a Cal hidratada tem, nas obras de restauração, a principal função de ligar de forma eficiente e duradoura, geralmente com os agregados inertes e água, os blocos construtivos naturais e os revestimentos sobre as superfícies dos blocos, recarbonatado pela recristalização dos hidróxidos e de sua reação química com o anidrido carbônico do ar, comentado anteriormente.

Conforme pesquisas da Associação Brasileira dos Produtores de Cal (ABPC) e Instituto de Pesquisa Tecnológica (IPT) do Estado de São Paulo, sobre os estudos e experimentos sobre resistência da aderência, análises químicas do grau

de carbonatação, de microscopia ótica e de microscopia eletrônica de varredura com Cal cálcica e Cal dolomítica, chegaram às conclusões seguintes:

- a) Provavelmente, a consolidação das argamassas se inicia com rearranjo textural, dos cristais lamelares intercrescidos dos hidróxidos presentes nas cales hidratadas das argamassas.
- b) A partir do assentamento, na medida em que aumenta a perda da água de amassamento, eleva-se o grau de recarbonatação (em relação ao anidrido carbônico máximo teórico). Já no sétimo dia de cura, o grau de recarbonatação já é bastante elevado, cerca de 68% para as cales cálcicas e 39% para as dolomíticas.
- c) Quanto à resistência de aderência, no sétimo dia são significativamente menores que aos 14 dias, o que no transcorrer do tempo não tem influência apreciável no aumento da resistência, levando em consideração que o clima influencia bastante na resistência de aderência no estado plástico.
- d) A evolução da consolidação dos revestimentos das alvenarias com argamassas contendo Cal hidratada pode ser ordenada nas seguintes etapas:
 - crescimento e reorganização textural dos cristalitos lamelares de hidróxidos de cálcio e de hidróxidos de magnésio, que formando uma trama, sustentam a integridade do revestimento;
 - perda parcial da água de amassamento e ação do anidrido carbônico do ar incorporado na argamassa e do ar exterior, sobre o hidróxido de cálcio, provocando uma rápida e substancial formação do carbonato de cálcio;
 - a velocidade desta seqüência de fenômenos ocorre em função das condições climáticas onde está a camada de argamassa, isto é, das condições de insolação, ventilação, temperatura e grau higroscópico do ar, fatores que comandam a dinâmica do anidrido carbônico e da água na interface revestimento/ar e na parte superficial da camada de argamassa.

Já na área térmica, a mais importante virtude da Cal está na sua capacidade de transmitir às argamassas uma resistência maior à penetração da água, a principal inimiga da estabilidade e durabilidade das edificações históricas, o modelo esquemático representado no Gráfico 1 apresenta resultados de forma resumida do tempo para penetração da água em paredes.

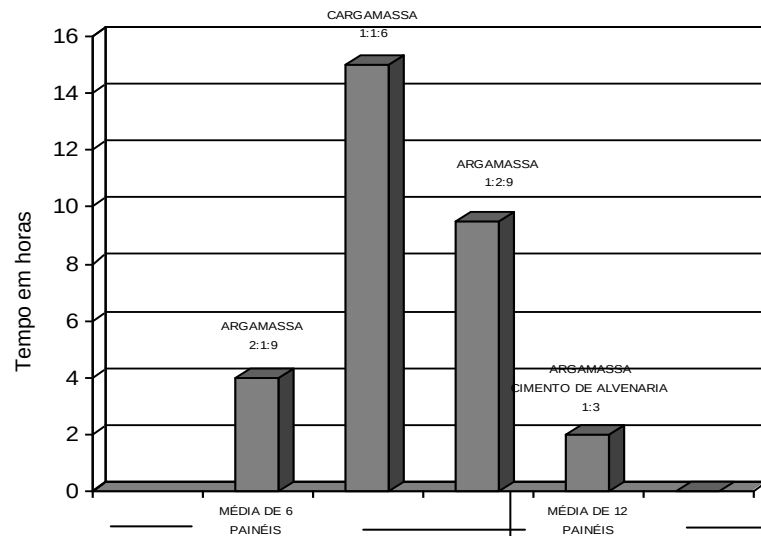


Gráfico 1 - Tempo para penetração de água em paredes
Fonte: Adaptado de GUIMARÃES, 1997.

7.3 Resistência à penetração de água

A água encontra inúmeros e misteriosos caminhos para penetrar nas alvenarias e exercer sua ação deteriorante, pois são várias as formas.

Um bloco de alvenaria está sujeito a diversas espécies de pressão, todos concorrendo para a abertura de pequenas fissuras que facilitam a circulação da água.

As argamassas com cal hidratada opõem sensível resistência ao deslocamento da água através dos espaços intergranulares dos revestimentos e das juntas. As partículas de cal hidratada possuem diâmetro menor, penetrando e obstruindo as fendas mais estreitas. Além disso, absorvem um filme de água ao seu redor, quer pela alta área superficial entre o hidróxido de cálcio e a solução saturada no local. As conseqüências dessas diferenças físicas e físico-químicas da cal com os demais elementos da argamassa são bem retratadas no Gráfico 1.

7.3.1 Retenção de água

A Cal acrescenta melhorias sensíveis às argamassas por ter cristalitos muito pequenos e com capacidade de reter em sua volta uma película líquida de

água firmemente aderida. Algumas vantagens decorrentes da capacidade de retenção de água da cal hidratada na argamassa são:

- a) permite regular perda de água para elementos construtivos vizinhos com alta porosidade;
- b) resistência à compressão compatível com as exigências estruturais comuns exigidas para as alvenarias;
- c) melhor interface suporte/argamassa;
- d) melhor trabalhabilidade das argamassas;
- e) maior recuperação de sobras de aplicação;
- f) melhor absorção das acomodações iniciais das estruturas, em função da maior flexibilidade das ligações.

7.3.2 Plasticidade e trabalhabilidade

Plasticidade de um sistema é a expressão da possibilidade de uma pequena força externa causar o deslocamento de partículas em relação a outras, sem saírem de suas esferas de atração. No caso das argamassas, a plasticidade é definida como a característica que as tornam deslizantes e de fácil espalhamento, sem separação da água ou segregação do material sólido da mistura.

A plasticidade, trabalhabilidade, perfeição das ligações, recuperação maior das sobras e melhor absorção dos acomodamentos estruturais iniciais, são as principais vantagens das propriedades da cal na argamassa.

Sob o ponto de vista estrutural, uma das mais importantes propriedades das argamassas é a trabalhabilidade e o caminho mais fácil para conseguir essa propriedade é através do uso da Cal hidratada.

A plasticidade é atribuída a três que agem combinados entre si:

- a. tamanho das partículas – influi proporcionalmente em todos os predicados;
- b. forma das partículas – angulares provocam diminuição da facilidade de deslizamento;
- c. películas líquidas que envolvem as partículas – conforme a composição e o valor da tensão superficial.

No aspecto prático construtivo, o uso das cales nas argamassas para o recobrimento e ligações dos sistemas construtivos das edificações históricas,

representam maior recuperação das sobras de aplicação e maior perfeição das ligações, garantindo desta forma maior durabilidade e menor custo, para obras de restauração e fachadas.

De todas as vantagens da utilização da Cal hidratada nas argamassas de revestimentos para as obras de restauração, a plasticidade e o poder de retenção da água se destacam mais que outras propriedades, que permite a reutilização mesmo algum tempo após a primeira aplicação, melhor e maior penetração nas reentrâncias pelas substâncias mais fluidas que as constituem, o que melhora a adesão e aderência dos elementos e, conseqüentemente, a resistência à penetração das águas de chuva.

Outra importante vantagem das argamassas utilizadas nas paredes antigas da Cal utilizada nas paredes antigas é a flexibilidade para absorver as pequenas acomodações desiguais das estruturas autônomas dos monumentos. Complementando tal virtude, elas têm versatilidade para auto-refazer muitas das pequenas fissuras que ocorrem no decorrer do tempo.

7.4 O papel da cal e o seu desempenho no estado endurecido

Enquanto o desempenho no estado fresco é julgado empiricamente pelo pedreiro no momento da aplicação, o desempenho no estado endurecido não é tão obviamente revelado. Ele envolve comportamento a longo prazo, já que a vida útil prevista para estes revestimentos é certamente similar à prevista para os monumentos. Adicionalmente os requisitos são bem mais complexos envolvendo propriedades físicas, relativas ao transporte de massa (água e vapor, particularmente), calor, e mecânicas.

Esforços mecânicos presentes em argamassas podem incluir impactos de corpo duro e de abrasão, especialmente em áreas onde o usuário pode tocar, e eventuais esforços de tração perpendicular ao plano (esforço de arrancamento), e esforços cíclicos de cisalhamento na interface devido à movimentação diferencial entre a argamassa de revestimento e a base. Estes esforços cíclicos têm como origem molhamento e secagem das argamassas ancoradas em uma base que não se deforma, gradientes térmicos entre a base e o revestimento, deformações por cargas de vento, entre outros, da edificação. É importante notar que o edifício moderno é muito mais flexível que o edifício antigo, tanto do ponto de vista da

estrutura quanto da alvenaria, e que este tipo de esforço se agrava com a flexibilidade do sistema. Estes esforços cíclicos que provocam danos progressivos, propagação de microfissuras na argamassa, na base e especialmente na interface entre a argamassa e a base, reduzem progressivamente a resistência ao cisalhamento e aderência. No longo prazo, este tipo de esforço vai provocar o descolamento de partes das argamassas, significando inclusive risco aos usuários ou mesmo a desagregação da camada de argamassas. Estes descolamentos ocorrem especialmente no topo das edificações, onde as movimentações higro-térmicas são máximas, e em locais de concentração de tensão.

O número de ciclos de tensão a que um revestimento externo é submetido durante sua vida útil é muito grande. Existe um ciclo diário de temperatura: argamassa está mais quente que a base quando recebe a radiação solar durante o período diurno e mais fria que a base durante a noite quando perde calor por radiação. E a cada evento de chuva, ocorre um ciclo de molhamento e secagem. Certamente durante os 50 anos de vida útil o número de ciclos de carga significativos está na casa dos milhares.

A magnitude das tensões de cisalhamento na interface vai ser dada pelo módulo de elasticidade do revestimento de argamassa e pela espessura da camada. Quanto maior o módulo de elasticidade, maior será o esforço que a interface deverá suportar para um mesmo nível de deformação. Assim, a argamassa de revestimento a base de cal é a mais indicada, por ter o módulo de elasticidade muito baixo.

Outro requisito importante das argamassas de revestimento à base de cal hidratada é não fissurar durante o processo de secagem.

7.5 A influência da cal na microestrutura das argamassas mistas

A presença de cal hidratada em argamassas mistas altera certamente a composição mineralógica dos produtos do endurecimento. Este aspecto é pouco estudado do ponto de vista científico, mas certamente aumentando o teor de Ca(OH)_2 e Mg(OH)_2 , que com a carbonatação se transformam em carbonatos, reduzindo a fração volumétrica ocupada pelo C-S-H do cimento. O C-S-H é associado a altas resistências mecânicas e altos módulos de elasticidade e também a grandes movimentações dimensionais por variação da umidade, provocando patologias inconvenientes à durabilidade e estética nos revestimentos das edificações.

7.5.1 Considerações

O conhecimento de argamassas de revestimento é ainda predominantemente empírico. Este "desconhecimento" atinge especialmente o papel da cal nas argamassas, posto que a cal é o mais tradicional dos aglomerantes para argamassa. Por exemplo, pouco se conhece do efeito da adição de cal nas fases aglomerantes endurecidas de argamassas de cal contendo diferentes tipos de aglomerante.

Comparações de argamassas contendo cal com argamassas contendo outras adições são feitas frequentemente utilizando indicadores inadequados (resistência à tração ou compressão, por exemplo), forçando consistências iguais que muitas vezes levam a relações água/aglomerantes inadequadas que afetam todo o desempenho.

Os resultados dos ensaios de aderência são influenciados pela reologia das argamassas, pelas condições da base e pela energia de lançamento. É urgente uma padronização nestas condições de ensaio de forma a produzir resultados comparáveis, para as especificações de materiais e técnicas compatíveis aos existentes às argamassas de revestimento aplicadas sobre as fachadas das edificações históricas.

7.6 A importância da propriedade de durabilidade das argamassas a base de cal hidratada nas paredes dos prédios antigos

"A durabilidade é uma condição que se refere à manutenção de uma estrutura substancialmente com sua original aparência, resistência e solidez", conforme definem BOYNTON B.S. e GUTSCHICK, em nota técnica (1989) do National Lime Association, USA.

Há obras de alvenarias revestidas com revestimentos argamassados à base de cal hidratada que perduram através dos tempos, entretanto com as intempéries e a ação predadora dos homens, essas técnicas se perduram de maneira majestosa e imponente e foram obras construídas sem esquecimento de nenhuma das condições necessárias à realização e durabilidade e daí a longevidade.

Mas a maioria das edificações envelhece. E mesmo que reparadas por intervenções periódicas, perdem a beleza física e as condições de uso e/ou de

segurança. Cabe aos projetistas e construtoras a tarefa de dar às suas obras a maior expectativa de vida possível, dentro das melhores condições da função custo/benefício. Tal missão, à medida que se aprimoram as características dos materiais, torna-se cada vez mais fácil, desde que os princípios das ciências dos solos, da resistência e estabilidade das estruturas e das propriedades desses materiais construtivos sejam compatíveis e observados rigorosamente, isto é, desde que sejam aplicados com os conhecimentos da moderna engenharia.

Na alvenaria, os dois requisitos mais importantes para a durabilidade são: a estabilidade dimensional da umidade e a permanente e perfeita ligação dos elementos, que tornam a estrutura resistente à penetração de água.

A Associação Brasileira dos Produtores de Cal publicou um quadro intitulado "Predicados das argamassas com cal hidratada", que permite a visualização dos atributos introduzidos nas argamassas pela cal hidratada, como aglomerante e reagente químico. Considerando a durabilidade e a qualidade das alvenarias, a cal hidratada exerce influência destacada (em ordem decrescente de importância, reconstituição autógena, perfeição de ligação nas interfaces (porosidade), resistências mecânicas, absorção dos acomodamentos estruturais iniciais, custo, retenção de água provinda de outros elementos, recuperação do excesso da aplicação, aspecto, assepsia e resistência ao fogo.

Ao longo da história, a observação das obras feitas com argamassas a base de cal surpreende os analistas, porque muitas delas foram feitas com o produto de composição distante das recomendações técnicas atuais e com areias mal selecionadas, de pureza a desejar. Além disso, deve-se considerar o processo empírico de fabricação, baseado em receitas tradicionais.

O pesquisador sueco KREUGER, que procedeu estudos em construções de 100 a 400 anos de idade, ainda hoje bem preservados, apontou que frequentemente, nos pontos de ligação e aderência na interface argamassa/alvenaria, as argamassas ricas em cimento apresentam duração de 5 a 15 anos, em contraste com as argamassas ricas em cal, com duração de 50 a 500 anos.

KREUGER também observou que essas argamassas eram porosas, razão pela qual as umidades tendiam a secar rapidamente depois de encharcadas pelas águas das chuvas, sendo então menos sujeitas às variações de volume e eflorescência. STANLEY NEWMAN, especialista em restauração de estruturas antigas de alvenaria, o pesquisador L.A. PALMER e o mestre W.C. VOSS,

concordam que as observações empíricas sobre a durabilidade das argamassas são de grande significação – muito maior do que os testes acelerados de laboratórios.

No exame das argamassas das paredes antigas observa-se a importância da reconstituição autógena das fissuras para a manutenção da integridade dos edifícios. A dissolução do hidróxido restante, pelo anidrido carbônico contido na água de umidade pode preencher as fendas capilares e vazios por onde penetra a solução. Enquanto houver Ca(OH)_2 disponível e circulação de água de chuva na alvenaria carregando CO_2 essas reações podem ocorrer e contribuir para a manutenção da integridade da construção.

Outro fator relevante para a redução da idade das edificações é a eflorescência. Palmer e Newman destacam a eflorescência que ocorre no interior das paredes, pois não é percebida inicialmente. O processo implica na retenção da umidade, na dissolução dos sais solúveis presentes na argamassa e no elemento construtivo, na qualidade da construção e na precipitação pluviométrica e em locais onde as condições físico-químicas favorecem. Newman considera que conjuntos que possam "respirar" e "secar" rapidamente não têm a tendência de desenvolverem essas formações desintegradoras de estruturas.

Segundo os pesquisadores não há teste acelerado de laboratório que permita avaliar corretamente o efeito do clima, do frio e dos demais fatores agressivos do ecossistema sobre as argamassas e paredes. Só em relação ao frio, um fato é reconhecido: as alvenarias raramente congelam, independentemente das condições climáticas e dos tipos de argamassas e umidades utilizadas.

Há considerável divergência de opiniões entre os especialistas com relação às conseqüências da porosidade e permeabilidade sobre a resistência à penetração da água em paredes de alvenaria. VOSS, PALMER e NEWMAN, citados por BOYTON e GUTSCHICK, preferem os materiais de alvenaria mais porosos e não levam em conta a maior absorção de umidade deles, principalmente porque secam mais rapidamente. Os autores acreditam que os principais fatores para que um material seja resistente aos danos ocasionados pela incidência da água são a boa ligação e a ausência de fissuras ou fendas com rejeito apreciável de separação, mas não a permeabilidade ampla e difusa.

Outros fatores estranhos aos conceitos essencialmente técnicos afetam o comportamento das paredes com argamassas. Exemplos: conservação, mão-de-obra empregada na construção, técnicas construtivas e materiais incompatíveis

utilizados e outros. Porém, como concluem BOYNTON e GUTSCHICK: "o uso de argamassas com cal muito contribui para a resistência à penetração da água nas paredes e, conseqüentemente, para a durabilidade das estruturas de alvenaria."

O fluxograma esquemático da Figura 30 pode ser um guia para a identificação da importância deste aglomerante na durabilidade dos revestimentos e das paredes de barro.

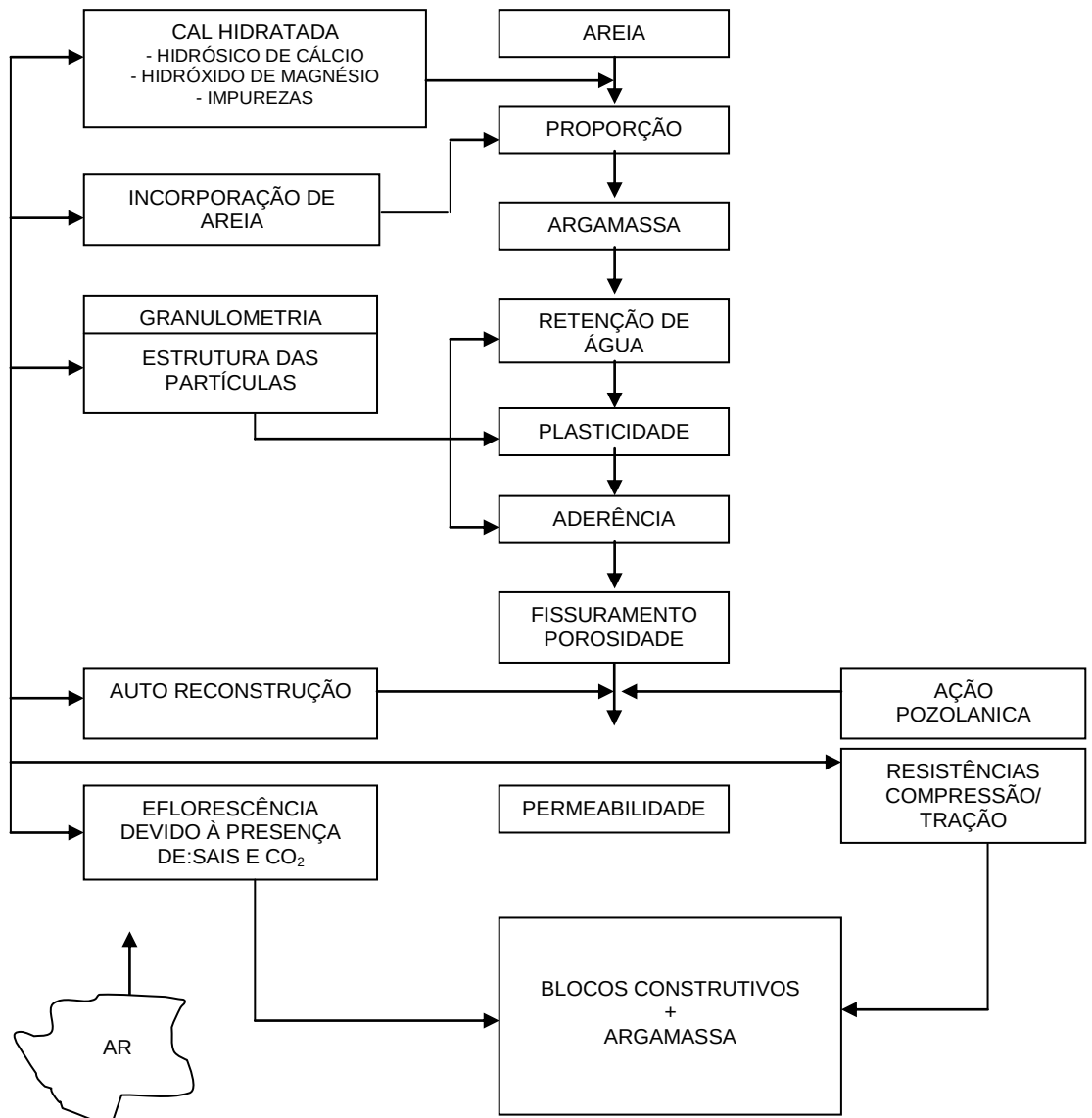


Figura 30 - Papel e a importância da cal na durabilidade das paredes e revestimentos

Fonte: Adaptado de GUIMARÃES, 1997.

8 QUALIFICAÇÃO E AS PROPRIEDADES DAS ARGAMASSAS CONFORME NORMAS EXISTENTES NA ELABORAÇÃO DOS REVESTIMENTOS

8.1 Introdução

"Argamassas" são materiais de construção constituídos por uma mistura íntima de um ou mais aglomerantes, agregado miúdo e água. Além destes componentes essenciais presentes nas argamassas, podem ainda ser adicionados produtos especiais, com a finalidade de melhorar ou conferir determinadas propriedades ao conjunto.

A qualificação e propriedades das argamassas de revestimentos exteriores dos edifícios são aquelas baseadas nas funções em que as mesmas estão aptas a desempenhar em relação ao conjunto parede-revestimento. Não obstante, faz-se lembrar que outros critérios poderiam ser adotados, como aqueles baseados na natureza do aglomerante utilizado, no tipo de agregado, na técnica de execução, na tradicionalidade ou não do revestimento, mas na certeza de que, somente se tentar desenvolver qualquer proposta de qualificação e propriedades das argamassas, inevitavelmente esta deverá passar pela análise de todos os critérios de conservação e técnicas construtivas tradicionais, e também pelo uso de materiais estética, física e quimicamente compatíveis, geralmente o mais similares possíveis dos originais.

8.2 Qualificação das argamassas

Condições que uma adequada argamassa de revestimento deve satisfazer à preservação das paredes dos edifícios históricos:

- **Revestimento de estanqueidade** - são aqueles capazes de garantir, ao conjunto parede-revestimento, estanqueidade à água e aos vapores.
- **Revestimentos de impermeabilização** - são aqueles capazes de garantir, ao conjunto parede-revestimento, a necessária impermeabilidade à água.
- **Revestimentos de isolamento térmico** - são os capazes de garantir um desejado grau de isolamento térmico através do exterior, com vista a minimizar as perdas

térmicas.

- **Revestimentos de acabamento** - são os capazes de conferir às paredes um aspecto agradável.

8.3 Regras e recomendações de qualidade

As regras e recomendações de qualidade especificadas aos revestimentos exteriores dos edifícios, normalmente levam em conta aspectos muito específicos e regionais, inerentes à tradição, à história, ao clima, aos materiais e às técnicas de execução utilizadas por um povo. Desta forma, torna-se importante conhecer e inventariar as recomendações e saber das tradições de cada região.

8.3.1 Regras de qualificação a serem observadas conforme propostas de alguns estudiosos

- **Planeza** – é a ausência de ondulações no suporte, caracterizada pela medição das flechas.
- **Verticalidade** – o revestimento do suporte deve ser vertical e com ausência de desvios de verticalidade. A sua avaliação é feita através do "fio de prumo".
A garantia da verticalidade passa inevitavelmente por aspectos do tipo de estrutura existente no edifício, bem como sua estabilidade. Assim sendo, quaisquer deslocamentos, recalques ou acomodações, dificultariam em muito as exigências de verticalidade recomendada.
- **Aderência aos suportes** – o revestimento deve aderir perfeitamente ao suporte pela ancoragem mecânica da pasta e da argamassa aos poros e irregularidades da base, sendo esta ancoragem função da natureza da argamassa e da base.
- **Permeabilidade à água e ao vapor** – são os revestimentos que permitem uma impermeabilidade mínima necessária com vista a se evitar uma excessiva

concentração de umidade no interior do conjunto revestimento-parede, fenômeno responsável pela ocorrência de uma série de patologias.

A NBR7200 propõe classificar os revestimentos com argamassas tradicionais com relação à permeabilidade, nos seguintes tipos:

- Revestimentos comuns – aqueles que possibilitam a troca de umidade entre as partes das paredes revestidas e ao exterior.
- Revestimento hidrófugo – aquele que impede a entrada de umidade de infiltração, mas não dificulta a difusão do vapor de água.
- Revestimento impermeabilizante – aquele que é estanque à água e ao vapor de água.

Infelizmente, a norma brasileira não faz nenhuma citação acerca dos métodos de ensaio e análise a serem utilizados, com vista a se classificar os revestimentos num dos tipos propostos.

Mas é importante e necessário que os revestimentos tradicionais tenham uma boa permeabilidade aos vapores da água, originados da água de chuva que é absorvida pelo conjunto revestimento-parede.

Essa água é, posteriormente, liberada sob a forma de vapores nos períodos secos e de sol.

- **Resistência à fissuração** – é importante que o revestimento exterior, constituído por argamassa tradicional, não apresente fissuras que possam comprometer a sua estanqueidade, permeabilidade e durabilidade.
- **Aspecto** – os revestimentos exteriores em argamassas tradicionais não devem apresentar defeitos ou irregularidades de superfície perceptíveis.
- **Durabilidade** – a durabilidade de um revestimento é definida com o período de tempo durante o qual o desempenho se mantém sem alteração, em condições normais de uso e de conservação. Aceita-se que a garantia de durabilidade passa inevitavelmente, pela adequada e eficaz proteção e conservação dos revestimentos, normalmente possibilitados pela utilização das pinturas.

Outros fatores devem ser considerados com vistas a melhorar a durabilidade dos revestimentos argamassados, como, por exemplo, a qualidade dos materiais, mão-de-obra empregada, a técnica e os cuidados na sua execução, o tipo de pintura e a conservação.

A durabilidade não se configura como um atributo somente do material, uma vez que uma mesma argamassa desempenhando a função de revestimento, porém em condições de exposição distintas e aplicadas em edificações com características de projeto distintas, apresentará durabilidade também distinta.

A partir da sua aplicação, a argamassa pode ter a sua integridade comprometida por diversos fatores: retração por secagem, penetração de água de chuva, temperaturas excessivamente baixas, incompatibilidade química entre os componentes de hidratação com a base, grau de umidade existente na base – pois influenciam a aderência e o aparecimento de eflorescências nos revestimentos.(ANTÔNIO JR.)

9 PRINCIPAIS CAMADAS DE REVESTIMENTOS PARA PROTEÇÃO DAS PAREDES

9.1 Introdução

Os revestimentos exteriores que cobrem as superfícies murais das fachadas de um edifício histórico são elementos fundamentais da estrutura edificada, pois, além de terem uma função protetora, também possuem, muitas vezes, uma função decorativa relevante. Sendo assim, testemunho do tempo e do passado, estas camadas devem ser preservadas devido à sua importância técnica, histórica e estética.

Como estes acabamentos são renovados ao longo do tempo, muitos destes revestimentos foram tratados sem nenhuma preocupação científica quanto aos seus valores estéticos, culturais e técnicos. Desta forma, muitas destas técnicas ancestrais já foram perdidas. A manutenção das fachadas passa pela conservação das técnicas construtivas tradicionais e pelo uso de materiais de reparação e renovação compatíveis e o mais similares possível dos originais. Além do restauro, da técnica e materiais, temos de conservar a imagem arquitetônica do edifício onde materiais e cores têm de estar em harmonia com a fachada, valorizando a arquitetura da época.

9.2 Principais revestimentos empregados nas fachadas dos edifícios históricos

9.2.1 Encasque

Enchimento de vazios deixados nas paredes após a sua execução, com material idêntico ao da mesma argamassa de assentamento utilizada já nos primeiros passos da etapa construtiva a ser utilizada pelo homem na execução dos revestimentos de paredes dos edifícios históricos. Consiste também na aplicação de partículas de pedra, fragmentos de tijolos cerâmicos, nos vazios existentes nas paredes, corrigindo, desta forma, a sua superfície.

Atualmente, o encasque ainda é utilizado especialmente nas construções de alvenaria de pedra irregular, quando a qualidade da pedra não permite a

formação de superfícies regulares.

9.2.2 Chapisco

Consiste em salpicar sobre superfícies rugosas ou pouco rugosas, como as paredes de barro e tijolos maciços, com uma camada fina irregular e descontínua de argamassa de terra e estrume e areia lavada de rio, de preferência quartzosa. A sua utilização objetiva melhorar as condições de aderência da segunda camada de revestimento à base.

Sendo o chapisco a primeira camada de contato com a parede, a sua aplicação deve ser precedida de uma limpeza cuidadosa da base, para se propiciar, além do seu umedecimento, condições básicas para uma boa aderência. Aconselha-se em regiões de clima muito seco e quente, efetuar a cura do chapisco para se evitar a rápida evaporação da água do amassamento e conseqüente enfraquecimento e perda de resistência de aderência.

9.2.3 Emboço

É a segunda camada de revestimento que se aplica à alvenaria, com a finalidade de servir de base ao revestimento final ou também aplicado como argamassa de regularização.

Deve ser aplicado após a completa solidificação ou cura das argamassas de assentamento das alvenarias e do chapisco.

As paredes devem estar arrematadas por pontos e mestras, desempenados e aprumados, para depois esta argamassa ser lançada vigorosamente ou ser apertada uniformemente, para além de não ser alisada, com vista a que não haja exaltação da água leitada do cimento surja à superfície.

Logo em seguida, verifica-se a sua execução de forma a cumprir com os requisitos estabelecidos para a planeza, verticalidade e regularidade superficial.

9.2.4 Reboco

É a terceira e última camada aplicada sobre o emboço, que deve ser aplicada tal como a segunda camada (emboço). Mas, vale a pena ressaltar que

ambas são duas fases de uma mesma operação e devem ser executadas sem um grande intervalo de tempo entre elas, para que a camada fina, a que constitui o reboco, encontre a massa da primeira, antes do fim do endurecimento, ainda suficientemente úmida.

O reboco pode ser definido também como massa única aplicada sobre o chapisco.

O reboco deve ser aplicado sobre o emboço e apertado à colher metálica, sarrafeado com a desempenadeira de madeira.

A aplicação da desempenadeira deve ser realizada após um intervalo de tempo mínimo (verificado pelo oficial na obra, no momento em que se pressiona com o polegar a superfície do revestimento e este não afunda). A operação de desempeno promove o fluxo de pasta para a superfície, para que os grãos do agregado fiquem envoltos pela mesma, que contribuem para o aumento da resistência mecânica da superfície.

O reboco é que confere a textura superficial final aos revestimentos, sendo a pintura, em geral, aplicada diretamente sobre o mesmo. Portanto, não deve apresentar fissuras, principalmente em aplicações externas.

Para garantir a proteção e durabilidade das paredes externas nas edificações históricas é importante respeitar e seguir as recomendações e cuidados a serem tomados na execução de revestimentos tradicionais sobre as alvenarias, conforme recomendações do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), Lisboa-Portugal e o Centre Scientifique et Technique du Batiment (CSTB), Paris-França:

- A aplicação do revestimento só deve iniciar depois que os materiais de suporte sofram a parte mais importante da sua retração (fase que dura, em média, cerca de 28 dias) e quando as condições meteorológicas não forem desfavoráveis;
- Respeitar a regra de redução progressiva do teor de ligante(terra) desde o chapisco até o reboco e a aplicação de cada camada só deve realizar-se após o desenvolvimento da parte mais significativa da retração por secagem inicial da camada subjacente;
- Evitar uma dessecação muito rápida das argamassas que constituem das diversas camadas dos revestimentos e, caso necessário, recorrer à umidificação regular durante a cura ou protegê-las com telas têxteis. A umidificação deverá ser

realizada por aspersão e deverá ser realizada pela manhã ou ao final da tarde, com vistas a evitar o "choque térmico";

- Evitar a aplicação dos rebocos quando a temperatura for inferior a 5°C e, simultaneamente, registrar-se a ocorrência de ventos fortes, situação em que poderão ocorrer riscos de congelamento;
- Escovar a seco o suporte, através de uma escova metálica, procurando-se eliminar as partículas friáveis e, logo em seguida, umedecer todo o suporte;
- Caso a alvenaria apresente um elevado grau de deterioração, deve proceder-se à substituição das zonas afetadas, sendo a sua extração realizada através de meios mecânicos;
- Caso a alvenaria anterior tenha sido tratada com hidrófugo, dever-se-á optar pela picagem cuidadosa a martelo de todo o paramento para a recuperação das condições necessárias à boa aderência do revestimento, seguida das etapas anteriormente citadas;
- As recomendações e os procedimentos para a aplicação das argamassas de revestimento e assentamento são exemplificados abaixo pelas Figuras 31 a 33).



Figura 31 - Recomendações e cuidados na aplicação e execução dos revestimentos

Fonte: GUIMARÃES, 1997, p. 219.

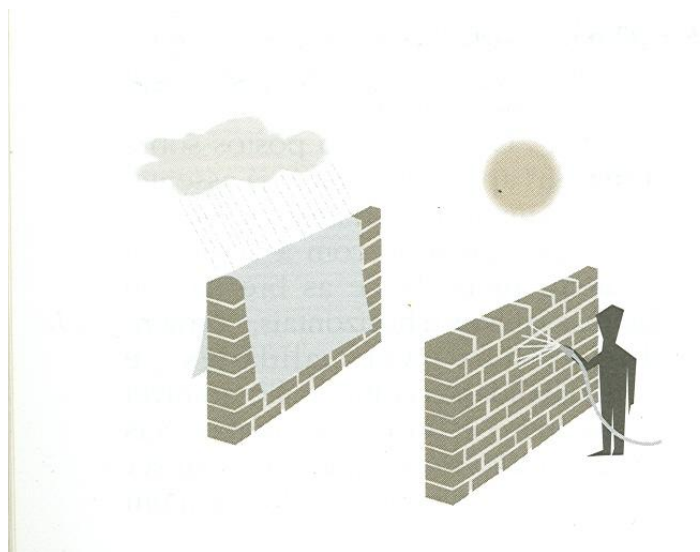


Figura 32 - Recomendações e cuidados na aplicação e execução dos revestimentos
 Fonte: GUIMARÃES, 1997, p. 219.



Figura 33 - Recomendações e cuidados na aplicação e execução dos revestimentos
 Fonte: GUIMARÃES, 1997, p. 219.

10 PROPRIEDADES DAS ARGAMASSAS NO ESTADO FRESCO E NO ESTADO ENDURECIDO

10.1 Introdução

O estudo das propriedades das argamassas de revestimento no estado fresco é de grande interesse para o técnico, uma vez que este material é aplicado nesta condição. Em algumas situações, o estudo é dificultado pelo elevado grau de empirismo que envolve a caracterização deste material no estado fresco.

Para as argamassas de revestimento, o presente nível de estudos apresenta dificuldade para caracterizar tais materiais sob iguais condições de aplicação. Neste universo, apenas o conhecimento da consistência é insuficiente para definir se uma argamassa é ou não trabalhável.

Atualmente, uma das formas mais empregadas para definir tais características, utilizadas pelos Centros de Pesquisa e produtores de argamassas, é a avaliação empírica de um operário com certa experiência no manuseio e aplicação de argamassas.

Dentre as diversas propriedades das argamassas no estado fresco, a retenção de água definida por CINCOTTO (1995) como a capacidade da argamassa fresca manter sua consistência ou trabalhabilidade quando submetida a solicitações que provocam a perda de água. Estudos descrevem que a retenção de água, além de determinar as condições de manuseio da argamassa, influi também sobre as propriedades no estado endurecido, pois a retenção de água modifica as condições do contato da argamassa com o substrato, agindo assim sobre a retração de secagem, resistência mecânica e de aderência do revestimento.

Assim sendo, seguem-se as principais propriedades das argamassas e revestimentos para as fachadas de monumentos edificadas, citando os métodos de avaliação preconizados pela normalização mundial.

10.2 Principais propriedades das argamassas no estado fresco

- **Trabalhabilidade** - É aquela que sem ser fluída permite a penetração de uma colher de pedreiro, não adere à colher e, ao mesmo tempo, é coesa, ao ser

transportada para a desempenadeira e quando projetada à base permanece úmida o suficiente para ser espalhada e sarrafeada.

QUADRO 1

Fatores que influenciam a trabalhabilidade das argamassas

Fatores internos	Teor de água, muitas vezes definida em função da consistência necessária, proporção entre aglomerantes e agregado, distribuição granulométrica, forma de textura dos grãos do agregado, natureza e teor de aditivos (incorporadores de ar, retentores de água, etc.)
Fatores externos	Tipo de mistura, transporte, aplicação no substrato, operações de sarrafeamento e desempenho e características da base de aplicação – tipo de preparo, rugosidade, absorção etc.

Fonte: Elaborado pelo autor.

- **Consistência** - Segundo RILEM (1993), é a propriedade pela qual a argamassa tende a resistir às deformações que lhe são impostas. Pode ser seca, plástica ou fluída.
- **Plasticidade** – É a propriedade que permite à argamassa deformar-se sem ruptura, sob ação de forças superiores às que promovem a sua estabilidade, mantendo a deformação após cessado esforço deformante.
- **Retenção de água** - É a capacidade da argamassa fresca em manter sua consistência ou trabalhabilidade quando sujeita a solicitações que provocam perda de água por sucção, absorção pelo substrato, e pela evaporação. Sem a retenção adequada de água, além de não se manter plástica o tempo suficiente para o seu manuseio adequado, terá menor resistência quando endurecida.
- **Coesão** - Forças físicas de atração existentes entre partículas sólidas da argamassa e às ligações químicas da pasta aglomerante.
- **Aderência no estado fresco** - É a propriedade de adesão inicial, que ocorre pela ancoragem mecânica da pasta e da argamassa aos poros e irregularidades da base.

10.3 Principais propriedades das argamassas no estado endurecido

- **Resistência mecânica** - É a capacidade das argamassas de resistirem às tensões de tração, compressão ou cisalhamento às quais o revestimento pode estar sujeito.

A resistência mecânica é influenciada basicamente por:

- natureza dos aglomerantes
- natureza dos agregados
- proporção aglomerante/agregado
- relação água/cimento
- técnica de execução do revestimento

- **Elasticidade** - É a capacidade que a argamassa apresenta em se deformar sem que ocorra ruptura, retornando às suas dimensões iniciais quando cessam as solicitações que lhe são impostas.

- **Aderência** - É a propriedade ou capacidade que permite à argamassa absorver tensões normais ou tangenciais na superfície da interface com a base. A aderência é significativamente influenciada pelas condições da base, como a porosidade e absorção d'água, resistência mecânica, textura superficial e pelas próprias condições de execução do assentamento de componentes da base.

- **Permeabilidade** - É a propriedade que possibilita a passagem da água através de um dado material componente ou elemento da construção, por meio de infiltração sob pressão, capilaridade ou difusão de vapor d'água.

Fatores que influenciam na permeabilidade:

- natureza da base
- traço e natureza dos materiais constituintes da argamassa
- técnica de execução

Os revestimentos argamassados à base de ligantes hidráulicos não possuem características impermeabilizantes, mas devem apresentar uma satisfatória permeabilidade ao vapor da água, importante para secagem das bases após um período de chuva, bem como da remoção para o exterior dos vapores condensados no interior.

- **Durabilidade** - É definida como a capacidade de manter o desempenho de suas funções ao longo do tempo que é imposta.

A durabilidade não se configura como atributo somente do material, uma vez que uma mesma argamassa desempenhando a função de revestimento, porém em condições de exposição distintas, e aplicadas em edificações com características de projeto distintas, apresentará durabilidades também distintas. Pode se observar na Figura 34 a aplicação de revestimento a base de terra e cal sobre parede, desempenhando as funções protetoras à base.



Figura 34 - Igreja Nossa Senhora do Rosário – Chapada do Norte – Materiais aplicados na argamassa que irão garantir as suas propriedades
Fonte: Acervo do IEPHA.

11 MÉTODOS RECOMENDÁVEIS PARA A AVALIAÇÃO DOS COMPROMETIMENTOS NOS REVESTIMENTOS SOBRE AS PAREDES

Antes de qualquer intervenção em edificações históricas, é necessário que se faça um estudo técnico-científico para a caracterização e identificação dos aglomerantes e agregados constituintes nas argamassas de revestimentos existentes, para que haja a compatibilidade entre o material existente e o de restauro. Para isso, é preciso estabelecer uma metodologia visando selecionar os ensaios em função dos resultados que eles forneceria nos testes de avaliação realizados *in situ* como:

- Teste de arrancamento por tração "pull off testes", aparelho utilizado para avaliar a aderência dos revestimentos dos suportes.
- Permeabilidade à água sob pressão; avaliar absorção da água.
- Ensaio de flexão e compressão para avaliar as propriedades mecânicas das argamassas.
- Planímetro (análise de fotografia) para avaliar a proporção da argamassa de assentamento.
- Ensaio de ultra-sons – é usado no diagnóstico de anomalias, permitindo a localização das possíveis zonas deterioradas (fendas, destacamentos, perda de coesão).
- Carbonatação – ensaio para avaliação da carbonatação, que consiste na aplicação de um indicador químico (fenolftaleína), que permite identificar a presença de Carbonato de cálcio.

Para a elaboração dos ensaios e testes é importante verificar a possibilidade de executá-los e também verificar as limitações para a extração de amostras das edificações, se tombadas ou não, como patrimônio histórico.

Quando retiradas as amostras, nunca deixar estes locais descobertos ou expostos a intempéries, preparando-se de imediato uma argamassa de cal e areia após a remoção para a proteção da base.

11.1 Metodologia recomendável para avaliação e caracterização dos materiais

- Coleta de amostra, quando possível.
- Preparação das amostras.
- Análise térmica (Termodiferencial) para determinar o tipo e o teor de cal e a presença de aglomerante hidráulico.
- Espectrometria no infravermelho para detectar a presença de eventuais compostos orgânicos.
- Microscópio eletrônico de varredura (MEV) com microanalisador (EDS) - permite visualizar as fases e realizar análises químicas.
- Análise das características do agregado por inspeção visual – para informações sobre diâmetros máximos, mínimos, distribuição granulométrica, provável origem (rio ou marinho).
- Relação aglomerante/agregado por meio da dissolução em "HCl quente".
- Através das Figuras 35 a 37 pode se observar os métodos utilizados para avaliação adotados para análise das amostras.



Figura 35 - Preparo e análise prévia de amostra de revestimento a base de terra, cal, areia e fibra (1º passo)
Fonte: Acervo do autor.

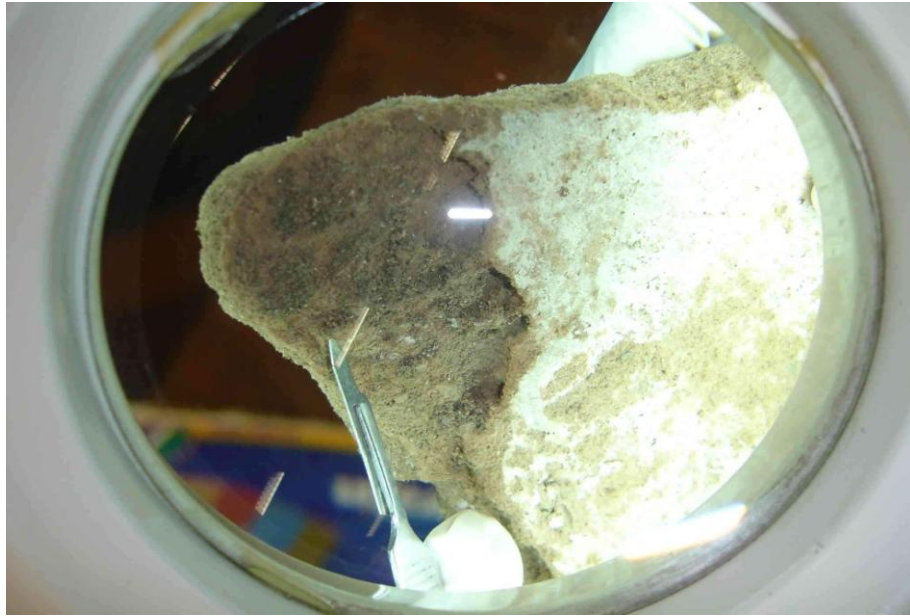


Figura 36 - Inspeção detalhada de amostra (2º passo)
Fonte: Acervo do autor.



Figura 37 - Avaliação detalhada dos materiais constituintes (3º passo)
Fonte: Acervo do autor.

12 ESTUDO DE CASO I

REGISTROS DOS SERVIÇOS DE RECUPERAÇÃO E CONSOLIDAÇÃO DOS REVESTIMENTOS SOBRE PAREDES (FACHADAS) DA IGREJA DE SANTO ANTÔNIO – TIRADENTES/MG

Igreja de Santo Antônio – Tiradentes – MG

1728 / século XVIII

INTRODUÇÃO

Um dos problemas da deterioração das estruturas históricas está grandemente associado à manutenção e restauração de argamassas, reboco e pinturas a base de cal. Se alvenarias de adobe, taipa de pilão, pau-a-pique, tijolos e pedra não são conservadas com materiais compatíveis e ficam expostos à ação do tempo, a deterioração mais acelerada ocorrerá. A cal como componente básico de vários materiais históricos, inclusive no uso de argamassas para revestimentos das edificações antigas, tem se mostrado o mais compatível e foi extensamente utilizada no passado, mas o desaparecimento deste material e da experiência prática de trabalhar com o mesmo têm trazido dificuldades às obras de restauração. Somam-se a estas, os problemas de inadequação da maioria dos materiais disponíveis no mercado.

Observa-se que na grande maioria ou não na totalidade, o uso de argamassas de cimento para a execução de revestimentos tem se revelado inadequado pela incompatibilidade de suas características físicas de comportamento diferencial e interação química com os materiais antigos. Esses fatos têm induzido ao envelhecimento precoce das argamassas aplicadas, ocorrendo com frequência a desagregação de rebocos, além do aumento do grau de umidade no interior das alvenarias, promovendo a aceleração do processo de degradação das edificações e de seus revestimentos.

Com a finalidade de preservar as características originais do prédio da Igreja de Santo Antônio, da cidade de Tiradentes, a presente especificação descreve a metodologia e materiais necessários à conservação e restauração dos

revestimentos das superfícies das paredes internas do prédio.

PRINCÍPIO

Quando reparos e substituições de argamassas e rebocos a base de cal são necessários, novas argamassas devem exibir características, químicas, físicas e estéticas similares aos materiais existentes. Argamassas a base de cal são recomendadas por serem compatíveis com os sistemas tradicionais de construção, por apresentarem boa porosidade e resistência mecânica, harmonia estética e durabilidade, se bem feitas e mantidas.

HISTÓRICO

Muitos componentes foram empregados como aglutinantes de argamassas, como a argila, o gesso e a cal. A tecnologia de argamassas hidráulicas baseada em agregados reativos misturados à cal foi bastante usada pelos romanos, mas menos difundida na Idade Média. No século XVIII, outra tecnologia de argamassas hidráulicas começou a ser experimentada, baseada na reação do calcário com sílica e alumina a altas temperaturas. O declínio das argamassas tradicionais começou com o advento do primeiro cimento artificial, no começo do século XIX, e especialmente com o cimento Portland, patenteado em 1824.

INVESTIGAÇÃO

A restauração de argamassas e pinturas requer o entendimento dos materiais que sobreviveram e os que estão disponíveis no mercado. Amostras íntegras de argamassas e rebocos, incluindo camadas pictóricas, têm sido observadas e examinadas com o objetivo de preparar materiais de restauração compatíveis com o original. Técnicas de laboratório têm sido utilizadas para esta finalidade. Na maioria das vezes, técnicas sofisticadas e de alto custo não são justificáveis. Pesquisas de laboratório podem ajudar a identificar componentes e características de materiais históricos, mas as técnicas de produção e aplicação e as condições de uso destes materiais não são identificadas através de análises e são tão importantes quanto a composição dos mesmos. Resultados de pesquisas de laboratório que não são colocadas em prática têm uso limitado. Às vezes, as exigências de uma argamassa de restauro podem ser significativamente diferentes das argamassas originais. Podem, por exemplo, requerer maior resistência aos sais.

MATÉRIA-PRIMA

Muitas fontes de matéria-prima podem ser utilizadas para a produção da cal, como o calcário, coral, conchas e outras fontes com alto conteúdo de carbonato de cálcio.

CICLO DA CAL

O ciclo da cal corresponde às reações físicas e químicas que o carbonato de cálcio sofre, em quatro processos distintos:

1. Calcinação – transformação do calcário ou outras fontes de carbonato (700-900°C) de cálcio em cal virgem (óxido de cálcio – CaO).
2. Hidratação – transformação da cal virgem em cal hidratada (hidróxido de cálcio Ca(OH)_2).

A cal pode ser hidratada de **três formas**:

- a. Com excesso de água, formando uma pasta de cal. Muito cuidado é necessário durante o processo de hidratação, pois este material é muito cáustico. Fique atento aos seguintes problemas:
 1. Muita água fria pode causar hidratação vagarosa e incompleta.
 2. Água insuficiente pode elevar a temperatura a mais de 100°C, resultando em um produto inativo, sem uso.
 - b. Em pó, hidratada apenas com uma quantidade mínima de água. Esta é a forma usual encontrada no comércio.
 - c. Moída e misturada com areia antes de hidratar.
3. Maturação – para a completa hidratação da cal é necessário manter a cal em pasta maturando na água por um período mínimo de três semanas. Durante este período (ou mais – quanto mais tempo melhor), a pasta de cal ganha plasticidade (diminui o tamanho das partículas), engrossa e o excesso de água (água de cal) sobe para a superfície.
- A pasta de cal pode ser guardada em recipientes plásticos e deve ser sempre mantida com uma camada de água de proteção contra a carbonatação.

4. Carbonatação – a argamassa fresca a base de cal se transforma novamente em carbonato de cálcio (quimicamente similar ao material original).

O mecanismo de endurecimento de uma cal aérea (*cal pura que não contém impurezas capazes de torná-la hidráulica) se dá por perda de água e reação química com o ar. A carbonatação é um processo vagaroso e dependente de determinadas condições.

Muitos fatores afetam a carbonatação e, em consequência, a durabilidade das argamassas de cal:

- a. Conteúdo de Cal. Uma quantidade alta de cal na argamassa aumenta a resistência e a porosidade. No entanto, pode causar retração e afetar a aderência do material.
- b. Temperatura. A carbonatação diminui em temperaturas muito baixas.
- c. Balanço da Umidade e CO₂. O periódico umedecimento favorece uma boa carbonatação. Com muita água, os poros ficam bloqueados ao CO₂; com pouca água, é dificultada a reação química do CO₂ com o hidróxido de cálcio Ca (OH)₂.
- d. Estrutura dos Poros. Boa porosidade permite o dióxido de carbono alcançar todas as partes da argamassa, aumentando a carbonatação. Um sistema de poros adequado pode ser conseguido com o emprego de agregados porosos.

PREPARAÇÃO DA ARGAMASSA (se necessário a recomposição ou substituição de revestimentos)

O traço 1: 2,5/ 1: 3 é o usual para a maioria das argamassas de assentamento, rejunte, emboço e reboco. Em argamassas de acabamento, bem finas, o traço é mais rico em cal 1:1/ 1:1,5. No entanto, componentes, traço e requerimentos da argamassa de restauração devem ser definidos após observação ou exame dos materiais e condições físicas das edificações históricas.

A areia deve ser seca, de granulometria bem escalonada, mantendo menos que 10% de partículas menores que 0,150mm. A areia de jazida com forma angular/irregular das partículas é usualmente a recomendada em trabalhos de restauração, mas areias de rio, de forma arredondada, também podem ser adicionadas, pois ajudam a dar trabalhabilidade à argamassa. O uso de areia calcárea é recomendado, pois dá mais porosidade à argamassa, aumentando assim sua resistência à cristalização de sais.

O uso de cimento, ao contrário, não é recomendado. O cimento em grandes quantidades produz argamassas muito densas não compatíveis com os edifícios históricos. Em pequenas quantidades também têm sido identificado seu efeito negativo nas argamassas de restauro a base de cal. Ao diminuir a porosidade da cal, resulta um material de menor durabilidade. No entanto, este efeito negativo pode estar associado às condições de como estes constituintes são misturados. Alguns agregados podem reagir com a cal na presença de água. Estes agregados reativos podem ser convenientes em determinados casos de argamassas de restauração.

A argamassa de restauração a base de cal pode ser misturada manualmente sem adicionar água. O uso de equipamento mecânico é possível. No entanto, a mistura mecânica de uma argamassa de cal requer maquinário especial e não a betoneira, usualmente utilizada para concreto e argamassas de cimento.

Estocar a argamassa por determinado tempo, no caso de amassamento manual deverão ser providenciados tanques plásticos impermeáveis de aproximadamente 250 a 1000l com tampa para preparação e estocagem de pasta de cal e de argamassa de cal. prevenindo contra a recarbonatação, melhora a consistência da argamassa, pois algum excesso de água pode ser eliminado. Este procedimento resulta também em uma melhor liga da cal com areia, favorecendo uma argamassa de melhor qualidade.

O apiloamento da argamassa de cal com socador de madeira é bastante recomendado, o impacto do apiloamento dá plasticidade à argamassa e retira a água interna.

APLICAÇÃO

A superfície na qual a argamassa é aplicada deve fornecer uma textura suficiente para suportar a argamassa umedecida e plástica. As superfícies devem estar limpas, sem poeira e umedecidas, preferentemente com o uso de um vaporizador. O reboco deve ser atirado com o máximo de impacto; não deve ser deixado secar completamente para aplicar a 2ª camada, e deve conter bastante agregado grosso para fornecer boa liga mecânica.

É essencial que a argamassa de cal não seja retrabalhada, para evitar fissuras, e que seja deixada secar lentamente.

Não aplique uma camada de argamassa muito espessa de uma só vez (máximo 1,25 cm). Camadas finas devem manter-se em 0,3 cm.

As superfícies de reboco devem ser vaporizadas durante a primeira semana (condições de campo irão indicar o tempo). Quanto mais vagaroso o processo de cura, mais longo e mais uniforme serão os cristais de Ca(OH)_2 ou CaCO_3 .

O processo de carbonatação é muito difícil de controlar ou predizer já que é afetado pela temperatura, umedecimento do suporte, estrutura dos povos e outras condições.

CAIAÇÕES

A caiação é uma pintura composta de cal hidratada cujo processo de formação do filme se dá pela carbonatação. Tradicionalmente, foi comum o acréscimo de ingredientes às misturas de cal. No entanto, alguns aditivos podem modificar o mecanismo de endurecimento da cal e resultar em um tipo de pintura que não será apropriada para trabalhos de restauração arquitetônica.

A coloração quando existe é dada por pigmentos. Os pigmentos para caiações devem ser puros, resistentes a alcalinidade e a luz e apresentar cor similar a encontrada na edificação ou ser compatível com o tecido histórico. Os pigmentos de origem mineral são os mais apropriados para tintas de restauração. Nenhum outro material de pintura substitui a cal em aparência e características de

compatibilidade com substratos históricos.

ESPECIFICAÇÃO DE MATERIAIS

1- Fornecedores

Todos os fornecedores de materiais deverão apresentar seus produtos com a qualidade exigida nessas especificações, além dos certificados de qualidade previstos na norma das ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), ABPC (Associação Brasileira de Produtos de Cal).

Os produtos comercializados ensacados deverão possuir rótulo com as características de qualidade ou ensaios comprobatórios recentes.

No caso da cal, esta deverá possuir o selo de garantia da ABPC.

2- Estocagem

Deverão ser tomados todos os cuidados na estocagem dos materiais para evitar contaminações de qualquer natureza.

No caso da cal, deverá ser garantida a estanqueidade das embalagens, ou seja, sem presença de ar ou água. Para tanto, deverá ser previsto local abrigado e execução de estrado de madeira sobre o piso, para armazenamento do material.

3- Medição de materiais

O objetivo a atingir nas operações de medição de materiais é a uniformidade e homogeneidade das argamassas fabricadas. Os materiais componentes devem ser medidos de modo a que a composição do traço de argamassa seja de fácil reprodução, nas diversas vezes que se fizer necessário.

Para tanto, recomenda-se que a medição seja feita sempre pelo mesmo funcionário, já que o processo de cubagem em canteiro é volumétrico. Neste processo a probabilidade de erro é maior, devido à variação do teor de vazios contidos num determinado volume de materiais, sendo portanto necessária uma sistemática de operação.

4- Materiais

4.1- Cal hidratada

Deverá apresentar alto teor relativo de cálcio (95%), o qual é obtido pela

calcinação de calcáreo calcítico puro, isento de impurezas. O produto deverá ser utilizado dentro do prazo de validade indicado pelo fabricante e totalmente seco.

4.2- Areia natural quartzosa

Deverá ser lavada, apresentando-se isenta de impurezas e material pulverulento (3%), impurezas orgânicas (1%) e torrões de argila (1,55%). Será utilizada areia preferencialmente seca (no máximo 4% de umidade) ou, se úmida, deverá ser realizada a medição do teor de umidade no canteiro.

A areia poderá ser utilizada, caso atenda às especificações abaixo ou se enquadrar nas granulometrias referenciais descritas no item b.

a- Norma brasileira – MB7 – ABNT

no emboço deverá ser grossa (módulo de finura 3,2 a 2,6)

no reboco deverá ser média (módulo de finura 2,9 a 2,6)

no acabamento deverá ser utilizada areia fina (módulo de finura 2,6 a 2,2)

b. Granulometrias – referenciais da areia

Considera-se o percentual (%) total da amostra passante

Argamassa de consolidação

4,80mm – 100%

2,40mm – 90-100%

1,20mm - 70-100%

0,60mm – 40-100%

0,30mm – 5-90%

0,15mm – 0-15%

Argamassa para revestimento externo

4,80mm – 100%

2,40mm - 90-100%

1,20mm – 70-100%

0,60mm – 40-80%

0,30mm – 5-40%

0,15mm – 0-10%

Argamassa para revestimento interno

4,80mm – 100%

2,40mm - 100%
1,20mm – 90-100%
0,60mm – 55-100%
0,30mm – 5-50%
0,15mm – 0-10%

5- Equipamentos específicos

5.1- Água quente

Será utilizada água aquecida (30°C) para acelerar a reação de hidratação da cal.

5.2- Argamassadeira mecânica especial e tanque impermeável

O uso de equipamento mecânico de fabricação de argamassa é recomendável pois melhora sensivelmente a qualidade da massa, pelo aumento de sua trabalhabilidade sem o uso excessivo de água.

No caso de amassamento manual deverão ser providenciados tanques plásticos impermeáveis de aproximadamente 250 a 1000l. com tampa para preparação e estocagem de pasta de cal e de argamassa de cal.

5.3- Pulverizador agrícola

Para execução dos serviços de pré-consolidação das superfícies e posteriormente para auxílio na cura da argamassa, a aspersão de aguadas de cal e de água pura, deverão ser feitas com o uso do pulverizador.

5.4- Outros materiais

Serão utilizados diversos equipamentos de canteiro, entre eles baldes, ferramentas, escovas de cerdas duras, recipiente de madeira para mistura da argamassa, pilão de madeira etc.

6- Fabricação de materiais

6.1- Preparação da pasta de cal

Nos recipientes plásticos de 1000l., deve-se colocar água e sucessivamente adicionada a cal. O volume de água deverá manter a cal sempre imersa com algum excedente de água por cima. A mistura deverá ser agitada até a

sua completa dissolução. O recipiente deverá ser mantido fechado e em descanso pelo maior tempo possível, sendo o mínimo de 24 horas.

6.2- Preparação e maturação da argamassa de cal

A argamassa de cal deverá ser preparada com antecedência mínima de três dias. A cal e areia deverão ser misturadas na proporção indicada pelos ensaios. Em caráter experimental se utilizará o traço comum em argamassas antigas, ou seja, 1:3 em volume de cal e areia. A água adicionada deverá ser a mínima necessária.

Conforme especificado anteriormente, a areia a ser utilizada na confecção das argamassas variará de granulometria (grossa, média ou fina), de acordo com a finalidade a que se destina.

6.3- Amassamento da argamassa de cal

Decorrido o período de maturação, no momento da aplicação da argamassa, a massa deve ser novamente compactada, de modo a atingir os níveis de trabalhabilidade desejados. Neste momento, deverá ser adicionada, somente se necessária, pequena quantidade de água.

METODOLOGIA DE RESTAURAÇÃO DOS REVESTIMENTOS

Os serviços de conservação e restauração dos revestimentos da igreja deverão ser executados em duas fases. A primeira antes do início das obras de estabilização geotécnica e estrutural, em caráter preventivo, de modo a se minimizar os danos que possam vir a ocorrer como consequência das acomodações que o edifício poderá sofrer. A esta primeira fase denominamos "pré-consolidação dos revestimentos".

A segunda fase, denominada "consolidação dos revestimentos", possui um caráter de tratamento definitivo, a ser desenvolvida após a finalização das obras de estabilização.

Inicia-se a revisão dos serviços anteriormente executados, sua complementação e finalização com a pintura.

7- Pré-consolidação dos revestimentos (1ª fase)

7.1- Sondagem e prospecção das áreas soltas e faltantes

Toda a superfície dos revestimentos externos e ornatos existentes, deverão ser cuidadosamente vistoriados e sondados por **percussão com martelo de madeira** de modo a se identificar e mapear todas as áreas soltas, com fissuras ou sem revestimento, seguida de marcação do giz colorido para posterior identificação. Será realizada prospecção em local onde o revestimento se encontra solto para avaliar a situação de conservação do seu suporte e definição do tipo de tratamento a ser adotado.

7.2- Fixação dos revestimentos

Segundo a dimensão e quantidade de trechos soltos será definida a malha de perfuração com furadeira fina (5,0 mm), variando entre 15,0 cm e 30,0 cm.

Em cada caso deverá ser avaliada a necessidade de escoramento dos revestimentos para que não venham a cair.

Sucessivamente será aplicada nos furos com uso de seringas veterinárias, nata de cal aditivada com adesivo de base acrílica na proporção de 5:1 de nata de adesivo tipo de VEDAFIX ou similar.

A nata de cal será obtida a partir da pasta de cal maturada e colocada na betoneira para emulsionar, sem adição de água.

O volume a ser injetado em cada furo não deve ultrapassar 250 ml por aplicação, para não criar uma excessiva pressão interna rompendo o revestimento. Caso esse volume seja insuficiente para preencher os vazios, deverá ser feita nova aplicação, três dias após. Serão feitas tantas aplicações quanto necessárias para o preenchimento total dos vazios no interior dos revestimentos.

Deverá ser tomado especial cuidado com a limpeza das superfícies, para que não resultem manchas.

Os pequenos furos deverão ser fechados com a argamassa.

8- Consolidação dos Revestimentos (2ª fase)

Após a finalização da obra de estabilização geotécnica e estrutural deverá ser executada a consolidação e tratamento definitivo dos revestimentos antigos.

8.1- Revisão do serviço de fixação dos revestimentos

Deverá ser revisto todo o interior da nave, para avaliar a necessidade de refazer o serviço de fixação dos revestimentos ou caso ocorram novas áreas de

deslocamento.

8.2- Recomposição das argamassas em trechos faltantes

Este serviço se inicia pela cristalização das superfícies existentes. Com uso de trinchas, deve-se aplicar duas demãos de aguada de cal com intervalos de 24 horas entre elas. A aguada de cal será preparada com a pasta de cal maturada e água limpa, em consistência de um "leite ralo".

Sucessivamente, os trechos faltantes serão preenchidos com aplicação de sucessivas camadas de argamassa de embrechamento, sem a adição de cimento, com no máximo 2,0 cm de espessura e a superfície final nivelada.

8.3- Cristalização de toda superfície de reboco antigo

A etapa seguinte é a de cristalização da totalidade da superfície dos revestimentos através da aplicação de duas demãos de aguadas de cal conforme descrição no item anterior (8.2).

8.4- Recomposição de pequenas lacunas

As pequenas lacunas existentes na superfície dos revestimentos da Igreja, tais como furos remanescentes de serviços já executados, ou mesmo grafites feitos em baixo relevo, deverão ser recompostos através da aplicação de 5 (cinco) demãos de pintura desses locais com a utilização da argamassa de cal com consistência fluida.

9- Pintura

Fonte: Arquivo do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN)

Como sabemos, a técnica de pintura com utilização de tintas preparadas à base de cal, é a mais adequada e mais durável para aplicação sobre revestimentos antigos, pois, se adequadamente aplicada, cria fortes ligações químicas intersticiais entre as diversas camadas. Portanto, este é o sistema de pintura mais adequado para o edifício.

9.1- Preparação da tinta a base de cal

A tinta a base de cal será fabricada com a pasta de cal previamente

preparada conforme item 6.1 deste relatório.

9.1.1- Diluição

A pasta de cal deverá ser diluída com adição de água até que se atinja a consistência de um leite bem grosso.

Em seguida, este leite será novamente diluído nas seguintes proporções:

Para a 1ª e 2ª demãos	-	1,0 (leite : 3,0 (água)
Para a 3ª demão	-	1,0 (leite) : 2,0 (água)

9.1.2- Preparação

A tinta assim obtida deverá ser toda coada através de peneira fina antes de sua aplicação. Para melhorar o desempenho da tinta, pode-se aditivar a última demão com fixador adequado para este tipo de tinta, como a caseína pura (2,5%) ou resina acrílica tipo Primal ou similar, ou ainda, outros tipos de fixador a serem definidos.

9.1.3- Pigmentação

Serão executados testes para definição da cor da pintura. No caso de ser necessária a pigmentação da tinta, o pigmento deverá ser previamente diluído em água quente e repousar por 48 horas, no mínimo. As quantidades de pigmento serão obtidas a partir de amostras de tinta executadas em canteiro, sendo que os corantes deverão ser resistentes e estáveis, não excedendo a 15% do volume de tinta. Dá-se preferência aos corantes naturais.

A tinta após adição dos pigmentos deverá ser vigorosamente misturada, continuamente, até que se obtenha uma mistura homogênea para aplicação imediata.

9.2- Aplicação da tinta

A pintura das paredes deverá ser feita com três demãos com viscosidades diversas, iniciando-se pela mais fluida e finalizando com a menos fluida.

As demãos de tinta deverão ser aplicadas sobre a superfície em sentidos perpendiculares entre si.

9.2.1- Superfície

A superfície a ser pintada deverá estar limpa, isenta de sujidades ou materiais oleosos. Para tanto, deverá ser feita limpeza com uso de escovas e água limpa.

Cada demão de pintura deverá ser precedida de uma umidificação da parede, para evitar que a água da tinta seja absorvida muito rapidamente, criando-se fissuras na superfície.

9.2.2- Aplicação

As demãos de tinta deverão ser aplicadas de modo a se obter uma película de espessura uniforme e delgada.

A aplicação deverá ser feita com uso de brocha grande e macia, em camadas sucessivas e bem finas.

A secagem deverá ser feita vagarosamente, sendo necessário pelo menos um mês até a total fixação da tinta.

13 AS ANOMALIAS COM IMPLICAÇÕES ESTRUTURAIS NAS EDIFICAÇÕES HISTÓRICAS

Embora na citação anterior sobre os materiais usados nas construções das alvenarias dos edifícios antigos possam ser de natureza e origem diferentes, é possível elaborar um quadro de anomalias comuns deletérias às soluções protetoras construtivas.

QUADRO 2

Anomalias com implicações estruturais em paredes de edifícios antigos

Elemento construtivo	Anomalias vulgares
Fundações	Degradação das características dos materiais Fissuração
Paredes estruturais e não estruturais	Desagregação, provocada pela ação da água, nas suas várias origens Esmagamento, deformação e fissuração Degradação de elementos de madeira por agentes biológicos Baixa resistência ao fogo, em particular em paredes de barro armado
Revestimentos e acabamentos	Desagregação, agravada pela ação da água nas suas várias origens Esmagamento e fissuração, provocada ou não pela fissuração do suporte e da degradação de elementos de materiais por agentes biológicos Erosão por ação de agentes climáticos (vento, chuva, variações de temperatura) Insuficiente impermeabilização ao vapor de água Destacamento de revestimentos cerâmicos

Fonte: Elaborado pelo autor.

As anomalias referidas podem dever-se a diferentes causas, como por exemplo, assentamentos diferenciais de fundações, utilização de cargas excessivas, intervenções incorretas (como eliminação de paredes), ação do fogo.

A ação da água está na origem ou no agravamento de grande parte das anomalias, uma vez que vai procurando e encontrando os pontos mais fracos da alvenaria (fendas e vazios), através de caminhos de circulação preferenciais no interior dos elementos, geralmente as juntas de argamassa entre os tijolos, contribuindo para a redução da capacidade resistente ao longo do tempo e da capacidade de isolamento térmico, devido à maior condutibilidade térmica da água relativamente ao ar.

Pela sua importância, referem-se as principais formas de umidade que atingem os edifícios antigos:

- **umidade de precipitação** – esta forma de umidade não pode ser evitada, pelo que as soluções de revestimento e acabamento devem permitir a evaporação rápida da água logo após a cessação da chuva; provoca degradação acentuada, nomeadamente nos edifícios devolutos, após quebra ou remoção de telhas e abertura ou quebra de vãos.
- **Umidade do terreno** – a umidade ascendente por capilaridade corresponde a uma das mais graves formas de manifestação de umidade em edifícios, devido aos seguintes fatores: longo período de permanência (geralmente toda a época das chuvas), afetando todas as paredes térreas do edifício, com possibilidade de desencadeamento de fenômenos de cristalização de sais naquelas paredes, provenientes do solo de fundação ou dos materiais de construção utilizados (argamassa, tijolos).

A umidade de precipitação e a ascendente por capilaridade são as principais responsáveis pela desagregação das argamassas de revestimento e assentamento nos edifícios antigos.

- **Umidade de condensação** – resulta do vapor de água que condensa nos parâmetros interiores das paredes exteriores (e no interior da alvenaria), e nos parâmetros das paredes interiores, em resultado do deficiente isolamento térmico nas paredes exteriores, temperatura ambiente baixa e deficiente ventilação dos espaços. Ocorre geralmente nos períodos mais frios do ano, quando a temperatura superficial das paredes em contato com o ar úmido atinge o ponto de orvalho.
- **Rompimentos em redes de águas e esgotos** – provocam degradação local acelerada, embora de forma distinta: no caso da rede de águas domésticas, quando saturada na parede, a elevada pressão pode provocar desagregação na alvenaria; as fraturas nas tubulações de esgotos são menos perceptíveis, mas produzem importantes danos pela elevada agressividade química dos líquidos que transportam. Referem-se ainda os danos devidos a fraturas ou entupimentos dos tubos de águas pluviais nas fachadas dos edifícios, que muitas vezes conduzem ao destacamento de todo o revestimento da parede ao longo do tubo, com o crescimento de vegetação, numa largura média variável de 1 a 2 m.

13.1 Meios de diagnóstico de anomalias estruturais

As intervenções a realizar nos edifícios antigos devem ser precedidas de um diagnóstico exaustivo e, sempre que possível, com recurso a técnicas pouco intrusivas. Assim, para além de uma inspeção visual minuciosa e levantamento das condições estruturais do edifício em estudo, pode recorrer-se a técnicas não-destrutivas, para avaliação da integridade da construção.

Sempre que o valor patrimonial do edifício não seja posto em causa, os resultados da avaliação efetuada pelas técnicas referidas podem ser complementados por um estudo laboratorial sobre zonas adequadas das paredes, e posteriormente sujeitos a ensaios. A principal dificuldade de aplicação destes ensaios mecânicos está na dimensão e no grau de representatividade das amostras, relativamente ao universo das paredes do edifício.

14 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NOS REVESTIMENTOS DAS PAREDES DE BARRO

14.1 Introdução

Sabe-se que todos os materiais utilizados nos sistemas construtivos em edificações históricas, gradativamente perdem as características de desempenho ao longo do tempo. Este fato tende a se agravar quando atividades de manutenções e conservações são negligenciadas ou ignoradas, potencializando as possibilidades de manifestações patológicas. A Figura 38 mostra a perda das características de desempenho ao longo do tempo e a falta de manutenção.



Figura 38 - Manifestações patológicas nos revestimentos tradicionais
Fonte: Acervo do IEPHA.

As manifestações patológicas, principalmente as externas, comprometem muito a resistência, a durabilidade e a estética do monumento e também no aumento da insegurança do usuário. Os antigos construtores tinham uma tendência a se aterem mais em questões de resistência e desempenho estrutural em detrimento à durabilidade ao longo do tempo.

Os problemas da degradação construtiva somado às manifestações patológicas das fachadas históricas não levou muita atenção por parte dos engenheiros e pesquisadores da área de materiais de construção. No entanto, estes materiais, ao longo de sua vida, sofrem muitas mudanças físicas e mecânicas

induzidas pelo clima e agentes atmosféricos, podendo levar a consequências dramáticas não somente do ponto de vista funcional, mas também do ponto de vista cultural.

Um outro problema é que muitos trabalhos de recuperação e restauração, com a utilização de técnicas e materiais modernos, tais como a utilização de materiais cimentícios empregados nas novas argamassas para a recomposição ou restauração dos revestimentos argamassados em paredes históricas, causaram mais danos do que benefícios por causa de interações negativas dos materiais cimentícios com os materiais originais à base de cal, terra e areia sobre as alvenarias de barro, cerâmicas e pedras, aumentando desta maneira ainda mais as manifestações patológicas sobre os revestimentos argamassados das fachadas históricas e, conseqüentemente, diminuindo a resistência e durabilidade dos monumentos históricos.

As manifestações patológicas encontradas em revestimentos argamassados podem se apresentar como resultado de uma ou mais causas, das quais são citadas pelos pesquisadores, como por exemplo:

- Fatores externos aos revestimentos;
- Má aplicação dos revestimentos;
- Mau proporcionamento dos constituintes das argamassa;
- Tipo e qualidade incompatíveis dos materiais utilizados no preparo das argamassas;
- Os agentes atmosféricos, os agentes químicos e os agentes biológicos;
- A perda e a falta de conhecimento de mão-de-obra para trabalhos de mistura e preparo das argamassas de cal, areia e terra.

14.2 Levantamento das manifestações patológicas

Serão ilustradas, a seguir, as principais manifestações patológicas identificadas nas paredes e fachadas das edificações históricas em Minas Gerais do século XVIII e XIX, na maioria das vezes relacionadas à presença de umidade, variações de temperatura, radiação solar, alterações físicas e químicas em consequência destas ações.

14.3 Principais manifestações patológicas identificadas conforme ilustrações

Numa primeira etapa pretende-se sintetizar as alvenarias existentes como fachadas dos monumentos históricos em Minas Gerais e como eram executadas antes mesmo do recebimento dos revestimentos argamassados constituídos de ligantes hidráulicos e agregados. Já numa segunda etapa, enfatizar-se-ão aspectos relacionados às patologias dos revestimentos exteriores das fachadas.

14.3.1 Manifestações patológicas em revestimentos argamassados

14.3.1.1 Eflorescência

São manchas de umidade e há presença de um pó branco pulverulento acumulado sobre a superfície do revestimento (CINCOTTO). Em geral este tipo de eflorescência somente modifica o aspecto estético, não sendo prejudicial à alvenaria. Entretanto, se o seu acúmulo se dá na interface alvenaria/pintura, a película de pintura poderá se destacar. As Figuras 39 e 40 exemplificam as patologias manifestadas nos diversos tipos de paredes revestidas das edificações históricas do Estado de Minas Gerais.

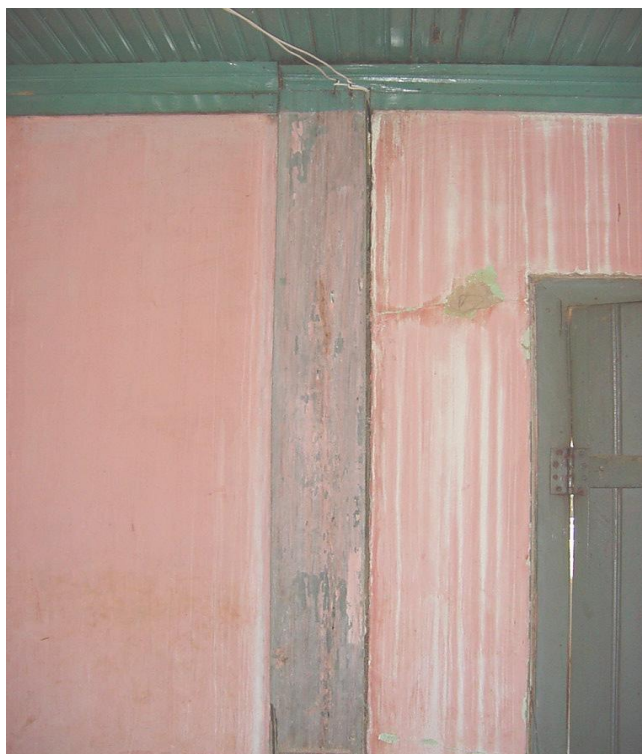


Figura 39 - Detalhe eflorescência nos revestimentos
Casarão Verde – Catas Altas - MG
Fonte: Acervo do IEPHA.

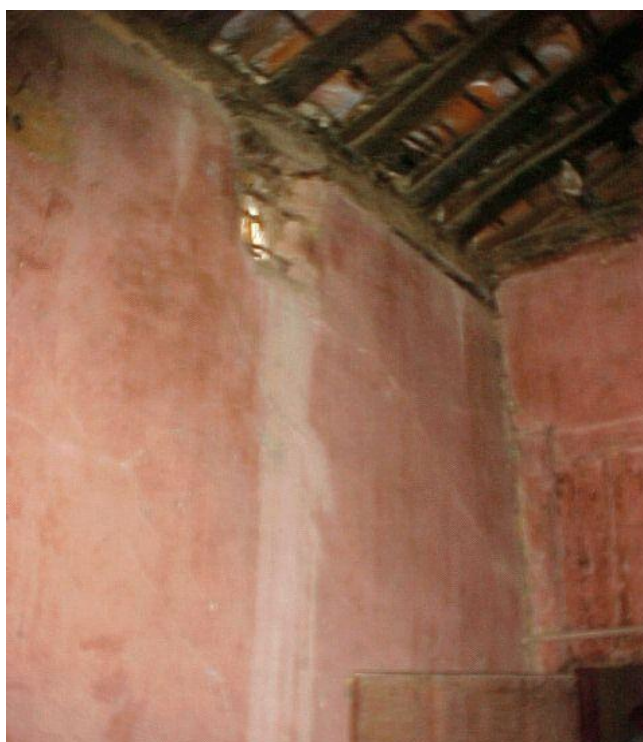


Figura 40 - Detalhe da eflorescência
Casarão Verde – Catas Altas - MG
Fonte: Acervo do IEPHA.

Causas prováveis:

Umidade constante, causada pela infiltração de água através das fundações, coberturas mal dimensionadas, até mal impermeabilizadas, utilização de tintas impermeáveis no recobrimento dos revestimentos, as eflorescências depositam-se entre a camada de tinta e a camada de argamassa (reboco), comprometendo, assim, a aderência de ambas; a presença de sais solúveis no elemento alvenaria, na água de emassamento ou umidade infiltrada, ou a insuficiência da hidratação do óxido de magnésio.

Recuperação:

Para a realização da recuperação das fachadas propõe-se como reparo:

- Eliminação da infiltração da umidade;
- Secagem do revestimento;
- Escovamento da superfície e a remoção do material pulverulento, seguida de lavagem com água abundante. A água deve penetrar na alvenaria, dissolvendo os sais existentes;

- Como último recurso, pode-se realizar a limpeza com uma solução de ácido clorídrico diluído com água, depois da alvenaria saturada de água, para evitar a penetração profunda do ácido, em seguida lavar com água abundante.

14.3.1.2 Vesículas

Aspectos observados:

Empolamento da pintura, apresentando-se as partes internas das empolas na cor: branca, preta, vermelho acastanhado e bolhas contendo umidade no interior, conforme as Figuras 41 e 42.



Figura 41 - Manchas de vesículas causadas devido a umidade e aplicação de materiais adulterados
Casa Rua da Bahia – Belo Horizonte - MG
Fonte: Acervo do IEPHA.



Figura 42 - Manchas de vesículas
Casa Rua da Bahia – Belo Horizonte - MG
Fonte: Acervo do IEPHA.

Causas prováveis:

Hidratação insuficiente de óxido de cálcio da cal, presença de pirita ou de matéria orgânica da cal, presença de concreções ferruginosas na areia, aplicação prematura da tinta impermeável.

14.3.1.3 Bolors

O aspecto predominante neste tipo de patologia são as manchas esverdeadas e escuras sobre a superfície do revestimento, bem como a observação de alguns casos de revestimentos em desagregação, ou até mesmo a decomposição de diferentes tipos de componentes dos revestimentos argamassados.

O emboloramento é uma alteração observável na superfície das camadas de revestimento como pode se observar nas Figuras 43 e 44, sendo uma consequência do desenvolvimento de microorganismos pertencentes ao grupo dos fungos, que absorvem nutrientes do meio, reproduzindo e formando um conjunto de filamentos tubulares denominados hifas, que reproduzem os esporos.



Figura 43 – Análise do emboloramento
Amostra retirada Igreja Nossa Senhora Conceição
Matosinhos - MG
Fonte: Acervo do autor.



Figura 44 – Análise do emboloramento
Amostra retirada Igreja Nossa Senhora Conceição
Matosinhos - MG
Fonte: Acervo do autor.

O aspecto microscópico de uma superfície embolorada deve-se à presença de milhares de esporos coloridos, ou à presença de hifas pigmentadas, dando a impressão de manchas esverdeadas e escuras, que é a formação do bolor (Figuras 45 a 48).



Figura 45 - Manchas de bolors junto a fachada devido a umidade e infiltrações
Igreja Nossa Senhora do Rosário - MG
Fonte: Acervo do IEPHA.



Figura 46 - Manchas de bolors devido a umidade e inexistência de sol
Hospital Odilon Behrens – BH - MG
Fonte: Acervo do IEPHA.



Figura 47 - Manchas de bolor nas paredes internas devido a umidade ascendente
Museu Emerick Marcier – Barbacena - MG
Fonte: Acervo do IEPHA.



Figura 48 - Manchas de bolor e presença de vegetação junto a fachada causada pela falta de manutenção e infiltração
Fonte: Acervo do IEPHA.

No Brasil, seleção de produtos mais resistentes ao crescimento de fungos que são a formação do bolor é dificultada pela falta de técnicas padronizadas para cada material a ser testado. Como não existem normas técnicas para avaliar a tendência dos materiais ao crescimento de fungos, as empresas produtoras de argamassas de revestimentos, por exemplo, não são obrigadas a se preocupar com este item tão fundamental para a estética e a qualidade dos revestimentos. Já a indústria de tintas já está normalizando procedimentos para o controle de qualidade microbiológico, atenção que deveria ser também dada pelos produtores de argamassas. SHIRAKAWA, Márcia Aiko (1999)

Causas prováveis

As causas prováveis da formação dos bolores são a umidade constante, a baixa incidência de sol sobre a superfície, as variações térmicas, ambientais e também as colonizações e reproduções de microorganismos.

Recuperação

O desenvolvimento de bolor (formado por microorganismos) em fachadas pode ser prevenido através de cuidados desde os projetos até a limpeza da superfície contaminada, com o emprego de soluções fungicidas ou a substituição do revestimento pulverulento.

14.3.1.4 Descolamentos

Qualquer tipo de patologia que se refere ao descolamento do revestimento do substrato ou base, podemos concluir que é puramente a falta ou perda de aderência dos revestimentos de argamassas, que acarretam prejuízos econômicos importantes, muitas vezes afetando a integridade de verdadeiros tesouros do patrimônio histórico. Além destes prejuízos da perda da história ou testemunhos do passado, existem também as maiores preocupações inerentes ao fim da aderência, com eventuais prejuízos à habitabilidade e ao conforto, requisitos estes indispensáveis ao perfeito desempenho das edificações, além do comprometimento estético dos parâmetros como se pode observar nas Figuras 49 a 51. Em situações extremas, problemas ainda muito mais sérios podem ocorrer com o descolamento dos revestimentos, como foi relatado pelo Jornal de São Paulo, (em 26 de Fevereiro de 1993) cuja manchete era: "Dona de casa morre atingida por pedaço de reboco de prédio no Rio."

Dessa forma, torna-se fundamental conhecer os materiais, a interação argamassa/substrato, os mecanismos de ligação dos fatores intervenientes,

estabelecendo-se assim regras e recomendações práticas para a execução dos revestimentos argamassados.

A seguir apresentamos manifestações dos descolamentos.

14.3.1.4.1 Descolamento em placas

São observados os seguintes aspectos neste tipo de patologias:

- A placa apresenta-se endurecida e não quebradiça e quando percutida, o reboco apresenta som cavo.
- A placa apresenta-se endurecida mas quebradiça, desagregando-se com facilidade, e o reboco também apresenta som cavo ao ser percutido.
- A Figura 48 mostra o descolamento em placas causada pela incompatibilidade dos materiais do revestimento e da superfície.



Figura 49 - Descolamentos de revestimentos das fachadas do Sobradão em Minas Novas – Minas Gerais
Fonte: Acervo do IEPHA.



Figura 50 - Descolamentos de revestimentos das fachadas do sobradão em Minas Novas – Minas Gerais
Fonte: Acervo do IEPHA.



Figura 51 - Descolamentos de revestimentos
Fonte: Acervo do IEPHA.

Causas prováveis

- A existência de materiais estranhos, como a mica (compostos de ferro) entre a base e as camadas de revestimento.
- Argamassas muito ricas em aglomerantes.
- Argamassas aplicadas em camadas muito espessas.
- Quando a superfície é muito lisa, não permitindo uma eficaz aderência às camadas posteriores.
- Impregnações de materiais hidrafugantes sobre a superfície.
- A ausência de camada de chapisco sobre a superfície.

14.3.1.4.2 Descolamento com pulverulência

Os aspectos mais comuns de ocorrência desta patologia é a detecção das camadas de tintas que se descolam, arrastando consigo o reboco, que se desagrega com facilidade (Figuras 52 e 53) E o reboco apresenta-se com som cavo quando percutido.



Figura 52 - Descolamento com pulverulência causado pela excessiva presença de sais
Secretaria de Educação – Praça da Liberdade - BH
Fonte: Acervo do IEPHA.



Figura 53 - Descolamento com pulverulência -
Secretaria de Estado de Turismo
Secretaria de Educação – Praça da Liberdade - BH
Fonte: Acervo do IEPHA.

Causas prováveis

- Excesso de finos presentes nos agregados, bem como a utilização de traços pobres em aglomerantes.
- Utilização de argamassas a base de cal hidratada com carbonatação insuficiente;
- Utilização de composições muito ricas em cal.

14.3.1.4.3 Descolamento com empolamento

O aspecto da ocorrência desta patologia é o descolamento com empolamento (bolhas) do reboco sobre a camada do emboço e quando sob percussão o reboco apresenta som cavo. As Figuras 54 e 55 mostram fachadas com as presenças de cal adulterada nos revestimentos e na caiação.



Figura 54 - Descolamento com empolamento da fachada principal
Fonte: Acervo do IEPHA.



Figura 55 - Descolamento com empolamento das fachadas lateral e posterior
Fonte: Acervo do IEPHA.

Causas prováveis

As causas prováveis deste fenômeno é a infiltração da umidade ou a hidratação retardada do óxido de magnésio.

De todas as causas prováveis das patologias de descolamento das camadas de revestimento, a mais predominante em todas elas é o problema da umidade sobre os revestimentos, causando todos os desconfortos mencionados. Entre as umidades manifestadas nos revestimentos, podemos classificá-las como se segue.

- Umidade de absorção e capilaridade, com origem na absorção da água existente no solo pelas fundações das paredes e pavimentos, migrando para as fachadas.
- Umidade de infiltração, proveniente da água de chuva que penetra nas edificações através dos elementos construtivos descobertos ou desprotegidos.
- Umidade de condensação, proveniente do vapor de água que se condensa nas superfícies ou no interior dos elementos construtivos.
- Umidade accidental, proveniente de vazamentos do sistema de distribuição ou de coleta de água.

A frequência destes tipos de umidades citadas está associada à idade da edificação, ao clima, aos materiais e técnicas aplicadas incorretamente, conforme as FIG. 56 a 59 que irão exemplificar estas manifestações citadas na maioria das edificações históricas em Minas Gerais.



Figura 56 - Manchas de umidade provenientes de vazamentos das instalações ou umidade accidental
Fazenda Carreiras – Ouro Branco - MG
Fonte: Acervo do IEPHA.



Figura 57 - Manchas de umidade
1º Batalhão do Corpo de Bombeiros de BH
Fonte: Acervo do IEPHA.



Figura 58 - Manchas de umidade
Residência Montes Claros - MG
Fonte: Acervo do IEPHA.



Figura 59 - Manchas de umidade
E.E. Pedro II – BH - MG
Fonte: Acervo do IEPHA.

14.3.1.4.4 Fissuras horizontais

Os aspectos apresentados da ocorrência desta anomalia é o surgimento das fissuras ao longo de toda a parede, revelando-se através do descolamento e da existência de um som cavo nas camadas de reboco sob o teste de percussão.

Causas prováveis

- A expansão da argamassa de assentamento, por hidratação retardada ou insuficiente do óxido de magnésio da cal ou pela reação cimento-sulfato, devido à presença de argilo-minerais expansivos no agregado.
- Causados também indiretamente pela cristalização dos sais solúveis deixados pela água de construção, acarretando ao longo do tempo um aumento considerável dos cristais, tornando-se assim altas pressões que provocam o surgimento ou abertura de fissuras.

14.3.1.4.5 Fissuras mapeadas

São observadas através desta patologia o surgimento de fissuras de formas variadas e distribuídas ao longo de toda a superfície do revestimento argamassado.

Causas prováveis

- Espessuras de camadas de revestimento exageradas.
- A falta de conhecimento, omissão e o desrespeito pelos intervalos de tempo de cura entre uma camada e outra, levando a camada inferior à retração, oriunda de sua secagem, antes da aplicação da próxima camada.
- A aplicação de camadas de revestimento em condições atmosféricas desfavoráveis.
- O não acompanhamento do processo de cura especificado às camadas de revestimento argamassado.

Nas Figuras 60 a 62 são exemplificadas fachadas fissuradas devido ao recalque de fundação e pelo tráfego pesado próximo a edificação – Igreja Matriz em Conselheiro Lafaiete.



Figura 60 - Fissuras no revestimento causado pelo recalque do solo e fundação
Igreja Nossa Senhora Conceição – Conselheiro Lafaiete - MG
Fonte: Acervo do IEPHA.



Figura 61 - Fissuras no revestimento devido a fatores externos aos revestimentos
Igreja Nossa Senhora Conceição – Conselheiro Lafaiete - MG

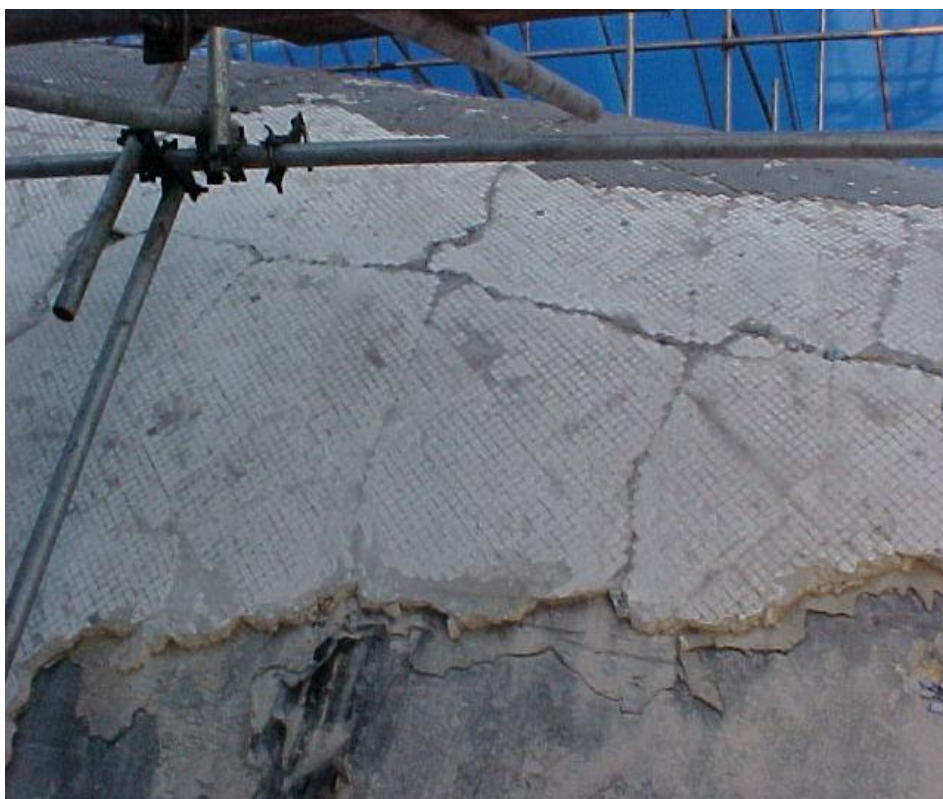


Figura 62 - Fissuras no revestimento causado pela incompatibilização das camadas de revestimentos sobre a laje de concreto da Igreja de São Francisco – Pampulha – Belo Horizonte
Fonte: Acervo do IEPHA.

14.3.1.4.6 Manchas

As manchas que normalmente aparecem nos revestimentos exteriores dos edifícios nos quais se utilizou argamassas à base de ligantes hidráulicos, são originárias de degradações físico-químicas e biológicas e prejudicam esteticamente as construções.

Tais manchas surgem por ação de três agentes principais: poeira, chuva e vento.

A poeira deposita-se nas fachadas, sob a ação do vento e de forças de adesão. Provoca manchas no revestimento de um modo uniforme e, caso seja removida posteriormente, através de agentes naturais de limpeza (também chuva e vento), pode provocar desigualdades de coloração.

A umidade propicia a adesão das poeiras sobre os paramentos, além de propiciar degradações superficiais das pinturas e das argamassas do revestimento, através da deposição e proliferação de poeira vegetal ou animal (por exemplo, algas, fungos, líquens, musgos etc.), que se nutrem dos sais minerais e matéria orgânica da própria construção ou são transportados na poeira que o vento deposita sobre os paramentos.

Por outro lado, o escoamento localizado de água nas superfícies de revestimentos exteriores pode provocar a perda de aderência e a erosão do material em deposição, quer seja por abrasão ou por dissolução, fato que origina as manchas localizadas, batizadas com o nome de "bigodes".

Na Figura 63, a seguir, pode-ser observar as localizações típicas de manchas nas fachadas, principalmente de origem parasitária e, por conseqüência, locais freqüentes de ocorrência de outras patologias (descolamento em placas, pulverulência etc.), inclusive a falta de conservação e omissão pelos proprietários.



Figura 63 - Manchas nas fachadas de origem parasitária
Além Paraíba - MG
Fonte: Acervo do IEPHA.

As manchas surgem não só dos agentes citados acima, mas também da falta de manutenção, conservação e do vandalismo (desrespeito ao patrimônio cultural). Serão mostrados estes tipos de degradações devido à falta de educação patrimonial e vandalismo nas Figuras 64 a 67.



FIGURA 64 - Manchas de vandalismo
Escola Barão do Rio Branco – Savassi – Belo Horizonte
Fonte: Acervo do IEPHA.



Figura 65 - Manchas de vandalismo
Escola Pedro II – Belo Horizonte
Fonte: Acervo do IEPHA.



Figura 66 - Manchas de vandalismo – Edificação situada entre a
Av. Afonso Pena e Av. Bernardo Monteiro – Belo Horizonte
Fonte: Acervo do IEPHA.



Figura 67 - Manchas de vandalismo
Viaduto Santa Tereza – Belo Horizonte
Fonte: Acervo do IEPHA.

15 PROCEDIMENTOS PREVISTOS PARA REPAROS DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM REVESTIMENTOS ARGAMASSADOS DAS EDIFICAÇÕES HISTÓRICAS

15.1 Introdução

O presente relato inclui uma reflexão sobre os procedimentos a serem realizados nos serviços de recuperação e restauração sobre as diversas camadas de revestimento e pintura em monumentos históricos, com vista a avaliar as composições destas camadas e o grau de deterioração dos revestimentos existentes sobre as fachadas, com a finalidade de dar suporte aos projetos integrados de restauro, bem como nas especificações de materiais, baseado em uma abordagem que responda com fidelidade aos aspectos históricos.

A reabilitação, a recuperação, o reparo e a reconstituição em edificações históricas são muito importantes para resgatar a memória cultural e histórica de uma comunidade. A grande dificuldade atualmente para a recuperação e manutenção dos revestimentos sobre fachadas de uma edificação histórica passa pela conservação de técnicas construtivas tradicionais, e pelo uso de materiais compatíveis, geralmente os mais similares possíveis aos originais. Porém, intervenções inadequadas, como a remoção do revestimento original e a sua substituição à base de ligantes cimentícios, podem causar anomalias devido a incompatibilidade entre elementos pré-existentes e os novos materiais.

Um dos problemas da deterioração apontado nas manifestações patológicas nos edifícios históricos está grandemente associado à falta de manutenção e restauração de argamassas, reboco e pintura. Se as alvenarias de tijolo, pedra, cerâmica ou barro não forem conservadas com materiais compatíveis e ficarem expostos à ação do tempo e dos agentes causadores das patologias, a deterioração será mais acelerada.

É muito importante a preservação e conservação dos revestimentos exteriores que cobrem as superfícies das fachadas de uma edificação histórica, porque são elementos fundamentais da estrutura edificada, pois além de terem uma função protetora, também possuem, muitas vezes, uma função decorativa relevante, sendo assim, testemunho do tempo e do passado, estas camadas de revestimento devem ser preservadas devido à sua importância técnica, histórica, protetora e

estética. Desta forma, qualquer tipo de reparo ou serviço de manutenção deve passar pela conservação das técnicas construtivas tradicionais e do estudo minucioso da caracterização das diversas camadas de revestimentos, inclusive das camadas de pintura, e pelo uso de materiais de reparação e recuperação compatíveis e os mais similares possíveis dos originais.

É importante salientar que os métodos empregados para a conservação e a recuperação de revestimentos exteriores variam conforme o tipo de deterioração e os materiais necessários para a sua preservação. Deste modo, é necessário em qualquer trabalho de restauro, uma análise prévia criteriosa do estado de conservação do revestimento, e que esta ação seja realizada por um profissional capacitado, para que sejam corretamente estabelecidos os métodos e materiais usados.

15.2 Recomendações e procedimentos para recuperação das patologias nos revestimentos argamassados nas fachadas

15.2.1 Descrição das fases dos procedimentos

A primeira fase do trabalho para as especificações dos procedimentos a serem aplicados para os serviços de recuperação e reparos, é a avaliação visual e o reconhecimento da edificação, o preenchimento de formulários onde sejam descritos o estado de conservação e os tipos de patologias encontrados em todas as fachadas e as técnicas de construção e acabamentos existentes.

As fases posteriores incluirão:

- Análise do local para identificação cromática, ou seja, uma investigação histórica sobre o cromatismo das fachadas da edificação ao longo do tempo, através de prospecções estratigráficas, com remoção das diversas camadas de pintura existentes , conforme Figuras 68 e 69.



Figura 68 - Prospecção de pintura para identificação das camadas pictóricas
Fonte: Acervo do IEPHA.



Figura 69 - Remoção de camada de pintura sobre pintura parietal
Fonte: Acervo do IEPHA.

- As cores serão identificadas através de uma análise comparativa face a padrões como o Atlas Cromático, conforme Figura 70.



Figura 70 - Identificação de pintura - análise comparativa com Atlas Cromático
Fonte: Acervo do IEPHA.

- Extração de amostras do reboco com as diversas camadas de pintura para análises laboratoriais, depois das prospecções pontuais feitas em áreas menos degradadas das fachadas, isto para o conhecimento de sua aderência ao substrato, sua estrutura e composições. As amostras obtidas, retiradas após esta avaliação minuciosa, serão devidamente armazenadas e etiquetadas.

15.2.2 Análises laboratoriais das argamassas e pintura

Os métodos científicos aplicados aos monumentos históricos são muito importantes, pois permitem estabelecer uma conexão demonstrável entre as decisões de conservação ou restauro da edificação e as necessidades objetivas detectadas.

Os objetivos principais da aplicação destes métodos são:

- Determinar os materiais de composição e suas técnicas;
- Diagnosticar os processos das manifestações e as causas patológicas dos

revestimentos;

- Selecionar métodos de conservação e restauração mais adequados.

As análises a serem realizadas em cada camada da amostra do reboco e pintura serão basicamente as seguintes:

- 1- Corte estratigráfico com observação à lupa binocular. Método utilizado para identificar as diversas camadas existentes na amostra. A amostra deverá ser englobada numa resina, para sua consolidação, e depois cortada, polida e observada através de uma lupa. As camadas serão descritas e numeradas do interior para o exterior, indicando a sua cor, aspecto óptico, a morfologia dos pigmentos identificados, o tamanho das partículas. Este estudo pode ajudar a restituir a história do colorido da fachada, além de outras informações sobre os processos tecnológicos empregados na construção das camadas de revestimento existentes.
- 2- Determinação de resíduo insolúvel, método empregado, sobretudo para identificar o teor do resíduo insolúvel (inertes), nas amostras e assim procurar avaliar o seu traço na proporção provavelmente entre ligantes e inertes.

Importa salientar que as técnicas utilizadas nos itens 1 e 2 como a técnica de observação visual, de cortes estratigráficos e determinação do resíduo insolúvel, são suficientes para dar respostas às solicitações essenciais às especificações de técnicas e materiais a serem utilizados na conservação e restauro das fachadas históricas.

15.2.2.1 Descrição ilustrativa das fases dos procedimentos para avaliação e restauração das camadas de revestimentos

Serão mostrados procedimentos para avaliação e a restauração na seqüência das Figuras 71 a 88, as fases dos procedimentos para restauração das camadas de revestimentos.



Figura 71 - Prospecções pontuais, com ferramenta apropriada para registro das partes comprometidas
Fonte: Acervo do autor.



Figura 72 - Mapeamento das partes comprometidas após sondagens pontuais
Fonte: Acervo do autor.



Figura 73 - Extração de amostras em áreas menos degradadas das fachadas com ferramentas adequadas
Fonte: Acervo do autor.



Figura 74 - Remoção de amostra para conhecimento da sua composição, inclusive para identificação das camadas de pintura
Fonte: Acervo do autor.



Figura 75 - Remoção de amostra para conhecimento da sua composição, inclusive para identificação das camadas de pintura
Fonte: Acervo do autor.



Figura 76 - Armazenamento das amostras em sacos plásticos e etiquetados
Fonte: Acervo do autor.



Figura 77 - Amostras armazenadas para evitar contaminações
Fonte: Acervo do autor.



Figura 78 - Corte estratigráfico com observação à lupa binocular
Fonte: Acervo do autor.



Figura 79 – Preparo da amostra para análise das cores existentes
Fonte: Acervo do autor.

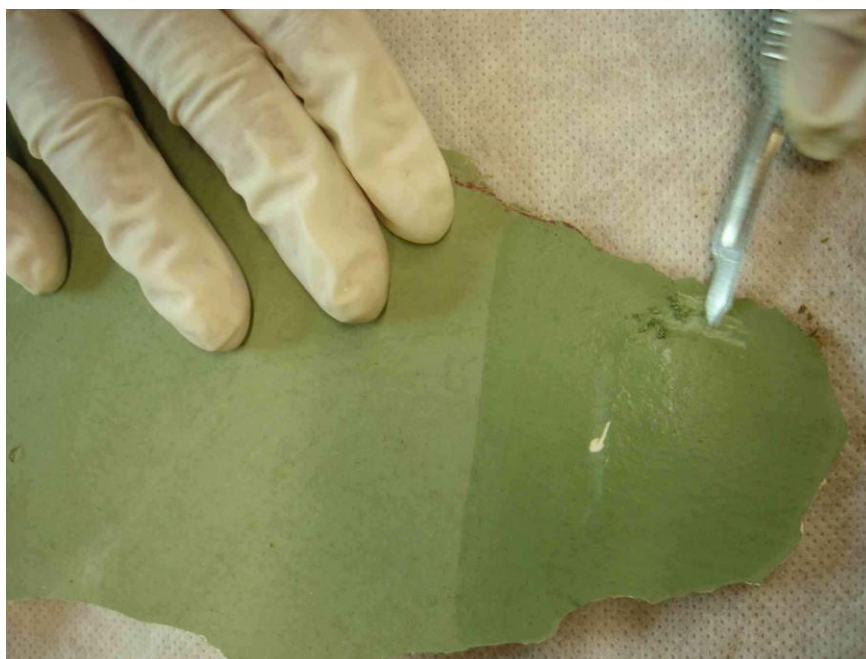


Figura 80 - Remoções das camadas de pinturas para
registro das camadas
Fonte: Acervo do autor.

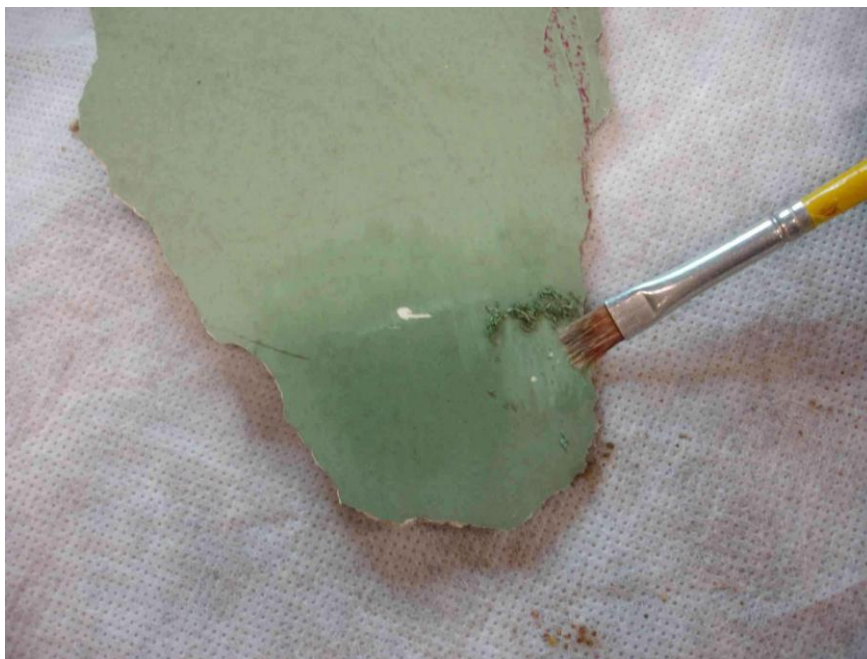


Figura 81 - Limpeza com raspagens das camadas de pintura para identificação das próximas cores
Fonte: Acervo do autor.



Figura 82 - detalhe das camadas de pintura
Fonte: Acervo do autor.



Figura 83 - Análise comparativa com o Atlas Cromático para informações da história do colorido da fachada
Fonte: Acervo do autor.



Figura 84 - Análise comparativa com o Atlas Cromático para informações da história do colorido da fachada
Fonte: Acervo do autor.



Figura 85 - Identificação dos teores constituintes da argamassa para informações sobre as técnicas construtivas aplicadas
Fonte: Acervo do autor.



Figura 86 - Identificação das camadas de revestimento
Fonte: Acervo do autor.



Figura 87 - Observação da presença de película de cal com a finalidade de aumentar a resistência a aderência das camadas posteriores
Fonte: Acervo do autor.



Figura 88 - Identificação da presença de fibras para aumentar resistência aos movimentos de expansão e retração
Fonte: Acervo do autor.

15.2.3 Procedimentos para os serviços de reparo das patologias

15.2.3.1 Eflorescência

- Eliminação da infiltração da umidade
- Secagem do revestimento
- Escovamento da superfície, seguida de lavagem com água
- Substituição do revestimento quando este estiver pulverulento, por outras camadas de composição convenientemente analisadas.

15.2.3.2 Vesículas

- Eliminação da infiltração da umidade
- Substituição da camada de reboco de composição similar à existente

15.2.3.3 Bolor

- Eliminação da infiltração da umidade
- Lavagem do revestimento com solução de hipoclorito (água sanitária)
- Reparo ou substituição do revestimento quando pulverulento, por outra camada de mesma composição ou similar à existente

15.2.3.4 Descolamento com empolamento

- Renovação da camada de pintura
- Substituição da camada de reboco quando deteriorado
- Consolidação ou fixação da camada de reboco com nata de cal ativada com adesivo

15.2.3.5 Descolamento com pulverulência

- Substituição da camada de reboco de composição convenientemente analisada

15.2.3.6 Fissuras horizontais

- Eliminação da infiltração e umidade
- Substituição das camadas de revestimentos
- Renovação do revestimento após hidratação completa da cal da argamassa de assentamento
- Especificação a adotar é em função da intensidade da reação dos constituintes expansivos
- Renovação da pintura após a completa cura dos revestimentos

15.2.3.7 Fissuras mapeadas

- Substituição das camadas de revestimentos
- Obediência às especificações do tempo de secagem entre as camadas
- Aplicação dos revestimentos em condições favoráveis

Execução de pintura após a completa secagem do revestimento

16 A IMPORTÂNCIA DA PINTURA A BASE DE CAL PARA A CONSERVAÇÃO E PROTEÇÃO DOS REVESTIMENTOS DAS CONSTRUÇÕES ANTIGAS

16.1 A arte de pintar sobre paredes das edificações históricas

A arte de pintar foi intensamente praticada pelos povos primitivos, em vários países do mundo, utilizando os corantes vegetais, carvão e calcários. Já os artistas misturavam pigmentos e aglutinantes para formar a tinta adequada à superfície, visando sempre a preservação dos valores físicos e estéticos dos monumentos históricos, podendo observar esta prática na Figura 89, que mostra a fachada de edifício antigo encontrado no Estado de Minas Gerais.



Figura 89 – Praça Tiradentes – Ouro Preto
Fonte: Acervo do IEPHA.

Atualmente, com a existência de uma imensa gama de processos que alcançaram o mesmo resultado, tornam este "como fazer" um dos maiores problemas da recuperação e reconstituição das pinturas sobre paredes. Na opção, no processo seletivo de especificações dos procedimentos, técnicas e materiais utilizados na reconstituição, está vinculado ao conhecimento científico. O uso de novos materiais deve levar em consideração seu comportamento, compatibilidade e estabilidade futura e se restringir àqueles cuja eficiência esteja comprovada cientificamente.

A recuperação de pintura sobre paredes em monumentos históricos tem sua complexidade aumentada em razão da diversificação dos seus materiais de apoio, como alvenarias, argamassas, estuque, pedra e madeira. Da relação estrutural entre a camada pictórica e seu suporte, depende a conservação da pintura.

Com as prospecções realizadas em campo e os estudos analíticos dos processos, conclui-se que a pintura atua não só como força cromática ou estética, mas como elemento protetor, integrador e utilitário na uniformidade do aspecto construtivo da edificação, proporcionando unidade na diversificação dos elementos do processo construtivo e na proteção da durabilidade dos revestimentos.

Quando das especificações dos materiais e técnicas para a recomposição ou substituição das pinturas nas fachadas, a técnica utilizada deverá ser semelhante a original, a base de água, que apresentará maior resistência contra a ação dos agentes de deterioração de origem física, química e biológica e que mantenham a capacidade de troca da umidade existente da superfície e argamassa com o ambiente atmosférico.

Como sabemos, a técnica de pintura com utilização de tintas preparadas à base de cal, é a mais adequada e mais durável para aplicação sobre revestimentos antigos, pois, se adequadamente aplicada, cria fortes ligações químicas intersticiais entre as diversas camadas. Portanto, este é o sistema de pintura mais adequado para o edifício.

16.1.1 Tinta com pigmentos

A tinta é uma composição líquida preparada com aglutinante e pigmento. Ao ser aplicada sobre uma base, forma película protetora. Portanto, a tinta deve secar em um espaço de tempo razoável, endurecer e permitir uma distribuição uniforme. Como pigmento para as paredes de edificações históricas, predomina o pigmento branco, e o utilizado era o pigmento da cal hidratada, por ter excelente poder de cobertura como componente da tinta. Essa virtude é atribuída a diversas características como cor extremamente branca, opacidade de seus elementos e o adensamento provocado pela recarbonatação de seus hidróxidos. Outras características importantes do produto são o baixo custo, alta refletividade, propriedade asséptica e a beleza que atribui às superfícies das construções. São razões que justificam o uso da cal hidratada em pintura das edificações históricas.

Pigmento é um sólido colorido, finamente dividido, que fica suspenso como partículas discretas no veículo no qual é usado como tinta. Possui propriedades físicas diferentes (tamanho, formas etc.) que lhe conferem características foscas ou brilhantes, opacas ou transparentes.

Os pigmentos devem ser quimicamente inertes e resistir à ação da luz solar. Eles são incorporados às tintas por razões técnicas particulares ou econômicas.

Aglutinante é o elemento que exerce a função de ligante dos pigmentos entre si e, ao mesmo tempo, lhes confere o poder de adesão a um determinado

suporte, formando uma película. Podemos utilizar dos seguintes aglutinantes: óleos secativos, resinas, ceras, colas etc.

16.1.2 Procedimentos para recuperação de pintura

Para avaliação e recomposição das pinturas sobre revestimentos são recomendáveis as prospecções e o estudo analítico nas camadas de pintura existentes. Nas Figuras 90 a 92 é possível exemplificar alguns procedimentos destas prospecções das camadas de pintura sobre revestimentos.



Figura 90 - Registro das diversas camadas de pintura existentes. As camadas serão descritas e numeradas do interior para o exterior indicando sua cor original
Fonte: Acervo do autor.

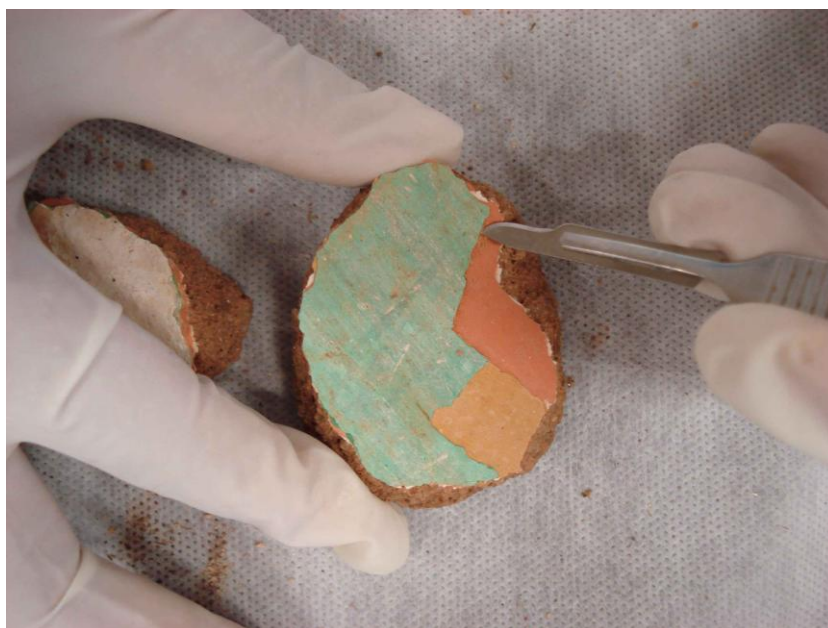


Figura 91 - Procedimentos em laboratório para avaliação das cores nas intervenções
Fonte: Acervo do autor.



Figura 92 - Procedimentos em laboratório para avaliação das cores nas intervenções
Fonte: Acervo do autor.

Esses processos poderão concluir que a pintura atua não só como força cromática ou estética, mas como elemento protetor, integrador e utilitário na uniformidade do aspecto construtivo da edificação, proporcionando unidade na diversificação dos elementos do processo construtivo.

Quando da substituição das pinturas das fachadas e paredes, a técnica utilizada deverá ser semelhante à original, à base de água, com pigmentos brancos (a cal hidratada), que apresentarão maior resistência contra a ação dos agentes de deterioração, de origem física, química e biológica e que mantenham a capacidade de troca ambiental da alvenaria e argamassa.

Para concluir, serão mostradas algumas fotos (Figuras 93 a 104) ilustrando as “riquezas e a diversificação da cor na Arquitetura e Cidade que têm relação direta com a liberdade de criar e com a liberdade de viver.” (Ítalo Campofiorito – Palavras).

Este colorido nas edificações históricas encontra-se espalhada em todo o Estado de Minas Gerais.



Figura 93 - Capela Senhor do Bonfim – Santa Luzia
Fonte: Acervo do IEPHA.

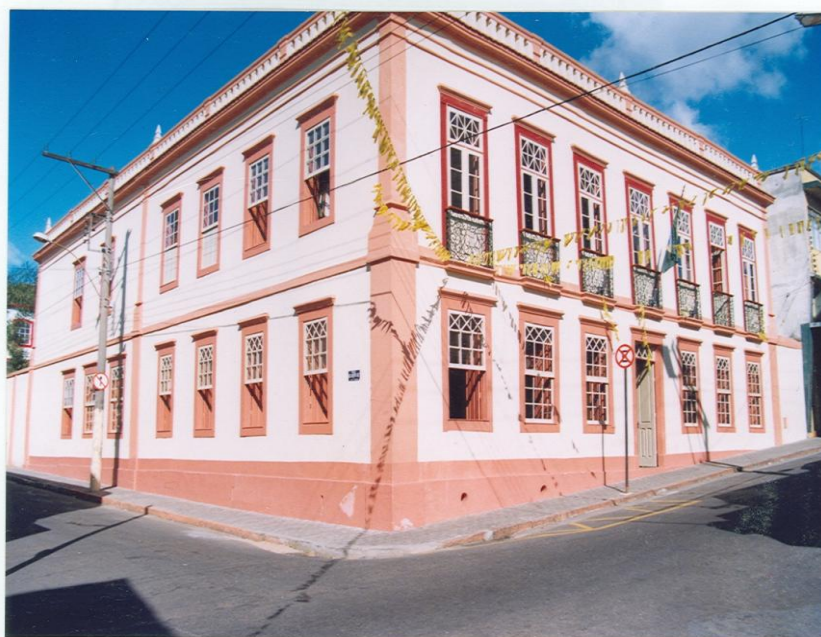


Figura 94 - Casa da Cultura – Lavras – Minas Gerais
Fonte: Acervo do IEPHA.



Figura 95 - Rua Direita 101 – Santa Luzia – Minas Gerais
Fonte: Acervo do IEPHA.



Figura 96 - Rua Direita 561 – Santa Luzia
Fonte: Acervo do IEPHA.



Figura 97 - Fachada Principal – Santa Luiza
Fonte: Acervo do IEPHA.



Figura 98 - Casa na Praça da Estação – Raposos/MG
Fonte: Acervo do IEPHA.



FIGURA 99 - Ubá – Minas Gerais
Fonte: Acervo do IEPHA.



Figura 100 - Matriz da Igreja São Braz do Suassuí – MG
Fonte: Acervo do IEPHA.



Figura 101 - Matriz de Santo Antonio – Mateus Leme – MG
Fonte: Acervo do IEPHA.



Figura 102 - Sony – Montes Claros – MG
Fonte: Acervo do IEPHA.



Figura 103 - Museu de Uberlândia – MG
Fonte: Acervo do IEPHA.



Figura 104 - Ouro Fino – MG
Fonte: Acervo do IEPHA.

17 ESTUDO DE CASO II

Restauração das fachadas e estruturas de madeira, inclusive entelhamento, da Capela de São José – Minas Novas

O objetivo deste relato é identificar e descrever as técnicas construtivas utilizadas na recuperação das paredes de adobe e das estruturas de madeira, inclusive a reconstituição das argamassas aplicadas nas paredes da capela de São José – Minas Novas/ MG.

Desta forma serão descritos os procedimentos e recomendações aplicadas no serviço de recuperação e reconstituição das paredes e cobertura da capela de São José, dentro do contexto real da edificação, da região e das condições socioeconômicas da cidade de Minas Novas.

A edificação restaurada neste relato respeitou as três condições mínimas, que irão manter o valor histórico das distintas épocas:

- 1- a sua importância histórico-arquitetural;
- 2- a importância das técnicas construtivas existentes;
- 3- a autenticidade dos materiais.

Capela de São José, Minas Novas

Relatório de acompanhamento da recuperação das paredes de adobes e revestimentos argamassados

Segundo o relatório de visita para diagnóstico das condições físicas da Capela de São José, realizada pelos técnicos do IEPHA/MG, nos dias 15 e 16 de Setembro de 1997:

[...] a alvenaria apresenta fissuras verticais profundas espalhadas pelas paredes da nave e capela-mor. As fissuras ocorrem mais na parte externa, mas são encontradas também na face interna das paredes. Partem do topo destas seguindo em direção à base com inclinações aproximadas de 80° e 90°. A desagregação ocorre, ao que tudo indica, a partir da região correspondente ao encontro da cobertura e alvenaria. Isso deve ser causado por infiltração de águas pluviais, movimentação do madeirame do telhado, enfraquecimento da alvenaria ou mesmo uma combinação de todos esses fatores.

Com o início do trabalho de recuperação da Capela, em julho de 1998, observou-se (ver fotos 85 e 86) que a estrutura básica do telhado apresentava-se em bom estado, executando os contrafrechais, peças mais externas das estruturas e, portanto, mais expostas. No entanto, constatou-se não haver ocorrido movimentação da estrutura do telhado, como considerou-se à época da vistoria.

A outra hipótese considerada, infiltração de águas pluviais, realmente contribuiu para o processo de desagregação entre os panos de alvenaria uma vez que componentes de barro cru são altamente suscetíveis à formação de fissuras em função das grandes variações volumétricas que a argila apresenta ao variar seu teor de umidade. Além disso, ao retirarmos a camada de revestimentos nas regiões afetadas, observou-se a irregularidade no aparelho da alvenaria com formação de juntas aprumadas próximo aos encontros entre paredes, na nave e na capela-mor: o ângulo de concorrência das paredes (135°) e a pequena extensão dos panos (~2,50 m) dificultaram a manutenção do aparelho de alvenaria de adobes com juntas amarradas e determinaram a conformação de juntas a prumo (ou aproximadamente a prumo) por três ou mais fiadas. Sob a ação da umidade, componentes de alvenaria assentados com juntas aprumadas, independente da natureza do material constituintes dos blocos ou tijolos, é condição propícia para que ocorram movimentações higroscópicas que tendem a provocar o destacamento entre as

paredes, tais destacamentos possibilitam a penetração de umidade para o interior do edifício, agravando o processo e aumento da amplitude das movimentações reversíveis em toda a alvenaria.

Outro aspecto fundamental para diagnóstico das patologias, também evidenciado após a demolição do revestimento nas áreas afetadas, está ilustrado nas fotos 08, 09, 10 e 11: em alguma das intervenções anteriores, por volta de 1981, houve a tentativa de recuperação das fissuras com emprego de argamassa rígida de cimento e areia que, apesar de não aderirem às superfícies dos tijolos de adobe, não apresentavam aberturas significativas na interface adobe-argamassa, sugerindo estar a edificação acomodada em nova posição de equilíbrio. Trabalhou-se, a partir daí, com a hipótese da ocorrência de recalques já estabilizados na base da edificação, devido a movimentações em seu entorno provavelmente associadas ao tráfego progressivamente mais intenso e pesado nas ruas que as circundam. Observe-se, nas fotomontagens 93 e 94 a recomposição da pavimentação da rua com componentes intertravados, reforçando a afirmativa. A hipótese da fissuração decorrente de movimentações no terreno foi aventada no relatório do IEPHA citado acima: “[...] no copiar, o piso de lajotas apresenta fissuras entre as fileiras que se propagam para as paredes em determinados pontos, o que indica uma possível movimentação do terreno sob o copiar.” Considerou-se, pois, que as deformações impostas ao edifício foram absorvidas nas paredes nos pontos que ofereciam menor resistência: as juntas de assentamento e nas posições onde essas encontravam-se a prumo, tendo sido observada uma única ocorrência de fissuração no componente de adobe (ver foto 38). O aumento das aberturas das juntas entre os componentes de adobe refletiu nas camadas de revestimento, fissurando-as.

A partir do diagnóstico acima descrito, a correção consistiu em promover a amarração entre os panos de parede introduzindo componentes de adobe, de dimensões e locais apropriados, de forma a quebrar a continuidade vertical das juntas e possibilitar a absorção mais uniforme de cargas e de movimentações reversíveis nos painéis de alvenaria e, portanto, permitindo-lhes trabalhar em condições mais favoráveis. A seqüência de procedimentos está documentada e comentada a partir das fotos 12 a 29 após “costuradas” todas as fissuras as paredes receberam revestimento argamassado aplicados em duas camadas: emboço de argamassa composta de terra, areia e esterco, sobre ela, o reboco constituído de cal, terra e areia. A descrição detalhada dos procedimentos de campo está

apresentada nas fotos 127 a 138.

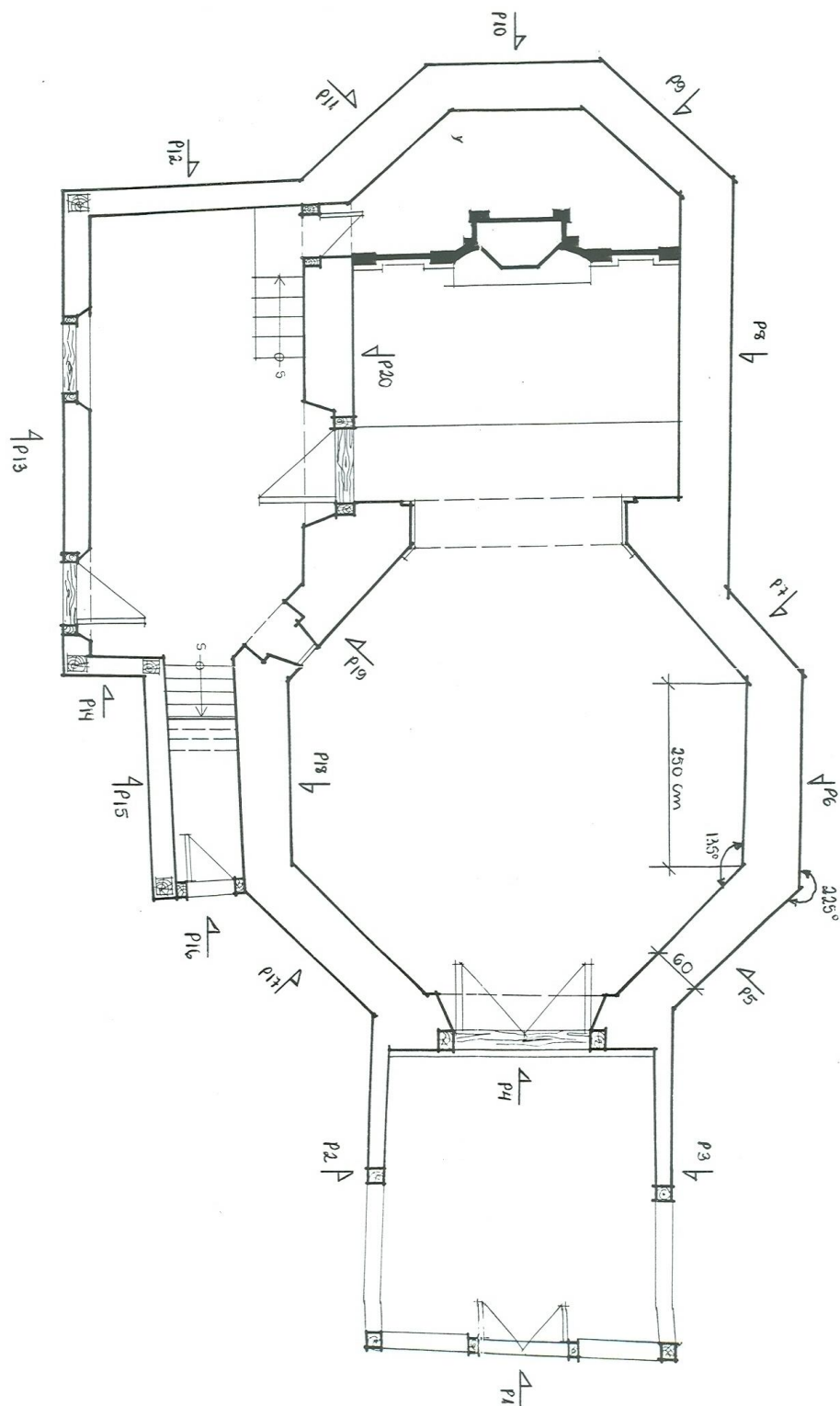


FIGURA 105 - Capela de São José – Minas Novas¹

¹ A fonte das FIG de 103 a 149 é: Acervo do IEPHA.



Figura 106 - Fotos 106a e 106b: Detalhe e vista da fachada principal da Capela São José após a demolição do revestimento nas áreas onde este apresentava fissurado. A remoção do reboco evidenciou-se a parede de adobe. No detalhe, observa-se a conformação de junta a prumo na ligação do volume da nave ao volume da torre sineira.



Figura 107 - Fotos 107a, 107b e 107c: Detalhe do revestimento. Após a retirada do revestimento observou-se a irregularidade do aparelho da alvenaria com formação de juntas aprumadas e o afastamento entre os componentes de adobes ocasionados por movimentações na edificação; a propagação da fissura deu-se a partir da interface da parede com a cobertura em direção a extremidade da verga de madeira sobre a porta principal, ponto onde observa-se um ligeiro abatimento do painel ocasionado pela deterioração da madeira.



Figura 108 - Fotos 108a e 108b: Detalhe do encontro das paredes: o ângulo de concorrência das paredes (135°) e a pequena extensão dos panos de parede ($\sim 2,50\text{m}$) dificultam sua manutenção do aparelho da alvenaria com juntas amarradas e determinaram a conformação de juntas a prumo por 3 ou mais fiadas.



FIGURA 109 - Fotos 109a e 109b: Detalhe de painel de alvenaria evidenciando a tentativa de recuperação de fissuras através de seu preenchimento com argamassa muito rígida de cimento e areia, possivelmente na intervenção de 1980. Observa-se a incompatibilidade entre as argamassas de cimento e areia e os componentes de barro cru impossibilitando o processamento dos mecanismos de aderência entre ambos. Apesar disso, ficou evidenciado nesses pontos haver ocorrido a acomodação da edificação em nova posição de equilíbrio, uma vez que o destacamento entre os panos de paredes não evoluiu desde então, não sendo observado aberturas na interface adobe-argamassa



Figura 110 - Fotos 110a e 110b: Fragmentos de argamassas endurecidas “retirados” dos remendos efetuados na alvenaria com espessura de até 5cm.



Figura 111 - Fotos 111a e 111b: Nesta parede P09, observa-se claramente a conformação de juntas aprumadas, situação no qual independentemente da natureza do material constituintes dos blocos, ocorreriam movimentações higroscópicas tendendo a provocar o destacamento entre as paredes. Tais destacamentos possibilitam a interiorização de umidade e nas paredes constituintes de tijolos barro cru – altamente suscetíveis às variações de umidade – favorece a formação de fissuras em função das grandes variações volumétricas que a argila apresenta ao variar seu teor de umidade.



FIGURA 112 - Fotos 112a e 112b: Componentes de adobe procedentes da demolição de uma residência para reaproveitamento



FIGURA 113 - Fotos 113a e 113b: Detalhe e vista parcial de residência demolida; alguns componentes de adobe foram reutilizados na recomposição dos painéis das paredes da capela.



FIGURA 114 - Fotos 114a e 114b: Componentes de adobe fabricados sobre encomenda para utilização na capela de São José e forma de madeira empregada. Observa-se, pela má qualidade dos componentes, a ausência de domínio da técnica e/ ou a inobservância dos procedimentos adequados para sua produção, como pó exemplo: parte de secagem desnivelado, homogeneização insuficiente da mistura e comprimento excessivo das fibras.



Figura 115 - Fotos 115a e 115b: Os componentes produzidos com 60cm de comprimento apresentaram fissuras típicas de retração por secagem devido, provavelmente, ao excesso de água de amassamento ou à perda brusca de umidade por exposição direta e intensa ao sol nas primeiras idades. Observou-se também, em alguns componentes, fissuras associadas ao empenamento das peças indicando a secagem diferenciada nas suas faces devido ao tempo inadequado de rotação das peças e exposição das faces. Na foto 23, componentes de menor comprimento, 30cm, onde observou-se menor incidência de defeitos acima descritos.



Figura 116 - Fotos 116a e 116b: Detalhe da parede 09 com a introdução de componentes de adobe com dimensões adequadas a execução da “costura” da alvenaria. Da produção de componentes de dimensões de 20x20x60cm foram selecionados aqueles que não apresentaram fissuração por retração inicial ou empenamento.

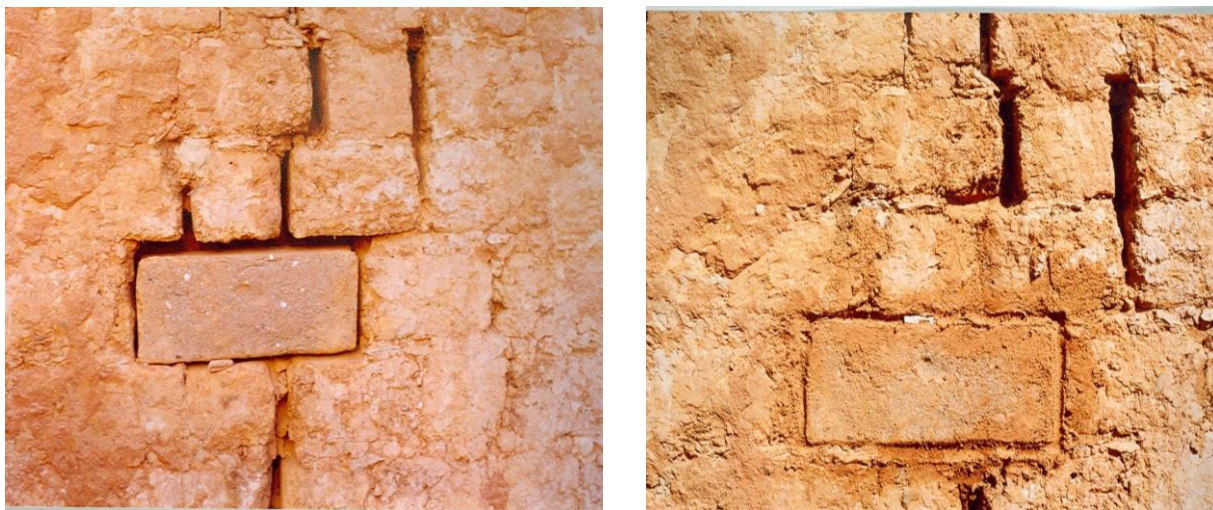


Figura 117 - Fotos 117a e 117b: Idem anteriores. Para argamassas de assentamento foi utilizado o barro com encunhamento de telhas cerâmicas.



FIGURA 118 - Fotos 118a e 118b: Idem, apresentando a seqüência de introdução de componentes, a cada 2 ou 3 fiadas e o rejuntamento com barro e pedaços de telha cerâmica.

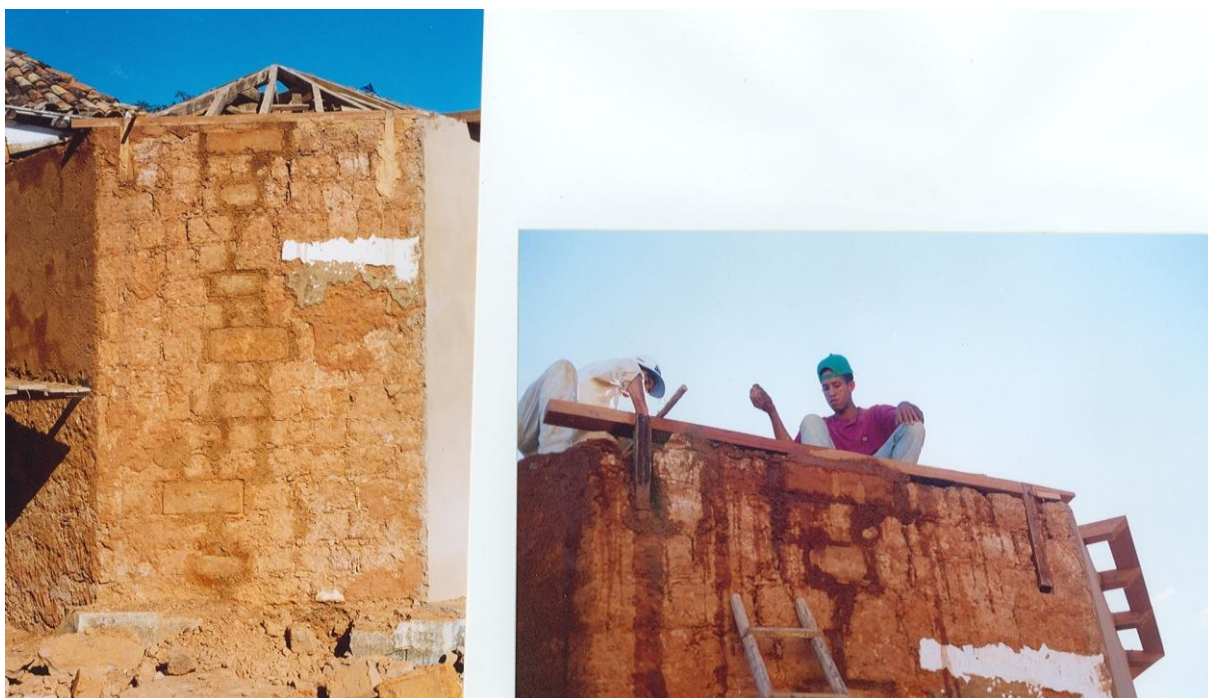


Figura 119 - Fotos 119a e 119b: Vista geral da parede 09 após consolidação dos panos contíguos da parede através da “costura” de alvenaria. Nesta parede foram introduzidos componentes enfiadas. No detalhe, assentamento do componente no topo da parede.



Figura 120 - Fotos 120a e 120b: Detalhe do topo da parede 08, onde observa-se, para última fiada, a consolidação de 2 tijolos atravessados para obtenção de espessura de parede de 60cm. Afiado subsequente apresenta tijolos de 20x20x30cm postos ao cumprido (de cutelo) alternados (com frequência irregular) com tijolos de 20x20x60cm atravessados (de fiação). Como mencionado, a particularidade no encontro das paredes em ângulos de 135° e a pequena extensão das mesmas parece ter dificultado a adoção de um aparelho regular na constituição dos painéis de alvenaria quando da construção das paredes da nave e da capela-mor.



Figura 121 - Fotos 121a e 121b: Detalhe do topo da parede 09, onde empregou-se tijolos colocados atravessados, mas com comprimento de 60cm, em toda a extensão da fiada.



Figura 122 – Foto 122: Detalhe da parede 07 onde observa-se a conformação de juntas aprumo em 3 fiadas consecutivas, o que determinou, no reboco, a conformação de um a fissura vertical. Nas extremidades da parede, vê-se a utilização de peças de madeira perpendiculares ao frechal atuando como travamento superior dos painéis de alvenaria, além da solidarização do telhado e paredes.

Foto 35: Verificação das características geométricas de P8, observando-se a perda de alinhamento em seu topo (abaulamento na parte central) e desnivelamento nas fiadas superior a 20cm (evidenciando visualmente na altura dos componentes de adobe que compõem a última fiada). Acima do vão da janela, vê-se o enxerto de argamassa introduzido em algumas das intervenções anteriores.



Figura 123 - Fotos 123a e 123b: Parede 8 antes e após o início da aplicação de argamassa de revestimento constituído por terra peneirada, areia média, esterco de boi e água. Após alguns traços experimentais, adotou-se o traço 1:1:2 (em volume).



Figura 124 - Foto 38: Detalhe da face interna da parede 9, no único ponto onde observou-se fissuração no componente de adobe.
Foto 39: Recomposição da face interna parede 11 com substituição de apenas um componente de adobe e rejuntamento das juntas com argamassa de terra e areia.



Figura 125 - Fotos 125a,125b e 125c: Parede 13 após a retirada do reboco, observou-se a existência de um vão de parede fechado, em data imprecisa, com emprego de adobes. Pela posição que ocupa na parede, pode supor sua função como púlpito. O fechamento do vão conformou uma reentrância (nicho) na face oposta da parede – na área de acesso à torre na torre da sineira. Observar verga de madeira sobre o vão. Esse vão foi reaberto na atual intervenção por orientação do IEPHA/MG propiciando melhores condições de circulação de ar e iluminação internamente à nave.



Figura 126 - Foto 126a: Idem anteriores: vista do vão após retirada dos adobes para sua reabertura.

Foto 126b: Parede 4: detalhe do óculo existente sobre a porta principal.



FIGURA 127 - Fotos 127a e 127b: Início do preparo de argamassa de barro e esterco para aplicação de revestimento sobre as paredes de adobe. Para o primeiro traço experimental, utilizou-se terra de formigueiro, livre de impurezas orgânicas, encontradas na própria edificação.



FIGURA 128 - Fotos 47 e 48: Mistura e homogeneização dos constituintes da argamassa – terra, areia e esterco – nas proporções 1:1.

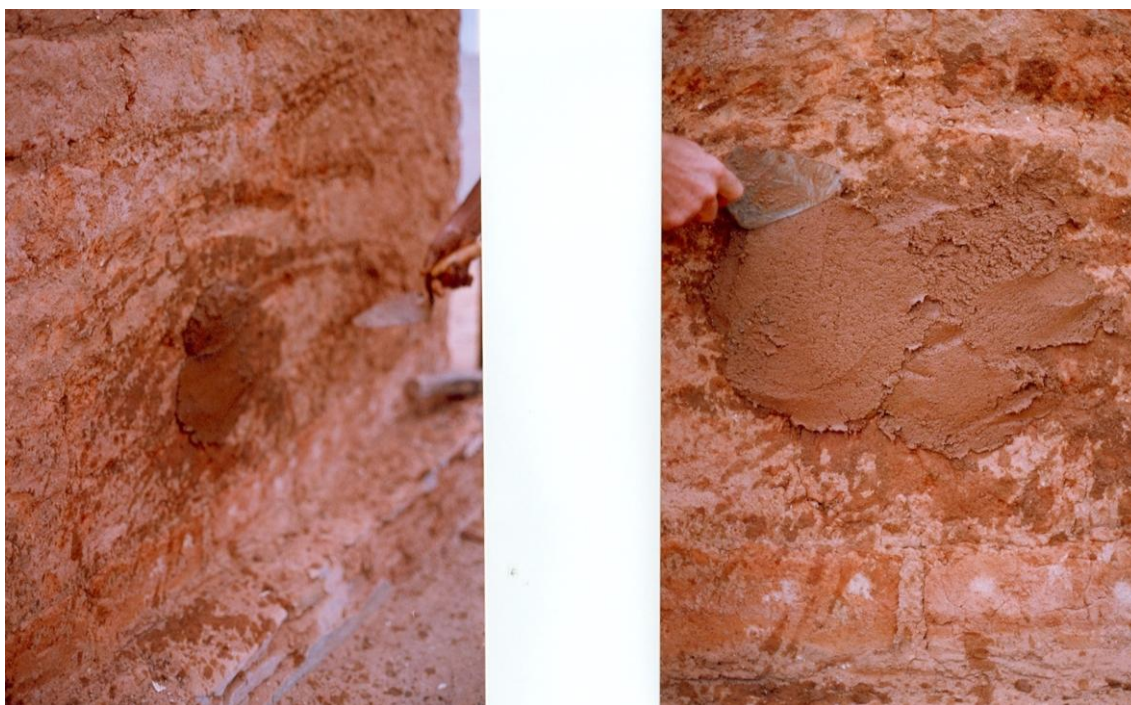


Figura 129 - Fotos 129a e 129b: Aplicação do traço experimental sobre parede 2 com colher – “chapando a massa” energicamente sobre a base e submetendo-a a compressão com a parte posterior da colher do pedreiro.



Figura 130 - Fotos 130a e 130b: Preparo de argamassa em maior quantidade, após sucessivos ajustes na dosagem experimental, adotou-se o traço 2:2:2:1 terra, areia, esterco para o emboço interno e externo. Não foi possível emprego da terra de formigueiro, pela dificuldade de obtenção nas quantidades necessária para toda a igreja.



Figura 131 - Fotos 131a e 131b: Idem anterior: optou-se pelo emprego de terra disponível peneirada com correção da granulometria pela adição de areia. A alteração deu-se basicamente pela relativa dificuldade de obtenção do esterco resultante da alimentação do gado com fibras (capim, cana braquearia) uma vez que, boa parte dos pecuaristas locais utiliza-se de ração para alimentação de seu gado.



FIGURA 132 - Fotos 132a e 132b: Após a definição da dosagem apropriada, passou-se a produzir argamassa em quantidade deixando-a “descansar” pelo menos 24 horas antes de sua aplicação. Esse procedimento contribuiu muito para melhoria das características da argamassa fresca, especialmente a trabalhabilidade, consistência, plasticidade e coesão, e no processo de endurecimento, a resistência, ou seja, capacidade de acomodar as deformações intrínsecas (retração na secagem e de origem térmica) sem fissurar.

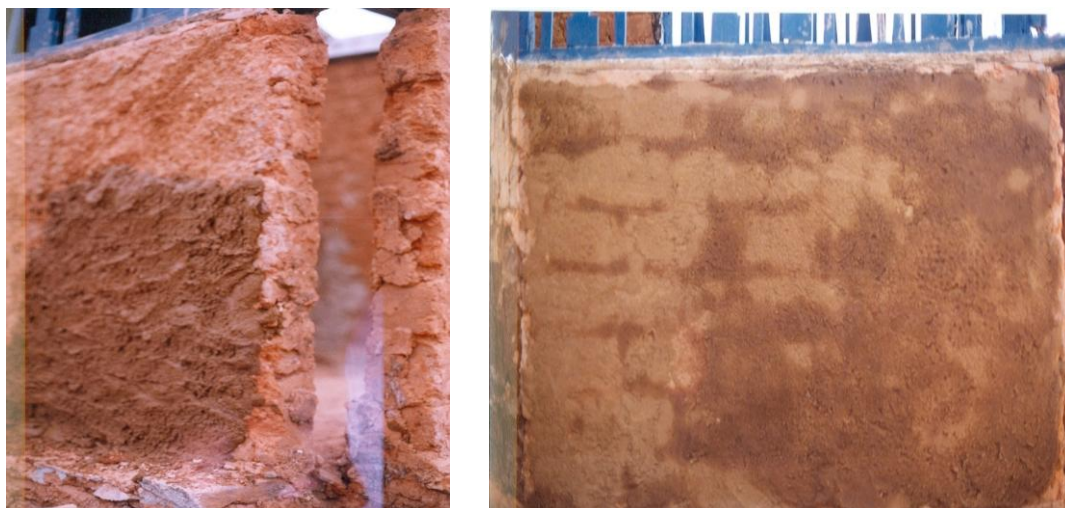


Figura 133 - Fotos 133a e 133b: A aplicação de emboço como base para o reboco, com regularização de pequenas imperfeições na planeza superficial da parede. A foto 63 foi tomada 24 horas após a aplicação do reboco e ilustra um maior tempo de “pega” e endurecimento exigido pelas argamassas à base de terra e estercos comparativamente às argamassas de cimento. Isso deve refletir no cronograma de execução de obras onde se prevê o emprego dessas argamassas implicando-se o período de execução da atividade. Para o emboço em paredes externas, o tempo mínimo para aplicação do reboco sobre camada de emboço foi em média de 2 a 3 dias variando segundo a espessura da camada aplicada e as condições climáticas, internamente, o tempo médio estendeu-se para 4 a 5 dias devido às condições menos propícias de exposição e de circulação de ar, retardando a “pega” da argamassa.

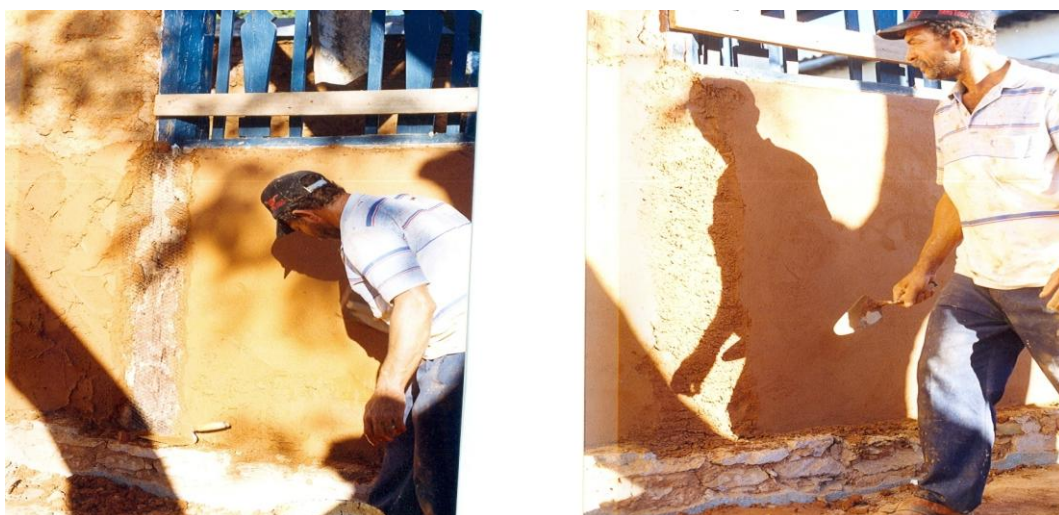


Figura 134 - Fotos 134a e 134b: Idem anteriores, destacando a introdução de tela metálica ancoradas à parede, para posterior aplicação do emboço sobre esteios de madeira abrangendo toda a interface desses com os painéis de adobe sobrepondo-se no mínimo 15cm para cada lado. Esse procedimento, além de necessário para a aderência do emboço à superfície de madeira, visa a observar as deformações higrotérmicas diferenciadas entre a madeira e o adobe, prevenindo o surgimento de fissuras verticais na interface esteio e adobe.



Figura 135 - Fotos 135a e 135b: Vista da parede 3 lateral esquerda do copiar. Essa parede foi em parte desmontada para correção do prumo e reestabelecimento da planeza afetada por deslocamento de um trecho do painel que projetou-se para fora de seu plano. Após retirada e reposição dos mesmos componentes de adobe, a parede recebeu a argamassa de emboço.

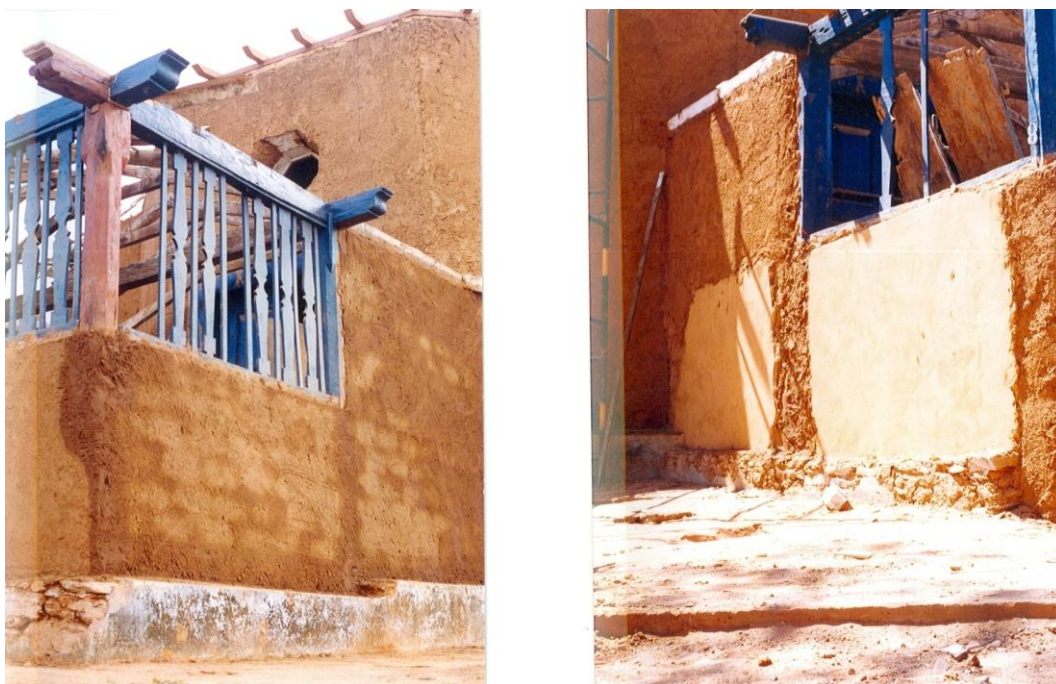


FIGURA 136 - Foto 136a: Parede 3 após aplicação do emboço. Foto 136b: Parede 2 após aplicação de traço experimental de argamassa de reboco sobre emboço já “curado”. Após dosagens experimentais, adotou-se o traço 1:1:7 cal, terra, areia.

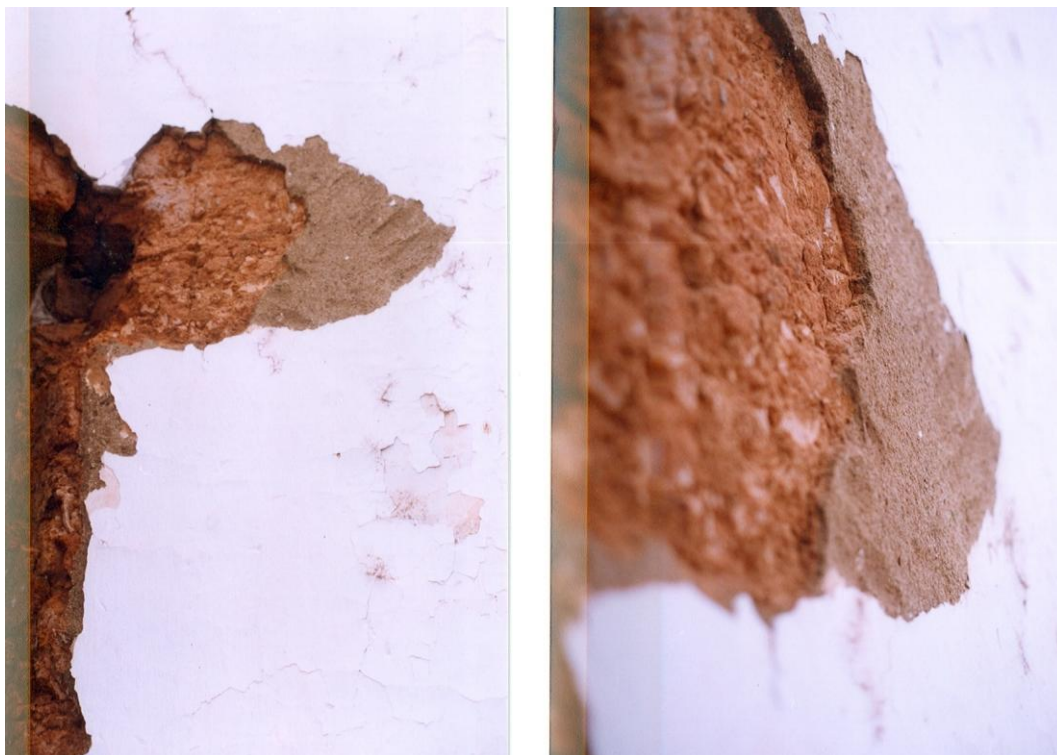


Figura 137 - Fotos 137a e 137b: Detalhe do trecho de parede 7, onde foi identificado o emprego de argamassa, de terra e esterco. Nessas áreas não houve demolição de revestimento devido ao bom estado de conservação e manutenção das características originais.



Figura 138 - Fotos 138a e 138b: Vista lateral esquerda da capela após aplicação do emboço.



FIGURA 139 - Fotos 139a e 139b: Detalhe do encontro da base da parede 6 com o topo do baldrame de pedra revestido. Observa-se a fresta formada entre os componentes facilitando a infiltração de água em toda extensão da junta. Foi recomendada a colocação de lajes de pedra ligeiramente inclinadas, protegendo as juntas e projetando as águas pluviais para o exterior da construção.



Figura 140 - Fotos 140a e 140b: Vista da cobertura da capela, durante serviço de entelhamento da capela-mor e a recuperação da estrutura de madeira da nave.

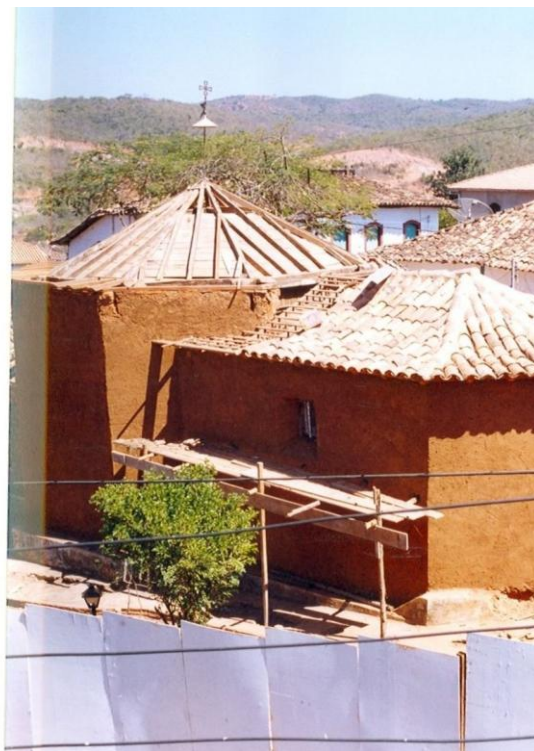
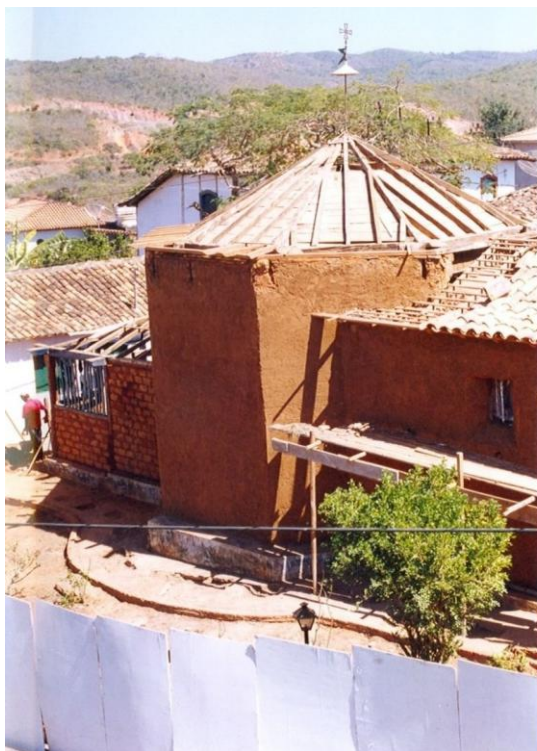


FIGURA 141 - Fotos 141a e 141b: Vista da cobertura da capela, durante serviço de entelhamento da capela-mor e a recuperação da estrutura de madeira da nave.



Figura 142 - Fotos 142a e 142b: Recuperação do esteio na confluência das paredes 15 e 16. esse encontrava-se parcialmente apoiado sobre um tripé executado com peça de madeira de pequena seção e todo conjunto “protegido” por um maciço de concreto ciclópico.



Figura 143 - Fotos 143a e 143b: Detalhe da base do esteio.



Figura 144 – Fotos 144a e 144b: Vista e detalhe do cunhal de madeira entre as paredes 15 e 16 após o escoramento do esteio para recuperação da estrutura. O tripé de sustentação foi retirado e executado uma emenda na peça, utilizando-se madeira da mesma espécie (aroeira) e de mesma seção.



Figura 145 - Fotos 145a e 145b: Execução de emenda em peça de madeira para recuperação do cunhal frontal do copiar. O trecho afetado pela unidade foi retirado e para reposição utilizou-se parte do outro esteio, também de aroeira, provavelmente da demolição de uma residência local.



FIGURA 146 - Foto 146a: Vista frontal da capela, após emboçamento da alvenaria de adobe. Vê-se, à direita da foto, o cunhal frontal esquerdo do copiar, peça substituída inteiramente com a utilização de aroeira. Foto 146b: Detalhe da estrutura de madeira do telhado sobre capela-mor, inclusive parte do forro do altar-mor.



Figura 147 - Foto 147a: Idem, destacando-se tesouras que compõem a linha da cumeeira. Foto 147b: A estrutura básica do telhado apresenta-se em bom estado, sendo necessária apenas a substituição do contra-frechal e peças transversais de travamento, além dos caibros e ripas.



FIGURA 148 - Foto 148a: Trecho da cobertura após a recolocação das telhas.
Foto 148b: Armazenamento de telhas retiradas da capela para reutilização.



Figura 149 - Fotos 149a e 149b: Procedimento para amarração de telhas com a utilização de arame galvanizado. A outra extremidade do fio é amarrada no ripamento.



Figura 150 - Fotos 150a e 150b: Arranjo de telhas, com a introdução de “cacos” de telhas nos interstícios formados entre 2 capas recomendado para a redução do volume da argamassa empregada para o embocamento da cumeeira. Esse procedimento, ao reduzir a espessura da argamassa, reduz a possibilidade da fissuração da mesma garantindo melhor estanqueidade do telhado.

**Conclusão dos Serviços de Restauração da Capela de São José – Minas Novas
– Minas Gerais.**



FIGURA 151 – Fotos 151a e 151b: Conclusão dos serviços de restauração da Capela de São José

18 CONSIDERAÇÕES FINAIS

18.1 RECOMENDAÇÕES PARA A CONSERVAÇÃO E PROTEÇÃO DAS EDIFICAÇÕES HISTÓRICAS

18.1.1 INTRODUÇÃO

A conservação é uma responsabilidade de todos nos. É necessário haver consciência da responsabilidade do que se está fazendo e do valor daquilo em cima do qual estamos trabalhando. E, para mantermos a integridade física das edificações históricas, não é preciso ser cientista e deter tecnologias avançadas, basta utilizar a nossa responsabilidade em preservar e manter viva nossa história, utilizando-se das recomendações descritas a seguir.

- 1) Fazer revisão da cobertura uma vez por ano, pelo menos no período das chuvas, observando:
 - estado de conservação do madeiramento;
 - telhas quebradas ou corridas;
 - calhas e condutores entupidos ou danificados.
- 2) Fazer imunização preventiva do madeirame, de dois em dois anos, observando a presença de cupins. Se houver, proceder a imunização imediatamente.
- 3) Fazer a manutenção imediata de elementos danificados no imóvel, tais como:
 - substituição de vidros quebrados;
 - reparo de fechaduras danificadas;
 - partes despregadas de tabuado do piso;Partes danificadas do reboco dentre outros.
- 4) Fazer revisão periódica – de dois em dois anos, pelo menos, das instalações hidráulicas, elétricas e de combate a incêndio; reparar imediatamente eventuais vazamentos nas instalações hidráulicas, evitar sobrecargas de energia com acréscimos improvisados nas instalações elétricas.

- 5) Evitar lavar com água os pisos de tabuado, principalmente quando houver forro sobre o mesmo. A manutenção dos pisos de madeira deve ser feita com aplicação de cera, e a limpeza deverá ser feita com vassoura e pano úmido – tais precauções evitarão danos aos pisos, forros e rodapés e, ainda, o apodrecimento dos pés dos esteios.
- 6) Fazer pintura periódica das paredes internas e externas, de acordo com a necessidade.
- 7) Não jogar água sobre:
 - paredes;
 - altares;
 - pintura.
- 8) Não soltar foguetes próximos ao telhado do monumento.
- 9) Em caso de surgimento de trincas nas paredes, verificar a causa e tomar providências para cessar o processo.
- 10) Manter a edificação em uso.
- 11) Manter a edificação sempre limpa, bem como os jardins e quintais bem conservados, com execução de podas das plantas nos períodos indicados e necessários.
- 12) Observar se as raízes de árvores próximas à edificação não estão afetando as fundações.
- 13) Em caso de necessidade de intervenção na edificação:
 - reformas, acréscimos, colocação de equipamentos novos, mudança de uso etc.;
 - solicitar ao órgão responsável assessoria técnica para colaboração em solução mais adequada.

Tais procedimentos atenuarão a deterioração das edificações, acarretando o aumento de sua vida útil e diminuindo os custos de restauração.

18.2 UMA JUSTIFICATIVA INTRODUTÓRIA À FORMAÇÃO E TREINAMENTO DA MÃO-DE-OBRA

Na necessidade de transmitir e melhorar os conhecimentos aos operários que nos ajudam nas atividades da Conservação e Restauração, é nosso dever ético contribuir para suas melhorias de forma beneficiar os trabalhos da restauração aprendendo com as pessoas simples que tem intimidade com os materiais e as técnicas construtivas, através de cursos e treinamentos no próprio canteiro de obras de maneira descontraída e pouco pretensiosa de passar conhecimento do saber fazer a essas pessoas que se interessam em apoiar as diversas tarefas da intervenção.

Para exemplificar esses projetos de formação e treinamento, serão ilustrados trabalhos sobre a transferência de saber fazer de mestre aos oficiais nos trabalhos de restauração e conservação.

Para exemplificar esses projetos, serão ilustrados trabalhos sobre a transferência do Saber e Fazer de mestres aos oficiais nos trabalhos da Conservação e Restauração.



Figura 152 – Foto 152: Reprodução da estrutura autônoma de madeira, conforme proposta para o reforço de fundação
Fonte: Acervo do autor.



Figura 153 – Foto 153: Prospecção e escavação do terreno para substituição de "pé de esteio", comprometido por sapata isolada de concreto armado
Fonte: Acervo do autor.



Figura 154 – Foto 154: Prospecção e escavação do terreno para substituição de "pé de esteio", comprometido por sapata isolada de concreto armado
Fonte: Acervo do autor.

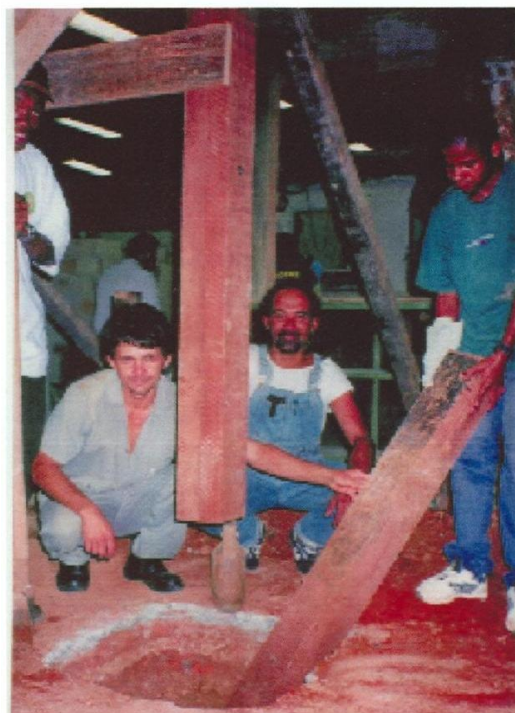


FIGURA 155 – Fotos 155a e 155b: Avaliação do comprometimento da peça de fundação, inclusive corte e remoção da peça totalmente apodrecida
Fonte: Acervo do autor.

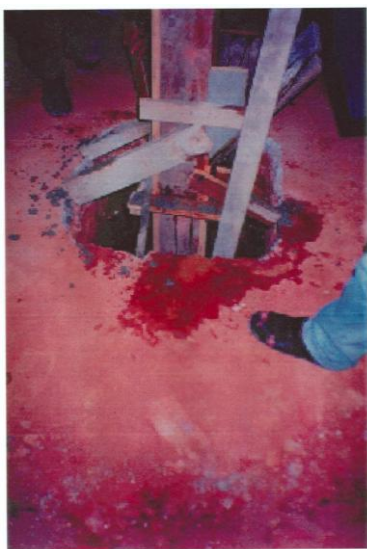


FIGURA 156 – Fotos 156a, 156b e 156c: Montagem de forma e armação de ferragens para a execução do reforço em concreto armado
Fonte: Acervo do autor.

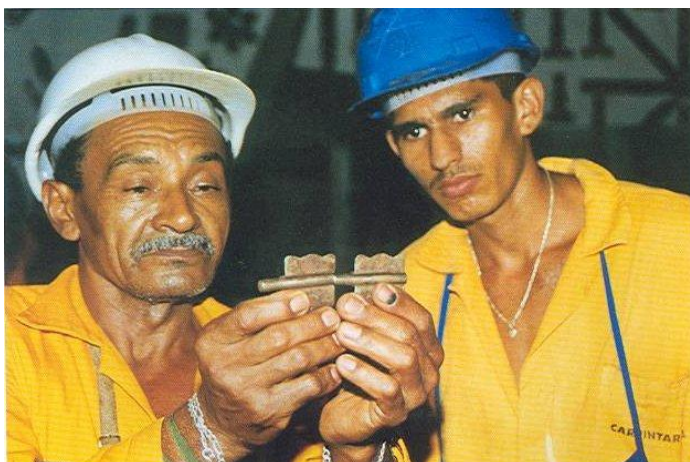
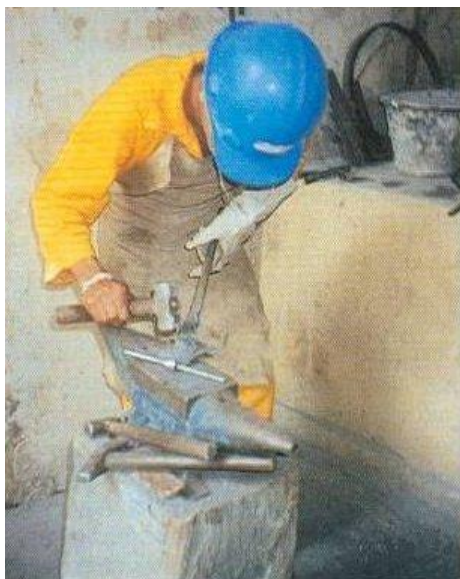


Figura 157 – Fotos 157a, 157b: Ensino aos oficiais para confecção de ferragens em ferro fundido

Fonte: **Revista Oficina-Escola de João Pessoa** (1991).



Figura 158 – Ensino para serviços de emendas em madeira

Fonte: **Revista Oficina-Escola de João Pessoa** (1991).



Figura 159 – Escolha e preparo dos materiais para elaboração de argamassa
Fonte: Acervo do IEPHA.



Figura 160 – Amassamento com os pés para homogeneização dos materiais (terra, fibra e areia) para elaboração de argamassas
Fonte: Acervo do IEPHA.



FIGURA 161 – Fotos 161a, 161b e 161c: Experimento e dosagem para a elaboração de argamassa, com materiais selecionados e compatíveis, e com as mesmas características e propriedades mecânicas das paredes de barro a serem revestidas
Fonte: Acervo do IEPHA.

19 CONCLUSÃO

Infelizmente Minas Gerais é um Estado que se deixa prevalecer do domínio dos doutores que estão cada vez menos experimentados. Hoje já não é mais possível um indivíduo dominar todo conhecimento e habilidade na conservação e restauração das edificações históricas, porque é uma atividade que envolve muitas disciplinas e também outras tantas do saber fazer.

Em virtude desse fato, é necessário que esta elite reconheça o valor do material humano e, além do mais, não se pode assistir de braços cruzados o desaparecimento destes artífices, que são patrimônio do saber fazer. Isso porque, sem ajuda desses oficiais Hábeis, os projetos mais sofisticados e corretos estarão fadados a resultados desastrosos. Os resultados das investigações empíricas, por exemplo, conduzidas aos ambientes confinados e controlados de laboratório, têm sido arrasadores pelas dificuldades em se identificar as variáveis dos processos construtivos tradicionais das construções até o século XVIII. Isto não quer dizer que se devam abandonar estes processos, pois os métodos científicos aplicados aos monumentos históricos são muito importantes, pois permitem estabelecer uma conexão demonstrável entre as decisões de conservação e as necessidades objetivas detectadas.

Lamentavelmente, a maior parte do patrimônio edificado não pertence aos velhos Centros Urbanos que ocupam importantes espaços na mídia, devido ao seu potencial artístico e histórico, e nem às cidades que possuem o título de Patrimônio da Humanidade. São edificações que se encontram abandonadas e espalhadas na periferia do Estado de Minas Gerais, localizadas em municípios carentes recursos, corpo técnico, empresas, bem como de ação por parte dos governos, do setor privado e sociedade.

Por isso, a grande preocupação e a proposta deste trabalho é dar uma visão ampla das ações possíveis de intervenção das edificações históricas ainda existentes e também para reverter esta situação e garantir êxito em qualquer ação. É preciso acabar, ou ao menos diminuir, o distanciamento e a falta de comunicação existente entre quem prescreve as especificações e os procedimentos e quem os executa, tornando imprescindível um maior incentivo a projeto de oficina-escola nos municípios a serem inventariados. Desta forma, estaríamos garantindo a preservação de nosso saber fazer que ainda sobrevive em algum lugar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBERNAZ, Maria Paula; LIMA, Cecília Modesto. **Dicionário Ilustrado de Arquitetura**. São Paulo. Vicente Wissembach, 1999.

ARQUIVO do Instituto do Patrimônio Artístico Nacional.

ARQUIVO do Instituto Estadual do Patrimônio Histórico e Artístico de Minas Gerais – IEPHA.

ARENDT , C.A. **Utilização de reboco de recuperação. Métodos de tratamento de alvenarias deterioradas**. Seminário sobre recuperação de obras históricas de engenharia e arquitetura. UFRS. Porto Alegre – 1995

ÁVILA, Afonso; GONTIJO, J.M.M.;MACHADO, R.G. Barroco Mineiro – **Glossário de Arquitetura e Ornamentação**. Rio de Janeiro: Co-Edição. Fundação João Pinheiro, 1979.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **Argamassas Para Revestimento e Assentamento de Paredes**. São Paulo; NBR. 7.200/98

BAUER, L. A. Falcão (coord.). **Materiais de construção**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1994.

BOYTON , Robert S. and Gutschick – **Efflorescente of masonry** – National Lime Association; 1964- U.S.A

BOYTON, Robert S., **Experiência da Estabilização de Solo com Cal** – ABPC –São Paulo- 1970

BRANCO, J. Paz. **Manual do pedreiro**. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

CAPUTO, Homero Pinto. **Mecânica dos solos e suas aplicações**. 6. ed. ver. e ampl. Rio de Janeiro: LTC, 1988.

CARASEK, Helena. CASCUDO, Osvaldo; SCARTEZINI, Luís Maurício. **The Materials Role on the Renders Bond**. Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas, VI. **Anais...** Florianópolis, maio 2005.

CARASEK, Helena. **Aderência de Argamassa à base de cimento à substrato poroso**. Tese de doutorado. Escola Politécnica de São Paulo da USP – 1996

Carta de Atenas : Congresso Internacional de Arquitetura; 1933, Atenas

CINCOTTO, Maria Alba. **Patologia das Argamassas de Revestimento e Recomendações** - Instituto de Pesquisa Tecnológicas do Estado de São Paulo- I.P.T. -1983

CINCOTTO, Maria Alba. **Estudo da Composição Química da Cal Hidratada Produzida no Estado de São Paulo** – Boletim 11 – ABPC – 1980; São Paulo

CINCOTTO, Maria Alba. **Considerações Sobre a Reatividade da Cal Virgem** – Boletim 10 – ABPC – São Paulo

CORONA, Eduardo; LEMOS, Carlos A.C. **Dicionário de Arquitetura Brasileira**. São Paulo: Arteshow Books, 1989.

FIORITO, Antônio J. S .I. **Manual de Argamassas e Revestimentos**. Edição Atualizada. São Paulo: Pini. 1994.

FREITAS, José Eustáquio de (coord. editorial). **Lições de Minas**. Reflexões e Contribuições para a Educação Patrimonial. V. XXVIII, dez. 2002.

GOMES, Abdias Magalhães. **Caracterização de argamassas tradicionais nos revestimentos exteriores dos edifícios**. 1995. Tese (Doutorado) - Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 1995.

GUIMARÃES, José Epitácio Passos. **CAL – Fundamentos e Aplicações na Engenharia Civil**. São Paul: Pini.1997.

GUIMARÃES, José Epitácio Passos. **A Indústria da Cal no Brasil**. 2. ed. São Paulo: Associação Brasileira dos Produtores de Cal, 1990.

GUIMARÃES, José Epitácio Passos. **Guia das argamassas nas construções**. São Paulo: Associação Brasileira dos Produtores de Cal. 2004.

GUIMARÃES, J. Epitácio P. – **Calcários e Dolomitos no Brasil** – Boletim 9 - ABPC – 1978- São Paulo

GUIMARÃES, J. Epitácio P. – **Cartilha do Uso das Argamassas na Construções**. ABPC- 1986 – São Paulo

HENRIQUES, Fernando M. A. **A Conservação do Patrimônio Histórico Edificado**. Lisboa: LNEC, 1990.

IPT - Instituto de Pesquisa Tecnológica do Estado de São Paulo. **Tecnologia de Edificações**. 1988.

JÚNIOR, Antônio Neves de Carvalho Dr. **Material Didático do Curso de Especialização de Construção Civil**.

JUSTI PISANI, Maria Augusta. Taipas: **A Arquitetura de Terra**. Revista Sinergia do CEFET – SP. São Paulo: Centro Federal de Educação Tecnológica de São Paulo -, CEFET.

KREUGER, Cláudia Pereira. **CAL – Fundamentos e Aplicações na Engenharia Civil**, 1998.

LEAL, Fernando Machado. **Restauração e conservação de monumentos brasileiros**. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 1977.

LNEC (Laboratório Nacional de Engenharia Civil) – **Revestimentos de Parede**, Maio de 1999.

LNEC (Laboratório Nacional de Engenharia Civil). **Metodologia Para Caracterização e Conservação de Argamassas de Edifícios Antigos** - Outubro 2001

MANUAL Técnico do D.E.O.P. Secretaria dos Serviços e Obras Públicas, 1971.

MÁRIO Mendonça de Oliveira, CYBELE Celestino Santiago , João Legal Leal : **Rudimentos Para Oficiais de Conservação e Restauração** – 1996

MASUERO, A. B. **Patologia das Edificações**; Notas de aula – 2002

MILANEZ, Álvaro. **Casa de terra**. Rio de Janeiro: VIP, 1958.

OLIVEIRA, Maria Mendonça. **Rudimentos para Oficiais de Conservação e Restauração**. Abracor. 1996.

PAIXÃO, Guilherma Mattos. **Calcários e suas Aplicações**, Pinto,C.P & Martins-Neto, M.A Bacia do São Francisco: Geologia e Recursos Naturais, p.245-264-SBG/Belo Horizonte-2001

PETRUCCI, Eládio G.R. **Materiais de Construção**. Rio de Janeiro: Editora Globo. 1998.

PIROLI, Ênio. **Revestimento de paredes e pisos**. Notas de Aula. Escola de Engenharia, UFMG, 1981.

RAGO, Fabíola; CINCOTTO, Maria Alba. **Influência do tipo de cal hidratada nas pastas**. São Paulo, 1999.

RIBEIRO, Carmen Couto; PINTO, Joana Darc da Silva; STARLING, Tadeu. **Materiais de construção civil**. 2. ed. Belo Horizonte: Ed. UFMG. 2002.

Seminário Ibero – Americano de Construção Com Terra, I – Setembro 2002; Salvador/ Bahia

SHIRAKAWA, Marcia Aiko. Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas, VI – **Teste Comparativo do Crescimento de Fungos em Argamassa de Revestimento**, 1999

SILVA, Cláudio Alberto Rigo. **Desenvolvimento e Aplicação de uma metodologia para caracterização e análise estrutural de concretos de cimento Portland**. 1998. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia da UFMG, 1998.

SOUZA, Santos, P. – **Tecnologia de Argilas**; Editora Edgard Blucher, Ed. da USP – 1975 – São Paulo

VASCONCELLOS, Sylvio de Carvalho. **Arquitetura no Brasil: Sistemas construtivos**. Belo Horizonte: UFMG. 1979.