

MONOGRAFIA

"PATOLOGIA EM REVESTIMENTOS ARGAMASSADOS ESTUDO DE CASO"

Autor: Paulo Henrique da Silva

Orientador: Prof. Dr. Antônio Neves de Carvalho Júnior

Abril/2014

PAULO HENRIQUE DA SILVA

**"PATOLOGIA EM REVESTIMENTOS ARGAMASSADOS
ESTUDO DE CASO"**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil
da Escola de Engenharia UFMG

Ênfase: Gestão e Avaliações na Construção Civil

Orientador: Prof. Dr. Antônio Neves de Carvalho Júnior

Belo Horizonte

Escola de Engenharia da UFMG

2014

À minha família , colegas de classe e professores.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter tido esta oportunidade de realizar um curso em uma Universidade Federal.

Agradeço a minha família, amigos e colegas de classe pelo incentivo e paciência.

Agradeço aos grandes professores/educadores da UFMG do Curso de Especialização em Construção Civil pela dedicação e incentivo. Aprendi conhecimentos que levarei por toda minha vida.

SUMÁRIO

LISTA DE SIGLAS, SÍMBOLOS E UNIDADES	8
LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE QUADROS	11
RESUMO	12
OBJETIVO	13
1. INTRODUÇÃO	14
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1 Argamassa.....	15
2.2 Materiais constituintes da argamassa	19
2.2.1 Cimento	19
2.2.2 Cal	23
2.2.3 Agregados	25
2.2.4 Aditivos	28
2.3 Dosagem da Argamassa.....	29
2.4 Influência dos substratos	30
2.5 Propriedades da Argamassa de Revestimentos	31
2.5.1 Consistência	31
2.5.2 Trabalhabilidade	32
2.5.3 Coesão e Tixotropia	32
2.5.4 Plasticidade.....	33
2.5.5 Retenção de Água	33
2.5.6 Adesão Inicial.....	34
2.5.7 Aderência ao estado endurecido.....	34
2.5.8 Elasticidade.....	35
2.6 Principais patologias dos revestimentos argamassados	36
2.6.1 Patologias causadas por movimentações térmicas.....	37
2.6.2 Patologias causadas por movimentações higroscópicas	39

2.6.3	Patologias causadas por atuação de sobrecargas.....	40
2.6.4	Patologias causadas por movimentações da fundação.....	41
2.6.5	Patologias causadas pela retração de produtos à base de cimento.....	42
2.6.6	Patologias causadas por alterações químicas dos materiais de construção	45
2.6.7	Patologias causadas por hidratação retardada de cales	45
2.6.8	Patologias causadas por ataques de sulfatos	47
2.6.9	Patologias com origens na especificação dos materiais	48
2.6.10	Patologias causadas devido ao fenômeno da Eflorescência.....	53
2.6.11	Patologias causada por agentes biológicos	56
2.6.12	Patologias causadas por Umidade.....	57
3.	METODOLOGIA	62
4.	ANÁLISE DO ESTUDO DE CASO	63
4.1	Caracterização do estudo de caso	63
4.2	Documentação	63
4.3	Registro das manifestações patológicas	63
4.4	PATOLOGIA P1	64
4.4.1	Descrição da patologia P1	64
4.4.2	Hipóteses de diagnósticos para patologia P1	65
4.4.3	Diagnóstico mais provável para patologia P1	66
4.4.4	Propostas alternativas de reparo para patologia P1	66
4.4.5	Forma de correção proposta para patologia P1.....	66
4.4.6	Formas de manutenção do reparo da patologia P1	67
4.5	PATOLOGIA P2.....	67
4.5.1	Descrição da patologia P2.....	67
4.5.2	Hipóteses de diagnósticos para patologia P2	68
4.5.3	Diagnóstico mais provável para patologia P2	69
4.5.4	Propostas alternativas de reparo para patologia P2	69

4.5.5	Forma de correção proposta para patologia P2.....	69
4.5.6	Formas de manutenção do reparo da patologia P2.....	70
4.6	PATOLOGIA P3.....	70
4.6.1	Descrição da patologia P3.....	70
4.6.2	Hipóteses de diagnósticos para patologia P3.....	71
4.6.3	Diagnóstico mais provável para patologia P3.....	72
4.6.4	Propostas alternativas de reparo para patologia P3.....	72
4.6.5	Forma de correção proposta para patologia P3.....	72
4.6.6	Formas de manutenção do reparo da patologia P3.....	73
4.7	PATOLOGIA P4.....	73
4.7.1	Descrição da patologia P4.....	73
4.7.2	Hipóteses de diagnósticos para patologia P4.....	74
4.7.3	Diagnóstico mais provável para patologia P4.....	74
4.7.4	Propostas alternativas de reparo para patologia P4.....	74
4.7.5	Forma de correção proposta para patologia P4.....	74
4.7.6	Formas de manutenção do reparo da patologia P4.....	75
4.8	PATOLOGIA P5.....	75
4.8.1	Descrição da patologia P5.....	75
4.8.2	Hipóteses de diagnósticos para patologia P5.....	77
4.8.3	Diagnóstico mais provável para patologia P5.....	78
4.8.4	Propostas alternativas de reparo para patologia P5.....	79
4.8.5	Forma de correção proposta para patologia P5.....	79
4.8.6	Formas de manutenção do reparo da patologia P5.....	79
5.	CONSIDERAÇÕES.....	80
6.	CONCLUSÃO.....	81
7.	REFERÊNCIAS.....	82

LISTA DE SIGLAS, SÍMBOLOS E UNIDADES.

ABCP - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTOS PORTLAND

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS

% - PORCENTAGEM

°C - GRAUS CELSIUS

kg - QUILOGRAMA

kg/m³ - QUILOGRAMA POR METRO CÚBICO

kg/dm³ - QUILOGRAMA POR DECÍMETRO CÚBICO

MPa - MEGA PASCAL

mm - MILÍMETROS

cm - CENTÍMETROS

m - METROS

m² - METROS QUADRADOS

m³ - METROS CÚBICOS

Ca_o - ÓXIDO DE CÁLCIO

CO₂ - DIÓXIDO DE CARBONO

CS_H - SILICATO DE CÁLCIO HIDRATADO

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Processo de deterioração dos revestimentos argamassados (CARASEK, 2007).....	37
Figura 02 – Mecanismo de formação de fissuras na alvenaria em contato com a laje de cobertura (THOMAZ, 1989).....	39
Figura 03 – Expansão dos tijolos por absorção de umidade provoca o fissuramento vertical da alvenaria no canto do edifício (THOMAZ, 1989).....	41
Figura 04 – Fissuração típica da alvenaria causada por sobrecarga vertical (THOMAZ, 1989).....	42
Figura 05 – Fissuras causadas por movimentação da fundação (THOMAZ, 1989).....	43
Figura 06 – Revestimento apresentado fissuração em mapa, típica em argamassa de alta retração (CARASEK, 2007).....	44
Figura 07 – Retração do concreto em função do consumo de cimento e da relação água/cimento (THOMAZ, 1989).....	45
Figura 08 - Manifestações patológicas nos revestimentos de argamassa provenientes da hidratação retardada dos óxidos de cálcio e magnésio (CARASEK, 2007).....	47
Figura 09 – Fissuras na argamassa de revestimento provenientes do ataque por sulfatos (THOMAZ, 1989).....	48
Figura 10 – Eflorescência no revestimento interno do Fórum de Leopoldina (Ferreira, 2010).....	54
Figura 11 - Foto ampliada mostrando o aspecto da textura de colônia de fungos (Thomaz, 1992).....	57
Figura 12 - Deterioração do reboco devido à infiltração de água pela janela de um prédio (Ferreira, 2010).....	58
Figura 13 – Esquema umidade ascensional em matéria porosa (Pozzobon, 2007).....	59
Figura 14 – Esquema umidade de condensação (Pozzobon, 2007).....	60
Figura 15 - Adaptação da metodologia de Lichtenstein para resolução dos problemas	

patológicos (Silva, 2010).....	62
Figura 16 – Umidade na parede frontal do imóvel.....	64
Figura 17 – Umidade na parede lateral do imóvel.....	65
Figura 18 – Trinca e destacamento do revestimento argamassado.....	68
Figura 19 – Recuperação de trincas ativas com selante flexível (THOMAZ, 1989).....	70
Figura 20 – Fissuração generalizada no revestimento argamassado.....	71
Figura 21 - Fissura no revestimento cerâmico com inclinação próxima a 45° no canto superior da porta.....	73
Figura 22 – Fissura na junta de dessolidarização e mancha escura no revestimento cerâmico.....	76
Figura 23 – Fissura na junta de dessolidarização do revestimento cerâmico.....	77
Figura 24 – Fissura ao lado oposto à patologia P5.....	78

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 - Classificação das argamassas devido a vários critérios. (CARASEK, 2007).....	17
Quadro 2.2 - Classificação das argamassas segundo suas funções. (CARASEK, 2007).....	18
Quadro 2.3 - Classificação de argamassas de assentamento e revestimento de paredes e tetos segundo a ABNT NBR 13281 (2005).....	19
Quadro 2.4 – Principais compostos químicos do clínquer (RIBEIRO, 2002).....	21
Quadro 2.5 – Tipos e constituição dos cimentos Portland normatizados no Brasil (ABCP, 2002).....	23
Quadro 2.6 – Dimensão máxima característica do agregado recomendado para cada camada que compõe o revestimento (SILVA, 2006).....	28
Quadro 2.7 – Tipos de Aditivo (Szlak et al. (2002).....	29
Quadro 2.8 – Principais impurezas das areias e suas consequências nas argamassas e revestimentos (CARASEK, 2007).....	50
Quadro 2.9 – Origem das umidades na construção (Müller apud De Souza, 2008).....	61

RESUMO

O presente trabalho analisa as manifestações patológicas que interferem nos revestimentos argamassados de uma edificação residencial, situado na cidade de Pitangui/MG. De forma a elucidar melhor sobre o assunto, foram realizados levantamentos de campo para obtenção de um panorama geral das manifestações patológicas. Através desse panorama, ficou evidenciado que a possível origem dessas manifestações patológicas está ligada à inexistência de projeto e à falha construtiva.

Palavras-chave: Revestimento argamassado, patologias.

OBJETIVO

O objetivo desse trabalho é, através da revisão bibliográfica e estudo de caso, caracterizar os diversos tipos de revestimentos argamassados e elencar as principais patologias ocasionadas nesses tipos de revestimentos. O estudo de caso foi realizado na cidade de Pitangui – Minas Gerais, em uma edificação residencial, e servirá para elucidar algumas patologias presentes em revestimentos argamassados, aliando a teoria à prática.

1. INTRODUÇÃO

Os revestimentos, sejam em superfícies internas ou externas, exercem papel importante de regularização, impermeabilização, proteção contra intempéries e melhoria das condições termoacústicas nos ambientes. Assim ocorre também com os revestimentos argamassados, muito utilizados na construção civil brasileira. Esse sistema pode ser definido como um revestimento multicamadas capaz de recobrir a superfície de concreto ou alvenaria, ao mesmo tempo em que cria um substrato adequado para receber o acabamento.

De acordo com Szlak et al. (2002) o revestimento argamassado pode ser entendido como a proteção de uma superfície porosa com uma ou mais camadas superpostas, com espessura normalmente uniforme, resultando em uma superfície apta a receber de maneira adequada, uma decoração final.

Apesar do intenso uso dos revestimentos argamassados na construção civil brasileira, é muito frequente a ocorrência de patologias nos mesmos, o que ocasiona prejuízos aos diversos setores envolvidos, podendo, em algumas circunstâncias, causar graves acidentes. (FERREIRA, 2010).

Thomaz (1989) destaca que as conjunturas sócio-econômicas de países em desenvolvimento, como o Brasil, fizeram com que as obras fossem sendo conduzidas com velocidades cada vez maiores com pouco rigor nos controles de materiais e dos serviços, junto ao fato de que as evoluções da tecnologia de materiais e projetos, tornaram as edificações mais esbeltas. Todos esses fatores vêm provocando a queda gradativa da qualidade das construções, conseqüentemente ocasionado patologias.

Diante de tais fatos, torna-se imprescindível o estudo dos mecanismos, configurações e diagnósticos de manifestações patológicas em revestimentos argamassados, de forma a aprofundar e difundir ainda mais o conhecimento.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Argamassa

Define-se como argamassa a mistura de insumos como agregados miúdos, aglomerante e água que confere propriedades de aderência e endurecimento. Acredita-se que a argamassa surgiu na Pérsia antiga, onde se usava alvenaria de tijolos secos ao sol, com assentamento de argamassas de cal. Portanto, há mais de 2000 anos, este material vem sendo utilizado tanto para pavimentar as edificações, como para unir e revestir os blocos que formam as paredes e os muros das mesmas.

No Brasil, a argamassa passou a ser utilizada no primeiro século de nossa colonização, para assentamento de alvenaria de pedra (largamente utilizada na época). A cal que constituía tal argamassa era obtida através da queima de conchas e mariscos. O óleo de baleia era também muito utilizado como aglomerante, no preparo de argamassas para assentamento (SILVA, 2006).

A argamassa, segundo Sabbatini (1986), pode ser conceituada como um material complexo, constituído essencialmente de materiais inertes de baixa granulométrica (agregados miúdos) e de uma pasta com propriedades aglomerantes, composta por minerais e água (materiais ativos), podendo ser composta, ainda, por produtos especiais, denominados aditivos.

A ABNT NBR 13529 (2013) define a argamassa para revestimento como sendo “uma mistura homogênea de agregado(s) miúdo(s), aglomerante(s) inorgânico(s) e água, contendo ou não aditivos ou adições, com propriedades de aderência e endurecimento”. Nesta mesma norma brasileira são definidos outros termos usuais envolvendo o revestimento executado à base de cimento e cal, ou ambos, quanto ao campo de sua aplicação.

Carasek (2007) faz uma abordagem mais abrangente classificando as argamassas segundo vários critérios. Essa classificação é apresentada no quadro 2.1 e 2.2

Quadro 2.1 - Classificação das argamassas devido a vários critérios.
(CARASEK, 2007)

Critério de classificação	Tipo
Quanto a natureza do aglomerante	<ul style="list-style-type: none"> • Argamassa aérea • Argamassa hidráulica
Quanto ao tipo de aglomerante	<ul style="list-style-type: none"> • Argamassa de cal • Argamassa de cimento • Argamassa de cimento e cal • Argamassa de gesso • Argamassa de cal e gesso
Quanto ao numero de aglomerantes	<ul style="list-style-type: none"> • Argamassa simples • Argamassa mista
Quanto à consistência das argamassas	<ul style="list-style-type: none"> • Argamassa seca • Argamassa plástica • Argamassa fluida
Quanto à plasticidade da argamassa	<ul style="list-style-type: none"> • Argamassa pobre ou magra • Argamassa média ou cheia • Argamassa rica ou gorda
Quanto à densidade de massa da argamassa	<ul style="list-style-type: none"> • Argamassa leve • Argamassa normal • Argamassa pesada
Quanto a forma de preparo ou fornecimento	<ul style="list-style-type: none"> • Argamassa preparada em obra • Mistura semipronta para argamassa • Argamassa industrializada • Argamassa dosada na central

Quadro 2.2 - Classificação das argamassa segundo suas funções. (CARASEK, 2007)

Função	Tipos
Para construção de alvenarias	<ul style="list-style-type: none"> • Argamassa de assentamento (elevação da alvenaria) • Argamassa de fixação (ou encunhamento) – alvenaria de vedação
Para revestimentos de paredes e tetos	<ul style="list-style-type: none"> • Argamassa de chapisco • Argamassa de emboço • Argamassa de reboco • Argamassa de camada única • Argamassa para revestimento decorativo monocamada
Para revestimentos de pisos	<ul style="list-style-type: none"> • Argamassa de contrapiso • Argamassa de alta resistência
Para revestimentos cerâmicos (paredes/pisos)	<ul style="list-style-type: none"> • Argamassa de assentamento de peças cerâmicas – colante • Argamassa de rejuntamento
Para recuperação de estruturas	<ul style="list-style-type: none"> • Argamassa de reparo

No que tange à forma de preparo e produção de argamassas, há a concepção das mesmas na forma industrializada ou dosada na central.

As argamassas industrializadas apresentam em suas composições aditivos e adições que lhes conferem propriedades especiais. Esses aditivos podem ser plastificantes, retentores de água e incorporadores de ar. São comercializadas pré-misturadas, ensacadas (em estado anidro), necessitando para utilização apenas uma dosagem adequada de água. (FERREIRA, 2010).

As argamassas dosadas em central são fornecidas em caminhões-betoneira, prontas para a aplicação. Adotando-se este tipo de argamassa elimina-se a necessidade de central de preparo e área de estocagem de materiais na obra.

No que se refere à referência normativa, a partir de 31 de Outubro de 2005, entrou em vigor a norma reformulada ABNT NBR 13281 (2005), ampliando para sete os requisitos para as argamassas dosadas em obras ou industrializadas:

P – resistência à compressão (MPa) – ABNT NBR 13279 (2005);

M – densidade de massa aparente no estado endurecido (kg/m^3) – ABNT NBR 13280 (2005);

R – resistência à tração na flexão (MPa) – ABNT NBR 13279 (2005);

C – coeficiente de capilaridade ($\text{g/dm}^2/\text{min}^{1/2}$) – ABNT NBR 15259 (2005);

D – densidade de massa no estado fresco (kg/m^3) – ABNT NBR 13278 (2005);

U – retenção de água (%) – ABNT NBR 13277 (2005);

A – resistência potencial de aderência à tração (MPa) – ABNT NBR 15258 (2005).

Cada requisito foi subdividido em 6 classes, exceto a resistência potencial de aderência à tração, que foi subdividida em 3 classes. As argamassas são classificadas conforme as características e propriedades apresentadas no quadro 2.3.

Quadro 2.3 - Classificação de argamassas de assentamento e revestimento de paredes e tetos segundo a ABNT NBR 13281 (2005).

Classes	P	M	R	C	D	U	A
	MPa	kg/m^3	MPa	$\text{g/dm}^2/\text{min}^{1/2}$	kg/m^3	%	MPa
1	$\leq 2,0$	≤ 1200	$\leq 1,5$	$\leq 1,5$	≤ 1400	≤ 78	$\leq 0,20$
2	1,5 a 3,0	1000 a 1400	1,0 a 2,0	1,0 a 2,5	1200 a 1600	72 a 85	$\geq 0,20$
3	2,5 a 4,5	1200 a 1600	1,5 a 2,7	2,0 a 4,0	1400 a 1800	80 a 90	$\geq 0,30$
4	4,0 a 6,5	1400 a 1800	2,0 a 3,5	3,0 a 7,0	1600 a 2000	86 a 94	-
5	5,5 a 9,0	1600 a 2000	2,7 a 4,5	5,0 a 12,0	1800 a 2200	91 a 97	-
6	$> 8,0$	> 1800	$> 3,5$	$> 10,0$	> 2000	95 a 100	-

2.2 Materiais constituintes da argamassa

2.2.1 Cimento

O engenheiro John Smeaton, por volta de 1756, procurava um aglomerante que endurecesse mesmo em presença de água, de modo a facilitar o trabalho de reconstrução do farol de Edystone, na Inglaterra. Em suas tentativas, verificou que uma mistura calcinada de calcário e argila tornava-se, depois de seca, tão resistente quanto as pedras utilizadas nas construções. Entretanto, foi o pedreiro Joseph Aspdin, em 1824, quem patenteou a descoberta, batizando-a de cimento Portland, numa referência à Portlandstone, tipo de pedra arenosa muito usada em construções na região de Portland, Inglaterra. No pedido de patente constava que o calcário era moído com argila, em meio úmido, até se transformar em pó. A água era evaporada pela exposição ao sol ou por irradiação de calor através de cano com vapor. Os blocos da mistura seca eram calcinados em fornos e depois moídos bem finos (TAYLOR, 1967, apud SILVA, 2006).

O cimento Portland possui propriedade aglomerante desenvolvida pela reação de seus constituintes com a água, sendo assim denominado aglomerante hidráulico. A contribuição do cimento nas propriedades das argamassas está voltada sobretudo para a resistência mecânica. Além disso, o fato de ser composto por finas partículas contribui para a retenção da água de mistura e para a plasticidade. Se, por um lado, quanto maior a quantidade de cimento presente na mistura, maior é a retração, por outro, maior também será a aderência à base (SZLAK et al. 2002).

Ferreira (2010), enumera os principais constituintes do cimento Portland: o calcário (CaCO_3), a dolomita ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$), a sílica (SiO_2), a alumina (Al_2O_3), o óxido de ferro (Fe_2O_3), álcalis ($\text{Na}_2 + \text{K}_2\text{O}$) e o gesso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). As argilas são fontes de alumina (Al_2O_3), óxido de ferro (Fe_2O_3) e álcalis, compostos minerais necessários para um efeito mineralizante na produção de silicatos de cálcio. Os silicatos de cálcio hidratados (C-S-H), formados pela hidratação do cimento Portland, são os principais responsáveis por sua característica adesiva e são estáveis em meios aquosos.

Os principais compostos químicos do clínquer e as propriedades deles decorrentes são mostrados no quadro 2.4.

Quadro 2.4 – Principais compostos químicos do clínquer (RIBEIRO, 2002)

Compostos	Fórmula química (% em massa)	Abreviatura	Propriedades específicas decorrentes dos compostos do clínquer
Silicato tricálcico	<u>3CaO.SiO₂</u> (50 - 65%)	C3S	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Endurecimento rápido ▪ Alto calor de hidratação ▪ Alta resistência inicial
Silicato dicálcico	<u>2CaO.SiO₂</u> (15 - 25%)	C2S	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Endurecimento lento ▪ Baixo calor de hidratação ▪ Baixa resistência inicial
Aluminato tricálcico	<u>3CaO.Al₂O₃</u> (6-10%)	C3A	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pega muito rápida controlada com a adição de gesso ▪ Suscetível ao ataque de sulfatos ▪ Alto calor de hidratação, alta retração ▪ Baixa resistência final
Ferro aluminato tetracálcico	<u>4CaO.Al₂O₃.Fe₂O₃</u> (3 - 8%)	C4AF	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Endurecimento lento ▪ Resistente a meios sulfatados ▪ Não tem contribuição para resistência
Cal livre	<u>CaO</u> (0,5 -1,5%)	C	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aceitável somente em pequenas quantidades

Na presença de água, os silicatos e os aluminatos formam produtos de hidratação que, com o transcorrer do tempo, dão origem a uma massa firme e resistente. A hidratação dos aluminatos (C3A e C4AF) na presença do gesso adicionado na fabricação do cimento – resulta na formação de etringitas que assumem formas de agulhas e começam minutos após o início da hidratação, sendo estas responsáveis pelo fenômeno da pega.

A hidratação dos silicatos se dá algumas horas após o início da hidratação do cimento. A hidratação do C3S e C2S origina silicatos de cálcio hidratados que possuem composição química muito variada e são representados genericamente por C-S-H e hidróxido de cálcio – Ca(OH)₂. Esses compostos preenchem o espaço ocupado previamente pela água e pelas partículas de cimento em dissolução. Os cristais de C-S-H formados são pequenos e fibrilares e o Ca(OH)₂ forma grandes cristais prismáticos.

Segundo Ferreira (2010), as fases dos silicatos e dos aluminatos hidratados começam a criar algumas ligações interpartículas, resultando no endurecimento progressivo da pasta. Após algumas horas, ocorre a redução da velocidade à reação. Isto se deve ao fato de alguns grãos de cimento que não reagiram estarem cobertos por uma camada de hidratos (que se torna cada vez mais espessa com o passar do tempo). Tal camada dificulta as moléculas de água chegarem às partes não hidratadas. O produto resultante é pouco solúvel na água não agressiva, como se confirma pela estabilidade da pasta de cimento hidratada em contato com a água.

No Brasil os cimentos são classificados conforme as adições introduzidas junto com a moagem do clínquer. Desta forma, conforme o tipo de material adicionado tem-se vários tipos de cimento Portland. As adições mais comuns são: a escória de alto forno, a pozolana e o “filler” calcário (calcário finamente moído). (FERREIRA, 2010)

- Cimento Portland Comum – CP I
- Cimento Portland Composto – CP II (com adições de escória de alto-forno, pozolana e filler)
- Cimento Portland de Alto Forno – CP III (com adição de escória de alto-forno, apresentando baixo calor de hidratação)
- Cimento Portland Pozolânico – CP IV (com adição de pozolana, apresentando baixo calor de hidratação)
- Cimento Portland de Alta Resistência Inicial – CP V (com maiores proporções de silicato tricálcico, que lhe confere alta resistência inicial e alto calor de hidratação).

Existem no Brasil vários tipos de cimento portland diferentes entre si, principalmente

em função de sua composição. Os principais tipos oferecidos no mercado, ou seja os mais empregados são:

- Cimento portland comum
- Cimento portland composto
- Cimento portland de auto-forno
- Cimento portland pozolânico

Em menor escala são consumidos, seja pela menor oferta, seja pelas características especiais de aplicação os seguintes tipos de cimento:

- Cimento portland de alta resistência inicial
- Cimento portland resistente aos sulfatos
- Cimento portland branco
- Cimento portland de baixo calor de hidratação
- Cimento para poços petrolíferos

Os tipos e constituição dos cimentos Portland normatizados no Brasil, são mostrados no quadro 2.5.

Quadro 2.5 – Tipos e constituição dos cimentos Portland normatizados no Brasil
(ABCP, 2002)

Tipo de cimento portland	Sigla	Composição (% de massa)				Norma ABNT
		Clínquer + Gesso	Escória (sigla E)	Pozolon a (sigla Z)	Mat. Carbonático (Sigla F)	
Comum	CP I	100%		0%		NBR 5732 1991
	CP - S	95 a 100%		1 a 5%		
Composto	CP II – E	56 a 94%	6 a 34%	0%	0 a 10%	NBR 11578 1997
	CP II – Z	76 a 94%	0%	6 a 14%	0 a 10%	
	CP II – F	90 a 94%	0%	0%	6 a 10%	
Alto Forno	CP III	25 a 65%	35 a 70%	0%	0 a 5%	NBR 5735 1974
Pozolânico	CP IV	50 a 85%	0%	15 a 50%	0 a 5%	NBR 5736 1999
Alta Resistência Inicial	CP V - ARI	95 a 100%	0%	0%	0 a 5%	NBR 5733 1991

2.2.2 Cal

Segundo GUIMARÃES (2002), o homem conheceu a cal provavelmente nos primórdios da Idade da Pedra (período Paleolítico), ao final do Pliocênico. Ainda segundo o autor, por volta de 3000 a.C. foram achadas ruínas cujo solo argiloso foi estabilizado com cal para a construção da Pirâmide de Shersi, na região do Tibet. Análises feitas nos materiais utilizados na vedação das câmaras da pirâmide de Quéops (2614-2591 a.C.) e nas juntas dos blocos de calcário e granito da pirâmide de Quéfrem (2590-2568 a.C.) revelaram a presença da cal.

De acordo com SILVA (2006), o Óxido de Cálcio (CaO) é obtido pela decomposição térmica (calcinação ou queima) de rochas calcárias moídas em diversos tipos de fornos, a uma temperatura média de 900°C. Sua utilização é muito abrangente nos

mais diversos segmentos: construção civil, construção de estradas, siderurgia e metalurgia, indústria química, papel e celulose, indústria alimentícia, agricultura, saúde e preservação ambiental.

Para o mesmo autor, a chamada cal virgem, também denominada cal viva ou cal ordinária, é o produto inicial resultante da queima de rochas calcárias, composto predominantemente dos óxidos de cálcio e magnésio. Já a cal hidratada, como o próprio nome sugere, é uma combinação da cal virgem com água. Ou seja, $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2$. Tem propriedades aglomerantes, para endurecer e reage com o ar.

De acordo com CARASEK et al. (2001), as cales podem ser classificadas, segundo a sua composição química em:

- cálcica: teor de $\text{CaO} \geq 90\%$ em relação aos óxidos totais;
- magnesianas: $65\% < \text{CaO} < 90\%$;
- dolomítica: teor de $\text{CaO} \leq 65\%$.

A norma ABNT NBR 7175 (2003) classifica as cales hidratadas em três tipos: CH I, CH II e CH III.

A cal do tipo CH I é a cal hidratada especial, que apresenta maior teor de óxidos totais, sendo mais reativa que as demais. Este fator contribui para a melhoria das propriedades da argamassa, com relação principalmente à retenção de água e à trabalhabilidade. A cal CH II é a cal hidratada comum, e a cal CH III é a cal hidratada comum com a adição de carbonatos finamente moídos. Outros requisitos considerados pela norma, além do teor de óxidos, são: a finura, a estabilidade, a plasticidade, a retenção de água e o índice de incorporação de areia. (FERREIRA 2010).

Segundo RAGO & CINCOTTO (1999), a cal no estado fresco propicia a calcinação, o que significa transformar o carbonato de cálcio (CaCO_3), a uma temperatura elevada, em óxido de cálcio (CaO), conferindo assim mais plasticidade à argamassa, permitindo melhor trabalhabilidade e, conseqüentemente, mais produtividade na

execução do revestimento. Outra propriedade importante no estado fresco da cal é a retenção de água, por não permitir a sucção excessiva de água pela base.

Segundo CARASEK et al. (2001), diversos estudos indicam que, à medida que se aumenta a percentagem de hidróxido de magnésio na composição da cal, em relação ao hidróxido de cálcio, há também um aumento na capacidade de aderência da argamassa.

A utilização da cal na composição das argamassas de revestimento é considerada favorável, principalmente, no que diz respeito às suas propriedades no estado fresco, com influência direta na trabalhabilidade. Essa influência é devida ao estado de coesão interna que a cal proporciona, em função da diminuição da tensão superficial da pasta aglomerante e da adesão às partículas de agregado (CINCOTTO et al. 1995).

Outra propriedade no estado fresco é a retenção de água que auxilia no desenvolvimento da hidratação em fases mais avançadas, evitando possíveis problemas de fissuração ocasionados por retração, fatores esses com implicância direta no desempenho dos sistemas de revestimento (BAUER, 1998).

As argamassas que contêm cal preenchem mais facilmente e, de maneira mais completa, toda a superfície do substrato, propiciando maior extensão de aderência (CARASEK et al. 2001).

De um modo geral, o emprego das argamassas de cimento e cal em revestimentos é bastante conveniente, uma vez que se procura conciliar as vantagens de ambos os materiais. A aderência e o endurecimento inicial são promovidos principalmente pelo cimento. A trabalhabilidade, retenção de água, bem como a extensão de aderência são incrementadas pelo uso da cal (BAUER, 1998).

2.2.3 Agregados

O termo “agregados para a construção civil” é empregado no Brasil para identificar um

segmento do setor mineral que produz matéria-prima mineral bruta ou beneficiada de emprego imediato na indústria da construção civil. São basicamente a areia e a rocha britada (VALVERDE, 2001).

Agregados para construção civil são materiais granulares, sem forma e volume definidos, de dimensões e propriedades estabelecidas para uso em obras de engenharia civil, tais como, a pedra britada, o cascalho e as areias naturais ou obtidas por moagem de rocha, além das argilas e dos substitutivos como resíduos inertes reciclados, escórias de aciaria, produtos industriais, entre outros. Os agregados são abundantes no Brasil e no mundo (DNPM, 2009 apud SILVA, 2006).

O agregado é parte integrante das argamassas, sendo em alguns casos definido como o “esqueleto” dos sistemas de revestimento argamassados, com influência direta em propriedades como retração, resistência mecânica, módulo de deformação, dentre outras. (BAUER, 1998)

Bauer (1998), afirma que a análise granulométrica do agregado é o principal método de ensaio utilizado para se avaliar os diferentes tipos de agregados que compõem as argamassas revestimento. A este consiste na determinação das dimensões das partículas e das proporções relativas em que elas se encontram na composição.

Atualmente, existem vários métodos que são utilizados nesta avaliação. Métodos mais simples baseados no peneiramento do agregado em peneiras com diferentes dimensões de malhas conforme recomendações da ABNT NBR 7217 (1987), e métodos mais sofisticados, que complementam o anterior, como, por exemplo, granulometria a laser, sedimentação, dentre outros. No caso específico de agregados para argamassa, discute-se ainda a utilização de uma série de peneiras específicas que contemple uma melhor caracterização do material (CARNEIRO, 1999).

As séries de peneiras recomendadas estão especificadas a seguir:

- Série conforme NBR 7217 (1987) => 2,4 mm – 1,2 mm – 0,6 mm – 0,3 mm – 0,15 mm – 0,075 mm;

- Série recomendada por CARNEIRO (1999) => 2,4 mm – 1,7 mm – 1,18 mm – 0,85 mm – 0,6 mm – 0,425 mm – 0,3 mm – 0,212 mm – 0,15 mm – 0,106 mm – 0,075 mm.

Um dos principais parâmetros utilizados na classificação de uma areia para uso em argamassas é o módulo de finura. Por definição, este parâmetro é o resultado da soma das frações retidas acumuladas, divididas por 100, obtidas durante o ensaio de granulometria, utilizando a série normal de peneiras (ABNT NBR 7217, 1987).

Na produção de argamassas, podem ser utilizadas areias naturais (provenientes de leitos de rios e de cava) e artificiais (provenientes da britagem de rochas), sendo este último mais utilizado na produção das argamassas industrializadas. Sugere-se que a escolha de uma areia deva ser baseada em uma granulometria contínua, com uma dimensão máxima característica adequada aos tipos de revestimento nos quais será utilizada (TRISTÃO, 1995).

O quadro 2.6 apresenta um indicativo dessas dimensões para cada camada que compõe o revestimento.

Quadro 2.6 – Dimensão máxima característica do agregado recomendado para cada camada que compõe o revestimento (SILVA, 2006)

Camada do Revestimento	Peneiras ABNT (mm)
Chapisco	4,80
Emboço	2,40
Camada Única	1,20
Reboco	1,20

Recomenda-se ainda que os agregados sejam isentos de matéria orgânica; concreções ferruginosas; aglomerados argilosos e outras impurezas que possam causar manifestações patológicas nos sistemas de revestimento.

2.2.4 Aditivos

A ABNT NBR 13529 (2013) define aditivo como sendo um produto que é adicionado à argamassa, em pequena quantidade, com a finalidade de melhorar uma ou mais propriedades no estado fresco ou endurecido e sua quantidade é expressa em porcentagem do aglomerante.

Usualmente, através do uso de aditivos, procurá-se diminuir a retração na secagem (para diminuir fissuração), aumentar o tempo de pega e manter a plasticidade (para facilitar a trabalhabilidade), aumentar a retenção de água e, por fim, aumentar a aderência da argamassa ao substrato (SZLAK et al. 2002).

Segundo a ABNT NBR 13529 (1995), existem vários tipos de aditivos com funções específicas e podem influenciar uma ou mais propriedades da argamassa.

O quadro 2.7 apresenta a tipologia existente de aditivos para argamassa.

Quadro 2.7 – Tipos de Aditivo (Szlak et al. 2002)

Redutores de água (plastificante)	São utilizados para melhorar a trabalhabilidade da argamassa sem alterar a quantidade de água.
Retentores de água	Reduzem a evaporação e a exsudação de água da argamassa fresca e conferem capacidade de retenção de água frente à sucção por bases absorventes.
Incorporador de ar	Formam microbolhas de ar, estáveis, homogeneamente distribuídas na argamassa, aumentando a trabalhabilidade e atuando a favor da permeabilidade.
Retardadores de pega	Retardam a hidratação do cimento, proporcionando um tempo maior de utilização.
Aumentadores da aderência	Proporcionam a aderência química ao substrato.
Hidrofugantes	Reduzem a absorção de água da argamassa, mas não a tornam impermeável e permitem a passagem de vapor d'água.

O uso de aditivos requer um conhecimento profundo de suas propriedades, efeitos, desvantagens e conveniências. Por isso, é necessário que se conheça o seu desempenho, ao longo dos anos, e a capacidade de aderência das argamassas, com eles, confeccionadas.

2.3 Dosagem da Argamassa

Segundo CARNEIRO & CINCOTTO (1999), usualmente a composição e a dosagem das argamassas adotadas no Brasil são feitas com base em traços (massa ou volume) descritos ou especificados em normas internacionais ou nacionais, como Associação Brasileira de Normas Técnica (ABNT) e Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT) e cadernos de encargos.

GOMES (2010) define traço da argamassa como o processo que permite a determinação das proporções dos materiais levando-se em consideração as características dos materiais e a especificação da obra.

SILVA (2006) relata que para argamassas de revestimentos tem-se adotado com mais freqüência, os traços de dosagem 1 : 1 : 6 (cimento : cal : areia) e 1 : 2 : 9, em volume, numa proporção aglomerante : agregado de 1 : 3 ou 1 : 4. A escolha de um desses traços está de acordo com o desempenho esperado da argamassa, ao longo do tempo, ou seja, sua durabilidade.

No entanto, na prática identifica-se o emprego de traços mais pobres, como 1 : 4 a 1 : 9 (aglomerante : agregado), como constataram CAMPITELI et al. (1995), não dando qualidade ao revestimento.

Embora na presente década, os textos normativos sobre revestimentos de argamassa tenham passado por uma grande evolução, constata-se que a ABNT NBR 7200 (1998) suprimiu toda e qualquer indicação de traços ou consumos empíricos para a produção de argamassas de revestimentos (MIRANDA, 2000).

2.4 Influência dos substratos

Em todas as situações, os sistemas argamassados serão aplicados sobre uma base ou substrato formando um conjunto bem aderido e contínuo, necessário ao atendimento do desempenho global. (BAUER, 1998).

O processo de aderência da argamassa inicia-se imediatamente após o contato da argamassa com o substrato e é devido ao movimento da água (contendo os produtos do cimento e da cal) 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 (CARASEK et al. 2001).

Para BAUER (1998), os substratos podem ser classificados de diferentes formas, sendo as mais comuns:

- Pela natureza dos materiais constituintes: alvenaria de blocos cerâmicos, blocos de concreto, blocos de concreto celular; elementos estruturais em concreto (pilares, vigas e lajes);
- Pela função: elementos de vedação, estruturais;
- Por suas características físicas: textura, porosidade, capacidade de sucção de água (absorção capilar), propriedades mecânicas.

Quanto aos aspectos superficiais do substrato, a porosidade é fundamental por influenciar no transporte de água (sucção da água da argamassa), principalmente nos momentos iniciais pós aplicação.

Esse transporte influencia, sobremaneira, nas propriedades de processo, afetando principalmente o tempo de sarrafeamento da argamassa aplicada. Dados de pesquisa mostram que, para blocos de concreto, têm-se que, em até 30 minutos, absorve-se 50% do total possível de água (PAES, BAUER e CARASEK, 2005).

A partir de pesquisa realizada por PAES, BAUER E CARASECK (2005), para analisar os resultados das avaliações da estrutura de poros de duas argamassas mistas de revestimento, com diferentes granulometrias, aplicadas sobre blocos cerâmicos e concreto, por meio da técnica de porosimetria por intrusão de mercúrio, conclui-se que:

- O diâmetro, estrutura, volume e distribuição dos poros do substrato, aliados às suas características superficiais influem na quantidade e velocidade de água transportada para seu interior e, conseqüentemente, na alteração das propriedades da argamassa em contato com a base absorvente;
- A porosidade das argamassas, aliada à interação com o tipo de substrato sobre os quais estas são aplicadas, em virtude do maior ou menor poder de sucção destes, influem diretamente sobre propriedades fundamentais do revestimento, como a resistência de aderência;
- O bloco cerâmico apresenta uma superfície mais compacta e lisa, o que pode dificultar o transporte de água da argamassa, uma vez que esta água encontra-se mais restringida em um sistema de poros saturados. Este fator pode ocasionar na argamassa uma região, próxima da interface, mais porosa conduzindo a valores mais baixos de resistência de aderência;
- O bloco de concreto apresenta maior rugosidade superficial proporcionando um aumento da área de contato entre este e a argamassa, permitindo assim uma melhor penetração da pasta aglomerante no interior do bloco. Isso contribui para a melhoria da resistência de aderência.

2.5 Propriedades da Argamassa de Revestimentos

2.5.1 Consistência

A consistência e plasticidade são apontadas como as principais propriedades que determinam uma condição de trabalhabilidade das argamassas de revestimento.

Em geral, nas argamassas de consistência plástica e fluida pode se manifestar a exsudação de água, propriedade que também interfere na trabalhabilidade, exigindo misturas frequentes para homogeneização do material e pode interferir na capacidade de adesão da argamassa ao ser lançada contra a base (SELMO, 1989).

Para a avaliação da consistência da argamassa, é utilizada tradicionalmente, no Brasil, a mesa de consistência (*flow table*) prescrita pela ABNT NBR 7215 (1996) e são realizados procedimentos de ensaio para determinação do índice de consistência prescrito pela ABNT NBR 13276 (1995).

Segundo BAUER et al. (2005), atualmente existem equipamentos sofisticados que permitem uma avaliação mais ampla do comportamento reológico de argamassas, fornecendo, inclusive, os parâmetros fundamentais (viscosidade e tensão de escoamento). Estes equipamentos não são amplamente utilizados nos laboratórios de tecnologia das argamassas, devido, em primeiro lugar, ao seu elevado custo e, em segundo lugar, a algumas dificuldade operacionais.

2.5.2 Trabalhabilidade

Para Carasek (2007) e Bauer (1998), a trabalhabilidade é a mais importante propriedade da argamassa no estado plástico.

Esta propriedade relaciona-se principalmente à consistência. Em termos práticos, a trabalhabilidade significa facilidade de manuseio. Pode-se dizer que uma argamassa é trabalhável, de um modo geral, quando ela se distribui facilmente ao ser assentada, não gruda na ferramenta, quando está sendo aplicada; não segrega, ao ser transportada; não endurece, em contato com superfícies absorptivas e permanece plástica, por tempo suficiente, para que a operação seja completada (SABBATINI, 1984).

Avaliar, quantificar e prescrever valores de trabalhabilidade das argamassas, por meio de ensaios, é uma tarefa muito difícil, uma vez que ela depende não só das características intrínsecas da argamassa, mas também da habilidade do pedreiro que está executando o serviço e de várias propriedades do substrato, além da técnica de aplicação (CASCUDO et al. 2005).

2.5.3 Coesão e Tixotropia

A coesão, segundo CINCOTTO et al. (1995), refere-se às forças físicas de atração

existentes entre as partículas sólidas da argamassa no estado fresco e às ligações químicas da pasta aglomerante. Ainda, segundo os autores, a influência da cal sobre a consistência e a trabalhabilidade das argamassas provém das condições de coesão interna que a mesma proporciona, em função da diminuição da tensão superficial da pasta aglomerante e da adesão ao agregado.

A tixotropia é a propriedade pela qual um material sofre transformações isotérmicas e reversíveis do estado sólido para o estado gel (SELMO, 1989).

O estado gel, no caso das argamassas, diz respeito à massa coesiva de aglomerante na pasta, mais densa após a hidratação (CINCOTTO et al. 1995).

2.5.4 Plasticidade

É a propriedade pela qual a argamassa, no estado fresco, tende a conservar-se deformada após a redução das tensões de deformação (BAUER, 1998).

De acordo com CINCOTTO et al. (1995), a plasticidade e a consistência são as propriedades que efetivamente caracterizam a trabalhabilidade, e são influenciadas pelo teor de ar aprisionado, natureza e teor de aglomerantes e pela intensidade de mistura das argamassas.

Segundo CASCUDO et al. (2005), a plasticidade adequada para cada mistura, de acordo com a finalidade e forma de aplicação da argamassa, demanda uma quantidade ótima de água a qual significa uma consistência ótima, sendo esta função do proporcionamento e natureza dos materiais.

2.5.5 Retenção de Água

Sabbatini (1986), define a retenção de água como a capacidade que a argamassa tem de reter a água da mistura, quando em contato com blocos de alta sucção, e esta capacidade é relacionada com atenção superficial da pasta aglomerante. Conforme o mesmo autor, a cal melhora as características de retenção de água não só pela sua superfície específica, mas também pela capacidade de absorção de seus cristais, que

são pequenos e lamelares, melhorando a ligação entre os componentes da argamassa.

Segundo SELMO (1989), as argamassas tendem a conservar a água necessária para molhar as partículas dos aglomerantes e do agregado miúdo e a água, em excesso, é cedida facilmente, devido à absorção do substrato.

CARASEK (1996) constou em seus experimentos, utilizando argamassas com diferentes retenções de água aplicadas em diferentes tipos de substratos, que aquelas, com menores capacidades de retenção de água, produziam maior resistência de aderência do revestimento.

2.5.6 Adesão Inicial

A adesão inicial da argamassa, no estado fresco ao substrato, é a propriedade que caracterizará o comportamento futuro do conjunto substrato/revestimento quanto ao desempenho decorrente da aderência (CINCOTTO et al. 1995).

Segundo SELMO (1989), adesão inicial ou a aderência da argamassa no estado fresco ao substrato a revestir, deve-se, em princípio, às características reológicas da pasta aglomerante; a baixa tensão superficial da pasta, sendo função inversa do consumo de aglomerantes, é o que propicia a sua adesão física ao substrato, assim como aos próprios grãos do agregado miúdo.

2.5.7 Aderência ao estado endurecido

Segundo SILVA (2006), aderência ao estado endurecido é a propriedade relacionada ao fenômeno mecânico que ocorre em superfícies porosas, pela ancoragem da argamassa na base. Dá-se pela entrada da pasta nos poros, reentrâncias e saliências, seguida pelo endurecimento progressivo. A base de aplicação também tem participação através de sua porosidade, rugosidade e condições de limpeza da superfície de aplicação.

TAHA e SHRIVE (2001) apud CARVALHO JR et al. (2005) descrevem que a aderência à alvenaria se desenvolve segundo dois mecanismos:

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

Patologias, tais como o descolamento em placas que ocorre junto à interface argamassa/substrato, podem ser relacionadas com a inadequada condição do substrato para possibilitar a penetração da pasta de aglomerante em seus poros, como, por exemplo, base impregnada com pulverulência e com gordura (CARVALHO JR et al. 2005).

De acordo com GONÇALVES (2004), fatores como processo de execução do revestimento, materiais utilizados e condições climáticas respondem por uma variabilidade de até 33% nos resultados do ensaio de aderência. Ainda, segundo o autor, os resultados do ensaio de resistência de aderência à tração devem ser analisados em relação ao tipo de ruptura ocorrido, visto que tanto o fato de romper na interface argamassa/substrato (aderência pura) quanto no interior dos materiais (falha de estruturação interna) representam fraturas no sistema de revestimento.

A aderência é, significativamente, influenciada pelas condições da base, como a porosidade e a absorção de água, a resistência mecânica, a textura superficial e pelas condições de execução do revestimento. (SILVA, 2010)

2.5.8 Elasticidade

Segundo SABBATINI (1984), elasticidade é a capacidade que a argamassa, no estado endurecido, apresenta, em se deformar, sem apresentar ruptura, quando sujeita a solicitações diversas e de retornar à dimensão original inicial, quando cessam estas solicitações.

De acordo com CINCOTTO et al. (1995), a elasticidade é, portanto, uma propriedade que determina a ocorrência de fissuras no revestimento e, dessa forma, influi

decisivamente sobre o grau de aderência da argamassa à base e, conseqüentemente, sobre a estanqueidade da superfície e sua durabilidade.

A capacidade do revestimento de absorver deformações pode ser avaliada através do módulo de elasticidade, que pode ser obtido através do método estático ou dinâmico. Quanto menor o valor do módulo, maior será a capacidade do revestimento de absorver deformações.

2.6 Principais patologias dos revestimentos argamassados

A deterioração prematura dos revestimentos de argamassa é decorrente de diferentes formas de ataque, as quais podem ser classificadas em físicas, mecânicas, químicas e biológicas. No entanto, essa distinção entre os processos é meramente didática, pois, na prática, os fenômenos frequentemente se sobrepõem, sendo, portanto, necessário considerar também as suas interações. Além disso, geralmente, os problemas nos revestimentos se manifestam através de efeitos físicos nocivos, tais como, desagregação, descolamento, vesículas, fissuração e aumento da porosidade e permeabilidade (CARASEK, 2007).

A Figura 01 apresenta uma classificação dos processos de deterioração dos revestimentos de argamassa, apresentando exemplos de causas típicas associadas a eles.

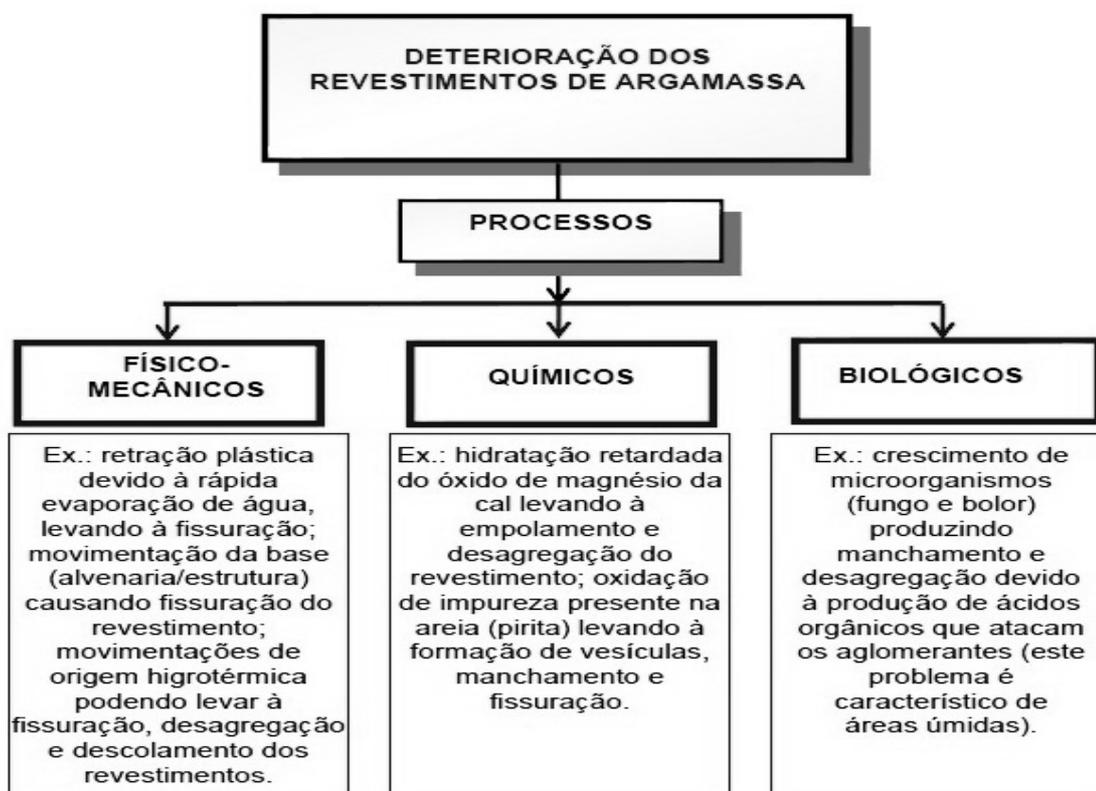


Figura 01 – Processo de deterioração dos revestimentos argamassados (CARASEK, 2007)

Segundo CARASEK (2007), uma outra forma de classificação dos problemas refere-se à origem da fonte causadora. Assim, a deterioração das argamassas tanto pode ser originada por fatores externos ao revestimento como por causas internas à própria argamassa. Nessa linha, podem ser citados como fatores que interferem na durabilidade dos revestimentos de argamassa:

- a qualidade dos materiais constituintes da argamassa;
- a composição (ou traço) da argamassa;
- os processos de execução;
- os fatores externos (exposição às intempéries, poluição atmosférica, umidade de infiltração, etc.).

2.6.1 Patologias causadas por movimentações térmicas

Segundo THOMAZ (1989), os elementos e componentes de uma construção estão sujeitos a variações de temperatura, sazonais e diárias. Essas variações repercutem

numa variação dimensional dos materiais de construção (dilatação ou contração); os movimentos de dilatação são restringidos pelos diversos vínculos que envolvem os elementos e componentes desenvolvendo-se, nos materiais, tensões que poderão provocar o aparecimento de fissuras.

Todos os materiais empregados nas construções estão sujeitos a dilatações com o aumento de temperatura, e, a contrações com a sua diminuição. A intensidade desta variação dimensional, para uma dada variação de temperatura, varia de material para material. As fissuras em argamassas de revestimento, provocadas por movimentações térmicas das paredes, irão depender, sobretudo, do módulo de deformação da argamassa, sendo desejável que a capacidade de deformação do revestimento supere a capacidade de deformação da parede propriamente dita. As fissuras induzidas por movimentações térmicas no revestimento geralmente são regularmente distribuídas e com aberturas bastante reduzidas, assemelhando-se às fissuras provocadas por retração de secagem. Fissuras com aberturas maiores poderão aparecer nos encontros entre paredes ou em outras junções (THOMAZ 1989).

A figura 02 mostra o mecanismo de formação de fissuras na alvenaria em contato com a laje de cobertura.

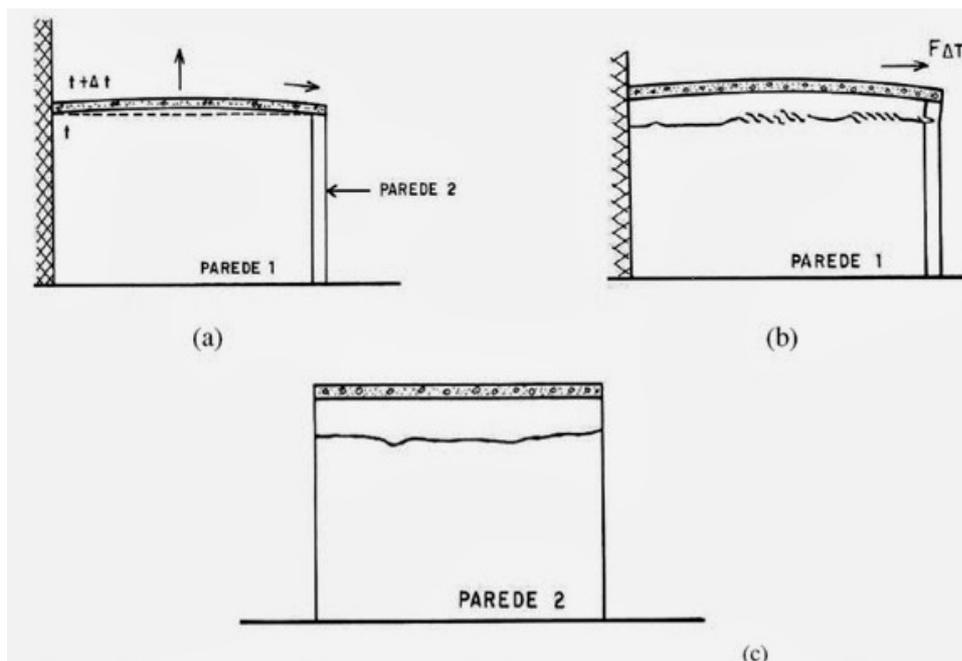


Figura 02 – Mecanismo de formação de fissuras na alvenaria em contato com a laje de cobertura (THOMAZ, 1989).

Segundo THOMAZ (1989), considerando-se o caso mais comum das edificações residenciais, a principal fonte de calor que atua sobre seus componentes é o sol. A amplitude e a taxa de variação da temperatura de um componente exposto à radiação solar irão depender da atuação combinada dos seguintes fatores:

- Intensidade da radiação solar (direta e difusa).
- Absorbância da superfície do componente à radiação solar: quando um componente é exposto à radiação solar, a energia absorvida faz com que sua temperatura superficial seja superior à temperatura do ar ambiente. A absorbância depende basicamente da cor da superfície
- Emitância da superfície do componente: segundo o autor, este fator é particularmente importante no caso das coberturas. Estas reirradiam grande parte da radiação solar absorvida para o céu e para as superfícies que se encontram nas proximidades.
- Condutância térmica superficial: as trocas de calor entre as superfícies expostas de um componente da construção e o ar ambiente dependem não só da diferença verificada entre as temperaturas dos mesmos, como também de outras condições (rugosidade da superfície, velocidade do ar, posição geográfica do edifício, orientação da superfície etc.)

Um material para ser resistente, a diferença térmica deve ter boa condutibilidade térmica, baixo coeficiente de dilatação, baixo módulo de deformação e elevada resistência aos esforços de tração.

2.6.2 Patologias causadas por movimentações higroscópicas

Segundo Silva (2010), entre as solicitações a que pode estar sujeita a argamassa endurecida, destacam-se as solicitações devidas às movimentações higroscópicas tanto no próprio revestimento, quanto na base.

A quantidade de água absorvida por um material de construção está relacionada

diretamente com a porosidade aberta e, principalmente, com a capilaridade. Essa força de sucção, provocada pelo efeito da capilaridade, é inversamente proporcional à espessura dos poros abertos. Dessa maneira, quanto menor a espessura dos poros, maior será o poder de sucção. O material, ao ter seus poros totalmente preenchidos com água, aumenta de volume, e diminui de volume à medida que perde água por evaporação (THOMAZ, 1989).

O resultado desta expansão e contração por higroscopicidade pode provocar a fadiga do material desenvolvendo fissuras semelhantes às decorrentes de variação térmica como mostra a figura 3.

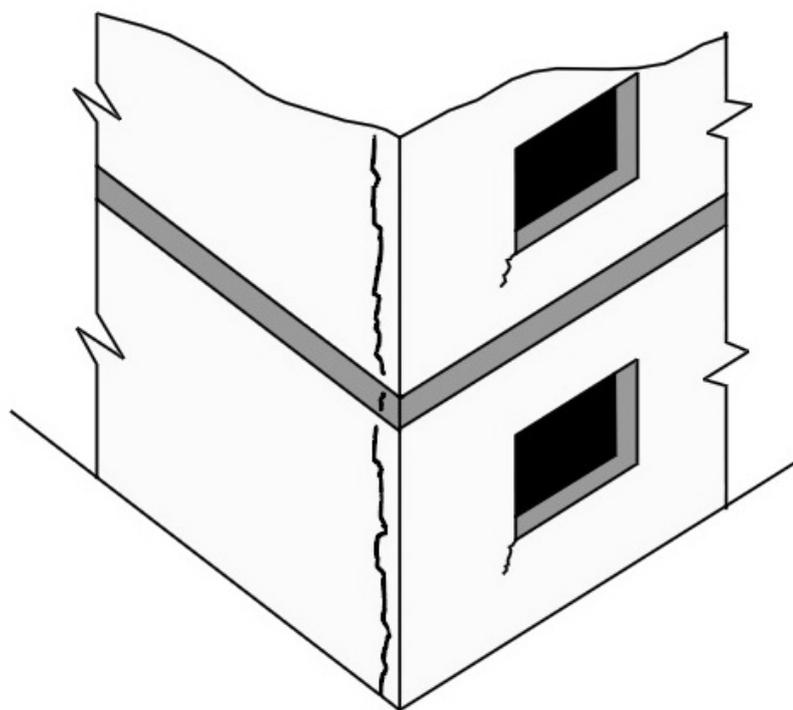


Figura 03 – Expansão dos tijolos por absorção de umidade provoca o fissuramento vertical da alvenaria no canto do edifício (THOMAZ, 1989).

2.6.3 Patologias causadas por atuação de sobrecargas

A atuação de sobrecargas, previstas ou não em projeto, pode produzir o fissuramento de componentes de concreto armado. A ocorrência de fissuras, num determinado

componente estrutural, produz uma redistribuição de tensões ao longo do componente fissurado e mesmo nos componentes vizinhos, de maneira que a solicitação externa geralmente acaba sendo absorvida de forma globalizada pela estrutura. Vale frisar ainda que, não raras as vezes, pode-se presenciar a atuação de sobrecargas em componentes sem função estrutural, geralmente pela deformação da estrutura resistente do edifício ou pela má utilização (THOMAZ, 1989).

O mesmo autor esclarece que as fissuras causadas por sobrecargas possuem configurações típicas, conforme exibido na figura 04.

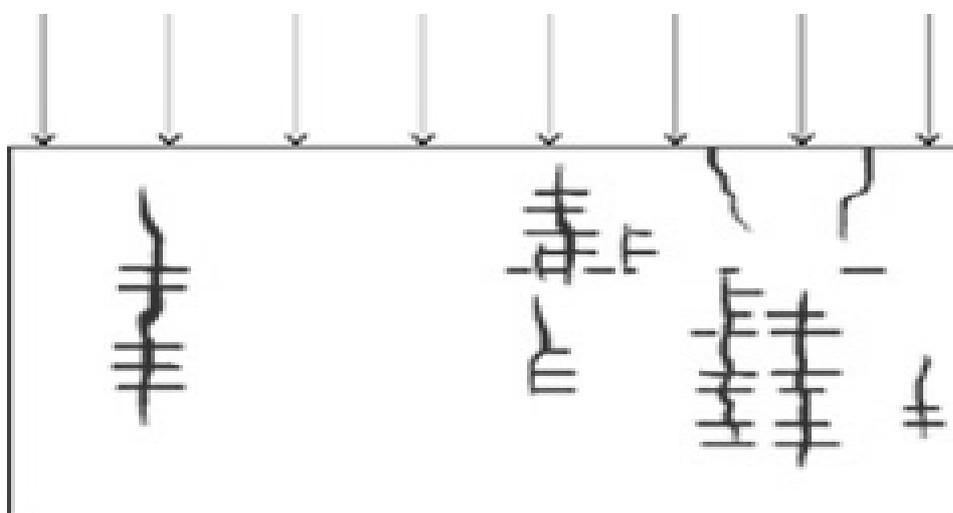


Figura 04 – Fissuração típica da alvenaria causada por sobrecarga vertical (THOMAZ, 1989)

2.6.4 Patologias causadas por movimentações da fundação

Segundo THOMAZ (1989), essas fissuras são as mais preocupantes, pois indicam problemas nas fundações das edificações, sejam elas de alvenaria estrutural ou não. Na sua maioria, as fissuras provenientes de recalques, possuem inclinação próxima de 45°.

As fissuras nas paredes de alvenaria, ocasionadas pelas movimentações das fundações, apresentam algumas características bastante particulares: formas de manifestações típicas, ocorrência alta de casos e, geralmente, são as que mais

comprometem a segurança estrutural, e acrescenta que as fissuras, devidas aos recalques diferenciais, são as mais comuns (SABBATINI 1984).

A figura 05 mostra fissuras causadas por movimentação da fundação.

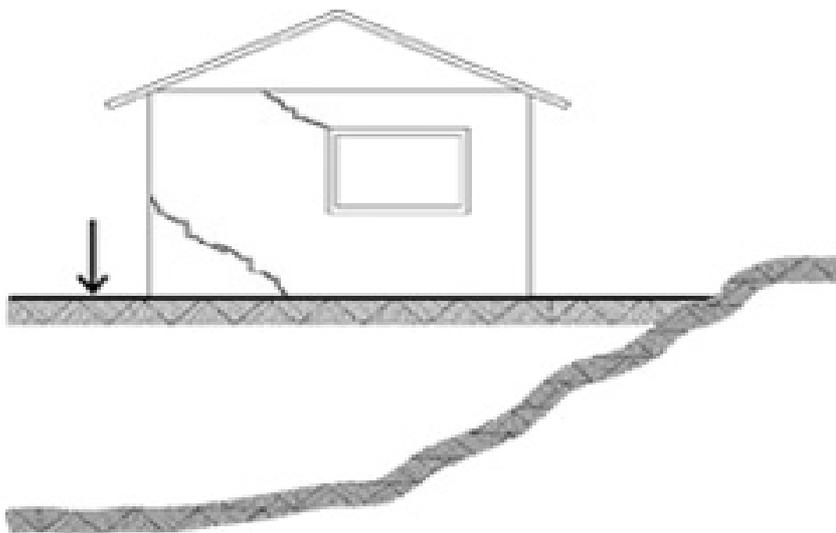


Figura 05 – Fissuras causadas por movimentação da fundação (THOMAZ, 1989).

2.6.5 Patologias causadas pela retração de produtos à base de cimento

Algumas vezes, surgem problemas nos revestimentos atribuídos ao cimento. Na realidade, são provenientes do traço adotado e não da baixa qualidade dos materiais. Por exemplo, um traço muito rico em cimento pode levar a uma alta rigidez, retração, fissuração e descolamento do revestimento; ou, por outro lado, um traço muito pobre, à desagregação do revestimento (CARASEK, 2007).

A figura 06 apresenta fissuração em mapa, típica em argamassa de alta retração.

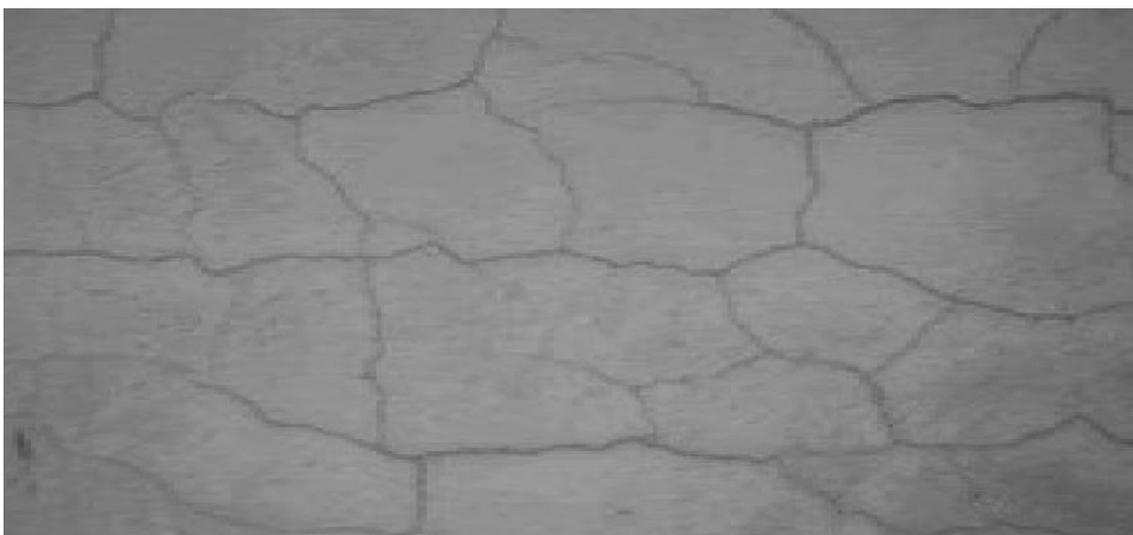


Figura 06 – Revestimento apresentado fissuração em mapa, típica em argamassa de alta retração (CARASEK, 2007).

Segundo THOMAZ (1989), em função da trabalhabilidade necessária, as argamassas normalmente são preparadas com água em excesso, o que vem acentuar a retração. Na realidade, é importante distinguir as três formas de retração que ocorrem num produto preparado com cimento, ou seja:

- Retração química: a reação química entre o cimento e a água se dá com redução de volume; devido às grandes forças interiores de coesão, a água combinada quimicamente (22 a 32%) sofre uma contração de cerca de 25% de seu volume original;
- Retração de secagem: a quantidade excedente de água, empregada na preparação do concreto ou argamassa, permanece livre no interior da massa, evaporando-se posteriormente; tal evaporação gera forças capilares equivalentes a uma compressão isotrópica da massa;
- Retração por carbonatação: a cal hidratada, liberada nas reações de hidratação do cimento, reage com o gás carbônico presente no ar, formando carbonato de cálcio; esta reação é acompanhada de uma redução de volume, gerando a chamada retração por carbonatação.

Josiel (1975) apud Silva (2007) descreve importantes fatores que interferem diretamente nos produtos a base de cimento. Entre eles merecem destaque:

- quanto maior a finura do cimento maior a retração;
- quanto maior a quantidade de cimento na mistura, maior será a retração;
- quanto maior a finura dos agregados, maior será a retração, pois será necessária maior quantidade de pasta de cimento para cobri-los;
- quanto maior for a relação água cimento maior será a retração.

Segundo Thomaz (1989), dentre os fatores distinguidos como principais, a relação água/cimento é o que mais influencia a retração de um produto constituído por cimento, sobrepujando inclusive a própria influência do consumo de cimento.

A figura 07 ilustra a importância relativa do consumo de cimento e do consumo de água na retração de concretos.

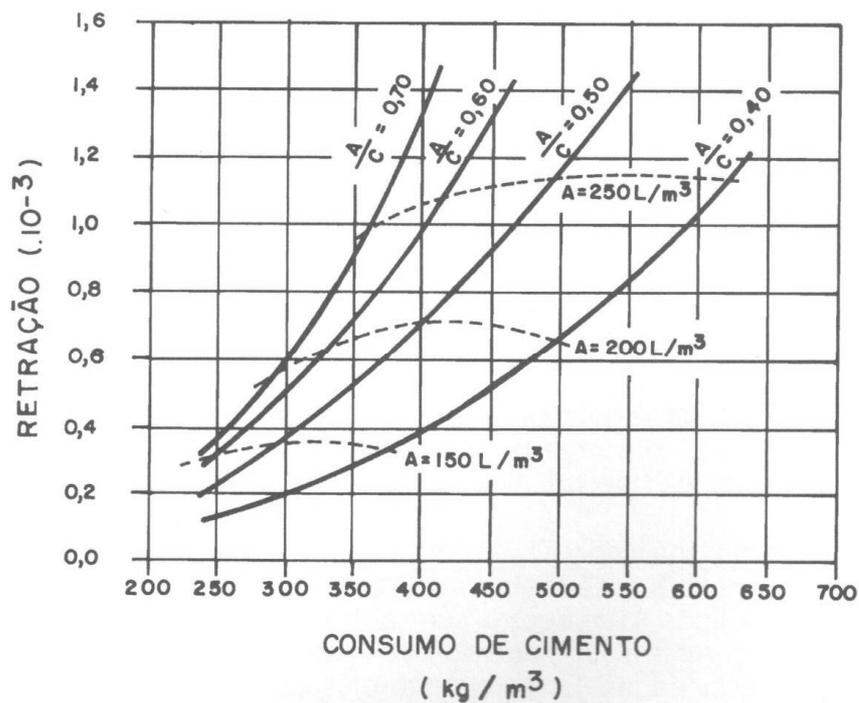


Figura 07 – Retração do concreto em função do consumo de cimento e da relação água/cimento (THOMAZ, 1989)

2.6.6 Patologias causadas por alterações químicas dos materiais de construção

Para THOMAZ (1989), os materiais de construção são suscetíveis de deterioração pela ação de substâncias químicas, principalmente as soluções ácidas e alguns tipos de álcool.

Ainda segundo o mesmo autor, independente da presença de meios fortemente agressivos, como atmosferas com alta concentração de poluentes e os ambientes industriais, os materiais de construção podem sofrer alterações químicas que redundem, dentre outras coisas na fissuração do componente.

2.6.7 Patologias causadas por hidratação retardada de cales

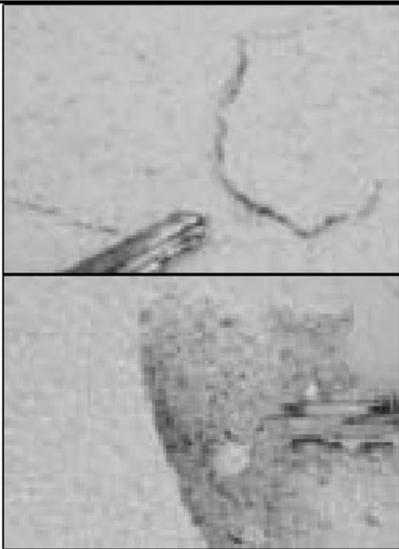
Diferentemente do cimento, apesar de no Brasil serem produzidas cales de ótima qualidade, ainda existem também muitos produtos de baixa qualidade sendo comercializados como cal hidratada. Desta forma, deve ser tomado cuidado para não se adquirir uma cal inadequada, que é um produto de origem duvidosa, normalmente resultado de um processo de fabricação com baixo controle de produção, ou mesmo de uma mistura rudimentar de cal com outros materiais (CARASEK, 2007).

Silva (2007) e Carasek (2007) concordam que o principal problema observado na cal hidratada é a presença de óxidos não hidratados em teor excessivo. Nesses casos, esses óxidos podem reagir com a umidade após a aplicação e endurecimento da argamassa. A reação de hidratação é expansiva, levando a um aumento de volume do material de 100% para o CaO e de 110% para o MgO. Assim, quando ocorre a hidratação retardada, não existe espaço para os produtos formados levando à deterioração dos revestimentos.

O efeito mais nocivo da hidratação retardada de cales manifesta-se, entretanto, nos revestimentos em argamassa, cuja expansão decorrente tende a produzir danos generalizados no revestimento, além de fissuras, descolamento, desagregações e pulverulências (THOMAZ, 1989).

A figura 08 apresenta as Manifestações patológicas nos revestimentos de argamassa provenientes da hidratação retardada dos óxidos de cálcio e magnésio

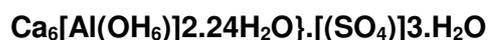
Figura 08 - Manifestações patológicas nos revestimentos de argamassa provenientes da hidratação retardada dos óxidos de cálcio e magnésio (CARASEK, 2007).

Hidratação retardada do	Manifestação patológica observada	Período médio de aparecimento dos problemas	Ilustração
Óxido de cálcio	Vesículas de interior branco	Nos primeiros meses após a aplicação da argamassa	 <p>Fotos de Priori Jr. et al. (2006)</p>
Óxido de magnésio	Desagregação de emboços/camada única Empolamento da camada de reboco (casos antigos)	Após vários meses ou até anos	

Cincotto (1983) apud Carasek (2007), mencionam que, quando o problema ocorre com o óxido de cálcio (que se apresenta na forma de grãos grossos), a consequência observada é a formação de vesículas, que nada mais são do que pequenos pontos do revestimento que, inchando progressivamente, acabam por destacar a pintura.

2.6.8 Patologias causadas por ataques de sulfatos

O aluminiato tricálcio, um constituinte normal dos cimentos, pode reagir com sulfatos em solução formando um composto denominado sulfoaluminato tricálcio ou etringita, sendo que esta reação é acompanhada de grande expansão. Portanto, para que a reação ocorra, é necessária a presença de cimento, de água e de sulfatos solúveis (THOMAZ, 1989).



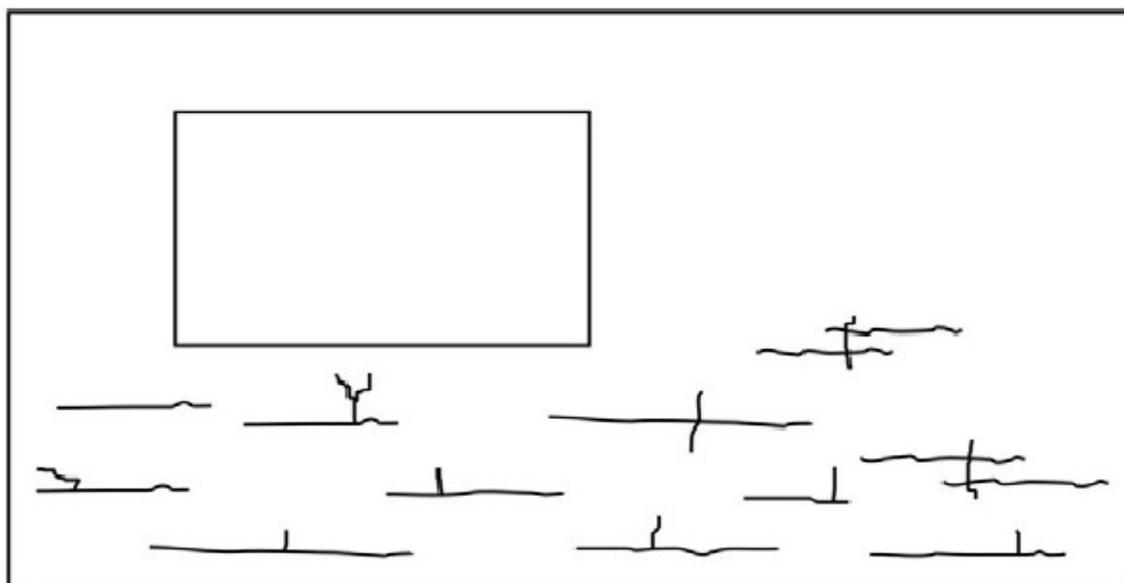
De acordo com SILVA (2007), os sulfatos podem provir de águas contaminadas contidas no solo, bem como de componentes cerâmicos constituídos por argilas com altos teores de sais solúveis.

Ainda segundo o mesmo autor, no caso da expansão de argamassas de assentamento compostas por argilas, por exemplo, ocorre inicialmente a expansão da alvenaria podendo, inclusive, ocorrer a desagregação da argamassa de assentamento.

Para THOMAZ (1989), no caso de alvenarias revestidas, as trincas serão semelhantes àquelas que ocorrem pela retração da argamassa de revestimento. Diferem das primeiras, entretando, em três aspectos fundamentais: apresentam aberturas mais pronunciadas, acompanham aproximadamente as juntas de assentamento horizontais e verticais e aparecem quase sempre acompanhadas de eflorescências.

A figura 09 mostra as Fissuras na argamassa de revestimento provenientes do ataque por sulfatos.

Figura 09 – Fissuras na argamassa de revestimento provenientes do ataque por sulfatos (THOMAZ, 1989).



2.6.9 Patologias com origens na especificação dos materiais

Segundo Carasek (2007), os agregados devem ser escolhidos com cuidado, pois eles representam cerca de 60 a 80% do consumo dos materiais da argamassa pronta, resultando em significativa influência no seu comportamento no estado fresco, bem como no desempenho do revestimento. Geralmente, o agregado empregado para argamassas de revestimento é a areia natural constituída, essencialmente, de quartzo e extraída de leitos de rios e “cavas”.

Ainda segundo a mesma autora, as areias, por vezes escolhidas pelo construtor apenas em função do custo e do acabamento desejado para o revestimento (por exemplo, são empregadas areias mais finas para obtenção de uma textura menos rugosa o que leva a uma economia de massa corrida quando da execução da pintura), podem ser uma séria fonte de manifestações patológicas. Os problemas dos revestimentos atribuídos às areias podem ser separados em dois grupos:

- Relacionados à composição química e mineralógica, sendo de grande importância a presença de impurezas;

- Relacionados à granulometria, devendo ser considerada a distribuição granulométrica, além do teor e da natureza dos materiais pulverulentos.

O quadro 2.8 apresenta as principais impurezas das areias e suas conseqüências nas argamassas de revestimentos.

Quadro 2.8 – Principais impurezas das areias e suas consequências nas argamassas e revestimentos
(Caraseck, 2007).

Impureza presente no agregado	Manifestação patológica produzida no revestimento/argamassa	Mecanismo/Observações	Fontes prováveis
Torrão de argila	<ul style="list-style-type: none"> • Desagregação do revestimento; • Vesículas 	Os torrões de argila são grãos de baixa resistência mecânica (friáveis). Absorvem muita água e desagregam, originando vazios.	Podem apresentar-se em agregados de mina.
Matéria orgânica em decomposição (húmus)	<ul style="list-style-type: none"> • Inibe a pega e o endurecimento da argamassa; • Vesículas com interior escuro; • Intumescimento; • Desagregação do revestimento. 	A desagregação do revestimento pode ser produzida pela baixa aderência entre grãos ocasionada pela presença de ácidos dos húmus que neutralizam a água alcalina da argamassa.	Areia lavada insuficientemente, contendo resíduos de animais e vegetais (folhas, raízes e caules) em decomposição; poluição de rios (detergentes).
Carvão	<ul style="list-style-type: none"> • Vesículas com interior preto; • Intumescimento; • Manchas escuras escorridas na superfície do revestimento ou pintura. 	O carvão é um grão de baixa resistência mecânica (friável) e instável quimicamente.	-----
Congregações ferruginosas	<ul style="list-style-type: none"> • Manchas escorridas de cor ferrugem • Desagregação do revestimento • Vesículas com interior escuro 	Reação de oxidação, formando compostos expansivos – hidróxidos de ferro e óxidos de ferro hidratados.	-----

Quadro 2.8 – Principais impurezas das areias e suas consequências nas argamassas e revestimentos - continuação (Caraseck, 2007).			
Impureza presente no agregado	Manifestação patológica produzida no revestimento/argamassa	Mecanismo/Observações	Fontes prováveis
Gipsita e Anidrita	<ul style="list-style-type: none"> • Fissuração; • Desagregação do revestimento. 	Liberam SO_4^{--} que reage com os compostos hidratados do cimento (aluminatos e hidróxido de cálcio) formando produtos expansivos, a etringita e a gipsita. A gipsita possui alta solubilidade; se a areia ficar armazenada, por um longo período ao ar livre, ela será lixiviada. Já a anidrita é menos solúvel e mais deletéria	Ocorrem frequentemente em rochas sedimentares e carbonatos.
Sulfeto de ferro FeS_2 (genericamente chamado de pirita)	<ul style="list-style-type: none"> • Manchas escorridas de cor ferrugem; • Desagregação do revestimento; • Vesículas com interior escuro. 	Formação de compostos expansivos resultantes da dissociação em íons Fe^{++} e S^- e oxidação desses íons formando óxido de ferro (expansão e manchas de ferrugem) e sulfatos que reagem com os produtos hidratados do cimento gerando etringita e gipsita (expansão). Um teste prático que pode ser realizado: colocar a areia em uma solução saturada de cal. Se ela for reativa, forma-se, em poucos minutos, um precipitado gelatinoso verde-azulado, que se transforma em hidróxido férrico marrom, exposto ao ar.	Frequentemente encontrada em rochas vulcânicas, metamórficas e sedimentares.

Quadro 2.8 – Principais impurezas das areias e suas consequências nas argamassas e revestimentos - continuação (Caraseck, 2007).			
Impureza presente no agregado	Manifestação patológica produzida no revestimento/argamassa	Mecanismo/Observações	Fontes prováveis
Sais solúveis	<ul style="list-style-type: none"> • Eflorescências (e criptoflorescências); • Acelera a pega e o endurecimento da argamassa (cloretos); • Desagregação (sulfatos) 	Os sais são dissolvidos pela água e levados à superfície do revestimento formando depósitos pulverulentos, geralmente brancos.	Areia da região litorânea e de estuários
Mica (muscovita, biotita, sericita)	<ul style="list-style-type: none"> • Desagregação; • Esfoliação; • Descolamento do revestimento; • Aumento da demanda de água de amassamento. 	A mica é um mineral que se cristaliza em forma de lâminas delgadas (placas). Assim, durante o sarrafeamento e desempenho da argamassa, as placas de mica presentes podem se orientar paralelamente à superfície da base, atuando como superfícies diminutas de descolamento, reduzindo a aderência no interior da massa (esfoliação) ou na interface argamassa/substrato (descolamento do revestimento).	Ocorre com frequência nas rochas ígneas e metamórficas, sobretudo micaxisto, granito e gnaiss.

2.6.10 Patologias causadas devido ao fenômeno da Eflorescência

Menezes et al. (2006) define eflorescências como depósitos salinos, que se formam na superfície de materiais cerâmicos, resultantes da migração e posterior evaporação de soluções aquosas salinizadas. As eflorescências trazem, em si, um problema mais de ordem estética do que estrutural. No entanto, por se tratar de um fenômeno complexo e com reflexos econômicos preocupa fabricantes e construtores.

Ferreira (2010) comenta que as eflorescências são compostas de carbonatos (cálcio e magnésio), hidróxido de cálcio, sulfatos (cálcio ou magnésio ou potássio ou sódio), cloretos (cálcio ou magnésio) e nitratos (potássio ou sódio ou amônio). Três fatores de igual importância são as causas desta patologia:

- teor de sais solúveis nos materiais ou componentes (tijolos, materiais cerâmicos, cimento Portland, água de amassamento, agregados, materiais da poluição);
- presença de água para dissolver e carrear os sais solúveis até a superfície do revestimento;
- pressão hidrostática para propiciar a migração da solução para a superfície.

Para Carasek (2007), didaticamente, o fenômeno pode ser dividido em eflorescência e criptoflorescência, conforme o local de cristalização dos sais. No entanto, genericamente, este problema é chamado de eflorescência. Caso exista uma rede de capilares bem formada na argamassa endurecida, quantidade de água suficiente para levar os sais e condição de evaporação moderada, os sais irão se cristalizar essencialmente na superfície do revestimento, sendo o fenômeno denominado de eflorescência. Mas, quando os poros capilares não estão bem conectados, formando uma rede, existe pouca água ou ainda a evaporação é muito intensa, os sais precipitam, a uma certa distância da superfície, em depósitos que exercem pressão devido à hidratação e cristalização dos sais produzindo a desagregação da argamassa, fenômeno denominado de criptoflorescência. Se estes sais cristalizarem, na região de interface argamassa-substrato, o fenômeno pode causar o descolamento da camada de revestimento.



Figura 10 – Eflorescência no revestimento interno do Fórum de Leopoldina
(Ferreira, 2010)

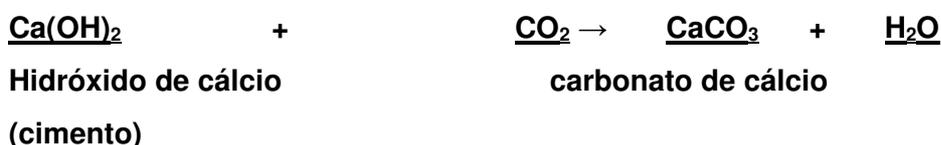
Segundo Uemoto apud Ferreira (2010), os depósitos salinos, na superfície de alvenarias e revestimentos, em grande parte são alcalinos (sódio e potássio) ou alcalinos terrosos (cálcio e magnésio), provenientes da migração de sais solúveis presentes nos materiais de revestimento ou componentes da alvenaria. O autor classifica as eflorescências em três tipos:

- Tipo I - Tipo mais comum: caracteriza-se por um depósito de sal branco, pulverulento, muito solúvel em água. Pode apresentar-se na forma de um véu, aparecer em superfícies de alvenaria aparente (tijolos cerâmicos) ou revestida com argamassa, em juntas de assentamentos, em regiões próximas a caixilhos mal vedados, em ladrilhos cerâmicos, em juntas de ladrilhos cerâmicos e azulejos. Se o acúmulo de sal se der na interface alvenaria/pintura a película de pintura poderá se destacar. Os sais, neste caso, são frequentemente sulfatos de sódio e de potássio e, com menor incidência, sulfato de cálcio e de magnésio, carbonatos de sódio e de potássio. Estes sais podem ser provenientes de tijolos, de cimentos, da reação química entre os

compostos do tijolo com o cimento, da água utilizada no amassamento, dos agregados, e também de substâncias contidas em solos adensados ou contaminados por produtos químicos e pela poluição atmosférica.

- Tipo II - Tipo menos comum caracteriza-se por um depósito de cor branca com aspecto de escorrimento, muito aderente e pouco solúvel em água que, em contato com ácido clorídrico, apresenta efervescência. Estes sais, geralmente, formam-se em regiões próximas a elementos de concreto ou sobre sua superfície e, às vezes, sobre superfícies de alvenaria.

Este sal é basicamente carbonato de cálcio, formado por meio da reação:



Na hidratação do cimento, há liberação de cal; esta, em presença da água proveniente de chuvas ou de infiltração de umidade, dissolve-se e deposita-se na superfície das fachadas. Na evaporação da água, em presença do anidrido carbônico do ar, esta cal transforma-se em carbonato de cálcio, um composto pouco solúvel em água.

Nos casos de utilização de argamassas mistas de cimento e cal, onde existe um elevado teor de cal não hidratada, esta cal, em contato com água, também será dissolvida e se deposita sobre a superfície, carbonatando-se. Neste caso, de modo geral, não existe perigo à estabilidade da alvenaria. Os depósitos brancos formados, apenas apresentam um efeito estético negativo e são difíceis de serem eliminados.

- Tipo III - manifesta-se como um depósito de sal entre juntas de alvenaria aparente, que se apresentam fissuradas por efeito de expansão da argamassa de assentamento. Este tipo de eflorescência não é muito frequente. Os sais solúveis do cimento agem como fonte de eflorescência. Cimentos que contenham elevado teor de álcalis (Na₂O e K₂O), na sua hidratação, podem transformar-se em carbonato de sódio e potássio, muito solúveis em água. Outra situação possível é a reação entre o cimento da argamassa que contém

hidróxidos alcalinos e os tijolos (sulfato de cálcio), resultando em sulfatos de sódio e de potássio.

2.6.11 Patologias causada por agentes biológicos

Segundo Müller (2010), a biodeterioração é um fenômeno que envolve a participação de microorganismos, não visíveis a olho nu, como, por exemplo, algas, bactérias, cianobactérias e fungos, que podem atuar criando uma camada na superfície dos materiais, o biofilme. A biodeterioração pode ocorrer pela assimilação de compostos do próprio material, pelo microorganismo ou pela excreção de produtos agressivos, durante a sua reprodução, como ácidos.

Segundo Shirakawa et al. (1995), fungos são organismos nucleados que, por não possuírem clorofila, não podem fotossintetizar seu alimento. São organismos heterotróficos, ou seja, necessitam de compostos orgânicos pré-elaborados.

Ainda segundo o mesmo autor, além de compostos orgânicos pré-elaborados, os fungos necessitam de fósforo, nitrogênio e traços de ferro, cloro, magnésio, cálcio, entre outros. A umidade do ambiente pode favorecer o aumento de umidade do material, mas somente a água absorvida por este pode ser utilizada para o desenvolvimento de fungos.

Segundo Cincotto (1995), pode-se designar, cientificamente, como bolor as manchas decorrentes do acúmulo de fungos filamentosos sobre um substrato qualquer. O acúmulo do bolor causa o aparecimento de manchas escuras com cores de tonalidades pretas, marrons ou esverdeadas. Eventualmente, aparecem manchas claras, esbranquiçadas, decorrentes de espécies mais raras.



Figura 11 - Foto ampliada mostrando o aspecto da textura de colônia de fungos (Thomaz, 1992).

2.6.12 Patologias causadas por Umidade

As manchas, as fissuras e as desagregações provocadas pela umidade, são as manifestações patológicas mais frequentes nos edifícios (SILVA, 2007).

Segundo Oliveira et al. (2005) apud Ferreira (2010), levantamento realizado pelo IPT, em 2004, constatou que 58% dos problemas patológicos de edifícios com um a quatro anos de idade, são relativos à umidade. A umidade pode ser classificada em função da sua origem em quatro tipos:

- umidade proveniente do solo, decorrente da ascensão capilar da água presente no terreno;
- umidade de infiltração decorrente da ação da água de chuva (infiltração por fissuras, caixilhos, revestimentos, juntas, entre outros);
- umidade de condensação, decorrente da condensação superficial ou no interior dos materiais de vapor de água;
- umidade acidental - decorrente de vazamentos em instalações hidráulicas ou

de coleta de água da edificação, decorrente de falhas localizadas, dentre outras.

Umidade de infiltração: é originada, preponderantemente, pela chuva e sua associação com vento pode agravar uma série de patologias, dependendo do estado de conservação do edifício. As paredes e as coberturas podem ser pontos vulneráveis para entrada de umidade (MÜLLER, 2010).



Figura 12 - Deterioração do reboco devido à infiltração de água pela janela de um prédio (Ferreira, 2010)

Umidade ascensional: segundo Müller (2010), esse tipo de umidade é caracterizada pela presença da água, oriunda geralmente do solo é absorvida pela fundações, a qual migra pelas para as paredes e pisos da edificação.

Os materiais de construção absorvem água na forma capilar, quando estão em contato direto com a umidade, geralmente ocorrendo nas fachadas e em regiões que se encontram em contato com o terreno. A água é transportada pelos capilares, sendo importante a velocidade de absorção capilar e a altura de elevação. A altura de

elevação capilar será tanto maior quanto menor for o raio do capilar, sendo que a velocidade de absorção segue a relação direta, ou seja, quanto maior o raio do capilar maior será a velocidade de absorção de água. Caso a água seja absorvida, permanentemente, pelo material de construção em região, em contato direto com o terreno, e não seja eliminada por ventilação, será transportada, paulatinamente, para cima através do sistema capilar (DIAS FERREIRA apud BAUER, 1994).

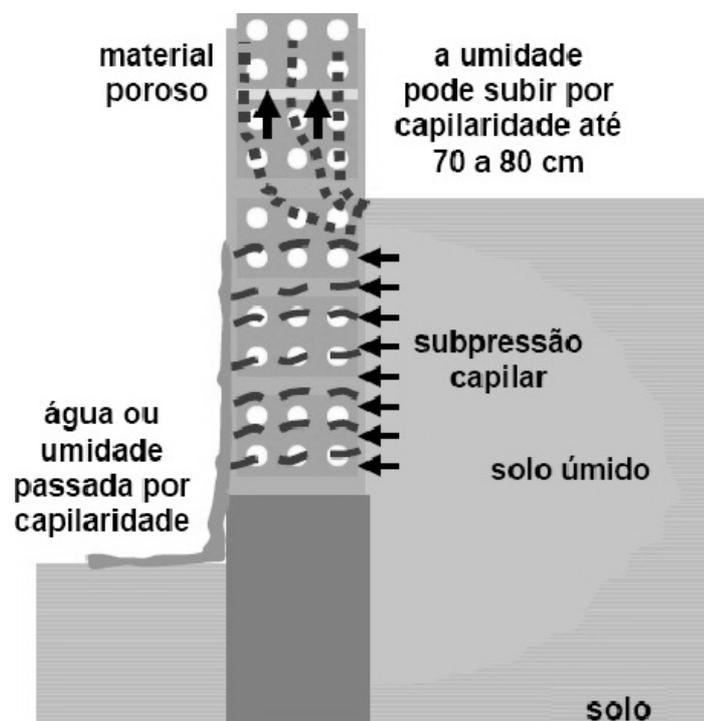


Figura 13 – Esquema umidade ascensional em materia poroso (Pozzobon apud Schönardie, 2009).

Umidade de condensação: é produzida quando o vapor de água, existente em um local, entra em contato com as superfícies, com temperatura abaixo do ponto de orvalho formando pequenas gotas de água (MÜLLER, 2010).

O fenômeno ocorre pela redução da capacidade de absorção da umidade pelo ar quando este é resfriado na interface da parede, ocorrendo a precipitação.

Müller (2010) acredita que a umidade, por condensação, é mais danosa que água da

chuva, pois fixa, junto com o vapor, partículas em suspensão que podem ser danosas à edificação.

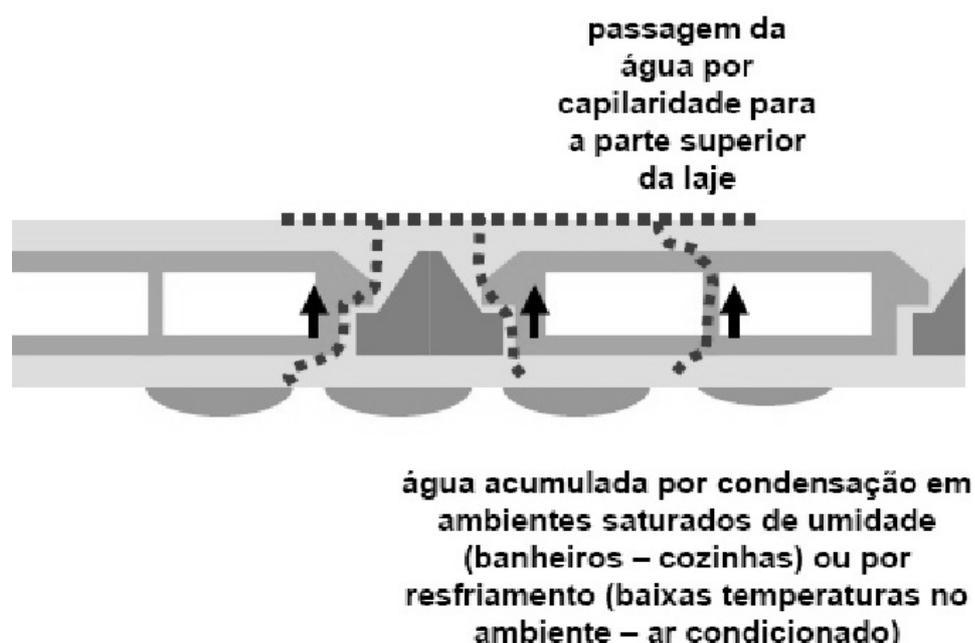


Figura 14 – Esquema umidade de condensação (Pozzobon apud Schönardie, 2009).

Umidade da obra: Silva (2007) define a umidade de construção como aquela originada na fase de construção da edificação.

Müller (2010), classifica esse tipo de umidade como o surgimento incontrolado de um percentual superior ao desejado para um dado material ou elemento construtivo, incorporado durante o processo construtivo e que não seca de acordo com o esperado e quando aplicado um acabamento superficial que, atuando como barreira, dificulta a evaporação.

Segundo Müller apud Souza (2008), a origem das umidades podem ser encontradas nas seguintes locais (quadro 2.9):

Quadro 2.9 – Origem das umidades na construção (Müller, 2010 apud Souza, 2008)

ORIGENS	PRESENTE NA
Umidade na obra	<ul style="list-style-type: none"> • Confeção do concreto • Confeção de argamassa • Execução de pinturas
Umidade infiltração	<ul style="list-style-type: none"> • Coberturas • Paredes • Lajes de terraços
Umidade ascensional	<ul style="list-style-type: none"> • Terra, através do lençol freático
Umidade acidental	<ul style="list-style-type: none"> • Paredes • Telhados • Pisos • Terraços
Umidade de condensação	<ul style="list-style-type: none"> • Paredes forros e pisos • Compartimentos com pouca ventilação • Banheiros, cozinhas e garagens

3. METODOLOGIA

Para verificar as conformidades técnicas e funcionais, visando ao diagnóstico das manifestações patológicas, em uma edificação residencial, será utilizada a metodologia baseada em Lichtenstein (1986), adaptado por Silva (2010), conforme figura 15:

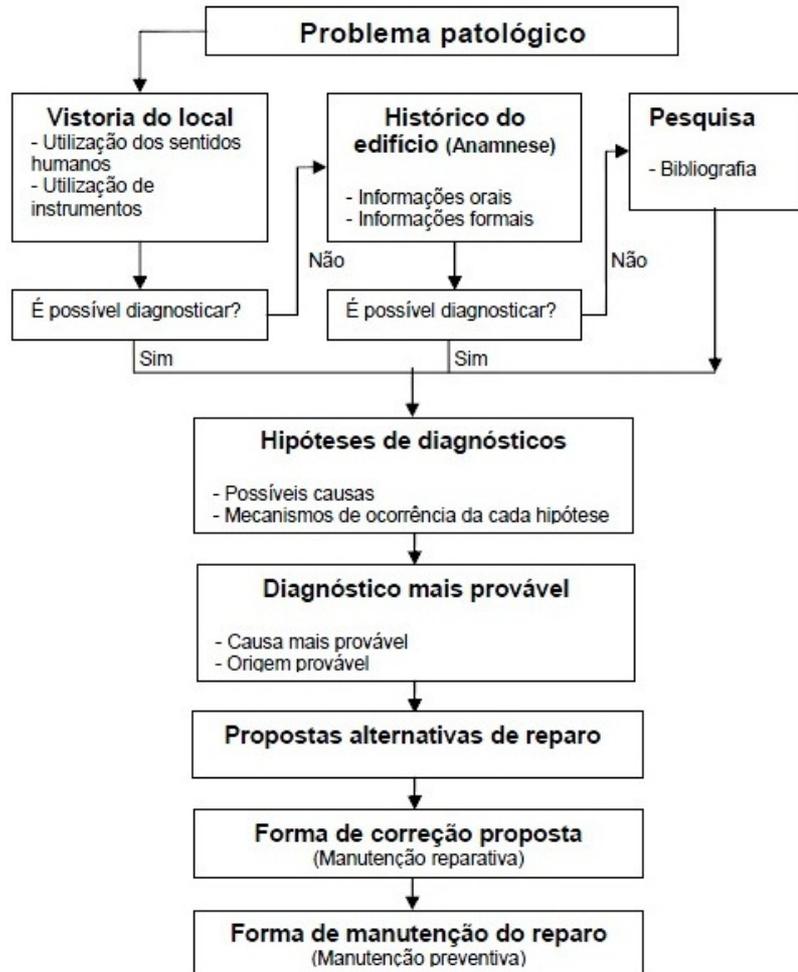


Figura 15 - Adaptação da metodologia de Lichtenstein para resolução dos problemas patológicos (SILVA, 2010)

4. ANÁLISE DO ESTUDO DE CASO

Neste capítulo, será feito um relato técnico sobre uma edificação residencial que apresenta um quadro evoluído de manifestações patológicas.

4.1 Caracterização do estudo de caso

O objeto do estudo de caso será uma edificação residencial de um pavimento, localizado em Pitangui – Minas Gerais.

Trata-se de uma região urbana com predominância de habitações residenciais unifamiliares, apresenta clima ameno, de superfície semiplana, com padrão socioeconômico e cultural médios, e solo, predominantemente, argiloso.

A Infraestrutura urbana possui sistema viário, coleta de resíduos sólidos, água potável, energia elétrica, telefone, comunicação e esgotamento sanitário.

As atividades existentes incluem redes bancárias, indústrias, comércio e atividades de profissionais liberais, sendo médio, como um todo, o nível do mercado de trabalho. Os serviços comunitários disponíveis compreendem escolas (estadual e municipal), hospital e postos de saúde, igrejas e clubes de recreação.

4.2 Documentação

Durante a vistoria realizada, foi constatada junto ao proprietário a inexistência de projeto estrutural e projeto de instalações. Foi verificado, também, que o projeto arquitetônico, aprovado na prefeitura municipal de Pitangui, está com área construída menor que a da edificação.

4.3 Registro das manifestações patológicas

O registro das manifestações patológicas foi realizado através de fotos produzidas durante a vistoria da edificação residencial, sendo a metodologia baseada no método de Lichtenstein (1986), adaptada por Silva (2010), conforme apresentado no item 3.

4.4 PATOLOGIA P1

4.4.1 Descrição da patologia P1

A patologia P1 foi caracterizada pela presença de umidade e manchas generalizadas no muro exteno da edificação, conforme figuras 16 e 17.



Figura 16 – Umidade na parede frontal do imóvel



Figura 17 – Umidade na parede lateral do imóvel

4.4.2 Hipóteses de diagnósticos para patologia P1

Através da verificação visual, estabeleceram-se algumas hipóteses:

- Umidade ascendente devido ao fluxo vertical de água que consegue ascender do solo através do fenômeno da capilaridade. Pode ser identificado através de uma linha horizontal na parede, ou seja, pela diferença de tonalidade do paramento, de uma zona mais escura para uma mais clara. Esta linha forma-se no ponto onde o equilíbrio entre capilaridade e evaporação é atingido;
- Ausência de impermeabilização na fundação que impeça a progressão dessa umidade para as paredes.

4.4.3 Diagnóstico mais provável para patologia P1

As hipóteses formuladas se complementam entre si. Assim, chegou-se ao seguinte diagnóstico mais provável: a causa da patologia foi a presença de umidade prolongada nas paredes de vedação, podendo-se determinar que a origem da anomalia ocorreu por falha construtiva; a umidade, provavelmente foi provinda do solo através do fenômeno da capilaridade e pela umidade de precipitação, favorecendo o desenvolvimento das manchas visualizadas.

4.4.4 Propostas alternativas de reparo para patologia P1

Analisando a hipótese mais provável, segundo Lichtenstein (1986) apud Silva (2010), deve-se inicialmente avaliar a alternativa de reparo de menor custo de modo a resolver a causa do problema, ou seja, procurar eliminar o agente causador da manifestação patológica que, nesse caso, é a umidade. Assim, a primeira medida a tomar é tentar diminuir a incidência de umidade na região, e a segunda, tratar os efeitos decorrentes da causa.

4.4.5 Forma de correção proposta para patologia P1

Para a redução da umidade, provinda do solo, é necessário desenvolver um sistema de drenagem próximo à região afetada, objetivando diminuir a quantidade de água que penetra no solo durante as chuvas (THOMAZ, 1989).

No que tange à umidade ascendente, a solução é a mesma para o caso de estruturas enterradas, pois há a impossibilidade de executar o processo pelo lado externo (RIGHI, 2009).

Segundo a mesma autora, as etapas para solução dessa patologia são:

- a) Primeiramente, deve-se delimitar a área a ser tratada, marcando uma faixa com pelo menos 30 cm acima da patologia, em toda a extensão de parede em que aparece a umidade ascendente;
- b) Nessa área demarcada deve-se remover todo o revestimento da parede expondo a alvenaria;
- c) Fechar as irregularidades com uma argamassa bem desempenada e, com a

- parede molhada, aplicar uma demão de argamassa polimérica;
- d) Após um intervalo de seis horas entre cada demão, aplicar mais três demãos, totalizando quatro demãos;
 - e) Executa-se novamente o revestimento. Para um melhor desempenho deve-se usar argamassa com aditivo hidrófugo no mesmo.
 - f) Depois de solucionado o problema, deve-se evitar perfurações no revestimento que foi tratado, como a colocação de rodapés no ambiente, pois poderá danificar a impermeabilização e possibilitar a volta do problema.

4.4.6 Formas de manutenção do reparo da patologia P1

Manter a pintura limpa e sempre em bom estado, realizando manutenções periódicas. Além disso, manter os sistemas de drenagem do terreno sempre em bom estado.

4.5 PATOLOGIA P2

4.5.1 Descrição da patologia P2

Na figura 18, observa-se trinca no componente de vedação e destacamento do revestimento argamassado.



Figura 18 – Trinca e destacamento do revestimento argamassado

4.5.2 Hipóteses de diagnósticos para patologia P2

Através da verificação visual, estabeleceram-se algumas hipóteses:

- Trinca com configuração típica provocada por recalque diferencial, apresentando abertura maior, deitando-se em direção ao ponto onde ocorreu o maior recalque.
- Devido ao recalque diferencial, há a presença de esmagamentos localizados, em forma de escamas, dando indícios das tensões de cisalhamento que as provocaram, acarretando o destacamento do revestimento argamassado.

4.5.3 Diagnóstico mais provável para patologia P2

As hipóteses formuladas se complementam entre si. Assim chegou-se ao seguinte diagnóstico mais provável: a causa da patologia foi devido ao erro de dimensionamento das fundações, decorrente, possivelmente, da inexistência de sondagem do solo. Sofreu recalques acima do limite aceitável, provocando danos em sua estrutura e, conseqüentemente, provocando o destacamento do revestimento argamassado, devido às tensões de cisalhamento. Podendo-se então determinar que a origem da anomalia ocorreu por falha ou inexistência de projeto.

4.5.4 Propostas alternativas de reparo para patologia P2

Trata-se de uma fissura que estará sempre aumentando e diminuindo sua abertura. Portanto, as alternativas de reparo devem considerar este fenômeno natural. Uma alternativa bastante utilizada é permitir a movimentação dos materiais, acrescentando produto flexível na interface entre ambos, de maneira a criar uma barreira contra a penetração de água e permitindo a flexibilidade do sistema.

4.5.5 Forma de correção proposta para patologia P2

A forma de correção proposta foi a de menor custo, que é a vedação da fissura com material flexível, como mostra a figura 19.

Pode-se recuperar esse tipo de fissura aplicando um selante flexível (poliuretano, silicone, etc.) em um sulco aberto na região da trinca, em forma de Vê, com aproximadamente 20 mm de largura e 10 mm de profundidade (Figura 19). Antes da aplicação do selante, deve-se fazer uma limpeza eficiente da poeira aderente à parede; quando da aplicação do selante, a parede deve encontrar-se bem seca. O selante deve ser bem consistente, não podendo apresentar retração acentuada pela evaporação de seus constituintes voláteis. Se a trinca tem movimentos intensos, como é o caso da P2, recomenda-se abrir uma cavidade retangular (Figura 19), com aproximadamente 20 mm de largura e 10 mm de profundidade, colocando, entre o selante e a parede, uma membrana de separação (fita crepe).

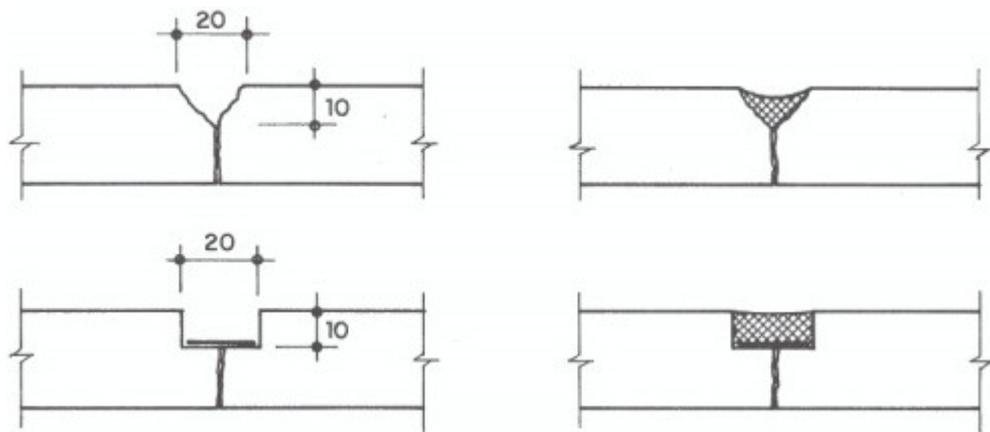


Figura 19 – Recuperação de trincas ativas com selante flexível (THOMAZ, 1989).

4.5.6 Formas de manutenção do reparo da patologia P2

Verificar periodicamente se o selante está em bom estado. Caso a resposta seja negativa, efetuar sua substituição.

4.6 PATOLOGIA P3

4.6.1 Descrição da patologia P3

A figura 20 mostra fissuração generalizada no revestimento argamassado.



Figura 20 – Fissuração generalizada no revestimento argamassado.

4.6.2 Hipóteses de diagnósticos para patologia P3

Através da verificação visual, estabeleceram-se algumas hipóteses:

- fissuração causada pelo aumento de volume por umidificação (inchamento) e por retrações sucessivas da argamassa, decorrentes da perda de água de chuva retida nos poros e pelas variações bruscas de temperatura ocorridas, sucessivamente, desenvolvendo a fadiga do material e provocando o fissuramento observado;
- Possibilidade da argamassa de revestimento ter sido mal dosada durante seu preparo, com quantidades altas de cimento e/ou água. Quanto maior a quantidade de água e de cimento, maior é o percentual de retração que a argamassa pode ter durante o processo de evaporação da umidade de construção.

4.6.3 Diagnóstico mais provável para patologia P3

O diagnóstico mais provável foi a argamassa de revestimento ter sido mal dosada, durante seu preparo, com quantidades altas de cimento e/ou água, pois quanto maior a quantidade de água e de cimento, maior é o percentual de retração que a argamassa pode ter durante o processo de evaporação da umidade de construção. Podendo-se assim, determinar que a origem da anomalia ocorreu por falha construtiva.

4.6.4 Propostas alternativas de reparo para patologia P3

A primeira alternativa seria, desenvolver um projeto de reparo mais amplo que leve em consideração as possíveis deformações decorrentes dos mais variados esforços, tais como: retração da alvenaria, junção de materiais com diferentes modos de deformação, porém com custo muito elevado.

A segunda alternativa, com custo menor, é a renovação do revestimento e da pintura

4.6.5 Forma de correção proposta para patologia P3

Foi proposta a alternativa de com custo menor, renovação do revestimento e da pintura.

Segundo Silva (2010), esse processo consiste na remoção do revestimento argamassado, manualmente, utilizando ferramentas adequadas como ponteiros, talhadeiras e pequenos rompedores, caso seja necessário. Limpeza manual da superfície de modo a remover os resíduos da etapa anterior, utilizando-se escovas com cerdas de nylon. Execução do chapisco com aditivo para prover maior aderência à alvenaria. Execução da inclusão de tela metálica leve, como tela de estuque, inserida na interface da alvenaria com os elementos estruturais. Execução do revestimento argamassado, e, finalmente, após a secagem da umidade da

construção, efetuar a realização do revestimento superficial, no caso, a pintura, conforme descrição do fabricante utilizado.

4.6.6 Formas de manutenção do reparo da patologia P3

Manter a pintura em bom estado.

4.7 PATOLOGIA P4

4.7.1 Descrição da patologia P4

Fissura no revestimento cerâmico, com inclinação próxima a 45°, no canto superior da porta, conforme figura 21.



Figura 21 - Fissura no revestimento cerâmico com inclinação próxima a 45° no canto superior da porta.

4.7.2 Hipóteses de diagnósticos para patologia P4

Para a análise dessa anomalia, estabeleceu-se uma única hipótese: a de que a fissura surgiu em decorrência da retração da alvenaria devido às concentrações de tensões nos vértices da abertura, em função da ação de forças que chegam a duplicar no canto inferior da porta ultrapassando o limite de resistência da placa cerâmica, gerando a fissura.

4.7.3 Diagnóstico mais provável para patologia P4

O diagnóstico mais provável é que a fissura surgiu, em decorrência da inexistência de contravergas capazes de absorver as tensões nos vértices em função da ação de forças concentradas no canto superior da porta, gerando o fissuramento do revestimento cerâmico. Pode-se determinar que a origem da anomalia deu-se por falta de projeto que deveria ter previsto a contra-verga, bem como por falha construtiva, por ter dado continuidade à obra sem a execução desse elemento construtivo.

4.7.4 Propostas alternativas de reparo para patologia P4

Uma alternativa bastante utilizada e mais econômica é permitir a movimentação dos materiais, acrescentando produto flexível na interface entre ambos, de maneira a criar uma barreira contra a penetração de água e permitindo a flexibilidade do sistema e, posteriormente, realizar o assentamento de uma nova cerâmica.

4.7.5 Forma de correção proposta para patologia P4

Pode-se recuperar esse tipo de fissura, aplicando um selante flexível (poliuretano, silicone, etc.), em um sulco aberto na região da trinca, em forma de Vê, com aproximadamente 20 mm de largura e 10 mm de profundidade (Figura 19). Antes da

aplicação do selante, deve-se fazer uma limpeza eficiente da poeira aderente à parede; quando da aplicação do selante, a parede deve encontrar-se bem seca. O selante deve ser bem consistente, não podendo apresentar retração acentuada pela evaporação de seus constituintes voláteis. Se a trinca tem movimentos intensos, como é o caso da P2, recomenda-se abrir uma cavidade retangular (Figura 19), com aproximadamente 20 mm de largura e 10 mm de profundidade, colocando entre o selante e a parede uma membrana de separação (fita crepe).

Posteriormente, deve-se realizar o assentamento de uma nova cerâmica.

4.7.6 Formas de manutenção do reparo da patologia P4

Verificar, periodicamente, o estado da intervenção realizada. Caso se verifique que o selante e a cerâmica não estejam em bom estado, deve-se substituí-los.

4.8 PATOLOGIA P5

4.8.1 Descrição da patologia P5

As figuras 22 e 23 mostram fissura nas juntas de dessolidarização do revestimento cerâmico. Observa-se também uma mancha escura no revestimento cerâmico.



Figura 22 – Fissura na junta de dessolidarização e mancha escura no revestimento cerâmico.



Figura 23 – Fissura na junta de dessolidarização do revestimento cerâmico.

4.8.2 Hipóteses de diagnósticos para patologia P5

Para a análise dessa anomalia, estabeleceram-se algumas hipóteses:

- Perda de estanqueidade das juntas entre os componentes e das juntas de movimentação devido a procedimentos incorretos de limpeza que podem deteriorar parte de seu material constituinte;
- Ataques agressivos do meio ambiente e as solicitações devido a movimentos diferenciais que podem comprometer a integridade das juntas, podendo gerar fissuras.

4.8.3 Diagnóstico mais provável para patologia P5

O diagnóstico mais provável é que a fissura surgiu por ataques agressivos do meio ambiente (umidade), e em decorrência às solicitações devido a movimentos diversos gerados pela fissura da figura 24, na mesma parede da patologia P5, porém no lado oposto. A mancha escura que aparece na figura 22 é resultado da absorção da umidade de precipitação pelo revestimento cerâmico.

A patologia da figura 24 tem o diagnóstico mais provável semelhante à patologia P2. (item 4.2), podendo-se determinar que a origem da anomalia ocorreu por falha ou inexistência de projeto.

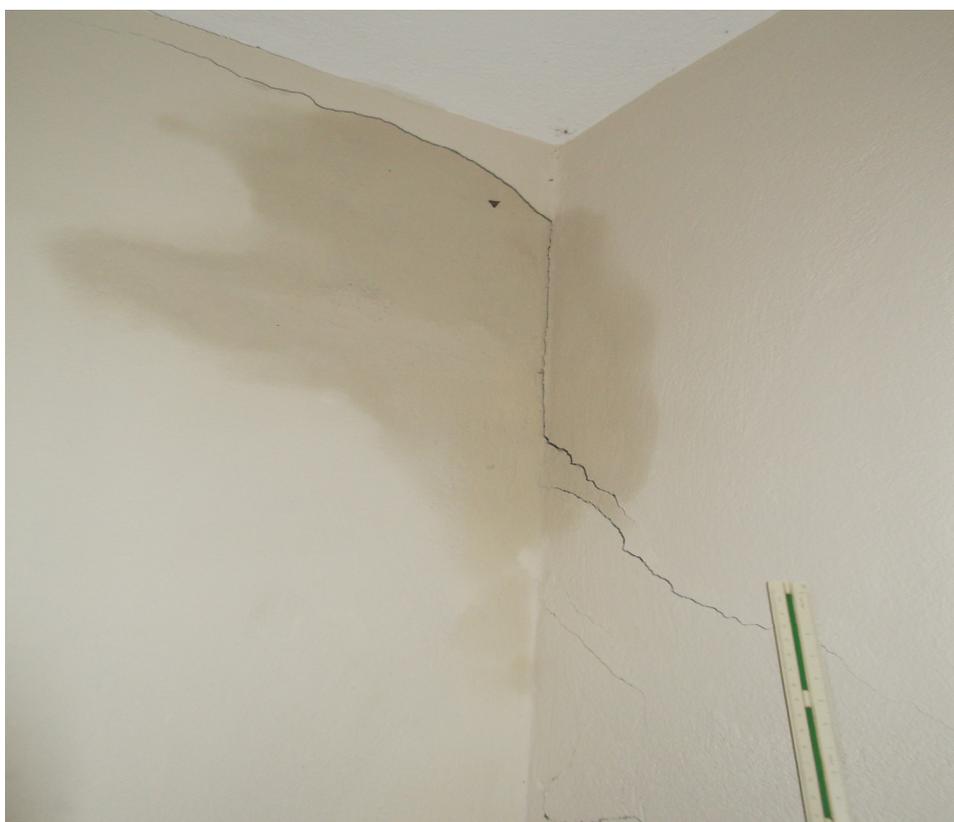


Figura 24 – Fissura do lado oposto à patologia P5.

4.8.4 Propostas alternativas de reparo para patologia P5

Uma alternativa bastante utilizada e mais econômica é permitir a movimentação dos materiais, acrescentando produto flexível, na interface entre ambos, de maneira a criar uma barreira contra a penetração de água e permitindo a flexibilidade do sistema e, posteriormente, realizar o assentamento de uma nova cerâmica.

4.8.5 Forma de correção proposta para patologia P5

Primeiramente, deve-se eliminar a umidade de precipitação devido ao fissuramento, apresentado na figura 20.

Pode-se recuperar esse tipo de fissura, aplicando um selante flexível (poliuretano, silicone, etc.), em um sulco aberto na região da trinca, em forma de Vê, com aproximadamente 20 mm de largura e 10 mm de profundidade (Figura 19). Antes da aplicação do selante, deve-se fazer uma limpeza eficiente da poeira aderente à parede; quando da aplicação do selante, a parede deve encontrar-se bem seca. O selante deve ser bem consistente, não podendo apresentar retração acentuada pela evaporação de seus constituintes voláteis. Se a trinca tem movimentos intensos como é o caso da P2, recomenda-se abrir uma cavidade retangular (Figura 19), com aproximadamente 20 mm de largura e 10 mm de profundidade, colocando, entre o selante e a parede, uma membrana de separação (fita crepe).

Posteriormente, deve-se realizar o assentamento de uma nova cerâmica.

4.8.6 Formas de manutenção do reparo da patologia P5

Verificar, periodicamente, o estado da intervenção realizada. Caso se verifique que o selante e a cerâmica não estejam em bom estado, deve-se substituí-los.

5. CONSIDERAÇÕES

A grande parte das manifestações patológicas apresentadas no estudo de caso tem suas origens ligadas à falha construtiva, em que provavelmente alguma etapa construtiva foi acelerada excessivamente (para diminuição de prazos) ou, simplesmente, uma etapa executiva do processo foi removida.

Thomaz (1989) destaca que as conjunturas sócioeconômicas de países em desenvolvimento, como o Brasil, fizeram com que as obras fossem sendo conduzidas com velocidades cada vez maiores com pouco rigor nos controles de materiais e dos serviços, contribuindo para queda gradativa da qualidade das construções.

As fissuras e trincas, causadas por recalques diferenciais e ausência de verga e contraverga, dão-se pela inexistência de projeto específico (investigação do subsolo, projeto estrutural), que é típico de obras de pequeno porte. Em geral, são movidas por motivos econômicos.

Estudos e pesquisas no Brasil, também referendados pela estatística francesa (Logeais, 1982), indicam que, em mais de 80% dos casos de mau desempenho de fundações de obras pequenas e médias, a ausência completa de investigação do subsolo é o motivo da adoção de solução inadequada.

6. CONCLUSÃO

Através do estudo da literatura técnica sobre patologias em revestimentos argamassados, foi possível identificar suas configurações, mecanismos e diagnosticar suas prováveis origens.

Através da vistoria realizada no estudo de caso, foi possível obter dados importantes a respeito das patologias manifestadas na edificação. Tais dados possibilitaram analisar, sob olhar técnico e criterioso as prováveis origens dessas manifestações patológicas.

Por meio deste trabalho, foi possível realizar estudo sistemático sobre as patologias em revestimentos argamassados unindo o conhecimento prático ao teórico.

Como foi analisado no presente trabalho, as patologias em revestimento argamassados podem ser originadas, na maioria das vezes, devido a fenômenos químicos, físicos ou mecânicos. A falta de compatibilização de projetos ou a inexistência dos mesmos, ainda é comum hoje em dia, movido, em sua grande parte, por motivos econômicos, fator que colabora para o surgimento de patologias nas edificações.

O conhecimento da dinâmica dos materiais de construção, deficiências e incompatibilidades é essencial para que as patologias, em geral sejam reduzidas.

Concluindo, a qualidade final do revestimento argamassado depende de outras etapas executivas. Assim sendo, é prudente que os profissionais ligados à construção atuem de forma a fiscalizar todas as etapas construtivas, recorrendo a todos seus conhecimentos, de forma a cumprir os compromissos assumidos com a sociedade.

7. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 7215: Cimento portland – determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1996.

_____. **NBR 7217:** Determinação de composição granulométrica dos agregados. Rio de Janeiro, 1982.

_____. **NBR 13276:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – preparo da mistura e determinação de consistência. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 13277:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – determinação da retenção de água. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 13278:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado. Rio de Janeiro, 2005.

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

_____. **NBR 13280:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido. Rio de Janeiro, 1995.

_____. **NBR 13281:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – requisitos. Rio de Janeiro, 1995.

_____. **NBR 13529:** Revestimentos de paredes e tetos de argamassas inorgânicas. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 15258:** Argamassa para revestimento de paredes e tetos – determinação da resistência potencial de aderência à tração. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 15259:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade. Rio de Janeiro, 2005.

ANUÁRIO BRASILEIRO MINERAL - Edições 1989 a 2000. DNPM/MME. Brasília. DF.

BAUER, E.; SOUSA, J. G. G.; GUIMARÃES, E. A. **Estudo da consistência de argamassas pelo método de penetração estática de cone.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, VI., 2005, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ANTAC, 2005.

BAUER, E. Dosagem de Argamassas. **Relatório Técnico.** Laboratório de Ensaio de Materiais, Universidade de Brasília, Brasília, Junho, 1998.

BAUER, L.A.FALCÃO. **Materiais de Construção**. São Paulo: Livros Técnicos e Científicos Editora – 2 volumes – 5ª Edição – 1994

CAMPITELI, V. C.; MASSARETTO, R.; RODRIGUES, P. T. **Dosagem experimental de argamassas mistas a partir de cal virgem moída**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, I., 1995, Goiânia. **Anais...** Goiânia: ANTAC, 1995, p. 73.

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

CARNEIRO, A. M. P. **Contribuição ao estudo da influência do agregado nas propriedades de argamassas compostas a partir de curvas granulométricas**. São Paulo, 1999. 203 p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

CARNEIRO, A. M. P.; CINCOTTO, M. A. **Dosagem de argamassas através de curvas granulométricas**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1999. Boletim Técnico n. 237.

CARASEK, H. **Argamassas**. In: **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. ISAIA, G.C. (Organizador/Editor). São Paulo: IBRACON, 2007.

CARASEK, H.; CASCUDO, O.; SCARTEZINI, L. M. **Importância dos materiais na aderência dos revestimentos de argamassa**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, IV, 2001, Brasília. **Anais...** Brasília: PECC / ANTAC, 2001.

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

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

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

DA SILVA, A.F. **Manifestações patológicas em fachadas com revestimento argamassados. Estudo de caso em edifícios em Florianópolis**. Santa Catarina, 2007. 190 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina.

DIAS FERREIRA, B.B. **Tipificação de patologias em revestimentos**

argamassados. Minas Gerais, 2010. 210 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais.

DA SILVA, N.G. **Argamassa de revestimento de cimento, cal e areia britada de rocha calcária.** Curitiba, 2006. 180 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná.

GONÇALVES, S. R. C. **Variabilidade e fatores de dispersão da resistência de aderência nos revestimentos em argamassa – estudo de caso.** Brasília, 2004. 148 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília.

GUIMARÃES, J. E. P. **A cal – fundamentos e aplicações na engenharia civil.** 2. ed. São Paulo: Pini, 2002.

JOSIEL, A. **Fissuras y gretas em morteros y hormigones: sus causas y remédios.** Barcelona: Ed. Barcelona, 1975.

LICHTENSTEIN, N. B. Patologia das construções. **Boletim técnico n. 06.** São Paulo: USP, 1986.

MIRANDA, L. F. R. **Estudo de fatores que influem na fissuração de revestimento de argamassa com entulho reciclado.** São Paulo, 2000. 172 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

MÜLLER, S.R. **Histórico do campus e as patologias das fachadas dos prédios voltados para avenida Roraima – UFSM.** Santa Maria, 2010. 120 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria

OLIVEIRA, L.A.; MOREIRA, T.M.; FILHO,C.V.T. **Estanqueidade de fachadas à água de chuva.** Revista de Tecnologia das Construções – Técnica. n106, janeiro de 2005. Editora Pini. São Paulo.

PAES, I.L.; BAUER.E.;CARASEK, H. **Influência da estrutura de poros de argamassas mistas e de blocos de concreto e cerâmico no desempenho dos revestimentos.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 2005, Florianópolis. Anais... Florianópolis: CETA / ANTAC, 2005.

POZZOBON, C.E. **Notas de Aulas da disciplina de Construção Civil II.** 2007.

RAGO, F.; CINCOTTO, M. A. **Influência do tipo da cal hidratada na reologia de pastas.** São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1999. Boletim Técnico n. 233.

RIGHI, G.V. **Estudo de sistemas de impermeabilização: patologias, prevenções e correções – análise de casos.** Santa Maria, 2009. 95 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria

OLIVEIRA, L.A.; MOREIRA, T.M.; FILHO,C.V.T. **Estanqueidade de fachadas à água de chuva.** Revista de Tecnologia das Construções – Técnica. n106, janeiro de 2005. Editora Pini. São Paulo.

RIBEIRO, C. C.; PINTO, J. D. S.; STARLING, T. **Materiais de Construção Civil**. 2ed. Belo Horizonte: Editora UFMG e Escola de Engenharia da UFMG, 2002. 102p.

SABBATINI, F. H. **Patologia das argamassas de revestimentos – aspectos físicos**. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE TECNOLOGIA DA CONSTRUÇÃO, 3., 1986, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1986.

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

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

SHIRAKAWA, M.A.; MONTEIRO, A.B.B.; SELMO, S.M.S.; CINCOTTO, M.A. **Identificação de fungos em revestimentos de argamassa com bolor evidente**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS. 1995, Anais... Goiânia.

SCHÖNARDIE, C. E. **Análise e tratamento as manifestações patológicas por infiltração em edificações**. 2009. 84p. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Ijuí-RS.

SZLAK, B.; TANIGUTI, E.; NAKAKURA, E.; MOTA, E.; BOTTURA, E.; FRIGIERI, E. **Manual de Revestimentos de argamassa**. São Paulo: ABCP, 2002.

THOMAZ, E. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação**. São Paulo: Pini, 1989.

TRISTÃO, F. A. **Influência da composição granulométrica da areia nas propriedades das argamassas de revestimento**. Florianópolis, 1995. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina.

TAYLOR, H.F.W. **Enciclopedia de la química industrial - la química de los cementos**. v.1. Bilbao-Espanha: URMO, 1967.

SABBATINI, F. H. **Patologia das argamassas de revestimentos aspectos físicos**. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE TECNOLOGIA DA CONSTRUÇÃO, 3., 1986, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1986.

SOUZA, M.F. **Patologias ocasionadas pelas umidades na edificação**. 2008. 64p. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

VALVERDE, F. M. **Agregados para construção civil. Balanço Mineral Brasileiro**. São Paulo: DNPM, 2001.