



**REVESTIMENTO CERÂMICO DE FACHADAS: ESTUDO DE ORIGENS E CAUSAS
DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS**

BELO HORIZONTE

2011



JOSÉ MARCELO HORTA DE SOUZA

**REVESTIMENTO CERÂMICO DE FACHADAS: ESTUDO DE ORIGENS E CAUSAS
DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Pós-Graduação em Patologia nas Obras Civas, Pós-Graduação *Lato Sensu*, do Instituto IDD, como requisito parcial para a obtenção do Grau de Especialista em Patologia nas Obras Civas.

Orientador: Prof. Msc. Luís César S. de Luca

Belo Horizonte

2011

AGRADECIMENTOS

Aos professores e colegas do curso de especialização em Patologia nas Obras Civis, pelo produtivo convívio.

Ao IDD, pelo abrangente programa ministrado, que permitiu rever conceitos e adquirir novos e importantes conhecimentos.

FOLHA DE APROVAÇÃO

REVESTIMENTO CERÂMICO DE FACHADAS: ESTUDO DE ORIGENS E CAUSAS DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

POR

JOSÉ MARCELO HORTA DE SOUZA

Trabalho aprovado como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Patologia nas Obras Civas, do Instituto IDD, pela comissão formada pelos professores a seguir mencionados.

Belo Horizonte, 16 de Dezembro de 2011

PROF. M. Sc. Luís César De Luca

PROF. Dr. Rodrigo Moysés Costa

PROF. Esp. Otávio Borba Vieira

RESUMO

O presente trabalho possui como tema o revestimento cerâmico em fachadas de edifícios e como objetivo elaborar tabelas e fluxogramas correlacionando as principais falhas que podem ocorrer nesta importante etapa construtiva com suas origens e causas. O conhecimento destas origens e causas de manifestações patológicas em Revestimento Cerâmicos de Fachadas de Edifícios (RCFE) constitui um fator preponderante para a profilaxia destes problemas, contribuindo para a execução de fachadas tecnicamente corretas, seguras, duráveis e que atendam todos os demais requisitos para os quais foram projetadas. Por meio de uma abrangente revisão bibliográfica, serão abordadas todas as camadas constituintes do sistema de revestimentos, os diversos tipos de juntas necessários em uma fachada, a origem dos movimentos e tensões nos revestimentos, as diversas etapas de um revestimento cerâmico, as principais manifestações patológicas que geram defeitos nas fachadas e as normas técnicas e ensaios previstos pela ABNT sobre o tema. O resultado do trabalho será a elaboração das tabelas e fluxogramas que permitam uma análise rápida mostrando a origem, ou seja, a fase do processo em que, provavelmente, ocorreu a falha, ou falhas e as prováveis causas, permitindo a partir desta análise evitar ou corrigir a manifestação patológica.

Palavras Chaves: manifestações patológicas, origens, causas, tabelas, fluxogramas, falhas e Revestimento Cerâmico em Fachadas de Edifícios (RCFE)

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Camadas constituintes do revestimento cerâmico de fachada.....	18
Figura 2	Queda de placas cerâmicas e da camada de fixação.....	21
Figura 3	Queda das placas cerâmicas de fachada de edifício.....	25
Figura 4	Junta de dessolidarização típica.....	36
Figura 5	Junta de dessolidarização em mudanças de planos do revestimento.....	37
Figura 6	Junta de dessolidarização ou junta de contorno.....	37
Figura 7	Junta de dessolidarização ou junta de transição.....	38
Figura 8	Movimentação higroscópica dos materiais.....	41
Figura 9	Destacamento de cerâmica em fachada.....	55
Figura 10	Junta com membrana impermeabilizante.....	59
Figura 11	Junta de dessolidarização com fita isoladora.....	59
Figura 12	Distribuição de falhas de acordo com a origem das manifestações patológicas.....	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Espessuras admissíveis para o revestimento de argamassa.....	20
Tabela 2	Espessuras mínimas nos pontos críticos.....	20
Tabela 3	Resistência de aderência superficial do emboço.....	22
Tabela 4	Requisitos de argamassa colante.....	24
Tabela 5	Grupos de absorção de água.....	26
Tabela 6	Codificação dos grupos de absorção de água.....	27
Tabela 7	Classes de resistência a abrasão superficial.....	27
Tabela 8	Codificação dos níveis das resistências químicas.....	28
Tabela 9	Propriedades geométricas e visuais do porcelanato.....	30
Tabela 10	Propriedades físicas do porcelanato.....	31
Tabela 11	Espessuras mínimas entre componentes.....	34
Tabela 12	Coeficientes de movimentação higroscópica.....	42
Tabela 13	Principais origens e causas de destacamentos em RCF.....	68
Tabela 14	Principais origens e causas de trincas, fissuras e gretamento em RCF.....	69
Tabela 15	Principais origens e causas de manchas e eflorescência em RCF.....	70
Tabela 16	Principais origens e causas de deterioração de juntas em RCF.....	71

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

AC - Argamassa colante

ANFACER - Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica para Revestimento

CCB - Centro Cerâmico Brasileiro

NBR - Norma Brasileira

PEI - Porcelain Enamel Institute

RCF - Revestimento Cerâmico de Fachada

RCFE - Revestimento Cerâmico de Fachada de Edifícios

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	3
FOLHA DE APROVAÇÃO.....	4
RESUMO.....	5
LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....	6
LISTA DE TABELAS.....	7
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	8
SUMÁRIO.....	9
1 INTRODUÇÃO.....	13
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA.....	13
1.2 OBJETIVOS.....	13
1.2.1 OBJETIVO GERAL.....	13
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
1.3 HIPÓTESE.....	14
1.4 JUSTIFICATIVAS.....	14
1.4.1 TECNOLÓGICAS.....	14
1.4.2 ECONÔMICAS.....	14
1.4.3 SOCIAIS.....	15
1.4.4 ECOLÓGICAS.....	15
1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	15
1.6 APRESENTAÇÃO DO TRABALHO.....	16

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1 REVESTIMENTO CERÂMICO DE FACHADA.....	17
2.1.1 SISTEMA DE REVESTIMENTO.....	18
2.1.1.1 Base.....	18
2.1.1.2 Substrato.....	19
2.1.1.3 Camada de Fixação.....	22
2.1.1.4 Placa Cerâmica.....	25
2.1.1.5 Porcelanato.....	29
2.1.1.6 Rejuntamento.....	31
2.1.2 JUNTAS.....	33
2.1.2.1 Definição e Funções.....	33
2.1.2.2 Junta de Assentamento.....	34
2.1.2.3 Junta de Movimentação.....	34
2.1.2.4 Junta de Dessolidarização.....	35
2.1.2.5 Junta Estrutural.....	38
2.1.3 ORIGEM DE MOVIMENTOS E TENSÕES NOS REVESTIMENTOS.....	39
2.1.3.1 Temperatura.....	39
2.1.3.2 Umidade.....	40
2.1.3.3 Estrutura.....	43
2.1.3.4 Vento.....	44
2.1.3.5 Execução.....	45
2.1.4 PROJETO DE REVESTIMENTO CERÂMICO.....	45
2.1.4.1 Fases e Diretrizes.....	46
2.1.4.2 Processo Executivo.....	46

2.1.4.3 Especificação de Materiais e Serviços.....	49
2.1.4.4 Controle da Execução.....	50
2.1.4.5 Planejamento da Manutenção.....	52
2.2 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS.....	53
2.2.1 DESTACAMENTOS.....	53
2.2.2 TRINCAS E FISSURAS.....	55
2.2.3 GRETAMENTO.....	56
2.2.4 MANCHAS.....	56
2.2.5 EFLORESCÊNCIA.....	57
2.2.6 DETERIORAÇÃO DAS JUNTAS.....	58
2.3 ANÁLISE DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS.....	60
2.3.1 TERMOS LIGADOS À PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES.....	61
2.3.2 ORIGENS DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS.....	62
2.4 NORMAS TÉCNICAS E ENSAIOS.....	62
3 FLUXOGRAMAS E TABELAS: MANISFESTAÇÕES PATOLÓGICAS -	
ORIGEM E CAUSAS.....	65
3.1 FLUXOGRAMAS.....	65
3.1.1 NÍVEIS DE PROBLEMAS.....	65
3.1.2 ORIGEM DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS.....	66
3.2 TABELAS.....	67
3.2.1 DESTACAMENTO.....	68
3.2.2 TRINCAS, FISSURAS E GRETAMENTO.....	69
3.2.3 MANCHAS E EFLORESCÊNCIA.....	70
3.2.4 DETERIORAÇÃO DE JUNTAS.....	71

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	72
4.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	72
4.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	73
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	74

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho possui como temática o revestimento cerâmico de fachadas e suas manifestações patológicas. Serão analisados os principais componentes da fachada, o processo executivo e as origens e causas dos defeitos através de ampla revisão bibliográfica. Concluindo o estudo serão apresentadas tabelas e fluxogramas correlacionando as manifestações patológicas com suas origens e causas.

O Brasil, atualmente, é o 2º maior mercado consumidor de cerâmica para revestimento do mundo, perdendo apenas para a China, e o consumo nacional de cerâmica vem crescendo a cada ano. Praticamente toda a produção brasileira é destinada ao mercado interno, sendo que, dos 802,5 milhões de m² previstos pela indústria brasileira para 2011, 745,1 milhões de m² (ou 92,8% da produção total) serão destinados ao mercado interno (ANFACER 2011).

O conhecimento de todos os materiais, normas pertinentes e etapas construtivas do Revestimento Cerâmico de Fachada (RCF), o planejamento da execução por meio de um projeto completo das fachadas, a fiscalização da execução e um programa de manutenção são essenciais para que a fachada cumpra seus objetivos.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Visando uma redução das falhas em Revestimento Cerâmico de Fachada (RCF), é possível estabelecer uma correlação entre as principais manifestações patológicas e suas origens e causas?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GERAL

Elaborar tabelas e fluxogramas correlacionando as principais manifestações patológicas que podem ocorrer em revestimento cerâmico em fachadas às suas respectivas origens e causas.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Elencar as mais frequentes manifestações patológicas em fachadas.
- b) Relacionar prováveis origens e causas das manifestações patológicas.
- c) Correlacionar as manifestações patológicas às respectivas origens e causas, visando evitá-las.

1.3 HIPÓTESE

É possível estabelecer uma correlação entre as principais manifestações patológicas e suas origens e causas.

1.4 JUSTIFICATIVAS

1.4.1 TECNOLÓGICAS

O estudo do funcionamento de fachadas revestidas com cerâmicas e a determinação das origens e causas dos problemas, por meio do conhecimento técnico de todos os componentes do sistema e das normas técnicas pertinentes, podem evitar falhas que, muitas vezes, culminam com o destacamento de placas cerâmicas, infiltrações e toda uma série de agressões à edificação.

1.4.2 ECONÔMICAS

As características que um RCF deve ter, como maior durabilidade, valorização estética do edifício, facilidade de limpeza e manutenção, composição harmônica, maior resistência à penetração de água e melhor conforto térmico e acústico da fachada, levam à valorização econômica do empreendimento.

Problemas posteriores à entrega da obra geram custos adicionais bastante representativos e comprometem a imagem da construtora.

1.4.3 SOCIAIS

A boa aparência dos edifícios revestidos com cerâmica constitui um fator determinante na comercialização de unidades comerciais ou residenciais.

A sociedade tende a optar por edifícios revestidos com cerâmicas, por acreditar que o bem adquirido terá uma durabilidade maior e manterá uma apresentação adequada ao longo do tempo.

Problemas em uma fachada revestida com cerâmica, além de toda a repercussão negativa, podem representar riscos de acidentes, causando desde danos materiais até ferimentos e mortes.

1.4.4 ECOLÓGICAS

A produção dos materiais que compõem as fachadas cerâmicas consome energia e matérias-primas que são retiradas da natureza. A reforma de fachadas danificadas gera entulho e consequentes impactos ambientais.

Os dados acima justificam, do ponto de vista ecológico, a realização do presente trabalho, pois a correta execução do RCF evita os transtornos citados.

1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para atingir os objetivos pré-estabelecidos neste trabalho, serão seguidos os passos a seguir expostos:

- a) Ampla revisão bibliográfica;
- b) Ordenação das manifestações patológicas;
- c) Investigação das origens e causas das respectivas manifestações patológicas.
- d) Por fim, a elaboração de tabelas e fluxogramas.

1.6 APRESENTAÇÃO DO TRABALHO

O **presente Capítulo** refere-se à parte introdutória, apresentando o problema de pesquisa e seus objetivos, além de mostrar as justificativas para a realização deste estudo e os procedimentos metodológicos a serem adotados.

Já o **Capítulo 2** apresenta a revisão bibliográfica, conceituando temas como Revestimento Cerâmico de Fachada, juntas, origem de movimentos e tensões nos revestimentos, projeto de revestimento cerâmico, manifestações patológicas e normas técnicas e ensaios.

No **Capítulo 3** são apresentados fluxogramas e tabelas correlacionando as diversas manifestações patológicas às suas origens e causas.

E por fim, o **Capítulo 4** contém as considerações finais e as recomendações para trabalhos futuros.

Este capítulo mostrou os fundamentos do trabalho, desde o problema da pesquisa, seus objetivos, suas justificativas e os procedimentos metodológicos, até a sua apresentação. O Capítulo 2, seguinte, apresentará a revisão bibliográfica na qual foram baseados os fluxogramas e tabelas expostos no Capítulo 3.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O capítulo anterior abordou os objetivos e justificativas do presente trabalho, mostrando como ele será executado e apresentado.

Já neste, serão abordados os diversos aspectos relacionados com o tema do trabalho, como sistema de revestimento, juntas, origem de movimentos e tensões nos revestimentos, projeto de revestimento cerâmico, manifestações patológicas e normas técnicas e ensaios, por meio de pesquisas em publicações técnicas, livros editados, normas técnicas, dissertações de mestrado e teses de doutorado.

Os dados apresentados neste capítulo servirão de base para elaboração dos fluxogramas e tabelas, objeto do Capítulo 3.

2.1 REVESTIMENTO CERÂMICO DE FACHADA

A NBR 13755 (ABNT,1996) define revestimento externo como um “conjunto de camadas superpostas e intimamente ligadas, constituído pela estrutura suporte, alvenarias, camadas sucessivas de argamassas e revestimento final, cuja função é proteger a edificação da ação da chuva, umidade, agentes atmosféricos, desgaste mecânico oriundo da ação conjunta do vento e partículas sólidas, bem como dar acabamento estético”.

Os revestimentos cerâmicos de fachadas podem ser aderidos ou não aderidos. O revestimento cerâmico de fachada do tipo aderido é um conjunto monolítico de camadas aderido à base suportante da fachada do edifício, seja alvenaria ou a própria estrutura, no qual a parte externa é composta de placas cerâmicas assentadas e rejuntadas com argamassa ou material adesivo. (MEDEIROS, 1999)

Quando os revestimentos possuem camadas com função de isolamento térmico, acústico ou de impermeabilização, que não permitem a aderência entre as camadas, a fixação é feita por dispositivos especiais e é denominada não aderida. (Ibid.)

Neste trabalho, será abordado exclusivamente o revestimento cerâmico de fachada aderido.

2.1.1 SISTEMA DE REVESTIMENTO

O sistema de revestimento cerâmico em fachadas é composto por um conjunto de camadas superpostas de argamassa e de acabamento com placas cerâmicas, juntas de assentamento e detalhes construtivos, aplicado sobre uma base ou um substrato (BARROS & RIBEIRO, 2010), conforme se observa na figura 1.

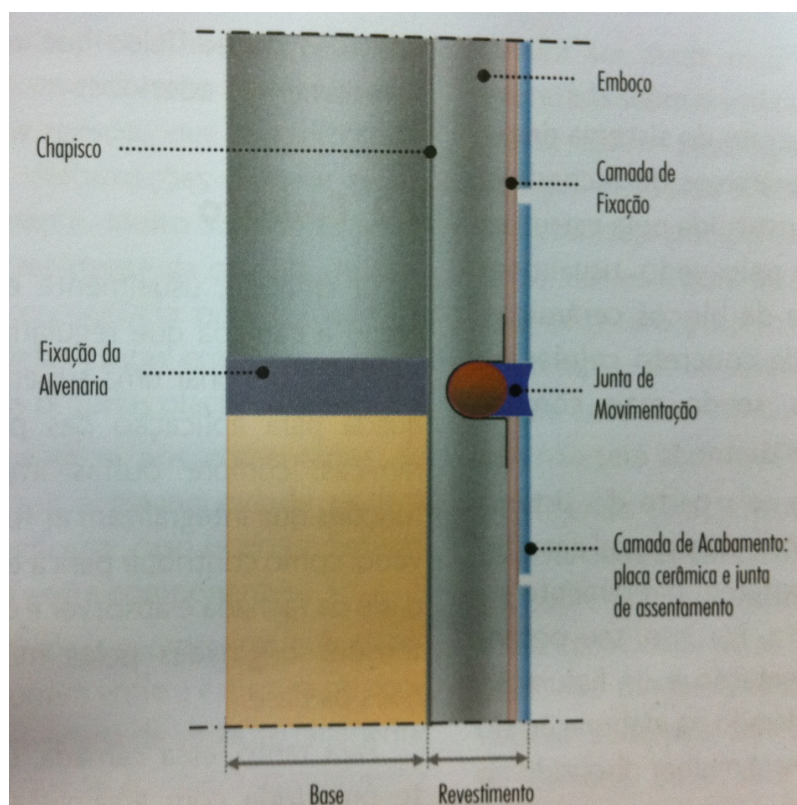


FIGURA 1 – Camadas constituintes do revestimento cerâmico de fachada
(BARROS & RIBEIRO – 2010)

2.1.1.1 Base

As bases dos revestimentos cerâmicos podem ser alvenarias de vários tipos (blocos de concreto, blocos cerâmicos, tijolos maciços, blocos silicocalcários ou de concreto celular autoclavado) ou também elementos estruturais (vigas, lajes e pilares

de concreto armado). Cada um desses materiais tem características distintas que devem ser avaliadas. A base tem uma importância fundamental no desempenho do revestimento cerâmico como um todo, já que se trata de seu suporte (CAMPANTE & BAÍA, 2003).

São aspectos importantes a considerar sobre a base:

- Planicidade e regularidade de superfície;
- Porosidade e ações capilares da camada do suporte;
- Movimento dos suportes devido à umidade e variações térmicas;
- Presença de substâncias poluentes sobre a superfície do suporte;
- Rigidez da base e rugosidade do suporte;
- Não existência de deteriorações no suporte;
- Grau de umidade da base, devendo ser evitado o excesso de água durante o processo de colocação. (EZEQUIVEL, 2001)

2.1.1.2 Substrato

Também chamado de camada intermediária, o substrato é a parte do sistema de revestimento que receberá as placas cerâmicas. Pode ser executado com o uso de diversas técnicas e materiais, desde que atenda às especificações de estanqueidade, resistência mecânica e superficial ao arrancamento, deformabilidade e compatibilidade com o revestimento que será usado na fachada, sempre visando a um desempenho adequado do conjunto.

São normalmente constituintes dessa camada o chapisco e o emboço ou reboco.

Segundo a NBR 7200 (ABNT, 1998), o substrato deverá estar sempre isento de partículas soltas e resquícios de argamassas provenientes de outras atividades, que, quando presentes, deverão ser removidas com lixas ou escovas.

A camada de chapisco, normalmente, é preparada com cimento Portland e areia lavada grossa na proporção em volume de 1:3, e a camada de emboço tem o traço em volume de 1:1/2:5 a 1:2:8 de cimento, cal hidratada e areia média úmida (NBR 13755, 1996).

A Norma permite o uso de argamassas industrializadas, desde que comprovado o mesmo desempenho das argamassas acima citadas.

Segundo a NBR 13749 (ABNT, 1996), as espessuras recomendadas para o revestimento de argamassa são as apresentadas na tabela 1.

REVESTIMENTO	ESPESSURA (mm)
Parede interna	$5 \leq e \leq 20\text{mm}$
Parede externa	$20 \leq e \leq 30\text{mm}$
Tetos	$e \leq 20\text{mm}$

TABELA 1 – Espessuras admissíveis para o revestimento de argamassa NBR 13749 (ABNT, 1996) - (BAÍA & SABBATINI, 2008)

As espessuras mínimas em pontos críticos para revestimento de argamassa de fachada que se encontra em condição de exposição mais severa são apresentadas na tabela 2.

TIPO DE BASE	ESPESSURA MÍNIMA (mm)
Estrutura de concreto em pontos localizados	10
Alvenaria em pontos localizados	15
Vigas e pilares em regiões extensas	15
Alvenarias em regiões extensas	20

TABELA 2 – Espessuras mínimas nos pontos críticos

(BAÍA & SABBATINI, 2002)

Em nome da racionalidade construtiva, algumas experiências para eliminar a camada de emboço do sistema de revestimento têm sido colocadas em prática em obras no Brasil. Quando isso ocorre, o desempenho mecânico do revestimento pode ficar aquém do esperado, porque, quando o emboço é suprimido, torna-se muito provável a ocorrência de fissuração e destacamento do revestimento cerâmico, uma vez que as tensões que são introduzidas pelas deformações da base serão, provavelmente, muito superiores à capacidade de resistência da camada de acabamento, constituída pela camada de fixação, pelas juntas entre componentes e pelas próprias placas cerâmicas. Como consequência, a estanqueidade do sistema

poderá ficar prejudicada, caso ocorram fissuras nas juntas entre componentes, e também poderá ficar comprometida a aderência de todo o revestimento (THOMAZ apud BARROS & RIBEIRO, 2005).

Segundo a NBR 13749 (ABNT, 1996), a resistência de aderência à tração da camada de emboço à base deve ser de, no mínimo, 0,3 MPa e deve ser avaliada pelo método de ensaio estabelecido pela NBR 13528 (ABNT, 1995).

Cabe ressaltar que o valor atribuído pela norma é um indicativo mínimo e não leva em conta a situação específica em que o revestimento está aplicado. Devem ser considerados a altura do edifício, as condições de solicitação por intempérie a que está sujeito, a vida útil estabelecida para o revestimento, o potencial de deformação da base, dentre outros parâmetros importantes. Caberá ao projetista, em função dos aspectos já citados, definir o valor mínimo para cada caso e, em muitos projetos, já foram estabelecidos patamares superiores, chegando-se a 0,8 MPa. (MEDEIROS, 2006)

Outra característica do emboço é sua resistência superficial, que é muito importante, uma vez que muitos descolamentos de placas cerâmicas provêm de deficiências dessa interface com a camada de assentamento, usualmente argamassa colante (RIBEIRO et. al, 2004) conforme mostrado na figura 2.



FIGURA 2 – Queda de placas cerâmicas e da camada de fixação da fachada de edifício por falha na interface da camada de fixação-superfície do emboço

(Fonte: BARROS & RIBEIRO, 2010)

A resistência superficial do emboço varia em função da argamassa empregada, da técnica de acabamento superficial, das condições do ambiente e do procedimento de cura. (Ibid.)

Estudos sobre o desempenho mecânico dos revestimentos cerâmicos a partir da resistência de aderência superficial do emboço, em função das técnicas de acabamento superficial, concluíram que o acabamento desempenado através de desempenadeira de madeira gera melhor resultado que o acabamento sarrafeado (RIBEIRO et. al, 2004).

Com base na resistência de aderência superficial do emboço aos 28 dias por meio de adaptações ao método de ensaio da NBR 13.528 (ABNT, 1995), Medeiros (2006) propôs os valores médios e mínimos em função do revestimento final conforme a tabela 3.

Camada de acabamento	Valor médio (MPa)	Valor mínimo
Porcelanato	0,80	0,60
Grês	0,70	0,50

TABELA 3 – Resistência de aderência superficial do emboço, em função da camada de acabamento – (Fonte: MEDEIROS, 2006)

2.1.1.3 Camada de Fixação

A camada de fixação é responsável por unir a cerâmica ao substrato e cabe a ela resistir às tensões da tração e cisalhamento que ocorrem nessa interface.

Existe uma tendência em se usar as argamassas industrializadas em substituição às argamassas dosadas em obra, devido a inúmeros fatores, como a facilidade de preparo e aplicação, a melhor homogeneidade, a adição de aditivos químicos que melhoram a trabalhabilidade e outras características da argamassa, como aderência e retenção de água. (BARROS & RIBEIRO, 2010)

A fixação pode acontecer por processo de aderência mecânica, adesão química ou ambos. Na aderência mecânica, ocorre a ancoragem da pasta de cimento nos poros do emboço e da placa cerâmica. Na adesão química, a fixação ocorre pela ação de forças eletrostáticas entre as moléculas do adesivo e as moléculas dos materiais a serem unidos. (Ibid.)

As argamassas tradicionais de cimento e areia produzidas em obras promovem essencialmente aderência mecânica e, por isso, são utilizadas em materiais porosos; além do mais, essas argamassas possuem baixa capacidade de retenção de água. (Ibid.)

As argamassas colantes cimentícias têm o potencial de promover tanto a aderência mecânica como a química. Devido aos aditivos nelas utilizados, podem gerar maior capacidade de retenção de água, de modo que mesmo uma camada de aplicação mais fina proporciona melhor aderência e maior resistência química e flexibilidade. (Ibid.)

Existem materiais não cimentícios para fixação, como as argamassas e adesivos epóxicos e argamassas de resina furânica, que proporcionam resistência química e cura rápida não obtida nas argamassas cimentícias. No entanto, essas argamassas somente são indicadas em situações especiais, devido ao custo elevado e por exigirem mão-de-obra muito especializada para sua aplicação (BARROS & RIBEIRO, 2010).

A NBR 14081 (ABNT, 2004) define e classifica as argamassas colantes:

- Argamassa colante industrializada: Produto industrial, no estado seco, composto de cimento Portland, agregados minerais e aditivos químicos, que, quando misturado com água, forma uma massa viscosa, plástica e aderente, empregada no assentamento de placas cerâmicas para revestimento.
- Argamassa colante industrializada – AC I: Argamassa colante industrializada com características de resistência às solicitações mecânicas e termoigrométricas típicas de revestimentos internos, com exceção daqueles aplicados em saunas, churrasqueiras, estufas e outros revestimentos especiais.
- Argamassa colante industrializada AC II: Argamassa colante industrializada com características de adesividade que permitem absorver os esforços existentes em revestimentos de pisos e paredes internas e externas sujeitos a ciclos de variação termoigrométrica e à ação do vento.
- Argamassa colante industrializada – AC III: Argamassa colante industrializada que apresenta aderência superior em relação às argamassas do tipo I e II.
- Argamassa colante industrializada – tipo E: argamassa colante industrializada dos tipos I, II e III com tempo em aberto estendido.

A norma também traz as definições de:

- Tempo em aberto: Maior intervalo de tempo para o qual uma placa cerâmica pode ser assentada sobre a pasta de argamassa colante, a qual proporcionará, após um período de cura, resistência à tração simples ou direta.
- Resistência de aderência à tração: Resistência à ruptura por tração, em determinada idade e condições de cura do conjunto constituído por substrato padrão, argamassa colante endurecida e placa cerâmica.
- Substrato – padrão: Placa de concreto armado com determinada composição, dimensões, absorção e resistência, destinada a servir como base ou suporte nos ensaios de argamassa colante industrializada.
- Deslizamento: Deslocamento vertical sofrido por uma placa cerâmica, sob ação de seu próprio peso, aplicada sobre argamassa colante ainda fresca.
- Densidade de massa aparente: Relação entre a massa de determinada quantidade de argamassa colante no estado seco e solto e o seu volume.

Os requisitos que as argamassas colantes industrializadas devem atender constam da tabela 4.

Propriedade	Método de ensaio	Unidade	Argamassa colante industrializada			
			ACI	ACII	ACIII	E
Tempo em aberto	ABNT NBR 14083	min	15	20	20	Argamassa do tipo I, II ou III, com tempo em aberto estendido em no mínimo 10 min do especificado nesta tabela
Resistência de aderência à tração aos 28 dias em	ABNT NBR 14084	Mpa	0,5	0,5	1,0	
- cura normal		MPa	0,5	0,5	1,0	
- cura submersa		MPa	-	0,5	1,0	
- cura estufa						
Deslizamento ¹	ABNT NBR 14085	mm	0,7	0,7	0,7	especificado nesta tabela

¹ O ensaio de deslizamento não é necessário para argamassa utilizada em aplicações com revestimento Horizontal

TABELA 4 – Requisitos de argamassa colante (NBR14081, ABNT, 2004)

Por ser interface entre o emboço e as placas cerâmicas, a camada de fixação tem um papel determinante no desempenho do sistema de revestimentos cerâmicos. A aderência em ambas as interfaces deve apresentar nível adequado, diante das solicitações e dos esforços a que o conjunto estará submetido. Assim, essa camada é um ponto crítico do revestimento cerâmico, pois, quando as tensões superam seu limite de resistência de aderência, pode ocorrer o destacamento das placas cerâmicas da camada de fixação, conforme mostrado na figura 3, ou mesmo o destacamento da camada de fixação da superfície do emboço, como mostrado na figura 2.



FIGURA 3 – Queda das placas cerâmicas de fachada de edifício em que a camada de fixação aderiu à superfície do emboço

(BARROS E RIBEIRO, 2010)

2.1.1.4 Placa Cerâmica

Elemento construtivo em que duas dimensões são bem maiores que a terceira. Na placa cerâmica, comprimento e largura são predominantes em relação à sua espessura.

Segundo a NBR 13816 (ABNT, 1997), placa cerâmica para revestimento é definida como sendo um material composto por argila e outras matérias-primas inorgânicas, geralmente utilizada para revestir pisos e paredes, sendo formada por extrusão ou prensagem, podendo também ser conformada por outros processos, e queimada a altas temperaturas.

A cerâmica é o material artificial mais antigo produzido pelo homem: é produzida há cerca de 10 a 15 mil anos. Do grego “Kéramos” (“terra queimada” ou “argila queimada”), é um material de grande resistência, frequentemente encontrado em escavações arqueológicas (ANFACER, acesso ao site em 16/10/2011).

De acordo com a NBR 13817 (ANBT, 1997), as placas cerâmicas para revestimentos podem ser classificadas segundo os seguintes critérios:

- a) Esmaltadas e não esmaltadas:
- Esmaltadas (glazed) ou GL.
 - Não esmaltadas (unglazed) ou UGL.

- b) Métodos de fabricação:
- Placas cerâmicas extrudadas: A

As extrudadas são divididas em dois grupos: tipo precisão e tipo artesanal. O tipo precisão cumpre exigências maiores com menores tolerâncias em relação ao tipo artesanal.

- Placas cerâmicas prensadas: B
- Placas cerâmicas produzidas por outros processos: C

- c) Grupos de absorção de água (Abs):

As placas cerâmicas para revestimento estão agrupadas conforme a tabela 5.

Grupos	Absorção de água (%)
Ia	$0 < \text{Abs} \leq 0,5$
Ib	$0,5 < \text{Abs} \leq 3,0$
IIa	$3,0 < \text{Abs} \leq 6,0$
IIb	$6,0 < \text{Abs} \leq 10,0$
III	Abs acima de 10,0

TABELA 5 – Grupos de absorção de água - (NBR 13817)

Nas tabelas de especificação, conforme a NBR 13.818, deve-se usar um código constituído pelo método de fabricação A, B ou C, acrescido do grupo de absorção I, II ou III, utilizando subgrupos 'a' ou 'b', como mostrado na tabela 6.

Absorção de água (%)	Métodos de fabricação			
	Extrudado (A)	Prensado (B)		Outros (C)
$Abs \leq 0,5$	AI	Bla	Porcelanato e revest. Porcelanizado	CI
$0,5 < Abs \leq 3$		BIb	Grês	
$3 < Abs \leq 6$	AIIa	BIIa	Semi Grês	CIIa
$6 < Abs \leq 10$	AIIb	BIIb	Semi Poroso	CIIb
$Abs > 10$	AIII	BIII	Poroso	CIII

TABELA 6 – Codificação dos grupos de absorção de água em função dos métodos de fabricação - (NBR 13817)

d) Classes de resistência à abrasão superficial:

Pode ser classificada em Abrasão Superficial para Produtos Esmaltados (Porcelain Enamel Institute – PEI) e Abrasão Profunda para Produtos Não-Esmaltados.

O desgaste por abrasão é causado pelo atrito de objetos e pessoas sobre a superfície esmaltada da cerâmica. É mais usada em pisos, já que os revestimentos cerâmicos para paredes não sofrem solicitações dessa natureza.

Para cada classe de abrasão, é recomendado o local de uso conforme a tabela 7.

CLASSIFICAÇÃO	RESISTÊNCIA	LOCAL DE USO
PEI-0	Baixíssima	Paredes internas
PEI-1	Baixa	Banheiros e quartos residenciais
PEI-2	Média	Todas as dependências residenciais internas
PEI-3	Alta	Todas as dependências residenciais internas e externas
PEI-4	Alta	Todas dependências residenciais e ambientes comerciais de tráfego médio.
PEI-5	Altíssima	Todas dependências residenciais e ambientes comerciais de tráfego intenso.

TABELA 7 – Classes de resistência a abrasão superficial – PEI (NBR 13818 – ABNT 1997)

Obs.: A determinação da abrasão superficial deve ser realizada de acordo com o anexo D da NBR 13818.

e) Classes de resistência ao manchamento ou classes de limpabilidade:

Esta classificação indica a facilidade de remoção das manchas como a seguir:

- Classe 5: máxima facilidade de remoção de mancha
- Classe 4: mancha removível com produto de limpeza fraco
- Classe 3: mancha removível com produto de limpeza forte.
- Classe 2: mancha removível com ácido clorídrico, hidróxido de potássio e tricloroetileno.
- Classe 1: impossibilidade de remoção da mancha.

Obs.: A determinação da resistência ao manchamento deve ser realizada de acordo com o anexo G da NBR 13818.

f) Classes de resistência ao ataque de agentes químicos:

- Nas tabelas de especificação, deve-se usar um código constituído pelas classes de resistências químicas A, B ou C, justapostas às concentrações H ou L dos agentes químicos, como mostrado na tabela 8.
- A letra inicial do código deve fazer referência ao tipo de placa cerâmica, seja esmaltada G (glazed) ou não esmaltada U (unglazed).
- A segunda letra (H ou L) indica a alta ou baixa concentração, respectivamente.
- A terceira letra deve fazer referência às classes de resistência química A, B ou C – alta, média e baixa, respectivamente.

Agentes químicos		Níveis de resistência química		
		Alta (A)	Média (B)	Baixa(C)
Ácidos e álcalis	Alta concentração (H)	HA	HB	HC
	Baixa concentração (L)	LA	LB	LC
Produtos domésticos e de piscinas		A	B	C

TABELA 8 – Codificação dos níveis das resistências químicas

(NBR 13817, ABNT 1997)

Obs.: A determinação da resistência ao ataque químico deve ser realizada de acordo com o anexo H da NBR 13818.

g) Aspecto superficial ou análise visual:

Esta Norma classifica como produto de primeira qualidade aquele em que 95% ou mais das peças examinadas não apresentarem defeitos visíveis na distância padrão de observação, conforme anexo A da NBR 13818.

2.1.1.5 Porcelanato

A NBR 15463 (ABNT, 2007) define Porcelanato como placas cerâmicas para revestimento constituídas por argilas, feldspatos e outras matérias-primas inorgânicas. Destina-se a revestir pisos e paredes, podendo ser conformado por prensagem, extrusão ou por outros processos. O processo de fabricação envolve elevado grau de moagem, alto teor de matérias-primas fundentes e alta densificação após queima, resultando em um produto com baixa porosidade e elevado desempenho técnico.

São as seguintes as definições de Porcelanato:

- a) Porcelanato Técnico: Placa cerâmica não esmaltada para revestimento que apresenta absorção de água menor ou igual a 0,1%.
- b) Porcelanato Técnico Polido: Porcelanato técnico que recebe polimento mecânico, o qual resulta em uma superfície com intensidade variável de brilho, em toda a superfície ou parte dela, de acordo com o efeito estético desejado.
- c) Porcelanato Técnico Natural: Porcelanato Técnico que não recebe polimento.
- d) Porcelanato Esmaltado: Placa cerâmica esmaltada para revestimento que apresenta absorção de água menor ou igual a 0,5%.
- e) Porcelanato Retificado: Porcelanato que pode ser técnico ou esmaltado, que recebe um desbaste lateral.
- f) Porcelanato Não Retificado: Porcelanato que pode ser técnico ou esmaltado, que não recebe um desbaste lateral.
- g) Pastilhas de Porcelana: Porcelanato com área igual ou inferior a 50 cm².

As propriedades geométricas e visuais do porcelanato técnico e esmaltado são apresentadas na Tabela 9.

Propriedades geométricas e visuais do porcelanato técnico e esmaltado													
(T = técnico, E = esmaltado, R = retificado, NR = não retificado, P = polido, N = natural)													
Propriedades geométricas e visuais	Unidades	Área do produto em cm²											
		Área do produto ≤ 50 cm²		50 cm² < Área do produto ≤ 2 500 cm²				Área do produto > 2 500 cm²					
		T	E	T		E		T		E			
				R	NR	R	NR	R	NR	R	NR		
								P/N	N			P/N	NR
												P/N	N
Desvio de $r_{(1)}$ em relação a W	%	Não se aplica		± 0,6	± 0,6	± 0,6	± 0,6	± 0,6	± 0,6	± 0,6			
Desvio de $r_{(1)}$ em relação a R ⁽²⁾		± 0,75	± 0,1	± 0,2	± 0,1	± 0,2	± 0,1	± 0,2	± 0,1	± 0,2			
Espessura ⁽³⁾ : Desvio de e em relação a e_w		Não se aplica	± 5	± 5	± 5	± 5	± 5	± 5	± 5	± 5			
Retitude dos lados ⁽⁴⁾		Não se aplica	± 0,1	± 0,2	± 0,1	± 0,2	± 0,1	± 0,2	± 0,1	± 0,2			
Ortogonalidade		± 1,0	± 0,2	± 0,4	± 0,2	± 0,4	± 0,2	± 0,4	± 0,2	± 0,4			
Curvatura Central		Não se aplica	- 0,15/ + 0,2	- 0,2/ + 0,3	- 0,2/ + 0,3	- 0,2/ + 0,3	- 0,8/ + 0,1	- 0,8/ + 0,1	± 0,12	± 0,12			
Curvatura Lateral		Não se aplica	- 0,15/ + 0,2	- 0,2/ + 0,3	- 0,2/ + 0,3	- 0,2/ + 0,3	- 0,08/ + 0,1	- 0,08/ + 0,1	± 0,12	± 0,12			
Empeno		Não se aplica	± 0,2	- 0,2/ + 0,3	- 0,2/ + 0,3	- 0,2/ + 0,3	- 0,08/ + 0,1	- 0,08/ + 0,1	± 0,12	± 0,12			
Aspecto superficial ⁽⁵⁾		≥ 95%											
1 Média dos dois lados (formatos retangulares) ou quatro lados (formatos quadrados).													
2 Média de 20 lados (formatos retangulares) ou 40 lados (formatos quadrados).													
3 O fabricante deve declarar a espessura de fabricação e_w .													
4 Não aplicável em peças que tenham curvas.													
5 Pintas coloridas para fins decorativos não são consideradas como defeito. A diferença de tonalidade é avaliada segundo o anexo R da ABNT NBR 13818:1997 e acordada entre as partes. Devido às queimas, pequenas variações com relação à cor padrão são inevitáveis. Existem variações de cor que são intencionais, dentro de uma peça ou de uma peça para outra. São características de produto e desejáveis.													
NOTA Para placas cerâmicas para revestimentos com área menor ou igual a 50 cm², realizar ensaio apenas de desvio de r em relação a R e orthogonalidade. Os requisitos não são aplicáveis a este tipo de placa cerâmica para revestimento.													

TABELA 9 – Propriedades geométricas e visuais do porcelanato técnico e esmaltado

(NBR 15463)

As propriedades físicas do porcelanato técnico e esmaltado são apresentadas na Tabela 10.

Propriedades físicas		Unidades	Área do produto ≤ 50 cm²		Área do produto > 50 cm²	
			Técnico	Esmaltado	Técnico	Esmaltado
Absorção de Água	Média	%	≤ 0,1	≤ 0,5	≤ 0,1	≤ 0,5
	Individual (máx)	%	0,2	0,6	0,2	0,6
Módulo de resistência à flexão ¹	Média	Mpa	≥ 45		≥ 45	≥ 37
	Individual (mín.)	Mpa	42		42	35
Carga de Ruptura	e < 7,5 mm	N	≥ 1000		≥ 900	≥ 900
	e ≥ 7,5 mm	N	Não se aplica		≥ 1800	≥ 1500
Resistência à abrasão profunda (não esmaltados)		mm³	≤ 140	não se aplica	≤ 140	não se aplica
Dilatação térmica linear ¹			Por acordo		Por acordo	Por acordo
Resistência ao choque térmico ¹			Por acordo		Por acordo	Por acordo
Resistência ao gretamento ²			Não se aplica	Não gretar	Não se aplica	Não gretar
Coeficiente de atrito			A declarar		A declarar	A declarar
Resistência à abrasão superficial ^{1 3}			Não se aplica	Por acordo	Não se aplica	Por acordo
Resistência ao congelamento ¹			Por acordo		Por acordo	Por acordo
Resistência ao impacto ¹			Por acordo		Por acordo	Por acordo
NOTAS						
1 Os valores em função de aplicações específicas podem ser verificados pelos métodos de ensaios disponíveis e os limites acordados entre as partes.						
2 Certos efeitos decorativos podem apresentar efeito craquelê proposital; nestes casos devem ser identificados como gretamento pelo fabricante e o ensaio não será aplicável.						
3 A classe de abrasão, conforme anexo D da ABNT NBR 13818: 1997, deve ser acordada entre as partes.						

TABELA 10 – Propriedades físicas do porcelanato técnico e esmaltado

(NBR 15463)

2.1.1.6 Rejuntamento

É a argamassa colocada nas juntas de assentamento das placas cerâmicas. São características da argamassa de rejuntamento: flexibilidade, retenção de água, uniformidade de textura, dureza, resistência a manchas, baixa absorção de água, aspecto visual liso e facilidade de limpeza. Algumas das características acima podem comprometer outras e a especificação da argamassa de rejuntamento deve ser adequada para o local e o revestimento. (VIEIRA, 1998)

Argamassas de rejuntamento podem ser à base de cimento Portland, contendo ou não aditivos, ou à base de produtos orgânicos, como silicone, poliuretano ou resinas furânicas, epoxídicas, formaldeídicas, etc. (VIEIRA, 1998).

As argamassas de rejuntamento à base de cimento Portland são misturas de cimento Portland cinza ou branco e outros componentes homogêneos e uniformes, como areia, retentor de água, impermeabilizantes, fungicidas, pigmentos fixadores de cores e outros aditivos químicos à base de látex (emulsão aquosa) ou polímeros secos (pó redispersível). Esses aditivos químicos proporcionam certa flexibilidade aos rejuntamentos. É um tipo de argamassa largamente utilizado nas juntas de assentamento com a finalidade de preenchê-las e absorver parte das tensões do sistema de revestimento, por isso a importância de certo grau de flexibilidade do rejuntamento. Esse tipo de argamassa de rejuntamento tem baixa resistência a ácidos e álcalis, não é impermeável e, quando aplicada em áreas externas ou úmidas, recomenda-se o uso de camadas protetoras e hidrorrepelentes, com fins de impermeabilização. (Ibid)

As argamassas de rejuntamento à base de resinas epoxídicas são misturas industrializadas de resina epóxi, cargas minerais, aditivos e agentes de cura (endurecedores). Apresentam excelente resistência e comportamento frente a variações térmicas entre 20° C e 150° C. Podem ser usadas em pisos e revestimentos de indústrias alimentícias, frigoríficos, laticínios, dentre outros. São também ideais para áreas úmidas como banheiros, saunas, piscinas, cozinhas e hospitais, por serem resistentes a eflorescências, fungos, bactérias e outros agentes contaminantes. (Ibid)

As argamassas de rejuntamento à base de resinas furânicas são compostos misturados industrialmente de resinas furânicas, cargas minerais, aditivos e agentes de cura (endurecedores). Possuem excelente resistência química às variações de temperatura e podem ser utilizadas em juntas de assentamento em piso e revestimentos de laboratórios, salas de galvanização, tanques de decapagens, laticínios, frigoríficos e indústrias alimentícias e de bebidas. (Ibid)

A execução do rejuntamento à base de cimento deve ser iniciada, no mínimo, três dias após a colocação das placas cerâmicas. O rejunte deve ser aplicado com compressão, de maneira a preencher completamente os vazios entre as cerâmicas com o auxílio de uma desempenadeira de borracha. Após trinta minutos, deve-se remover o excesso e limpar superficialmente, usando uma esponja macia, úmida e limpa. Os passos seguintes são alisar o material para dar o acabamento e executar a

limpeza com pano fino e úmido. Por último, um pano seco e limpo deve ser usado para a limpeza final da fachada. (Ibid)

2.1.2 JUNTAS

Se, por um lado, as juntas no revestimento cerâmico de fachadas têm a função de absorver deformações da base ou do próprio revestimento, sendo fundamentais para a integridade do sistema, por outro lado, elas próprias constituem um elemento frágil e sujeito a uma deterioração muitas vezes precoce, o que pode criar caminhos para a penetração de umidade e levar à desagregação do revestimento.

Assim sendo, o item junta é uma parte crítica do sistema de revestimento cerâmico de fachada, merecendo um estudo criterioso. (BARROS & RIBEIRO, 2010)

2.1.2.1 Definições e Funções

A NBR 13755 (ABNT 1996) define junta como o espaço regular entre duas peças de materiais idênticos ou distintos.

Tal norma lista os seguintes tipos de juntas:

- Junta de assentamento: espaço regular entre duas cerâmicas adjacentes.
- Junta de movimentação: espaço regular cuja função é subdividir o revestimento, para aliviar tensões provocadas pela movimentação da base ou do próprio revestimento.
- Junta de dessolidarização: espaço regular cuja função é separar o revestimento, para aliviar tensões provocadas pela movimentação da base ou do próprio revestimento.
- Junta estrutural: espaço regular cuja função é aliviar tensões provocadas pela movimentação da estrutura de concreto.

2.1.2.2 Junta de Assentamento

As juntas de assentamento são espaços regulares entre as placas cerâmicas. Estas juntas são necessárias devido aos seguintes fatores:

- Variação dimensional das placas cerâmicas.
- Absorção das tensões geradas por variações higrotérmicas.
- Facilitação do assentamento e da eventual remoção das placas cerâmicas.
- Compensação da variação de dimensão entre as placas cerâmicas, facilitando o alinhamento.
- Harmonização estética do conjunto.

As aberturas das juntas entre componentes são dadas pelas características do material usado em seu preenchimento, do nível de solicitações mecânicas no revestimento cerâmico e das exigências estéticas. A Tabela 11 recomenda as espessuras entre as placas cerâmicas:

Área dos componentes (cm ²)	Revestimento Interno (mm)	Revestimento Externo (mm)
≤ 250	1,5	4
250 a 400	2,0	5,0
400 a 600	3,0	6,0
600 a 900	5,0	8,0
> 900	6,0	10,0

TABELA 11 – Espessuras mínimas entre componentes
(BAÍA & CAMPANTE, 2003)

2.1.2.3 Junta de Movimentação

As principais funções das juntas de movimentação em revestimentos cerâmicos de fachadas são:

- Dissipar tensões geradas por movimentações da base dos revestimentos, em particular do comportamento resultante da interação estrutura–vedação.

- Dissipar tensões geradas por deformações intrínsecas aos revestimentos, decorrentes da ação do meio ambiente (variação de temperatura e umidade), permitindo a dissipação de tensões pela subdivisão de extensas áreas de revestimento em pequenas áreas.
- Permitir mudanças de planos dos revestimentos.
- Impedir que a superfície sofra com as descontinuidades do substrato, como ocorre na região das juntas estruturais (BARROS & RIBEIRO, 2010).

As denominações das juntas variam conforme as diversas normas internacionais e os vários especialistas da área. Neste trabalho, foram seguidas as definições propostas na NBR 13755. (ABNT, 1996)

Pode-se definir junta de movimentação como o espaço que divide um pano cerâmico em panos menores, permitindo a sua movimentação. A função das juntas é criar no revestimento uma região altamente resiliente, de modo a provocar a migração das tensões surgidas no painel, dissipando-as pela deformação de um material elastomérico, mantendo assim a integridade do mesmo. Desse modo, a junta deverá ter a capacidade de absorver as tensões, sem comprometer o desempenho do revestimento, isto é, não poderá apresentar fissuras que comprometam a sua estanqueidade, desprender das bordas, ou mesmo soltar-se do substrato (EZEQUIVEL apud SABBATINI & BARROS, 2001).

As juntas horizontais, na região de transição, são posicionadas entre a viga/alvenaria, a cada pavimento, com um distanciamento máximo de 3,0 metros entre as juntas. As juntas verticais são posicionadas com um distanciamento máximo de 6,0 metros e, preferencialmente, na região de transição pilar/alvenaria; em consequência, formam-se painéis de, no máximo, 18 m².

2.1.2.4 Junta de Dessolidarização

As juntas de dessolidarização são espaços regulares com função de aliviar tensões provocadas pela movimentação do revestimento e/ou do substrato. São deixadas em regiões onde há possibilidade de surgimento de fissuras, como cantos verticais, mudanças de direção do revestimento cerâmico e nas transições de tipos de revestimentos diferentes. São muito empregadas em balanços, jardineiras, platibandas e outras regiões onde exista a possibilidade de deformação ou movimentação.

Essa junta, além de dessolidarizar a camada de acabamento da base, divide o painel de revestimento em painéis menores, visando a acomodar movimentos gerados pela deformação dessa camada, principalmente aqueles decorrentes da variação de temperatura e da variação higroscópica. (BARROS & RIBEIRO, 2010)

A figura 4, abaixo, mostra uma junta de dessolidarização típica, que permite dissipar tensões pela subdivisão de áreas extensas de revestimento.

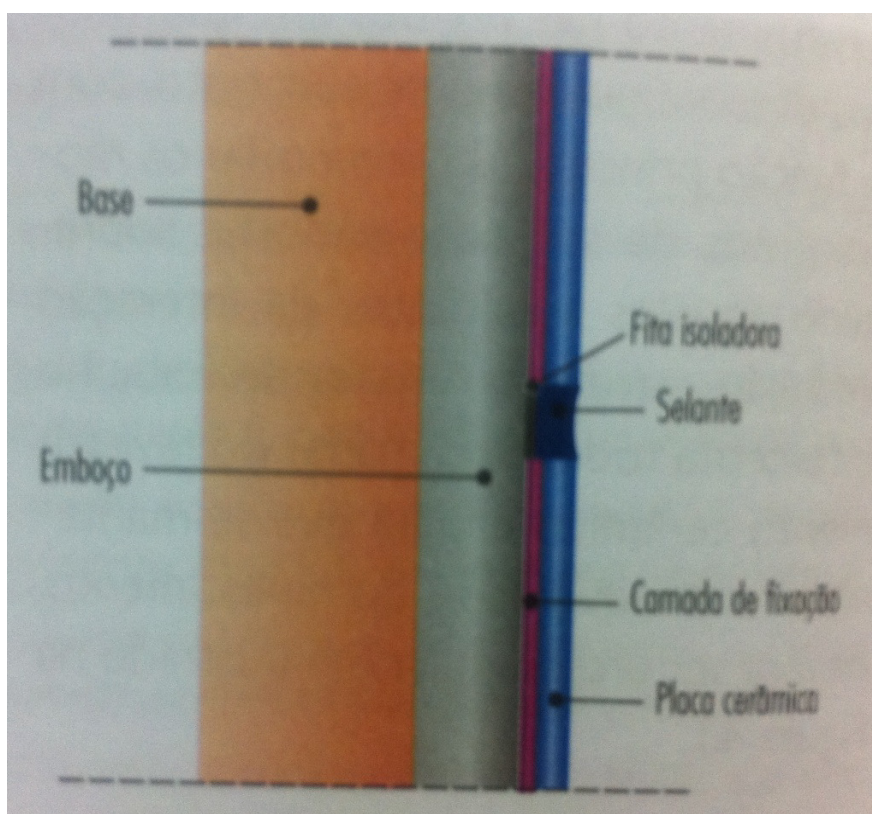


FIGURA 4 - Junta de dessolidarização típica
(BARROS & RIBEIRO, 2010)

A figura 5 apresenta juntas de dessolidarização em quinas externas e internas que permitem dessolidarizar painéis de revestimento perpendiculares. Sempre que houver mudanças de direção do revestimento esta junta deve ser utilizada.

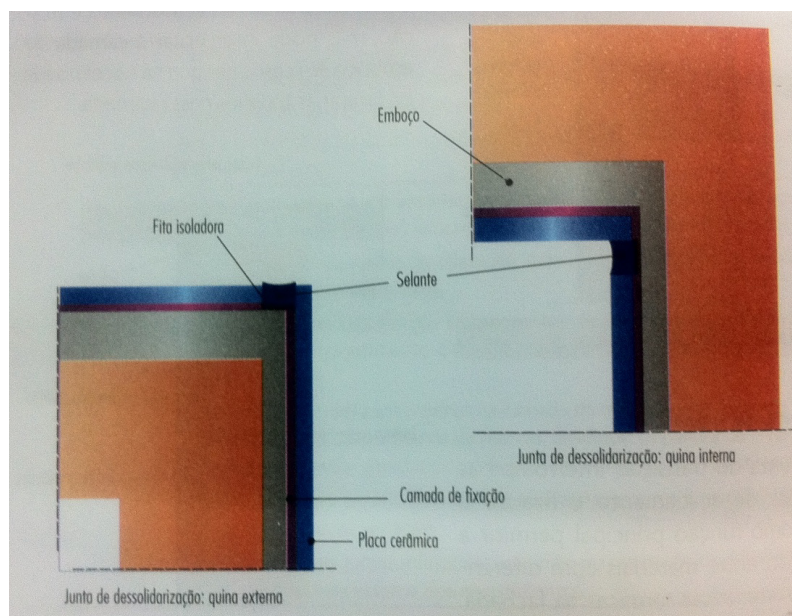


FIGURA 5 – Junta de dessolidarização em mudanças de planos do revestimento (BARROS & RIBEIRO, 2010)

A figura 6 mostra uma junta de dessolidarização também chamada de junta de contorno, cuja função é separar as interfaces entre o revestimento cerâmico e outros elementos construtivos adjacentes. Essa junta intercepta as camadas de acabamento e fixação, mas pode interceptar a camada de emboço em casos em que há necessidade de limitar as tensões nessa camada.

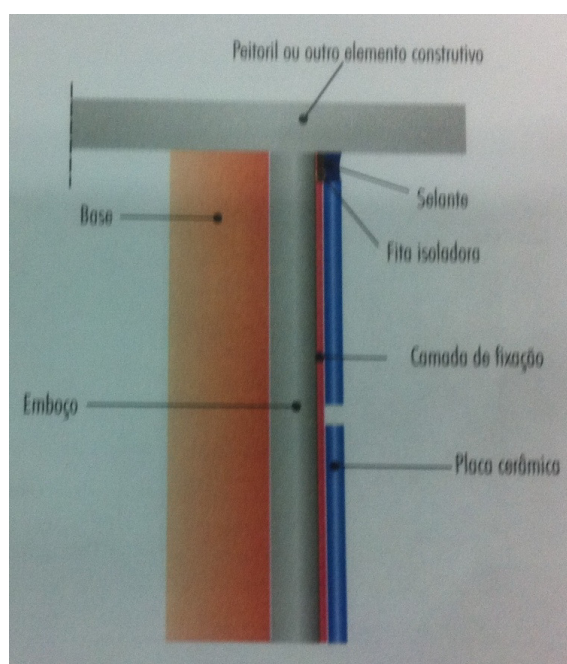


FIGURA 6 - Junta de dessolidarização, neste caso também chamada de junta de contorno (BARROS & RIBEIRO, 2010)

Na figura 7 é mostrada uma junta de dessolidarização também conhecida como junta de transição, que interrompe as camadas de acabamento e fixação e tem como função principal permitir a transição entre materiais com diferentes características térmicas na fachada.

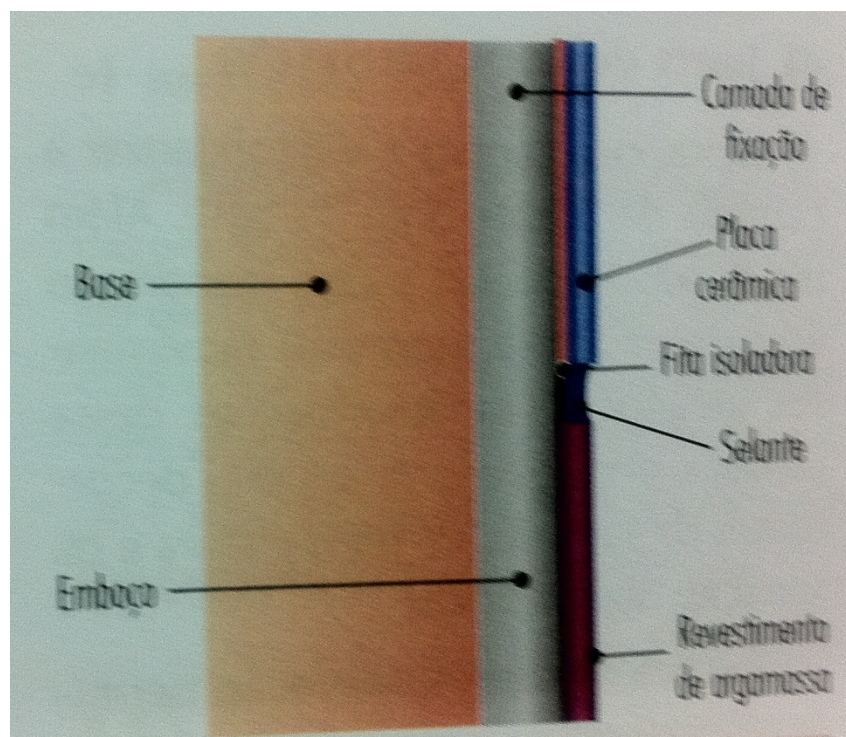


FIGURA 7 - Junta de dessolidarização, neste caso também chamada de junta de transição entre diferentes materiais (BARROS & RIBEIRO, 2010)

2.1.2.5 Junta Estrutural

São juntas já existentes nas estruturas de concreto armado. Devem ser mantidas na mesma posição onde se encontrarem, com a mesma largura e em todas as camadas que constituem o revestimento.

2.1.3 ORIGEM DE MOVIMENTOS E TENSÕES NOS REVESTIMENTOS

Fatores como a variação de temperatura, a umidade, o vento e deformação da base podem provocar movimentos nas camadas de revestimentos, atuando de maneira isolada ou simultaneamente. Esses movimentos podem originar tanto tensões de compressão como de tração, que, por sua vez, originam tensões de cisalhamento na interface entre as diversas camadas do revestimento. A tensão de cisalhamento pode ocorrer também a partir do surgimento de tensões de compressão na camada de acabamento, originadas por fatores como expansão por umidade das placas cerâmicas, pela sua contração em um movimento de queda repentina de temperatura, ou mesmo pelo encurtamento e por deflexões dos elementos da estrutura.

A capacidade de resistência das camadas que compõem o revestimento faz com que as tensões se dissipem ao longo de suas interfaces. No entanto, caso as tensões superem a capacidade resistente da camada, poderá ocorrer o comprometimento da estabilidade do conjunto, gerando fissuras e perda de aderência, culminando no destacamento do revestimento. (BARROS & RIBEIRO, 2010).

2.1.3.1 Temperatura

Segundo algumas normas internacionais, a alteração de temperatura é o efeito predominante nas variações dimensionais dos componentes do edifício, constituindo um fator determinante para o emprego de juntas de movimentação.

A variação de temperatura gera nos materiais e componentes construtivos uma variação dimensional, seja na forma de expansão ou de contração. Como os movimentos são cíclicos, podem ocasionar, ao longo do tempo, a fadiga nas camadas ou entre elas e o substrato, resultando em perda de aderência.

As diversas fachadas estão sujeitas à exposição térmica de modos distintos em função da sua orientação quanto à exposição solar e exigem um dimensionamento diferenciado. Também deve ser avaliada a cor das placas cerâmicas, já que estudos detectaram aumentos de tensão na ordem de 60% com o uso de cerâmicas escuras, devido à variação do potencial de absorção de calor.

O local de implantação da edificação e o tipo de placa cerâmica a ser utilizada, com seu respectivo módulo de elasticidade, também são fatores a serem considerados no dimensionamento das fachadas, em função de variação de temperatura,. (Ibid)

2.1.3.2 Umidade

A ação da umidade causa uma variação dimensional dos elementos constituintes do sistema de revestimento cerâmico. Pode ocorrer expansão do volume dos elementos quando há absorção de umidade, ou retração quando a umidade é reduzida.

A umidade é caracterizada pela presença de água nos materiais, nas formas líquida, sólida ou gasosa. A variação dimensional gerada pela ação da umidade é usualmente denominada movimentação higroscópica (BARROS & RIBEIRO, 2010).

A movimentação higroscópica dos materiais pode ser reversível ou irreversível. O movimento irreversível ocorre pela contração volumétrica dos materiais em sua secagem, logo após a fabricação úmida, tanto dos materiais cimentícios como dos materiais cerâmicos. Essa contração ou retração não pode ser recuperada, uma vez que os materiais não retornam às suas dimensões iniciais, ao serem novamente saturados.

Após a retração por secagem, o movimento higroscópico continua nos materiais, em uma parcela de retração e expansão denominada reversível (SABBATINI, 1984 apud BARROS & RIBEIRO, 2010).

A figura 8 mostra as duas fases da movimentação higroscópica:

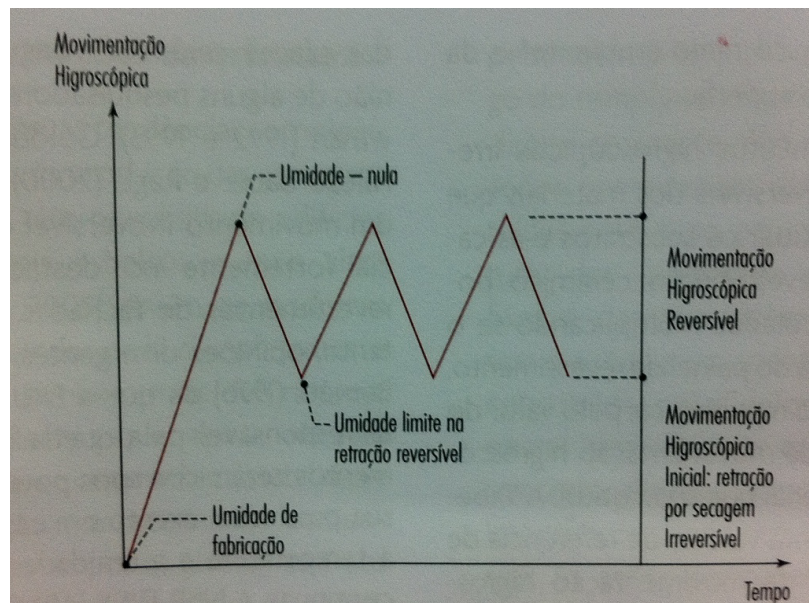


FIGURA 8 – Movimentação higroscópica dos materiais

(Fonte: PFEFFERMANN (1968) apud BARROS & RIBEIRO, 2010)

A retração inicial ou irreversível ocorre em maior magnitude que a reversível e deve ser respeitado o tempo de ocorrência dessa etapa, pois os seus efeitos podem gerar tensões internas de tração na argamassa e de cisalhamento na interface argamassa-substrato, podendo causar fissuras, uma vez que, em curtas idades, a resistência mecânica da camada é reduzida (Ibid).

A minimização dos efeitos da retração inicial é obtida pelo prazo de produção das camadas, sobretudo para o assentamento das placas cerâmicas, após a ocorrência da retração irreversível das camadas anteriores.

A magnitude desses movimentos nos materiais cimentícios depende das condições de umidade do ambiente no período de secagem. Em regiões de clima úmido, o período dessa retração nos materiais pode ser prolongado e de difícil previsão (Ibid).

O movimento higroscópico reversível ocorre de maneira cíclica, em função dos ciclos de molhagem e secagem dos materiais, movimentando diferencialmente as camadas de revestimento. Esses movimentos diferenciados entre emboço, chapisco e base podem causar fissuras e até mesmo destacamento entre as camadas, por tensões de cisalhamento atuantes na sua interface, e estão associados não só à umidade de infiltração resultante da absorção da água da chuva, mas também às

variações de umidade do meio ambiente e da condensação superficial (SELMO, 1989 apud BARROS & RIBEIRO, 2010).

O cálculo dos movimentos higroscópicos irreversíveis e reversíveis dos materiais que constituem os substratos e as camadas de revestimento cerâmico pode ser feito multiplicando-se o comprimento do painel de revestimento, na direção do movimento, pelo valor do coeficiente de movimentação higroscópica do material que o constitui. A tabela 12 mostra os coeficientes de movimentação higroscópica de diversos materiais:

Material	Movimentação Higroscópica %	
	Reversível	Irreversível (+) expansão (-) Contração
Composto de cimento		
Argamassa	0,02 a 0,06	0,04 a 0,10 (-)
Concreto (seixo rolado)	0,02 a 0,06	0,03 a 0,08 (-)
Concreto (brita)	0,03 a 0,10	0,03 a 0,08 (-)
Concreto celular	0,02 a 0,03	0,07 a 0,09 (-)
Tijolos ou blocos		
Bloco de concreto	0,02 a 0,04	0,02 a 0,06 (-)
Bloco de concreto celular	0,02 a 0,03	0,05 a 0,09 (-)
Bloco sílico-calcário	0,01 a 0,05	0,01 a 0,04 (-)
Tijolo cerâmico	0,02 a 0,06	0,02 a 0,06 (+)

TABELA 12 - Coeficiente de movimentação higroscópica
(Fonte: THOMAZ - 1998: ASTM C1472, 2006 apud BARROS & RIBEIRO)

A expansão por umidade das placas cerâmicas constitui um movimento higroscópico irreversível que influencia no destacamento de revestimentos de fachadas. Alguns autores como Burnett (1976) têm opinião divergente e alegam que a expansão por umidade é raramente responsável pela queda dos revestimentos cerâmicos após poucos anos da sua produção, exceto nos casos em que a temperatura e a umidade são altas e contínuas. A NBR 13818 (ABNT, 1997) limita o coeficiente de expansão térmica em 0,6 mm/m; valores superiores podem contribuir para a geração de manifestações patológicas (Ibid).

2.1.3.3 Estrutura

A tendência atual de execução de estruturas de concreto altas e esbeltas possibilita deformações que, apesar de não comprometerem a estabilidade da construção, podem impor às alvenarias e aos revestimentos tensões que resultam em fissuras e destacamentos.

O revestimento cerâmico de fachada deve ser projetado de modo que não sofra ou que possa absorver as consequências dos movimentos estruturais.

Os movimentos estruturais são função das características geométricas e de produção da estrutura e estão relacionados à deformação que ocorre pela retração e fluência do concreto, pela ação de cargas de vento e deformações de origem térmica e higroscópica.

A NBR 6118 (ABNT, 2003) salienta que as deformações provocadas pela ação do peso próprio e demais ações permanentes que atuam nas primeiras idades da estrutura iniciam-se e ocorrem, em sua maior parte, logo após a desenformação e a retirada dos escoramentos. No entanto, essas deformações continuam ao longo do tempo, podendo comprometer o desempenho de elementos não estruturais ligados à estrutura.

A deformação lenta ou fluência das estruturas de concreto tem se manifestado intensamente nas edificações, causando rupturas em alvenarias e manifestações patológicas em revestimentos.

Segundo Neville (1982), o valor da deformação lenta ocorrida após duas semanas, a partir do carregamento da estrutura, é, em média, 26% da final; após três meses, 55% da final; e, após um ano, 76%. Segundo o mesmo autor, valores experimentais mostram que a deformação lenta no final de 30 anos é 1,36 vezes a que ocorre após um ano. Estima-se que a deformação lenta após 20 anos possa alcançar de 1,5 a 3,0 vezes mais que a observada após dois meses de carregamento.

Ainda segundo Neville, a retração do concreto, após seis meses da execução, pode variar de 0,2 mm/m a 1,2 mm/m em função do teor de agregado, da relação água/cimento e das condições de cura. Assim sendo, baseado nestes dados, um edifício de 60 metros poderia chegar a contrair 72 mm verticalmente.

A NBR 6118 (ABNT, 2003) limita o deslocamento máximo dos elementos estruturais, em virtude da combinação das diversas ações permanentes, incluindo fluência e retração do concreto, após a construção da alvenaria, a $l/500$ ou 10 mm. Uma deformação desse porte, segundo Franco (1998) e Thomaz (2005) é suficiente para introduzir tensões que podem levar as alvenarias e revestimentos a apresentar problemas como fissuração ou destacamento, sendo, por isso, considerada inadequada aos sistemas não estruturais.

O deslocamento máximo de 10 mm permitido pela norma sugere a possibilidade do colapso da alvenaria, caso ocorresse de uma só vez; entretanto, como a própria alvenaria restringe essa deformação, ela não ocorre completamente e, segundo Metha e Monteiro (1994), desenvolvem-se tensões no painel de vedação, as quais podem resultar, no mínimo, em fissuras (BARROS & RIBEIRO, 2010).

São técnicas que podem minimizar os efeitos das deformações permanentes:

- Correta produção do concreto estrutural.
- Re-escoramento da estrutura.
- Cura dos elementos estruturais.
- Postergar, ao máximo, a fixação superior das alvenarias, executando todos os carregamentos possíveis, como contrapiso, por exemplo, antes da fixação, e fazer a fixação com argamassa de baixo módulo de elasticidade e alta aderência.
- Execução de juntas de movimentação ao longo da altura do edifício. (Ibid.)

2.1.3.4 Vento

A pressão do vento em edifícios altos pode ocasionar uma ligeira curvatura na estrutura, movendo o topo da edificação em movimentos cíclicos de curta periodicidade.

A ação do vento está prevista no dimensionamento da estrutura e, apesar de não afetar a sua estabilidade, pode ocasionar esforços de tração e compressão e tensões de cisalhamento entre as camadas de revestimento, devido à flexão das fachadas (MEDEIROS, 1999 apud BARROS & RIBEIRO, 2010).

No projeto de revestimento, deve ser avaliada a deformação da estrutura em função dos efeitos do vento, por meio de dados que podem ser buscados no projeto estrutural do edifício. Caso o efeito seja significativo, devem ser empregadas juntas horizontais de movimentação em todos os pavimentos, conforme previsto na NBR 13755 (ABNT, 1996).

2.1.3.5 Execução

O desempenho do sistema de revestimentos cerâmicos está intensamente relacionado com a aderência entre as suas diversas camadas e com a capacidade de cada uma delas de absorver as deformações que lhe são impostas.

Nesse sentido, existem muitas variáveis que interferem no desempenho do revestimento, como as características da base, a composição e a dosagem das argamassas, a espessura das camadas, as técnicas de execução e as condições de exposição do revestimento. Podem ocorrer falhas no sistema, devido à excessiva retração por secagem do concreto e da argamassa, à expansão das placas cerâmicas e à utilização de camada de fixação com pouca aderência ou flexibilidade insuficiente.

O emprego de juntas de movimentação visa a criar, no revestimento, uma região o mais resiliente possível, provocando a migração das tensões surgidas no painel cerâmico para tal área e dissipando-as pela deformação de um material elastomérico (SABBATINI et.al., 1990 apud BARROS & RIBEIRO, 2010).

2.1.4 PROJETO DE REVESTIMENTO CERÂMICO

Um projeto executivo de revestimento cerâmico é um meio eficiente de se conseguir aumento de qualidade e redução de custos na execução de uma fachada de edifício, buscando sempre alcançar o desempenho adequado de todo o sistema.

A implantação de um projeto de produção de revestimentos cerâmicos de fachada permite evitar uma série de problemas que podem conduzir a falhas nos revestimentos, sendo também meio hábil para facilitar as ações de controle e melhoria de qualidade de produção (MEDEIROS apud SABBATINI, 1998).

2.1.4.1 Fases e Diretrizes

São três as fases do desenvolvimento do projeto de sistema de revestimento cerâmico:

- Fase de análise de definições iniciais: o resultado é um conjunto de definições e alternativas potenciais de solução e o estabelecimento da concepção de projeto;
- Fase de discriminação e detalhamento: descreve e caracteriza a solução do projeto com base na tecnologia disponível e normalização. Definição de juntas, materiais, métodos e detalhes construtivos;
- Fase de execução: implantação do projeto na obra e verificação prática das soluções projetadas. (MEDEIROS apud SABBATINI, 1998)

São diretrizes para ajudar os projetistas na elaboração do projeto de sistema de revestimento de fachada:

- Respeitar as juntas da estrutura no sistema de revestimento de fachadas;
- Utilizar juntas em encontros de diferentes fachadas, tanto externas quanto internas;
- Definir a junta em cada nível da planta, situando-se no encontro da alvenaria com a estrutura (parte inferior da viga estrutura com parte superior da parede de vedação);
- Utilizar juntas em panos cerâmicos em balanços, sobre peitoris e fachadas salientes. (Ibid)

2.1.4.2 Processo Executivo

O sistema de revestimento cerâmico de fachada do tipo aderido apresenta etapas distintas:

a) Substrato

Sobre a base, geralmente constituída pela estrutura de concreto armado e alvenaria de vedação, é aplicada, inicialmente, uma camada de chapisco – traço 1:3 em volume, cimento e areia lavada grossa (NBR 13755 – ABNT, 1996) – visando a homogeneizar a superfície e melhorar a aderência com a camada seguinte.

São aspectos importantes a considerar sobre a base:

- Planicidade e regularidade de superfície;
- Porosidade e ações capilares da camada do suporte;
- Movimento do suporte devido à umidade e variações térmicas;
- Presença de substâncias poluentes sobre a superfície do suporte;
- Rigidez da base e rugosidade do suporte;
- Inexistência de deteriorações no suporte;
- Grau de umidade da base, devendo ser evitado o excesso de água durante o processo de colocação. (EZEQUIVEL, 2001)

Segundo a NBR 7200 (1998), o substrato, normalmente constituído do chapisco e do emboço, deverá estar sempre isento de partículas soltas e resquícios de argamassas provenientes de outras atividades, que, quando presentes, deverão ser removidas com lixas ou escovas.

Para evitar fissuras nas junções da alvenaria com estruturas de concreto, colocam-se telas soldadas de aço galvanizado, fibra de vidro ou similar.

Após 24 horas da execução do chapisco, inicia-se o emboço, podendo-se utilizar argamassa fabricada no próprio canteiro ou argamassa pré-fabricada específica para esse fim.

A espessura do emboço deve ser de, no máximo, 25 mm. Quando for necessária uma espessura maior, recomenda-se fazer duas ou mais camadas de 10 a 15 mm; neste caso, é preciso observar o tempo de cura de sete dias entre as aplicações.

O traço em volume indicado pela NBR 13755 varia de 1:1/2:5 a 1:2:8 de cimento, cal hidratada e areia média úmida.

b) Camada de Fixação

A argamassa colante deve ser misturada em um recipiente limpo e estanque, observando a quantidade de água especificada, que pode variar em função das condições climáticas do local. Em seguida, deve-se deixar a argamassa repousar de cinco a dez minutos e voltar a mexer sem adicionar mais pó ou água. Durante o uso, deve-se mexer a mistura ocasionalmente, para mantê-la trabalhável. Argamassas com tempo vencido jamais devem ser utilizadas.

Antes da aplicação, deve-se umedecer a parede e delimitar uma área de trabalho que permita o assentamento da cerâmica em poucos minutos. Após, aplica-se a argamassa colante na parede, primeiro com o lado liso e depois com o lado denteado da desempenadeira, formando cordões em um ângulo de 60° com a horizontal com alturas entre 2 e 5 mm. Alturas superiores a 5 mm demonstram que a base está mal acabada ou as placas cerâmicas estão muito empenadas.

As dimensões dos dentes da desempenadeira dependem das dimensões das placas cerâmicas assentadas e do local de assentamento. Para placas cerâmicas com área superior a 250 cm² assentadas em áreas externas, deve-se usar a desempenadeira de dentes 8 x 8 x 8 mm. Para placas menores e ambientes internos, usa-se a desempenadeira de 6 x 6 x 6 mm. Para placas maiores, com área superior a 900 cm², recomenda-se o uso de desempenadeiras com dentes quadrados de 8 x 8 x 8 mm, ou semi-circulares de raio de 10 mm com espaçamento de 3 mm, por meio da técnica de dupla colagem, ou seja, aplicação da argamassa na superfície do assentamento e no tardo da placa cerâmica (BAÍÁ & CAMPANTE, 2003).

Para verificação do tempo de aberto da argamassa colante, após o qual nunca se deve utilizá-la, deve-se verificar a formação de película esbranquiçada sobre os cordões de argamassa ou verificar se ela está aderindo ao toque dos dedos (Ibid).

c) Placa Cerâmica

Quando se usa argamassa colante, não se deve molhar as placas cerâmicas em hipótese alguma, devido ao risco de saturar seus poros e comprometer a aderência.

Quando o tardo da cerâmica estiver sujo ou com engobe, deve-se limpar com escova de aço ou pano seco.

A NBR 13755 define engobe de proteção como uma aplicação de cor branca nas saliências do tardo das placas cerâmicas, destinada a permitir a movimentação da placa dentro do forno sem aderir sobre os rolos.

A placa cerâmica deve ser colocada a cerca de 2 cm da posição final e então arrastada com movimentos de vai-e-vem, sob pressão. Não deve ser apenas colocada na posição final, batendo-se em seguida com martelo de borracha (Ibid).

Devem-se observar as juntas de assentamento e o posicionamento de eventuais juntas de dilatação do revestimento.

Para controlar o distanciamento entre as peças, indica-se o uso de espaçadores.

É importante limpar todas as juntas e a superfície das peças cerâmicas enquanto a argamassa ainda estiver fresca, para permitir o futuro rejuntamento.

d) Rejuntamento

O rejunte, preferencialmente industrializado, deve ser flexível e possuir aditivos retentores de água e hidrorrepelentes. Deve ser iniciado, no mínimo, três dias após a colocação das placas cerâmicas.

A aplicação deve ser feita comprimindo o rejunte nas juntas de assentamento, de maneira a preencher completamente os vazios entre as cerâmicas, com o auxílio de uma desempenadeira de borracha. Após 30 minutos, deve-se remover o excesso e limpar superficialmente com uma esponja macia, úmida e limpa. Depois, o material é alisado, para dar o acabamento, e limpo com pano fino e úmido. Finalmente, um pano seco deve ser usado para a limpeza final da fachada.

2.1.4.3 Especificação de Materiais e Serviços

No projeto executivo de revestimento cerâmico de fachadas, devem ser especificados todos os materiais e serviços das diferentes etapas construtivas:

- Tipo de cimento, cal e areia a serem utilizados no chapisco e emboço;
- Argamassa colante;

- Cerâmica e suas especificações técnicas;
- Materiais e processos executivos das juntas;
- Rejunte;
- Plano de corte das placas cerâmicas;
- Reforços no encontro da estrutura com a alvenaria;
- Prazos das etapas.

2.1.4.4 Controle e Execução

A execução precisa ser fiscalizada rigorosamente e deverá cumprir as especificações previstas no projeto executivo.

São aspectos a serem considerados, segundo a NBR 13755 (ABNT, 1996):

- O sistema de revestimento de fachadas só deve ser iniciado após a conclusão de serviços como fixação de caixilhos, execução de impermeabilizações, instalação das tubulações e ensaios de estanqueidade nas tubulações hidráulicas e sanitárias;
- O assentamento das placas cerâmicas só deve ocorrer após um período mínimo de 14 dias de cura do emboço e/ou da argamassa de regularização;
- Fica expressamente vedada a execução do revestimento antes que a estrutura-suporte já esteja solicitada pelo seu peso próprio e sobrecarga de todas as alvenarias, prevenindo-se, assim, tensões advindas da deformação imediata, parte da deformação lenta, recalque admissível das fundações e retração das argamassas utilizadas nas alvenarias. Recomenda-se a sua execução quando a temperatura estiver compreendida entre + 5° C e + 40° C e quando as temperaturas da base do revestimento e dos materiais componentes do revestimento estiverem compreendidas entre + 5° C e + 27°C;
- Quando houver juntas de movimentação ou juntas estruturais nas paredes, essas devem ser respeitadas também em todas as camadas que constituem o revestimento, de forma a haver correspondência entre elas.

São outros aspectos a serem observados:

- O revestimento cerâmico especificado deve ter absorção de água inferior a 6% e expansão por umidade inferior a 0,6 mm/m, segundo a norma técnica. Porém, em fachadas, recomenda-se usar cerâmicas com expansão por umidade de, no máximo, 0,4 mm/m;
- Peças cerâmicas com mais de 20 x 20 cm devem ser ancoradas mecanicamente ou com argamassas especiais;
- Porcelanato e peças cerâmicas tipo rabo de andorinha devem sempre ser assentados por dupla colagem.

Como síntese do controle da execução podem ser elencadas as seguintes recomendações para evitar manifestações patológicas em fachadas.

- Execução de projeto específico de revestimento cerâmico, considerando paginação das fachadas, definição de todas as juntas, reforço com telas metálicas de combate à fissuração em áreas de possível movimentação excessiva, mantendo sempre a compatibilidade com os demais projetos da obra;
- Exigir relatórios de controle de execução, inclusive com controle tecnológico de todas as etapas da obra;
- Treinar as equipes que irão executar as diversas fases da fachada;
- Usar técnicas de aplicação de argamassas de chapisco e emboço que resultem em aumento de aderência, principalmente em superfícies lisas, como concreto;
- Efetuar controle periódico de qualidade de assentamento, com retirada de placas cerâmicas no período de execução, verificando o completo preenchimento do tardo;
- Observar o prazo de execução e espera entre as diferentes etapas;
- Liberar o emboço para colocação das placas cerâmicas somente após a realização de testes de resistência à aderência;
- Avaliar possíveis movimentações em marquises e elementos em balanço;

- Elaborar plano de manutenção periódica do sistema de revestimento e disponibilizar esse plano para o condomínio;
- Planejar e dimensionar as juntas de assentamento, evitando recortes desnecessários nas placas cerâmicas (paginação das fachadas);
- Uso de saliências ou reentrâncias nas superfícies, resultando em descontinuidade na fachada e, conseqüentemente, panos de revestimento menores;
- Uso de pingadeiras (peças mais largas) no topo das platibandas e peitoris nas janelas;
- Tentar minimizar a incidência direta da radiação solar, por meio de proposta espacial na fase do projeto de arquitetura.

2.1.4.5 Planejamento da Manutenção

Os custos dos serviços de reparação são muito superiores aos custos de medidas preventivas, o que justifica a execução de um plano de manutenção que preveja a periodicidade de ações preventivas, como revisão de juntas, limpeza e outros.

A manutenção visa a manter as condições adequadas das edificações e o desempenho previsto em projeto. São partes da manutenção: inspeções e ações preventivas, procedimentos de conservação e ações corretivas.

O CCB (Centro Cerâmico Brasileiro) recomenda a lavagem das fachadas a cada dois anos com hidrojateamento, seguido da aplicação de biocidas para eliminar fungos e também da aplicação de hidrorrepelente nas juntas de assentamento.

Atenção especial deve ser dada às juntas de movimentação e dessolidarização, que devem ser inspecionadas a cada dois anos.

2.2 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

A manifestação patológica ocorre quando uma parte de um edifício, em algum momento de sua vida útil, deixa de apresentar o desempenho previsto. As manifestações patológicas nos revestimentos cerâmicos podem ter sua origem na fase de projeto, quando são escolhidos materiais incompatíveis com as condições de uso ou quando os projetistas desconsideram as interações do revestimento com outras partes do edifício (esquadrias, por exemplo), ou na fase de execução, quando os assentadores não dominam a tecnologia correta ou quando os responsáveis pela obra não controlam adequadamente o processo de produção (BAÍÁ & CAMPANTE, 2003).

2.2.1 DESTACAMENTOS

Destacamentos ou descolamentos são caracterizados pela perda de aderência das placas cerâmicas do substrato ou da argamassa colante, devido a tensões surgidas que ultrapassam a capacidade de aderência.

O principal sinal dessa patologia é a ocorrência de um som cavo (oco) nas placas cerâmicas, quando percutidas, ou, ainda, nas áreas onde se observa o estufamento da camada de acabamento (placa cerâmica e rejunte), seguido do destacamento dessas áreas, que pode ser imediato ou não.

Devido à probabilidade de acidentes envolvendo os usuários e os custos para seu reparo, essa manifestação patológica é considerada muito séria.

Segundo BAÍÁ & CAMPANTE – 2003, podem ser apontadas as seguintes causas:

- Instabilidade da base, devido à acomodação do edifício como um todo;
- Fluência da estrutura de concreto armado;
- Variações higrotérmicas e de temperatura;
- Características pouco resilientes dos rejuntas;
- Ausência de detalhes construtivos como contravergas e juntas;

- Utilização de argamassa colante com um tempo aberto vencido, ou assentamento sobre superfície contaminada;
- Imperícia ou negligência de mão-de-obra e/ou controle dos serviços (engenheiros, mestres e assentadores);
- Falta de limpeza da base ou das placas cerâmicas;
- Empolamento da argamassa de emboço (fenômeno que ocorre devido às expansões na argamassa, em função da hidratação de óxidos). A causa mais comum do empolamento se dá no uso de cal hidratada e/ou cal contendo hidróxido de magnésio que, depois de aplicado, aumenta de volume e pode causar a expansão e empolamento do conjunto (BAUER, 1997).
- Pulverulência da argamassa de emboço, que é um fenômeno caracterizado pela desagregação e consequente esfarelamento da argamassa, ao ser pressionada manualmente. São causas da pulverulência a presença de torrões de argila na areia, argamassa com baixo teor de aglomerantes, argamassa utilizada após prazo de vencimento e hidratação inadequada de fração de cimento da argamassa (Ibid);
- Argamassa com espessura excessiva, gerando tensões elevadas de tração entre a base e o chapisco;
- Argamassa muito rica em cimento;
- Ausência de chapisco;
- Acabamento inadequado do emboço. (Ibid)

Um exemplo de destacamento é mostrado na figura 9 a seguir:



FIGURA 9 – Destacamento de cerâmica em fachada de um edifício em Belo Horizonte (arquivo do autor)

2.2.2 TRINCAS E FISSURAS

Trincas são rupturas no corpo da placa cerâmica provocadas por esforços mecânicos que causam a separação da placa em partes, com aberturas superiores a 1 mm. Fissuras são rompimentos nas placas cerâmicas com aberturas inferiores a 1 mm e que não causam a ruptura total das placas (BAÍÁ & CAMPANTE, 2003).

As trincas e fissuras ocorrem, geralmente, devido à perda de integridade da superfície da placa cerâmica, que pode simplesmente ser um defeito estético ou evoluir para um destacamento (THOMAZ, 2000).

São causas de trincas e fissuras:

- Dilatação e retração das placas cerâmicas, que ocorrem quando há variação térmica ou de umidade. A expansão por umidade é limitada a 0,6 mm/m (NBR 13818 - ABNT, 1987);
- Deformação estrutural excessiva, que cria tensões na alvenaria que, quando não completamente absorvidas, podem ser transmitidas aos revestimentos;

- Ausência de detalhes construtivos como vergas, contravergas nas aberturas de janelas, pingadeiras nas janelas, platibandas e juntas de movimentação;
- Retração da argamassa de fixação, que ocorre mais frequentemente com o uso de argamassa dosada na obra em vez de argamassa colante industrializada. A retração da argamassa causada pela hidratação do cimento pode gerar um aperto na placa cerâmica que, por estar firmemente aderida na argamassa, pode tornar a superfície convexa e tracionada, causando fissuras ou mesmo trincas na placas cerâmicas;
- Vergas com apoio insuficiente ou deformação superior à tolerada pelo revestimento, concentrando cargas excessivas na alvenaria;
- Falta de juntas de movimentação;
- Deformações excessivas causadas por dimensionamento inadequado da estrutura, sobrecarga não prevista ou recalques diferenciais (BAÍÁ & CAMPANTE, 2003).

2.2.3 GRETAMENTO

O gretamento é uma série de aberturas inferiores a 1 mm e que ocorrem na superfície esmaltada das placas, dando a elas uma aparência de teia de aranha.

O gretamento deve-se, normalmente, a um defeito de fabricação, pois não há uma compatibilização do coeficiente de dilatação térmica do vidrado com a base da placa cerâmica ou biscoito. Placas cerâmicas com elevada expansão por umidade também podem apresentar gretamento (CAVANI, 2002).

2.2.4 MANCHAS

As manchas são normalmente provocadas por infiltrações de água e estão frequentemente associadas aos destacamentos e desagregação dos revestimentos.

A existência de umidade pode levar à formação de bolor ou mofo, que são alterações visíveis macroscopicamente na superfície dos materiais, como

consequência do desenvolvimento de microorganismos pertencentes ao grupo dos fungos. Essas alterações levam à formação de manchas escuras indesejáveis em tonalidades preta, marrom e verde ou, ocasionalmente, manchas claras esbranquiçadas ou amareladas.

Medidas para evitar a formação de manchas ou bolor em fachadas visam a evitar a infiltração de água através de paredes, pisos e/ou tetos. Os projetos de fachada devem levar em consideração fatores como:

- Quantidade de água incidente na fachada e o seu tempo de secagem, em função do microclima da região;
- Detalhes de projeto promovendo o adequado escoamento de água pluvial;
- Eliminação de elementos da fachada que contribuam para a permanência de água de chuva e que dificultem a difusão da umidade.

A NBR 7200 (ABNT, 1998) recomenda que a remoção de bolor e fungos seja feita escovando a superfície com escova de cerdas duras com solução de fosfato trissódico (30 g Na_3PO_4 em 1 litro de água) ou com hipoclorito de sódio (4% a 6% de cloro ativo) e enxaguando com água limpa em abundância.

2.2.5 EFLORESCÊNCIA

A eflorescência se caracteriza pelo aparecimento, na superfície do revestimento, de depósitos cristalinos de cor esbranquiçada, comprometendo a aparência do revestimento. Essas formações surgem quando os sais solúveis nas placas cerâmicas, nos componentes da alvenaria, nas argamassas de emboço, na camada de fixação ou no rejuntamento são transportados pela água utilizada na construção, ou vinda de infiltrações, através dos poros dos componentes do revestimento, como placas cerâmicas não esmaltadas, rejuntas e juntas. Esses sais, em contato com o ar, solidificam-se, causando os depósitos. Existem situações, como ambientes constantemente molhados, em que a presença de sais de difícil secagem forma depósitos que se apresentam como uma exsudação na superfície.

Para a eliminação da eflorescência, deve-se evitar a presença de um dos seguintes fatores: sais solúveis, presença de água ou porosidade de componente do revestimento.

São precauções para se evitar a eflorescência:

- Reduzir o consumo de cimento Portland na argamassa de emboço ou usar cimento com baixo teor de álcalis;
- Utilizar placas cerâmicas de boa qualidade, queimadas em altas temperaturas para eliminar os sais solúveis de sua composição e a umidade residual;
- Garantir o tempo necessário para secagem de todas as camadas anteriores à execução do revestimento cerâmico.

Para a remoção dos depósitos nas superfícies já comprometidas, deve-se fazer uma lavagem do revestimento, o que, normalmente, é suficiente para removê-los.

O problema, no entanto, pode ocorrer novamente se as condições continuarem propícias, mas tende a diminuir com o tempo, à medida que os sais forem sendo eliminados.

Deve-se evitar o uso de ácido muriático para a limpeza do revestimento cerâmico; existem, no mercado, produtos específicos para a limpeza de revestimento cerâmico (BAÍA & CAMPANTE, 2003).

2.2.6 DETERIORAÇÃO DAS JUNTAS

As juntas são responsáveis pela estanqueidade do revestimento cerâmico e pela capacidade de absorver movimentações.

As juntas de assentamento são normalmente preenchidas com rejuntas à base de cimento, com boa durabilidade. Pode, no entanto, ocorrer falta de estanqueidade quando a aplicação for feita com preenchimento inadequado ou mesmo durante a limpeza, que, quando feita com produtos com ácidos ou bases concentradas, pode ocasionar a deterioração precoce da junta. Agentes atmosféricos agressivos ou solicitações mecânicas por movimentações estruturais podem causar fissuras e/ou trincas no rejunto e, conseqüentemente, infiltração de água.

As juntas de movimentação ou dessolidarização, preenchidas com selantes à base de poliuretano, polisulfetos, silicone e outros, podem não ter fator de forma adequado e ser preenchidas apenas superficialmente, formando uma capa frágil que pode descolar após um curto período de tempo.

A junta selada deve ser impermeabilizada antes da colocação do selante, com o uso de limitador de profundidade. Essa membrana impermeabilizante garante uma maior segurança na estanqueidade da fachada e pode ser executada com argamassa polimérica, usualmente de base acrílica, associada a uma tela de poliéster. (BARROS & RIBEIRO)

A figura 10 mostra a junta impermeabilizada através da membrana impermeabilizante:

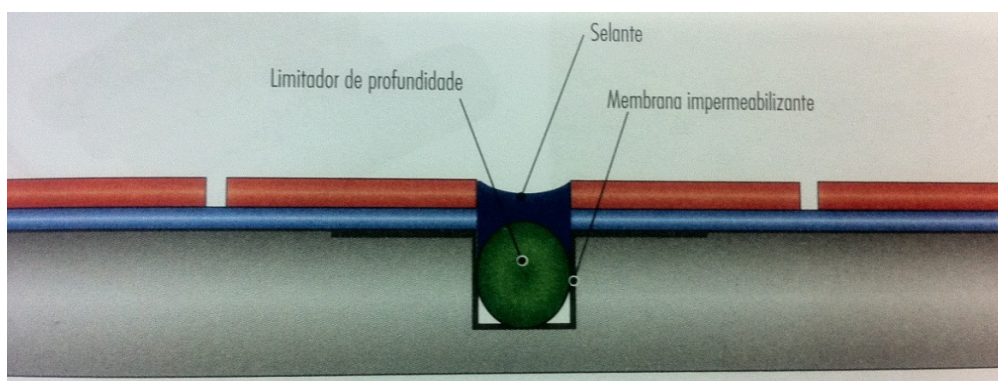


FIGURA 10 – Junta com membrana impermeabilizante
(BARROS & RIBEIRO, 2010)

O selante pode romper ou descolar quando aderir ao fundo da junta, devendo ser fixado apenas em duas laterais. (Ibid.)

A figura 11 mostra o uso da fita isoladora que limita a fixação do selante apenas nas duas laterais.

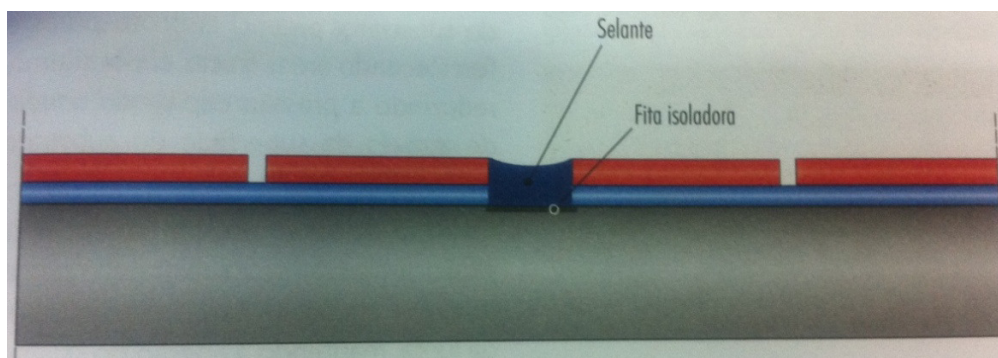


FIGURA 11 – Junta de dessolidarização: uso de fita isoladora
(BARROS & RIBEIRO, 2010)

As falhas mais comuns nas juntas seladas são:

- Perda de adesão;
- Falha na coesão;
- Escorrimento;
- Dobramento e intrusão;
- Deformação excessiva;
- Ataque químico;
- Desagregação

As causas das falhas nas juntas seladas são:

- Deficiência de projeto e de especificação das juntas;
- Escolha incorreta do selante;
- Aplicação sobre substrato contaminado ou com umidade;
- Não observância da temperatura adequada e recomendada para aplicação;
- Defeitos na preparação da superfície ou na aplicação do selante;
- Falta de utilização de *primer*, em aplicações especiais;
- Falhas nos materiais selantes;
- Ocorrência de movimentações não previstas;
- Posicionamento inadequado da junta;
- Ausência de manutenção ao longo da vida útil da edificação. (Ibid.)

2.3 ANÁLISE DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

O conhecimento de termos e origens de manifestações patológicas é importante na análise da matéria e será usado nos fluxogramas e tabelas que serão apresentados neste trabalho.

2.3.1 TERMOS LIGADOS À PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES

- a) Origens: os problemas patológicos podem ter sua origem em uma das fases do processo construtivo citadas a seguir: Projeto, Execução, Materiais ou Uso.
- b) Causas: são inúmeros os agentes causadores de manifestações patológicas, como variações de temperatura, umidade, cargas, materiais inadequados, execução incorreta, agentes atmosféricos e biológicos, falta de manutenção e outros.
- c) Mecanismos: são os processos a partir dos quais é gerado o problema patológico.
- d) Manifestações Patológicas: são os defeitos ou falhas a partir dos quais podem-se investigar as origens, as causas e os mecanismos do problema.
- e) Profilaxia: aplicação de meios para evitar as doenças (anomalias ou problemas) da edificação, bem como suas propagações (do grego “*prophylaxis*” = cautela).
- f) Diagnóstico: identificação e descrição do mecanismo da manifestação patológica, suas origens e as suas causas (do grego “*diagnosticu*”: dia = através de, durante, por meio de + gnosticu = alusivo ao conhecimento de).
- g) Prognóstico: estimativa da evolução do problema ao longo do tempo (do latim “*prognosticu*”: pro = antecipado, anterior, prévio + gnosticu = alusivo ao conhecimento de).
- h) Terapia: recomendação das medidas necessárias, sejam elas imediatas ou não (derivado do grego, significando “*servir a Deus*”).
- i) Anamnese: levantamento de todo o processo executivo (do grego “*anamnesis*”: ana = trazer de novo + mnesis = memória)

(Revista Técnica nº 174 – Editora Pini – setembro 2011)

2.3.2 ORIGEM DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

- a) Congênitas: são as falhas originadas na etapa de concepção ou projeto do RCF. Normalmente, devem-se à não observância das normas técnicas pertinentes e/ou à falta de detalhes construtivos.
- b) Construtivas: são problemas originados durante a execução da obra, como uso de materiais inadequados e/ou execução com metodologia incorreta.
- c) Adquiridas: são problemas adquiridos ao longo da vida útil do RCF, podendo ser consequência da falta de manutenção, agressividade do meio ou realização de interferência inadequada no revestimento.
- d) Acidentais: são problemas causados pela ocorrência de algum fenômeno atípico, como chuvas com ventos de alta intensidade, recalques, incêndios e outros.

2.4 NORMAS TÉCNICAS E ENSAIOS

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o órgão responsável pela normalização técnica no Brasil, fornecendo a base necessária ao desenvolvimento tecnológico brasileiro.

Norma é o documento técnico que estabelece as regras e as características mínimas que determinado produto, serviço ou processo deve cumprir, permitindo uma perfeita ordenação e a globalização dessas atividades ou produtos.

É fundamental a observância das normas técnicas e dos ensaios por elas definidos para o projeto e para a execução dos revestimentos cerâmicos de fachadas. São as seguintes as principais normas pertinentes:

- NBR 13755/1996 – Revestimento de paredes externas e fachadas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante – Procedimento.

Essa norma traz o Anexo A, que estabelece o método de ensaio para determinar a resistência de aderência em obra de revestimentos cerâmicos assentados com argamassa colante.

- NBR 13817/1997 – Placas cerâmicas para revestimento – Classificação.
- NBR 13818/1997 – Placas cerâmicas para revestimento – Especificação e métodos de ensaios. Essa norma tem os seguintes anexos:

Anexo A: Análise visual do aspecto superficial.

Anexo B: Determinação da absorção de água.

Anexo C: Determinação da carga de ruptura e módulo de resistência à flexão.

Anexo D: Determinação da resistência à abrasão superficial.

Anexo E: Determinação da resistência à abrasão profunda.

Anexo F: Determinação da resistência ao gretamento.

Anexo G: Determinação da resistência ao manchamento

Anexo H: Determinação da resistência ao ataque químico.

Anexo J: Determinação da expansão por umidade.

Anexo K: Determinação do coeficiente de dilatação térmica.

Anexo L: Determinação da resistência ao choque térmico.

Anexo M: Determinação da resistência ao congelamento.

Anexo N: Determinação do coeficiente de atrito.

Anexo P: Determinação de chumbo e cádmio.

Anexo Q: Determinação da resistência ao impacto.

Anexo R: Determinação da diferença de tonalidade

Anexo S: Determinação das dimensões, da retitude dos lados, da ortogonalidade dos lados, da curvatura central, da curvatura lateral e do empeno.

Anexo T: Grupos de absorção de água.

Anexo U: Procedimento de amostragem e critérios de aceitação e rejeição.

Anexo V: Determinação da dureza segundo a escala Mohs.

Anexo X: Exemplos de cálculo de desvios dimensionais.

- NBR 14081/2004 – Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas – Requisitos.
- NBR 14992/2003 – Argamassa à base de cimento Portland para rejuntamento de placas cerâmicas – Requisitos e métodos de ensaio.

Essa Norma tem os seguintes anexos:

Anexo A: Preparo da mistura.

Anexo B: Determinação de retenção de água.

Anexo C: Determinação da variação dimensional.

Anexo D: Determinação da resistência à compressão.

Anexo E: Determinação da resistência à tração na flexão.

Anexo F: Determinação da absorção de água por capilaridade.

Anexo G: Determinação de permeabilidade.

- NBR 15463/2007 – Placas cerâmicas para revestimento – Porcelanato.

Este capítulo consistiu numa revisão bibliográfica dos assuntos relacionados ao tema do trabalho, abordando sistema de revestimento cerâmico, juntas, origem de movimentos e tensões nos revestimentos, projeto de revestimento cerâmico, manifestações patológicas e as normas técnicas sobre o assunto. Esse conhecimento foi utilizado para a elaboração dos fluxogramas e tabelas descritos no capítulo seguinte.

3 FLUXOGRAMAS E TABELAS: MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS – ORIGENS E CAUSAS

O capítulo anterior apresentou uma revisão bibliográfica de diversos aspectos técnicos relacionados ao RCF. Neste capítulo, serão apresentados fluxogramas e tabelas correlacionando manifestações patológicas com suas origens e causas.

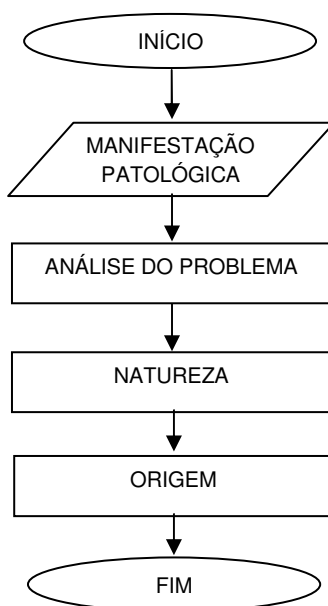
3.1 FLUXOGRAMAS

Os fluxogramas seguintes correlacionam, dentro do sistema construtivo de revestimento cerâmico de fachadas, as manifestações patológicas e suas origens.

3.1.1 NÍVEIS DE PROBLEMA

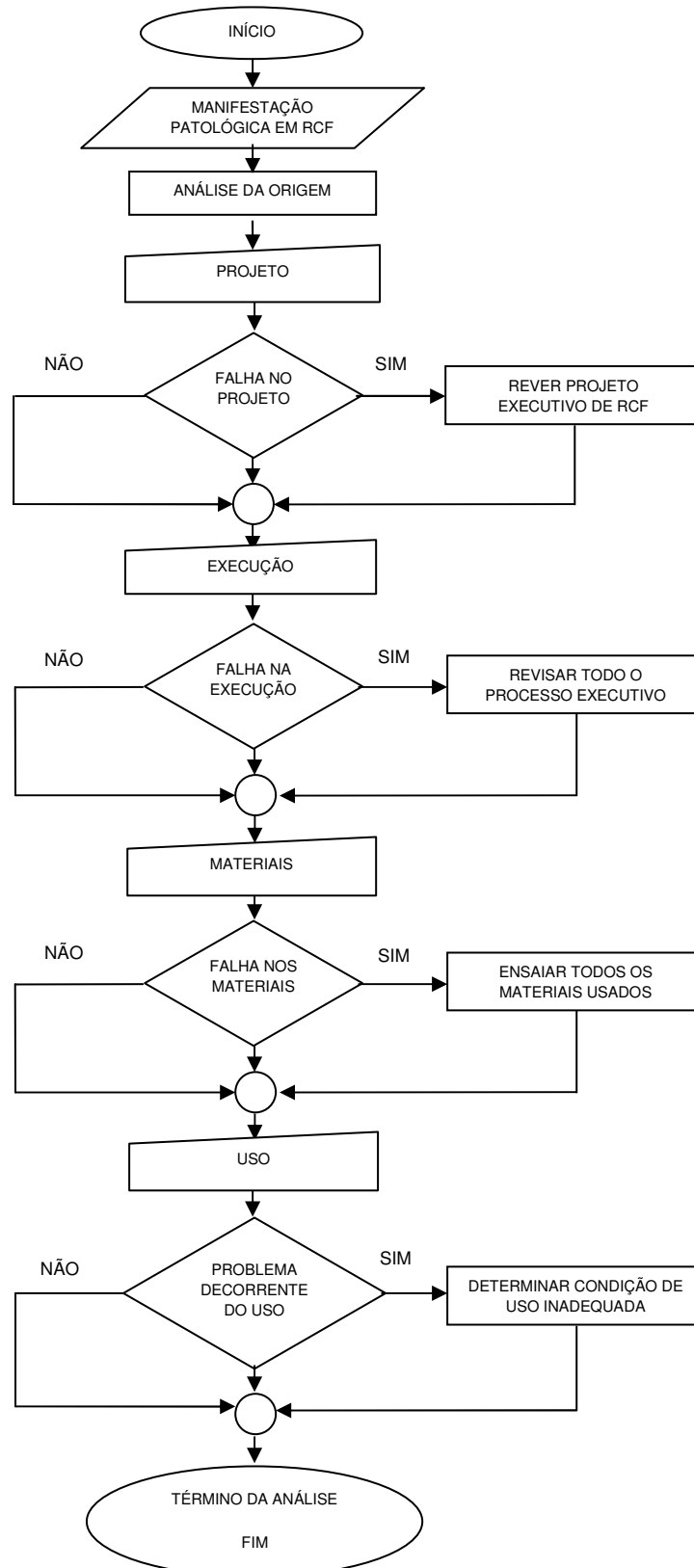
As patologias são evidenciadas por alguns sinais que, embora muitas vezes apareçam em alguns componentes, podem ter origem em outros componentes do revestimento. Quando há o destacamento da placa cerâmica, isso não significa, necessariamente, que o problema foi causado pela própria placa; o problema pode ter sido causado, por exemplo, por falta de treinamento de mão-de-obra, que não respeitou o tempo em aberto da argamassa colante. Portanto, é importante considerar os diferentes níveis em que os problemas ocorrem, conforme mostra o fluxograma seguinte:

(BAÍA & CAMPANTE, 2003)



3.1.2 ORIGEM DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

Como já descrito, os problemas patológicos podem ter sua origem em uma das fases do processo construtivo: Projeto, Execução, Materiais ou Uso, e conforme mostrado no fluxograma seguinte:



3.2 TABELAS

As tabelas seguintes analisam a correlação entre as manifestações patológicas mais frequentes em RCF com suas principais origens e causas prováveis. O conhecimento da fase do processo construtivo no qual ocorreu o problema (origem) e o agente causador (causa) permite definir o mecanismo que gerou a manifestação patológica.

As causas prováveis podem estar relacionadas a mais de uma origem, mas nesta análise, optou-se por colocar a causa provável junto à origem que mais frequentemente é encontrada.

A figura 12 apresenta a distribuição das falhas em edificações de acordo com a origem das manifestações patológicas segundo VERÇOZA (1991)

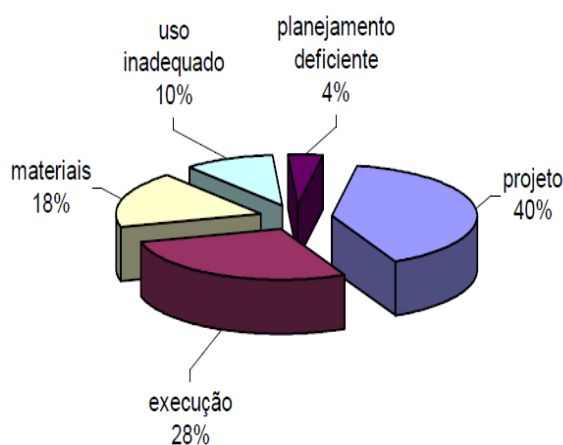


Figura 12 – Distribuição de falhas de acordo com a origem das manifestações patológicas (VERÇOZA, 1991)

Nos revestimentos cerâmicos de fachadas o percentual das origens das manifestações patológicas é bastante similar às das demais etapas construtivas que ocorrem em obras. Evidentemente uma causa provável pode estar devidamente especificada em projeto e não ser executada corretamente, ou ainda podem ser utilizados materiais inadequados e, finalmente, as condições de uso podem diferir das previstas originalmente em projeto.

3.2.1 DESTACAMENTOS

Na tabela 13 abaixo, observa-se as principais origens e causas prováveis de destacamentos em RCF

ORIGEM	CAUSAS PROVÁVEIS
Projeto	- Fluência da estrutura de concreto armado - Variações higrotérmicas e de temperatura - Ausência de detalhes construtivos como contravergas e juntas - Corrosão das armaduras de pilares e vigas - Placas cerâmicas que não atendem as especificações técnicas - Ausência de chapisco - Instabilidade da base, devido à acomodação do prédio como um todo
Execução	- Utilização de argamassa colante com um tempo aberto vencido - Assentamento sobre superfície contaminada - Imperícia ou negligência de mão-de-obra - Controle dos serviços ineficiente - Falta de limpeza da base das placas cerâmicas - Acabamento inadequado do emboço - Argamassa de emboço com espessura excessiva
Materiais	- Pulverulência da argamassa de emboço - Argamassa muito rica em cimento - Características pouco resilientes dos rejuntas - Empolamento da argamassa de emboço - Uso de gesso na argamassa, que gera reação expansiva
Uso	- Sobrecargas não previstas - Falta de manutenção

Tabela 13 – Principais origens e causas de destacamentos em RCF

3.2.2 TRINCAS, FISSURAS E GRETAMENTO

A tabela 14 apresenta as principais origens e causas prováveis de trincas, fissuras e gretamento em RCF

ORIGEM	CAUSAS PROVÁVEIS
Projeto	- Dilatação e retração das placas cerâmicas por variação térmica ou de umidade - Deformação estrutural excessiva - Ausência de detalhes construtivos como vergas, contravergas, pingadeiras e juntas - Deformação superior à tolerada pelo revestimento - Falta de junta de movimentação - Deformações causadas por dimensionamento inadequado da estrutura - Recalques diferenciais - Corrosão da armadura da estrutura de concreto armado
Execução	- Vergas com apoio insuficiente
Materiais	- Retração da argamassa de fixação - Placas cerâmicas com elevada expansão por umidade - Placas cerâmicas com problemas de fabricação - Argamassa de emboço com alto teor de finos
Uso	- Sobrecargas não previstas

Tabela 14 – Principais origens e causas de trincas, fissuras e gretamento em RCF

3.2.3 MANCHAS E EFLORESCÊNCIA

Já a tabela 15 mostra as principais origens e causas prováveis de manchas e eflorescência em RCF.

ORIGEM	CAUSAS PROVÁVEIS
Projeto	- Existência de elementos da fachada que dificultem a difusão da umidade - Falta de escoamento adequado de água pluvial
Execução	- Execução desrespeitando o tempo para secagem de todas as camadas do RCF - Argamassa de emboço muito rica em cimento
Materiais	- Placas cerâmicas mal queimadas - Tijolos com alto teor de sulfatos - Cimento com alto teor de álcalis - Sais solúveis presentes nos componentes da alvenaria ou na água de amassamento - Cal não carbonatada presente no emboço
Uso	- Infiltração de água na fachada

Tabela 15 – Principais origens e causas de manchas e eflorescência em RCF

3.2.4 DETERIORAÇÃO DAS JUNTAS

Concluindo, a tabela 16 elenca as principais origens e causas prováveis de deterioração das juntas em RFC

ORIGEM	CAUSAS PROVÁVEIS
Projeto	- Deficiência de projeto e especificação das juntas - Escolha incorreta do selante - Posicionamento inadequado da junta
Execução	- Aplicação sobre substrato contaminado ou com umidade - Não observância da temperatura adequada e recomendada para aplicação do selante - Defeitos na preparação da superfície ou na aplicação do selante
Materiais	- Falhas nos materiais selantes
Uso	- Ocorrência de movimentações não previstas - Ausência de manutenção ao longo da vida útil da edificação - Ataque químico

Tabela 16 – Principais origens e causas de deterioração de juntas em RCF

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O capítulo anterior apresentou fluxogramas e tabelas relacionando as manifestações patológicas mais comuns em RCF com suas origens e causas. Neste capítulo, serão expostas as considerações finais sobre o tema e também serão apresentadas sugestões para trabalhos futuros, complementando e aperfeiçoando os estudos ora abordados.

4.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As principais manifestações patológicas que ocorrem em RCF – destacamentos, trincas e fissuras, gretamento, manchas, eflorescência e deteriorização das juntas – foram estudadas neste trabalho e, mediante o conhecimento das suas origens e causas, podem ser evitadas, permitindo a construção de fachadas com qualidade, segurança e confiabilidade.

O revestimento cerâmico aderido de fachadas deve ser tratado como um sistema de revestimento, no qual seus componentes interagem de maneira dinâmica e constante e não podem ser analisados individualmente, de forma isolada.

O projeto de revestimento deve abranger todos os constituintes do sistema, como base, substrato, camadas de fixação, placa cerâmica, juntas e reforços, bem como definir o processo executivo dentro das normas técnicas e considerar agentes que podem gerar movimentos e tensões nos revestimentos, tais como temperatura, umidade e vento.

O processo executivo deve ser fiscalizado com rigor exigindo que sejam cumpridas todas as especificações de projeto. Relatórios de controle de execução, com controle tecnológico de todas as etapas do processo, são fundamentais para garantir o desempenho adequado do sistema.

Os intervalos entre as diversas camadas do RCF vem sendo constantemente reduzidos por imposição dos prazos e em detrimento dos aspectos técnicos que deveriam ser sempre respeitados.

A rapidez de execução, cada vez mais exigida das construtoras, o uso de estruturas com grandes vãos e elevada esbeltez induzem ao surgimento de esforços de difícil mensuração e que propiciam o surgimento de problemas nas fachadas.

Finalmente a análise dos percentuais de incidências de falhas nos RCF permite concluir que aproximadamente 72% das mesmas ocorrem nas fases de planejamento, projeto e execução enquanto 28% acontecem devido a materiais e uso inadequado.

4.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Em complementação aos estudos feitos sobre o tema, tecem-se as seguintes recomendações para trabalhos futuros, visando a ampliar e aprofundar conhecimentos sobre o RCF:

- a) Analisar casos práticos de ocorrência das manifestações patológicas mais comuns, com ensaios para determinação e mensuração das causas;
- b) Apresentar um projeto de revestimento de fachadas completo mostrando todas as especificações necessárias;
- c) Avaliar a durabilidade de sistemas de RCF do tipo aderido;
- d) Pesquisar a incidência das principais manifestações patológicas em, por exemplo, um bairro da cidade;
- e) Estudar detalhes que, constantes de projetos de arquitetura, podem prevenir ou amenizar as manifestações patológicas em RFC.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 6118** – *Projeto de estruturas de concreto: Procedimentos*, Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR 7200** – *Execução de revestimentos de paredes e tetos de argamassas inorgânicas: Procedimentos*. Rio de Janeiro, 1998.

_____. **NBR 13528** – *Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas: determinação da resistência de aderência à tração*. Rio de Janeiro, 1993.

_____. **NBR 13749** – *Revestimentos de paredes e tetos de argamassas inorgânicas: especificação*. Rio de Janeiro, 1996.

_____. **NBR 13755** – *Revestimento de paredes externas e fachadas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante*. Rio de Janeiro, 1996.

_____. **NBR 13816** – *Placas cerâmicas para revestimento: Terminologia*. Rio de Janeiro, 1997.

_____. **NBR 13817** – *Placas cerâmicas para revestimento: Classificação*. Rio de Janeiro, 1997.

_____. **NBR 13818** – *Placas cerâmicas para revestimento: Especificação e métodos de ensaios*. Rio de Janeiro, 1997.

_____. **NBR 14081** – *Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas – Requisitos*. Rio de Janeiro, 2004.

_____. **NBR 14992** – *Argamassa à base de cimento Portland para rejuntamento de placas cerâmicas – Requisitos e métodos de ensaios*. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR 15463** – *Placas cerâmicas para revestimento - Porcelanato*. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE FABRICANTES DE CERÂMICA PARA REVESTIMENTO – ANFACER. Disponível no site www.anfacer.org.br. Acesso em 2011.

BAÍÁ, L.L.M.; CAMPANTE, E.F. *Projeto e Execução de Revestimento Cerâmico* – São Paulo: Editora O Nome da Rosa, 2003.

BAÍÁ, L.L.M.; SABBATINI F. H. *Projeto e Execução de Revestimento de Argamassa* – São Paulo: Editora O Nome da Rosa, 2002.

BAUER, R.J.F. *Falhas em Revestimentos, Causas e Prevenção*. Centro Tecnológico Falcão Bauer, 1996.

CAMPANTE; E. F. *Metodologia para diagnóstico, prevenção e recuperação de manifestações patológicas em revestimentos cerâmicos de fachada*. São Paulo, 2001 – Tese de doutorado – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

CENTRO CERÂMICO DO BRASIL – CCB. Disponível no site www.ccb.org.br. Acesso em 2011.

EZEQUIVEL, JUAN FRANCISCO TEMOCHE. *Avaliação do uso de revestimentos cerâmicos de fachada em edifícios residenciais multifamiliares em São Paulo: estudo de caso região sul – 1994 – 1998*. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – USP. São Paulo, 2001.

MEDEIROS, J. S. *Patologia dos Revestimentos: Fundamentos e prevenção*. Curso organizado por Inovatec Consultores Associados, Apostila. São Paulo, 2006.

MEDEIROS, J. S., SABBATINI, F. H. *Tecnologia e projeto de revestimentos cerâmicos de fachadas de edifícios*: Boletim Técnico da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1999.

MEDEIROS, J. S. *Tecnologia e projetos de revestimentos cerâmicos de fachadas de edifícios*: São Paulo, 1999. Tese de Doutorado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

MEHTA, P. N.; MONTEIRO, P. J. M. – *Concreto: Estrutura, propriedades e materiais*. São Paulo: Editora Pini, 1994.

NEVILLE, A. M. *Propriedades do concreto*. São Paulo: Editora Pini, 1982.

RIBEIRO, F. A.; BARROS, M. M. S. B. *Juntas de Movimentação em revestimentos Cerâmicos de Fachadas* – São Paulo: Editora Pini, 2010.

THOMAZ, E. *As causas de fissuras – parte 1. Artigo Alvenaria*. Revista Techne nº 36 – SET/OUT 1998.

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

VERÇOZA, E. J. *Patologia das edificações*. Porto Alegre: Editora Sagra, 1991

VIEIRA, A. C. *Destacamento de placas cerâmicas: Estudo de algumas variáveis*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Mackenzie, 1998.