UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA POLITÉCNICA

Departamento de Engenharia de Construção Civil e Urbana

FABIANA ANDRADE RIBEIRO

ESPECIFICAÇÃO DE JUNTAS DE MOVIMENTAÇÃO
EM REVESTIMENTOS CERÂMICOS DE FACHADAS
DE EDIFÍCIOS: Levantamento do Estado da Arte

Dissertação apresentada à Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo para obtenção
do título de Mestre em Engenharia.

São Paulo

2006

FABIANA ANDRADE RIBEIRO

**ESPECIFICAÇÃO DE JUNTAS DE MOVIMENTAÇÃO
EM REVESTIMENTOS CERÂMICOS DE FACHADAS
DE EDIFÍCIOS: Levantamento do Estado da Arte**

Dissertação apresentada à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para obtenção do título de
Mestre em Engenharia.

Área de atuação:

Engenharia de Construção Civil

Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios

Orientadora:

Profa. Dra. Mercia Maria Semensato Bottura de Barros

São Paulo

2006

Este exemplar foi revisado e alterado em relação à versão original, sob responsabilidade única da autora e com a anuência de sua orientadora.

São Paulo, 27 de julho de 2006.

Assinatura da autora _____

Assinatura da orientadora _____

FICHA CATALOGRÁFICA

Ribeiro, Fabiana Andrade

Especificação de juntas de movimentação em revestimentos cerâmicos de fachadas: levantamento do estado da arte / F.A. Ribeiro. -- ed.rev. -- São Paulo, 2006.

158 p.

Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil.

**1.Juntas de movimentação 2.Revestimentos de fachadas
3.Cerâmica (Materiais de construção) 4.Selantes I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Construção Civil II.t.**

Aos meus pais, Sebastião e Maria das Graças, pelo amor e apoio infinitos.

*Aos meus irmãos queridos, Cristiano e Heloisa, pelo estímulo, carinho e
companheirismo, apesar da distância.*

À Luciana e Rayssa, para que brilhem e lutem sempre pelos seus sonhos.

AGRADECIMENTOS

Para cumprir esta missão foi preciso entender que em cada minuto dos meus dias, Deus estava presente, cuidando de tudo. A Ele muito obrigada pela força, sustento e inspirações ao longo deste percurso de crescimento profissional e pessoal.

Não tenho palavras para agradecer minha orientadora Professora Mercia Maria Semensato Bottura de Barros, pela efetiva orientação, apoio em todas os momentos, pelos ensinamentos e pela amizade. Meu infindável agradecimento, apreço e admiração!

Agradeço aos Profs Fernando Henrique Sabbatini e Eduvaldo Paulo Sichieri pela participação e importantes contribuições concedidas na Banca.

À Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro concedido a esta pesquisa.

À Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, pela oportunidade de poder compartilhar da experiência e conhecimento do admirável grupo de professores do Departamento de Engenharia de Construção Civil. Aos professores Ubiraci Espinelli Souza, Silvio Burratino Melhado, Francisco Cardoso, Luiz Sérgio Franco, Alex Kenya Abiko, Vanderley Moacir John, Maria Alba Cincotto e Sílvia Selmo. Agradeço também ao professor Jonas Silvestre Medeiros pelo incentivo e contribuições relevantes ao conteúdo deste trabalho.

Ao Consórcio Setorial para Inovação em Tecnologia de Revestimentos de Argamassa e aos companheiros do grupo de estudo de selantes: Fabiola Rago, Mirella Pennacchi Assali, Leonilda Ferme, Ligiane Freitas, Ricardo Faria, Cláudio Rogério, Marco Antônio Souza, José Eduardo Granato e a todos os demais representantes das empresas que fazem parte deste grupo: Degussa, Denver, Dow Corning, Jeene, Lenc, Otto Baumgart, Rhodia, Sika, pelo agradável tempo de convívio e pela sempre valiosa troca de informações que contribuíram para este trabalho. À querida Elza Hissae Nakakura, muito obrigada!

À L.A. Falcão Bauer pelo imenso apoio no período do mestrado. Ao Prof. Otávio Luis do Nascimento, à Alexandra Anselmo Mansur, ao Mairton Santos e ao amigo Elísio Mota, por tudo que contribuíram na minha vida profissional desde o início dessa minha caminhada e pelo apoio neste trabalho.

Aos colegas Juan Temoche Esquivel, Flávio Maranhão, Rodrigo Rosa Tomazetti, Sérgio Ângulo, Alex Júnior e Max Junginger, pelas contribuições e suporte que me deram no decorrer deste período.

Ao pessoal do Departamento de Engenharia de Construção Civil, Fátima Regina Gonçalves Sanches Domingues e Engrácia Maria Bartuciotti, pelo apoio nos assuntos burocráticos e

funcionais; à Patrícia Rodrigues de Freitas e Edson Timóteo de Oliveira pelo apoio nas questões de informática. Agradeço também aos funcionários da biblioteca que estiveram sempre prontos para tudo que foi preciso, desde o primeiro ano do mestrado: Vilma, Léo, Fátima, Sarah e Rosivaldo.

Agradeço imensamente a todas as pessoas que fizeram parte dessa jornada:

Ao grande e estimado amigo Pe. João Sergio Lauand pela força, conselhos, apoio nas horas alegres e difíceis. À querida amiga Kelly Paiva Inouye pelos ensinamentos da caminhada da vida, pelos momentos de partilha e oração, por toda força e carinho. À Mara Rubia Marques pela amizade, companhia e alegria compartilhadas. Ao querido Carlos Alberto Villacorta Cardoso, por ter permanecido sempre próximo, pelo carinho e apoio incondicional.

Às minhas irmãs e amigas da “ Nossa Casa” : Roberta, Aline, Caroline, Giovana, Karina, Ellen, Ana Claritha, Renata, Juliana e Maria Chiara, por tudo que proporcionaram na minha vida nestes últimos dois anos. Vocês fizeram a diferença! Às minhas amigas Auriciane Fachini, Juliana do Rêgo Barros e Manuela Dantas pelos momentos de alegria e trabalho que pudemos compartilhar sob mesmo teto.

Aos antigos e novos colegas da Poli, Abla Akari, Artemária Andrade, Antônio Acácio de Melo Neto, Carolina Gregório, Elisabeth Nascimento Silva, Eduardo Ohashi, Fábio Mafra, Fernanda Marchiori, Flávio Maranhão, Gerusa Aguiar, Heitor Haga, Hudson Pereira, José Carlos Paliari, Juarez Hoppe Filho, Leandro Morais e Silva, Leonardo Miranda, Leonardo Grilo, Luciana Melo, Luciana Oliveira, Odair Barbosa de Moraes, Luis Otávio Cocito, Luiz Augusto dos Santos, Marcus Vinicius Côrtes, Paulo Câmara, Patrícia Aulicino, Patrícia Falcão Bauer, Rita de Cássia Medeiros, Renata Bertolo, Renato Nascimento, Rogério Santovito, Rosa Crescêncio, Stênio de Araújo, Yoakim Petrola de Melo Júnior. A alguns pelas trocas de idéias, pelas motivações, pelo companheirismo e ajuda mútua; a outros pelo simples fato de estarem presentes e tornarem nossa sala de pesquisa uma sala tão agradável. Aos companheiros de turma: Fabiana Cleto, José Yolle, Ana Luisa, Gabriela Mello, Renata Souto, Patrícia, pelos momentos de estudo e de diversão.

Aos queridos amigos de São Paulo e Belo Horizonte que estiveram sempre presentes na minha vida: Celso, Estevão, Fernando Neto, José Maurício, Marina, Rafael, Ricardo, Sergio, Mateus, Paulo Borba, Lucas Telles, Gustavo, Luiz Paulo, Rodrigo, Drica, Rolando, Valéria, Leni, Juliane, Livia, Oswaldo, Flavinha, Kenya, William Max e Kaká.

À Ana Maria Yoshitake, à Yuko Akiyama pelo apoio nesta reta final e à querida Fabiana Andrade Vieira Campos pela participação decisiva nestes últimos meses.

A toda minha família! À Jussara, Juliane, Lelis, Jaqueline, Kelly, Kilder, Loly, Toninho, Marcos Antônio, Ana Paula e Mércia. Às avós Aracy e Carmem, pela força que vocês têm, exemplo de vida pra mim. **A todos vocês meu sincero agradecimento!**

ESPECIFICAÇÃO DE JUNTAS DE MOVIMENTAÇÃO EM REVESTIMENTOS CERÂMICOS DE FACHADAS DE EDIFÍCIOS:

Levantamento do Estado da Arte

RESUMO

Os revestimentos cerâmicos de fachadas passaram a ser, há alguns anos, objeto de preocupação de muitas empresas construtoras por terem se tornado importante fonte de manifestações patológicas em edifícios.

A busca de tecnologias que minimizem a incidência destes problemas encontrou como uma possível solução o aumento da capacidade de absorver deformações dos revestimentos cerâmicos, pelo emprego de detalhes construtivos tais como as juntas de movimentação. No entanto, ao longo da sua utilização, logo foi percebido que este detalhe construtivo demanda uma tecnologia construtiva particular para que não se constitua numa nova fonte de problemas.

Estimulada pela carência de estudos sobre este detalhe construtivo específico, a presente pesquisa teve como objetivo fazer um levantamento do seu estado da arte, sistematizando as informações visando à especificação da execução das juntas em revestimentos cerâmicos de fachadas.

Como metodologia de trabalho realizou-se a investigação da bibliografia nacional e internacional disponível sobre o assunto, a qual buscou a reunião de informações de diferentes comitês e grupos internacionais que vêm empreendendo estudos há muito tempo sobre o assunto. Numa segunda etapa realizou-se um levantamento de campo que envolveu o resgate da experiência da autora no desenvolvimento e aplicação de projetos de revestimentos, além de entrevistas com projetistas.

Como resultado, o trabalho reuniu informações a respeito do comportamento dos revestimentos cerâmicos de fachadas que leva à necessidade de utilização de juntas de movimentação; apresentou requisitos de desempenho das juntas e propriedades dos seus constituintes para atendimento desses requisitos; causas e métodos de prevenção de falhas nas juntas; métodos de ensaios para controle da qualidade dos materiais utilizados no selamento; e propôs-se, ao final, um caminho para o processo de projeto para a produção das juntas de movimentação.

Pôde-se concluir que tecnologia de produção de juntas de movimentação demanda, para a sua especificação, conhecimentos da engenharia estrutural e da tecnologia de construção, além de uma sólida base sobre o comportamento dos materiais e dos inúmeros pormenores envolvidos em sua execução que também devem ser dominados; por isto mesmo, deve ser uma etapa mais valorizada no conjunto dos projetos do edifício.

Palavras chaves: cerâmica, juntas de movimentação; revestimentos de fachadas; selantes.

SPECIFICATION OF MOVEMENT JOINTS IN CERAMIC TILE BUILDINGS FACADES: Survey of the State of the Art

ABSTRACT

Ceramic tiled buildings facades have become a preoccupation object for the last few years for many construction companies, because they have turned an important source of buildings pathology.

The search by technologies that minimize the incidence of these problems identified, as a possible solution, the increase of the capacity to absorb deformations of the ceramic tile, by the use of constructive details such as the movement joints. However, during its utilization, it was noticed, that the movement joints demand a particular constructive technology, so these have not become a new source of problems.

Stimulated by the lack of study about this specific constructive detail, this research had as objective to do a survey of its State of the Art, systematizing the information seeking the specification and execution of the movement joints.

As a methodology of this work, it has been accomplished an investigation of both national and international bibliography, available about the topic, bringing together the information of different international committees and groups that has been executing studies about the topic for a long time. On the second stage, it was accomplished a field research involving the recovery of the author's experience in the development and application in the cladding projects, besides interviews with projectors.

It is possible to conclude that the production technologies of movements joints demand, for its specification, knowledge of structural engineering and the construction technologies, besides a solid base about the materials behavior and of the innumerable details involved in its execution, that also must be dominated; thus that stage should be more valorized in the building projects.

Keywords: building facades; ceramic tile; movement joints; sealants.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 IMPORTÂNCIA E JUSTIFICATIVA DO ESTUDO	1
1.2 OBJETIVO	9
1.3 METODOLOGIA.....	9
1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	11
CAPÍTULO 2. REVESTIMENTO CERÂMICO ADERIDO	12
2.1 CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE REVESTIMENTO	12
2.1.1 BASE	14
2.1.2 EMBOÇO.....	15
2.1.3 CAMADA DE FIXAÇÃO.....	16
2.1.4 CAMADA DE ACABAMENTO	17
2.1.5 DETALHES CONSTRUTIVOS	22
2.2 AS JUNTAS DE MOVIMENTAÇÃO.....	22
2.2.1 CLASSIFICAÇÃO QUANTO À FUNÇÃO.....	24
2.2.2 CLASSIFICAÇÃO QUANTO AO TRATAMENTO	28
2.2.3 CLASSIFICAÇÃO QUANTO À GEOMETRIA	29
2.2.4 CLASSIFICAÇÃO QUANTO AO ACABAMENTO.....	31
CAPÍTULO 3. COMPORTAMENTO DOS REVESTIMENTOS	32
3.1 MOVIMENTOS E TENSÕES	32
3.2 FATORES QUE ORIGINAM MOVIMENTOS NOS REVESTIMENTOS	35
3.2.1 VARIAÇÃO DA TEMPERATURA.....	36
3.2.2 AÇÃO DA UMIDADE.....	43
3.2.3 DEFORMAÇÕES DA ESTRUTURA	46
3.2.4 AÇÃO DO VENTO.....	50
3.3 ACOMODAÇÃO DOS MOVIMENTOS.....	51
3.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO.....	55
CAPÍTULO 4. JUNTAS DE MOVIMENTAÇÃO SELADAS	57
4.1 REQUISITOS DE DESEMPENHO DAS JUNTAS SELADAS	57
4.1.1 DURABILIDADE	57
4.1.2 ACOMODAÇÃO DE MOVIMENTOS.....	58
4.1.3 ESTANQUEIDADE.....	59
4.1.4 ESTÉTICA	59

4.2	CONSTITUIÇÃO DAS JUNTAS SELADAS	60
4.2.1	SUBSTRATO	60
4.2.2	PRIMER	62
4.2.3	LIMITADOR DE PROFUNDIDADE	63
4.2.4	FITA ISOLADORA	64
4.2.5	SELANTES	65
4.3	PROPRIEDADES E CONTROLE DE QUALIDADE DOS SELANTES	67
4.3.1	CAPACIDADE DE MOVIMENTAÇÃO	68
4.3.2	RECUPERAÇÃO ELÁSTICA	69
4.3.3	MÓDULO DE ELASTICIDADE	69
4.3.4	DUREZA	69
4.3.5	ADESÃO E COESÃO	70
4.3.6	RESISTÊNCIA AO ENVELHECIMENTO	71
4.3.7	MANUTENÇÃO DA COR E COMPATIBILIDADE	72
4.4	TIPOS DE SELANTES	73
4.4.1	SELANTES ACRÍLICOS	73
4.4.2	SELANTES DE POLIURETANO	74
4.4.3	SILICONES	74
4.4.4	SILICONES HÍBRIDOS	75
4.5	DEFEITOS EM JUNTAS SELADAS	77
4.5.1	PERDA DE ADESÃO DO SELANTE	77
4.5.2	FALHA COESIVA DO SELANTE	79
4.5.3	ENRIJECIMENTO E CRAQUELAMENTO DO SELANTE	80
4.5.4	MANCHAMENTO DO SELANTE	80
CAPÍTULO 5. PROJETO DE JUNTAS EM REVESTIMENTOS		83
5.1	AVALIAÇÃO DA EDIFICAÇÃO E DAS CONDIÇÕES DE EXPOSIÇÃO	85
5.2	DIMENSIONAMENTO DE JUNTAS	87
5.2.1	POSICIONAMENTO	87
5.2.2	ABERTURA DA JUNTA: LARGURA E PROFUNDIDADE	89
5.3	SELEÇÃO DOS MATERIAIS	95
5.3.1	DETERMINAÇÃO DA CLASSE DO SELANTE	95
5.3.2	ESCOLHA DO SELANTE	96
5.3.3	ESCOLHA DOS DEMAIS CONSTITUINTES DA JUNTA	100
5.4	ORIENTAÇÕES PARA PRODUÇÃO	101
5.4.1	ABERTURA DA JUNTA	101
5.4.2	PREPARO DOS SUBSTRATOS	102
5.4.3	POSICIONAMENTO DO LIMITADOR DE PROFUNDIDADE	104
5.4.4	APLICAÇÃO DO SELANTE	104

CAPÍTULO 6. LEVANTAMENTO DE CAMPO	106
6.1 METODOLOGIA.....	106
6.2 EXPERIÊNCIA PROFISSIONAL	107
6.2.1 O PROJETO DE JUNTAS.....	108
6.2.2 ACOMPANHAMENTO DE OBRA: PROJETO E EXECUÇÃO	116
6.3 ENTREVISTAS	133
6.3.1 PROJETISTA 01.....	134
6.3.2 PROJETISTA 02.....	135
6.3.3 PROJETISTA 03.....	135
6.4 SÍNTESE DAS INFORMAÇÕES OBTIDAS.....	136
CAPÍTULO 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	138
7.1.1 QUANTO À ETAPA DE AVALIAÇÃO DA EDIFICAÇÃO	139
7.1.2 QUANTO AO DIMENSIONAMENTO DAS JUNTAS.....	140
7.1.3 QUANTO À SELEÇÃO DOS MATERIAIS E CONTROLE DE QUALIDADE.....	140
7.1.4 QUANTO À VIDA ÚTIL LIMITADA.....	141
7.1.5 QUANTO AO ALCANCE DOS OBJETIVOS.....	141
7.2 QUANTO À METODOLOGIA EMPREGADA E AS DIFICULDADES ENCONTRADAS.....	142
7.3 TRABALHOS FUTUROS	142
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	144
ANEXO A – QUESTIONÁRIO PROJETISTA DE REVESTIMENTOS	158

LISTA DE FIGURAS

FIGURAS DO CAPÍTULO 1

FIGURA 1.1 – PROJEÇÃO DA TENDÊNCIA DECRESCENTE NO USO DE REVESTIMENTOS CERÂMICOS NA FACHADAS NA CIDADE DE SÃO PAULO	2
FIGURA 1.2– FACHADA DETERIORADA DE EDIFÍCIO EM BELO HORIZONTE, MG	3
FIGURA 1.3 – EDIFÍCIO RESIDENCIAL. FACHADA COMPROMETIDA POR MANCHAMENTO DO SELANTE	6
FIGURA 1.4 – (A) EDIFÍCIO RESIDENCIAL. FACHADA COMPROMETIDA POR MANCHAMENTO DO SELANTE; (B) DETALHE DO MANCHAMENTO DO REVESTIMENTO E DETERIORAÇÃO DO SELANTE	7
FIGURA 1.5 - EDIFÍCIO RESIDENCIAL SITUADO NA CIDADE DE BELO HORIZONTE. FACHADA COM DESTACAMENTO INICIANDO NA REGIÃO DA JUNTA DE MOVIMENTAÇÃO.....	7
FIGURA 1.6 – EDIFÍCIO RESIDENCIAL CUJO PREENCHIMENTO DA JUNTAS DE MOVIMENTAÇÃO FOI TOTALMENTE SUBSTITUÍDO	8

FIGURAS DO CAPÍTULO 2

FIGURA 2.1 – ILUSTRAÇÃO DAS CAMADAS CONSTITUINTES DO SISTEMA DE REVESTIMENTO CERÂMICO DE FACHADA.....	13
FIGURA 2.2 – JUNTA ESTRUTURAL	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
FIGURA 2.3 – JUNTA DE TRABALHO	26
FIGURA 2.4 – JUNTA DE SUPERFÍCIE	26
FIGURA 2.5 – JUNTA DE TRANSIÇÃO.....	27
FIGURA 2.6 – JUNTA DE CONTORNO.....	27
FIGURA 2.7 – JUNTA DE DESSOLIDARIZAÇÃO – MUDANÇAS DE PLANOS DO REVESTIMENTO	28
FIGURA 2.8 – JUNTA PRÉ-FORMADA SENDO INSERIDA EM FACHADA.....	29
FIGURA 2.9 – JUNTA DE TOPO	30
FIGURA 2.10 – JUNTA DE CANTO.....	30
FIGURA 2.11 – JUNTAS DE TOPO – ACABAMENTO DO SELANTE.....	31

FIGURAS DO CAPÍTULO 3

FIGURA 3.1 – MOVIMENTAÇÃO HIGROSCÓPICA DOS MATERIAIS	44
FIGURA 3.2 – SITUAÇÕES TÍPICAS DE VIBRAÇÕES A QUE FICAM SUBMETIDAS AS EDIFICAÇÕES ..	50
FIGURA 3.3 EXEMPLO DE MOVIMENTO DO EDIFÍCIO SUBMETIDO À AÇÃO DO VENTO.....	51
FIGURA 3.4 – JUNTA DE TRABALHO: MOVIMENTO DE TRAÇÃO DEVIDO À RETRAÇÃO DO SUBSTRATO	52
FIGURA 3.5 – JUNTA DE TRABALHO: MOVIMENTO DE COMPRESSÃO DEVIDO À EXPANSÃO DAS PLACAS CERÂMICAS	53
FIGURA 3.6 – JUNTA DE SUPERFÍCIE: MOVIMENTO DE COMPRESSÃO DEVIDO À RETRAÇÃO DO SUBSTRATO	53
FIGURA 3.7 – JUNTA DE SUPERFÍCIE: MOVIMENTO DE COMPRESSÃO DEVIDO À EXPANSÃO DAS PLACAS CERÂMICAS (A); MOVIMENTO DE TRAÇÃO DEVIDO À CONTRAÇÃO DAS PLACAS CERÂMICAS (B)	54
FIGURA 3.8 – EXEMPLO DE SITUAÇÃO PARA VISUALIZAÇÃO DO COMPORTAMENTO DO REVESTIMENTO: RETRAÇÃO EXCESSIVA DO CONCRETO E DA ARGAMASSA, ASSOCIADAS À EXPANSÃO EXCESSIVA DA PLACA CERÂMICA. ILUSTRAÇÃO PROPOSTA PELA AUTORA.	54

FIGURAS DO CAPÍTULO 4

FIGURA 4.1 – ILUSTRAÇÃO DE JUNTAS SELADAS, COM SEUS PRINCIPAIS ELEMENTOS CONSTITUINTES	61
FIGURA 4.2 – FRATURA EM SUBSTRATO FRIÁVEL	62
FIGURA 4.3 – ILUSTRAÇÃO DE COMPONENTES EMPREGADOS COMO LIMITADOR DE PROFUNDIDADE DO SELANTE	63
FIGURA 4.4 CONFIGURAÇÃO DE JUNTAS SELADAS EM MOVIMENTO – EFEITOS DA ADESÃO AO TERCEIRO LADO.	65
FIGURA 4.5 - CLASSIFICAÇÃO DOS SELANTES PARA CONSTRUÇÃO SEGUNDO ISO 11600.....	68
FIGURA 4.6 – EQUIPAMENTO DE COMPRESSÃO E TRAÇÃO (HOCKMAN CYCLE)	71
FIGURA 4.7 – RUPTURA ADESIVA: PERDA DE ADESÃO DO SELANTE	78
FIGURA 4.8 – VISTA FRONTAL DE UMA JUNTA QUE APRESENTA RUPTURA COESIVA.....	79
FIGURA 4.9 – ENRIJECIMENTO DO SELANTE, COM FISSURAÇÃO E PERDA DA ADESÃO	80
FIGURA 4.10 - MANCHAMENTO DO SILICONE E DO REVESTIMENTO	81

FIGURAS DO CAPÍTULO 5

FIGURA 5.1 – PROJETO DE JUNTAS SELADAS – FLUXOGRAMA	84
FIGURA 5.2 – DIAGRAMA PARA DETERMINAÇÃO DA LARGURA DA JUNTA EM FUNÇÃO VARIAÇÃO DA TEMPERATURA.....	91
FIGURA 5.3- PERFIL JUNTA DE MOVIMENTAÇÃO COM CORTE PARCIAL NO EMBOÇO PARA CONTROLE DE FISSURAÇÃO	92
FIGURA 5.4 – SEÇÃO DE JUNTAS DE SUPERFÍCIE E DE TRABALHO: REPRESENTAÇÃO DO FATOR DE FORMA DO SELANTE	92
FIGURA 5.5 INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NA EXECUÇÃO DA JUNTA.....	94

FIGURAS DO CAPÍTULO 6

FIGURA 6.1 - PERFIL DA JUNTA DE TRABALHO (JUNTA DE MOVIMENTAÇÃO)	109
FIGURA 6.2- FOTO DE REVESTIMENTO DE FACHADA. ASPECTO FINAL DAS JUNTAS DE TRABALHOS (VERTICAL E HORIZONTAL) DO EDIFÍCIO BELLAGIO RESIDENCE.	110
FIGURA 6.3 - PERFIL DA JUNTA DE SUPERFÍCIE	111
FIGURA 6.4 – PERFIS DA JUNTA DE DESSOLIDARIZAÇÃO	111
FIGURA 6.5 – FACHADA COM PAINÉIS DE REVESTIMENTO CERÂMICOS ALTERNADOS POR PAINÉIS DE REVESTIMENTOS DE ARGAMASSA, EXIGINDO A PRESENÇA DE JUNTAS HORIZONTAIS DE TRANSIÇÃO.....	113
FIGURA 6.6 - POSICIONAMENTO DE JUNTA DE TRABALHO - LAJE EM BALANÇO – PLANTA.....	114
FIGURA 6.7 - POSICIONAMENTO DE JUNTA VERTICAL – SUBDIVISÃO DE PAINÉIS DE REVESTIMENTO- PLANTA.....	115
FIGURA 6.8 - POSICIONAMENTO DE JUNTA VERTICAL – SUBDIVISÃO DE ÁREAS - ELEVÇÃO	115
FIGURA 6.9 OBRA 01 – VISTA GERAL DO EDIFÍCIO.....	117
FIGURA 6.10 – PROJETO DE JUNTAS DE REVESTIMENTO - FACHADA PRINCIPAL – ELEVÇÃO	118
FIGURA 6.11 PLANTA DO PAVIMENTO TIPO – JUNTAS VERTICAIS	119
FIGURA 6.12 – FOTO DA FACHADA PRINCIPAL	120
FIGURA 6.13 – DETALHE VARANDA FACHADA PRINCIPAL – JUNTAS EXECUTADAS	121
FIGURA 6.14 – JUNTA DE TRABALHO HORIZONTAL POSICIONADA NO FUNDO DA VIGA DE BORDA, EXIGINDO O CORTE DAS PLACAS CERÂMICAS	122

FIGURA 6.15 – FACHADA LATERAL ESQUERDA.....	123
FIGURA 6.16 – INDICAÇÃO DAS JUNTAS DE TRABALHO NA FACHADA LATERAL DIREITA	124
FIGURA 6.17 – INDICAÇÃO DAS JUNTAS DE TRABALHO NA FACHADA POSTERIOR	125
FIGURA 6.18 – PRODUÇÃO DE FACHADA: JUNTAS DE TRABALHO ABERTAS DURANTE A PRODUÇÃO DO EMBOÇO	126
FIGURA 6.19 – JUNTAS DE TRABALHO: CORTE E TRATAMENTO DA ABERTURA DA JUNTA	127
FIGURA 6.20 – POSICIONAMENTO DE FITA ISOLADORA NO FUNDO DA JUNTA DE DESSOLIDARIZAÇÃO	128
FIGURA 6.21 – JUNTAS DE TRABALHO – PREENCHIMENTO DA JUNTA.....	129
FIGURA 6.22 – JUNTAS DE TRABALHO – AFUNDAMENTO DO LIMITADOR DE PROFUNDIDADE PARA O INTERIOR DA JUNTA	130
FIGURA 6.23 – JUNTA DE TRABALHO (PERFIL COM CORTE PARCIAL DA CAMADA DE EMBOÇO) .	130
FIGURA 6.24 – JUNTA DE TRABALHO: PREENCHIMENTO DA ABERTURA COM DOIS LIMITADORES, EM FUNÇÃO DA PROFUNDIDADE DA JUNTA, DECORRENTE DA ESPESSURA DO EMBOÇO.	131
FIGURA 6.25 – JUNTA DE TRABALHO. POSIÇÃO DO LIMITADOR DE PROFUNDIDADE NO INTERIOR DA JUNTA. ESPAÇO VAZIO ENTRE LIMITADOR E A BASE.....	131
FIGURA 6.26 – ABERTURA DA JUNTA PREPARADA PARA APLICAÇÃO DO SELANTE COM A FIXAÇÃO DE FITA CREPE PARA EVITAR A ADERÊNCIA DO SELANTE À SUPERFÍCIE DA PLACA CERÂMICA.	132
FIGURA 6.27 – RESULTADO FINAL DO SELAMENTO DA JUNTA DE TRABALHO	133

LISTA DE TABELAS

TABELA 1.1 – OCORRÊNCIA DE PROBLEMAS PATOLÓGICOS (TEMOCHE-ESQUIVEL, 2002).....	6
TABELA 2.1 – RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA SUPERFICIAL.....	16
TABELA 2.2 – GRUPOS DE ABSORÇÃO DE ÁGUA.....	18
TABELA 2.3 – TERMINOLOGIA EMPREGADA PARA JUNTAS DE MOVIMENTAÇÃO EM REVESTIMENTOS	25
TABELA 3.1 – CLASSIFICAÇÃO DOS MOVIMENTOS DOS ELEMENTOS CONSTRUTIVOS QUANTO À SUA NATUREZA E REVERSIBILIDADE.....	35
TABELA 3.2 - CONSTANTE DE CAPACIDADE DE CALOR.....	38
TABELA 3.3 - COEFICIENTES DE ABSORÇÃO SOLAR.....	39
TABELA 3.4 - TEMPERATURA DE BULBO SECO EM 14 CIDADES BRASILEIRAS TEMPERATURAS MÉDIA DAS MÁXIMAS E MÉDIA DAS MÍNIMAS (°C).....	39
TABELA 3.5 - VALORES DE COEFICIENTE DE DILATAÇÃO TÉRMICA LINEAR (A) DE MATERIAIS QUE CONSTITUEM OS REVESTIMENTOS CERÂMICOS DE FACHADAS	40
TABELA 3.6 – MAGNITUDE DOS MOVIMENTOS EM PAINÉIS DE DIFERENTES CORES DE PLACAS CERÂMICAS	41
TABELA 3.7 - VALORES DE MÓDULO DE ELASTICIDADE (E) DE MATERIAIS QUE CONSTITUEM OS SUBSTRATOS E CAMADAS DE REVESTIMENTOS CERÂMICOS DE FACHADAS.	43
TABELA 3.8 – COEFICIENTES DE MOVIMENTAÇÃO HIGROSCÓPICA	46
TABELA 3.9 – LIMITES PARA DESLOCAMENTOS DA ESTRUTURA	49
TABELA 4.1 – COMPORTAMENTO DOS SELANTES (FERME; OLIVEIRA, 2003).....	66
TABELA 4.2 – CLASSIFICAÇÃO DOS SELANTES ELASTOMÉRICOS QUANTO AO USO (ASTM C920, 2005).....	67
TABELA 4.3 – ALGUNS TIPOS DE SELANTES E SUAS CARACTERÍSTICAS TÍPICAS (FONTE: LEDBETTER, HURLEY; SHEEHAN (1998)	76
TABELA 4.4 – POSSÍVEIS CAUSAS DE FALHAS EM JUNTAS SELADAS	82
TABELA 5.1 – ANÁLISE E DEFINIÇÕES INICIAIS DO PROJETO DE REVESTIMENTOS	86
TABELA 5.2 – RECOMENDAÇÕES NORMATIVAS PARA POSICIONAMENTO DE JUNTAS DE MOVIMENTAÇÃO EM REVESTIMENTOS CERÂMICOS DE FACHADAS.	88
TABELA 5.3 - FATOR DE FORMA PARA DIFERENTES TIPOS DE SELANTES.....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
TABELA 5.4 - INFORMAÇÕES A SEREM FORNECIDAS NA ESPECIFICAÇÃO DO SELANTE	97
TABELA 5.5 - REQUISITOS PARA ACEITAÇÃO DE SELANTES PARA USO EM SUBSTRATOS DE ARGAMASSA E VIDRO SEGUNDO ASTM C920 (ASTM., 2005)	99

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS

ACI - AMERICAN CONCRETE INSTITUTE

AFNOR - ASSOCIATION FRANÇAISE DE'NORMALISATION

AS - AUSTRALIAN STANDARDS

ASHRAE - AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS

ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS

BASA - BRITISH ADHESIVES AND SEALANTS ASSOCIATION

BSI - BUILDING STANDARDS INSTITUTION

CCB - CENTRO CERÂMICO DO BRASIL

CEN - COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALIZATION

DIN- DEUTSCHE INSTITUTE FUR NURMUNG.

CSTC - CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DE LA CONSTRUCTION

CONSITRA - CONSÓRCIO SETORIAL PARA INOVAÇÃO EM TECNOLOGIA DE REVESTIMENTOS DE ARGAMASSA

EPUSP - ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO CONSTRUÇÃO

ISO - INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARTIZATION

NBR - NORMA BRASILEIRA REGULAMENTADA

NF - NORMALISATION FRANÇAISE

PN - PROJETO DE NORMA

TCA - TILE COUNCIL OF AMÉRICA.

CAPÍTULO I. INTRODUÇÃO

I.1 IMPORTÂNCIA E JUSTIFICATIVA DO ESTUDO

O revestimento de fachada complementa as funções da vedação vertical, da qual faz parte juntamente com os vedos e as esquadrias. Deste modo, o revestimento cumpre nos edifícios, as importantes funções de proteção contra a ação de agentes de deterioração, contribuindo para a estanqueidade à água e para o isolamento termo-acústico, além de se constituir no acabamento final exercendo funções estéticas, de durabilidade e de valorização econômica.

No Brasil, o sistema de revestimento de argamassa com acabamento em pintura ou com acabamento em placas cerâmicas continua sendo um método construtivo de amplo e contínuo uso, empregado na quase totalidade das fachadas dos edifícios multi ou unifamiliares, desde habitações de baixa renda até habitações de alto luxo, e em edifícios comerciais e industriais (CONSITRA, 2003).

Esses revestimentos aderidos¹ de fachadas têm sido objeto de preocupação de muitas empresas construtoras, seja por sua participação no custo final do edifício, seja por interferirem decisivamente no planejamento da execução ou ainda por serem uma das maiores fontes de problemas em edifícios (BARROS, 1998); por isto, elas têm investido na busca de tecnologias que racionalizem a produção e que minimizem a incidência de manifestações patológicas neste subsistema.

¹ Quando classificados quanto à técnica empregada em sua produção, os revestimentos podem ser aderidos, quando são unidos à alvenaria e estrutura por argamassa e trabalham conjuntamente com esta base, ou não aderidos, quando são apoiados ou fixados por dispositivos mecânicos.

Apesar da disseminação e do longo tempo do uso, a incidência de manifestações patológicas em revestimentos de fachadas, tem sido comum, o que onera os custos de edifícios recentemente construídos, sendo ainda um grande desafio a ser vencido. Uma pesquisa realizada pela Comunidade da Construção (2003), na cidade de Porto Alegre, constatou que ainda na etapa de execução, em 19% das obras, ocorre retrabalho pelo aparecimento de trincas e fissuras que respondem por 41% das manifestações patológicas, seguidas por destacamentos, com 26%. Essas manifestações patológicas também são apontadas como os principais problemas ao longo da vida útil da edificação: trincas e fissuras, 55%; e 22% de destacamentos.

No caso ainda mais específico dos revestimentos com acabamento em placas cerâmicas, a dificuldade de se vencer este desafio tem levado ao abandono da tecnologia. Para Temoche-Esquivel; Barros; Simões (2005), apesar dos fatores que potencialmente tornam os revestimentos com placas cerâmicas superiores aos revestimentos de argamassa, nas cidades não litorâneas, tem-se privilegiado o uso dos revestimentos de argamassa, devido ao alto índice de manifestações patológicas nos revestimentos com placas cerâmicas.

Em seu trabalho, esses autores apresentaram o resultado de uma pesquisa em que foram analisados um total de 1880 empreendimentos residenciais verticais na cidade de São Paulo, lançados entre 1994 e 1998, a partir do qual concluíram que há uma tendência de diminuição do uso de revestimentos cerâmicos em fachadas (Figura 1.1) e que esta tendência que pode levar ao abandono do uso da tecnologia, é devida, principalmente, ao surgimento de manifestações patológicas.

Figura 1.1 – Projeção da tendência decrescente no uso de revestimentos cerâmicos na fachadas na cidade de São Paulo

(Fonte: Temoche-Esquivel; Barros; Simões, 2005)

A intensidade com que ocorrem as manifestações patológicas em revestimentos de fachada pode ser explicada em função de ser este o primeiro elemento da edificação a sofrer a ação dos efeitos das intempéries e variações nas condições climáticas, sendo solicitado por um ambiente cada vez mais agressivo, com a presença de chuva ácida e poluição. A foto apresentada na Figura 1.2 ilustra um exemplo do resultado da ação desses agentes de deterioração em uma fachada de um edifício de Belo Horizonte.

Figura 1.2– Fachada deteriorada de edifício em Belo Horizonte, MG

Por outro lado, deve-se ressaltar que além de terem seus materiais deteriorados pelos agentes externos, os revestimentos de fachadas, por trabalharem usualmente aderidos à base, são também solicitados pelas ações decorrentes das movimentações desta (estrutura e vedo) e pelas ações intrínsecas aos próprios revestimentos.

Segundo Franco (1998), os revestimentos de fachadas, em especial os revestimentos aderidos, podem ser comprometidos pelas deformações das estruturas, pois o arranjo estrutural que leva ao uso de balanços, transições, apoios de pouca rigidez, solidarizações parciais, dentre outros, contemplam o atendimento dos critérios de funcionamento da própria estrutura; mas, muitas vezes, não dos elementos que com ela têm interface.

Edifícios cada vez mais esbeltos, com grandes vãos dos elementos estruturais, são atualmente obtidos pela modelagem mais precisa das estruturas, conseguidas através de novas ferramentas computacionais e materiais especiais como os concretos de alta resistência (FRANCO, 1998).

Em decorrência disto, nos edifícios de múltiplos pavimentos, são impostas, às vedações verticais, deformações muitas vezes incompatíveis com a sua capacidade de resisti-las, o que acaba resultando em patologias como fissuração excessiva do revestimento ou mesmo seu destacamento. (SABBATINI, 1998; FRANCO, 1998; ABREU, 2001).

As conseqüências das elevadas deformações da estrutura impostas aos revestimentos de fachadas podem ser minimizadas, dentre outras maneiras, com a utilização de um sistema de revestimento com adequada capacidade de absorver as deformações que lhe serão impostas ao longo de sua vida útil.

Entretanto, no caso dos sistemas de revestimentos cerâmicos, cuja camada de acabamento é altamente rígida, este problema torna-se mais crítico. A adoção de juntas é uma usual solução para este tipo de subsistema, como indicam os documentos normativos relativos às estruturas de concreto – o ACI 504 R-90 (ACI, 1997), a NBR 6118 (ABNT, 2003) e o PN 02:136.01.002 (ABNT, 2004a).

O ACI 504 R-90 (1997) indica que subsistemas como os revestimentos de fachadas, os quais estão sujeitos às movimentações das estruturas, devem ser providos de juntas a fim de que se movimentem independentemente das expansões totais, contrações e deflexões que ocorrem na estrutura.

Da mesma forma, o projeto de norma de desempenho de edificações, PN 02:136.01.002 (ABNT, 2004a), bem como a NBR 6118 (ABNT, 2003), ambos com enfoque para o sistema estrutural, recomendam que os elementos não estruturais da construção sejam compatíveis com a flexibilidade da estrutura e de suas partes, devendo-se recorrer, quando necessário, aos detalhes construtivos para se obter esta flexibilidade.

Em revestimentos cerâmicos de fachadas, as juntas de movimentação constituem-se em detalhe construtivo concebido para evitar que tensões devidas às movimentações da estrutura, bem como as tensões causadas pelas contrações e expansões dos materiais constituintes do sistema de revestimento sejam introduzidas e se propaguem nestes painéis.

De reconhecida importância, as juntas de movimentação já são incluídas na produção dos revestimentos cerâmicos de fachadas como elemento construtivo essencial; entretanto, os subsídios para especificação, projeto e técnicas específicas para a sua execução não se encontram suficientemente sistematizados na literatura nacional, tornando-se critérios para as decisões de projeto, exclusivamente as experiências individuais e, muitas vezes as de canteiro de obra.

A normalização técnica nacional existente para execução de revestimentos de fachadas com placas cerâmicas, particularmente a NBR 13755 (ABNT, 1996), limita-se a estabelecer distâncias padronizadas para a localização das juntas, independentemente da situação de aplicação ou mesmo de exposição. Além disso, nesta norma inexistem parâmetros para especificação e dimensionamento de juntas ou mesmo de reforços localizados em casos de concentração de tensões.

Além dessa norma - a única que aborda o tema “ juntas em revestimentos cerâmicos de fachadas” - foram encontrados poucos estudos nacionais que abordam esses elementos construtivos.

Falcão Bauer (1995), nas conclusões de seu trabalho em que focou patologias em revestimentos de fachada, enfatizou a necessidade de maior critério na especificação das juntas em fachadas de revestimentos cerâmicos, sugerindo que o projeto de revestimento fosse previamente realizado e definido em conjunto com o autor do projeto arquitetônico.

Apesar da longa data em que esse autor advertiu sobre a necessidade da especificação das juntas e apesar do trabalho de Medeiros (1999) também ter dado sua contribuição, quase dez anos mais tarde Ceotto; Frigieri; Nakakura (2003) ainda apontam a falta de parâmetros para especificação de juntas como uma das maiores deficiências no processo de produção de revestimentos. Além disso, destacam, ainda, a ausência de consenso em relação ao que deve ser considerado no projeto de revestimento, além da falta de profissionais especializados para sua elaboração.

O que vem acontecendo é que os poucos detalhes propostos acabam por serem utilizados de forma empírica, de acordo com a experiência de cada projetista em particular e que as experiências, muitas vezes de sucesso, não se encontram registradas em documentos técnicos, o que caracterizaria um avanço na tecnologia de produção de revestimento. Isto porque, apesar de serem altamente necessárias ao sistema de revestimento cerâmico, quando inadequadamente especificadas ou produzidas, as juntas de movimentação, ao contrário de auxiliar no adequado desempenho do revestimento, podem levar facilmente à ocorrência de problemas na região em que foram produzidas.

Temoche-Esquivel (2002), ao visitar 330 empreendimentos na cidade de São Paulo, pôde observar, como mostrado na Tabela 1.1, que grande parte das manifestações patológicas em revestimentos cerâmicos surgiu nas juntas, seja por deterioração do selante empregado no seu preenchimento, resultando em manchas generalizadas, ou pela presença de fissuras e mesmo do destacamento de placas cerâmicas.

Tabela 1.1 – Ocorrência de problemas patológicos (TEMOCHE-ESQUIVEL, 2002)

Descrição	Número de ocorrências	Porcentagem
Deterioração do selante das juntas por manchamento	107	32,6 %
Destacamento de placas cerâmicas	14	4,2 %

A ocorrência de manifestações patológicas em revestimentos cerâmicos de fachadas com origem nas juntas de movimentação, também foi observada pela autora desta pesquisa, na cidade de Belo Horizonte. Como exemplos, apresentam-se os empreendimentos ilustrados pelas figuras de 1.3 e 1.4, ambos com aproximadamente 09 anos de construção, que tiveram seu revestimento de fachada totalmente comprometido devido aos problemas de manchamento do revestimento pelo selante.

Figura 1.3 – Edifício residencial. Fachada comprometida por manchamento do selante

(a)

(b)

Figura 1.4 – (a) Edifício residencial. Fachada comprometida por manchamento do selante; (b) Detalhe do manchamento do revestimento e deterioração do selante

Diferentemente deste problema comum, em um outro edifício com 08 anos de construção foi observado o destacamento das placas cerâmicas com origem na junta de movimentação, como ilustram as fotos da figura 1.5.

Figura 1.5 – Edifício residencial situado na cidade de Belo Horizonte. Fachada com destacamento iniciando na região da junta de movimentação

Os problemas ocorrem inclusive em edifícios recentes. Em um terceiro edifício residencial (Figura 1.6), com 2,5 anos de construção, ocorreu a perda das propriedades de adesão do material selante aplicado em todas as fachadas.

Segundo informações fornecidas pelo diretor técnico da construtora, a falha em todas as juntas resultou em infiltração nos apartamentos, aproximadamente 18 meses após ter sido realizado o selamento das juntas, tendo sido necessária a substituição total do material de preenchimento das juntas de movimentação. Neste caso, o valor dos prejuízos gerados superou em no mínimo cinco vezes o custo inicial da execução das juntas.

Figura 1.6 – Edifício residencial cujo preenchimento da juntas de movimentação foi totalmente substituído

Assim, por sua importância e complexidade, percebe-se o quanto o detalhe construtivo “ junta de movimentação” , precisa ser criteriosamente especificado a fim de que elas cumpram suas funções e que não sejam fontes de manifestações patológicas.

Fica claro que muitos estudos e um adequado desenvolvimento tecnológico ainda são necessários para suprir as necessidades de um projeto de revestimento, cujas interfaces são muitas. Realizar todo este trabalho em só um trabalho, como este que aqui se

apresenta, não é possível. É, certamente, um esforço a ser empreendido por toda a cadeia produtiva que deverá investir em diferentes frentes de pesquisa. Neste trabalho, procura-se contribuir com o desenvolvimento da tecnologia de projeto de revestimentos pela sistematização das informações disponíveis acerca da especificação e produção das juntas de movimentação, estabelecendo-se, desta maneira, no item que segue, o objetivo a ser alcançado com a realização deste trabalho.

1.2 OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo *sistematizar as informações para subsidiar a especificação e execução de juntas de movimentação em revestimentos de fachadas* de edifícios com acabamento em placas cerâmicas, notadamente aqueles construídos com estrutura reticulada de concreto armado e alvenaria de vedação.

1.3 METODOLOGIA

Para cumprir o objetivo proposto, o trabalho foi desenvolvido em duas etapas. A primeira etapa consistiu num estudo da bibliografia disponível, enquanto a segunda objetivou um levantamento de campo.

No que se refere à revisão bibliográfica, foi realizado o levantamento e a análise da bibliografia nacional e internacional disponível sobre o assunto objeto de estudo, os quais tiveram por objetivo possibilitar o registro do estado da arte da produção das juntas de movimentação, tanto no Brasil, como nos países mais desenvolvidos.

A literatura internacional consultada é constituída, sobretudo, de artigos e normas dos comitês técnicos que tratam do assunto, a partir dos quais se reuniu as informações que se julgou necessárias para a especificação, a seleção de materiais, a execução e a manutenção das juntas, assim como de demais fatores de prevenção de problemas patológicos em revestimentos de fachada.

Assim, buscou-se resgatar informações acerca da especificação e produção de juntas a partir de referências bibliográficas de diferentes comitês e grupos internacionais que vêm empreendendo estudos há muito tempo, como é o caso do ASTM Committee C24² - Building Seals and Sealants, fundado em 1959; Joining Technology Research Centre, há mais de 25

² Retirado do site <http://www.astm.org/COMMIT/COMMITTEE/C24.htm> (acesso em junho de 2004)

anos na Universidade de Oxford³; Centre for Window and Cladding Technology, da University of Bath em Londres, desde 1989; RILEM Technical Committee TC139-DBS - Technical Committee of Durability on Building Sealants, fundado em 1991; além dos grupos de estudo do Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB).

A segunda etapa do trabalho envolveu um levantamento de campo em que se buscou sintetizar os parâmetros que têm sido utilizados pelos principais projetistas de revestimentos para a especificação das juntas. Neste levantamento buscou-se explorar a utilização de projetos de fachada e os resultados de sua aplicação identificando os critérios relevantes no detalhamento e dimensionamento, a escolha de materiais e as técnicas de produção utilizadas.

Esta etapa foi realizada a partir do registro da experiência profissional da autora e da síntese de entrevistas com projetistas e de visitas a obras em São Paulo, Belo Horizonte e Fortaleza⁴.

As entrevistas foram realizadas a partir de questionário elaborado pela pesquisadora (anexo A), o qual compreendeu, além do exposto anteriormente, as informações relativas a: recursos disponíveis, dificuldades encontradas para a especificação e para a produção ⁵.

Com este trabalho de campo foi possível sintetizar informações relativas aos parâmetros empregados para a elaboração de projetos de revestimentos, a fim de caracterizar os critérios utilizados para a especificação das juntas de movimentação.

Cabe destacar também que a realização deste trabalho ocorreu simultaneamente ao trabalho do grupo de pesquisa constituído no âmbito do CONSITRA – Consórcio Setorial para Inovação em Tecnologia de Revestimentos de Argamassa, no qual foi criado o sub-comitê para estudo das juntas em revestimentos de fachadas, no qual a autora manteve efetiva participação e onde obteve diversas contribuições para o trabalho.

Espera-se, com o emprego desta metodologia e com a realização deste trabalho, que se venha trazer ao conhecimento científico uma melhor compreensão sobre a utilização das juntas de movimentação em fachadas de edifícios produzidas com revestimentos cerâmicos.

³ Retirado do site http://www.brookes.ac.uk/other/jtrc/welcome_to_jtrc.htm (acesso em junho de 2004).

⁴ Estas cidades foram escolhidas em função da facilidade de acesso da autora em diferentes momentos da realização deste trabalho.

⁵ Os projetistas foram entrevistados no decorrer deste trabalho, em 2004 e 2005.

1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

O trabalho proposto encontra-se desenvolvido ao longo de sete capítulos, incluindo este de introdução.

No Capítulo 2 são descritos o sistema de revestimento estudado e os aspectos relevantes das suas camadas constituintes. Além disto, nesse capítulo, após se fazer um estudo referente à terminologia atualmente empregada por muitos documentos normativos, é proposta uma terminologia que será empregada ao longo do trabalho, a qual é também apresentada como proposta para o meio técnico.

O Capítulo 3 reúne informações sobre as ações que originam movimentos diferenciais e tensões entre suas camadas constituintes, a fim de subsidiar a compreensão do comportamento dos revestimentos cerâmicos de fachadas e as necessidades do emprego de juntas de movimentação.

O objeto do estudo “ junta de movimentação seladas” é especificamente abordado no Capítulo 4. As juntas de movimentação preenchidas por sistema selante são apresentadas, enfocando-se os seus materiais constituintes, as propriedades dos materiais selantes, o mecanismo de funcionamento das juntas, as principais falhas e suas causas.

Apresentados o sistema de revestimentos cerâmico e o contexto que envolve as juntas de movimentação, o Capítulo 5 reúne informações quanto ao processo de projeto, contendo informações obtidas a partir da revisão bibliográfica que devem ser observadas na especificação das juntas, um processo cujas etapas consistem na avaliação da edificação, posicionamento, dimensionamento e escolha dos materiais de preenchimento das juntas, além de orientações para produção.

Finalizada esta revisão, no Capítulo 6 é apresentado o Levantamento de Campo, o qual objetivou reunir informações da atual prática da produção de revestimentos de fachadas em algumas cidades brasileiras.

Finalmente, no Capítulo 7 são apresentadas as considerações finais do trabalho dentro das quais se propõe alguns elementos importantes a serem considerados para a especificação e produção de juntas de movimentação em revestimentos de fachadas.

Ao final do trabalho são apresentadas as referências bibliográficas, as quais fundamentaram esta dissertação e anexo que a complementa com informações específicas.

CAPÍTULO 2.

REVESTIMENTO CERÂMICO ADERIDO

Neste capítulo caracteriza-se o sistema de revestimento em estudo e as juntas de movimentação, como elemento construtivo integrante desse sistema.

2.1 CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE REVESTIMENTO

Independente do tipo ou tecnologia empregada na sua produção, os revestimentos devem cumprir suas funções e requisitos de desempenho. Sabbatini *et al.* (2003) sintetizam as funções dos revestimentos, as quais são aqui retomadas:

- proteger a edificação: a função do revestimento de fachada de proteger os elementos da vedação e da estrutura contra a deterioração está associada às exigências de durabilidade dos elementos estruturais e das vedações (lajes, vigas, paredes, etc) evitando a ação direta de agentes agressivos sobre estes;
- auxiliar as funções do vedo: ou seja, ajudar as vedações no cumprimento de suas funções, tais como de estanqueidade ao ar e à água, proteção termo-acústica e funções de segurança (contra a ação do fogo; contra intrusões; estrutural da própria vedação);
- proporcionar o acabamento final: os revestimentos definem as características estéticas da vedação e do edifício, definindo o padrão e o valor econômico deste.

Os revestimentos de fachadas acabados com placas cerâmicas possuem privilegiada durabilidade devido à resistência contra a ação dos agentes agressivos ambientais destas placas. Apesar disto, o cumprimento de suas funções somente é obtido pelo desempenho satisfatório do conjunto de camadas que compõe o sistema de revestimento cerâmico, o qual é entendido neste trabalho como sendo o tradicional sistema aderido de revestimento com placas cerâmicas, composto por múltiplas camadas, cuja constituição é ilustrada na Figura 2.1.

Figura 2.1 – Ilustração das camadas constituintes do sistema de revestimento cerâmico de fachada

A NBR 13755 (ABNT, 1996) define esse sistema de revestimento da seguinte forma: “ 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” .

Esta definição considera a estrutura e as alvenarias parte integrante do sistema de revestimento, entretanto, apesar da base possuir características que interferem diretamente no desempenho global no revestimento, não pode ser considerada parte do revestimento possível, o que claramente consiste um ponto em que a norma requer uma revisão.

Observou-se que os detalhes construtivos não foram citados nesta definição da norma, assim como também não foram citados nas diversas definições encontradas na literatura consultada, apesar de, no escopo dos documentos, sempre estarem presentes como parte integrante do sistema de revestimentos cerâmicos de fachadas. Assim, julgou-se importante considerar os detalhes construtivos como parte integrante do sistema em sua definição, não somente pelo objetivo deste trabalho, como também pelas funções que eles cumprem e por muitas vezes serem necessários nesse sistema de revestimento de fachadas.

Assim, o sistema de revestimento cerâmico de fachada pode ser definido como sendo: ***um conjunto de camadas superpostas e intimamente ligadas de argamassa e de acabamento, constituída por placas cerâmicas e juntas de assentamento, e detalhes construtivos, unidos à base suporte da fachada do edifício. Este sistema cuja função é proteger a edificação da ação da chuva, umidade, agentes atmosféricos, desgaste mecânico oriundo da ação do vento e partículas sólidas, bem como dar acabamento estético, deve ser compatível com a natureza da base, condições de exposição e desempenho, previstos em projeto***⁶.

Por serem essas camadas de revestimentos constituídas por diferentes materiais, possuem também diferentes comportamentos frente às várias ações às quais estarão sujeitas ao longo de sua vida útil, deformando-se mais ou menos em função de suas propriedades e das condições de restrição de seus movimentos. Uma abordagem sucinta das características da base, destas camadas e dos detalhes construtivos é feita nos itens que se seguem.

2.1.1 BASE

A base, substrato do sistema de revestimentos cerâmico, é usualmente constituída pela estrutura de concreto e pelas alvenarias de vedação que podem ser feitas de blocos cerâmicos, de concreto, de concreto celular ou de blocos sílico-calcários, sendo mais comum o emprego dos dois primeiros.

Embora não seja parte do sistema de revestimento, a base possui características que interferem diretamente no seu desempenho. Por isto seu potencial de movimentação e as possibilidades de fissuração devem ser considerados na elaboração do projeto de revestimentos, sendo que uma discussão mais pormenorizada quanto aos agentes mecânicos que promovem a movimentação da base é apresentada no capítulo 3.

Os movimentos diferenciais entre as camadas conduzem ao surgimento das tensões de tração e de cisalhamento (COLLANTES CANDIA, 1998). Para minimizar os seus efeitos no revestimento, a adequada aderência na interface entre a base e a camada de emboço é fundamental, finalidade principal do preparo de base, que dentre outros procedimentos inclui a aplicação da camada de chapisco, o qual não deve ser suprimido nos casos de revestimento de fachada.

⁶ A definição descrita está baseada nas normas brasileiras de revestimentos, NBR 13529 (ABNT, 1995) e NBR 13755 (ABNT, 1996). Considera-se a terminologia empregada pela NBR 13529 – Revestimentos de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – terminologia (ABNT, 1995), por entender que o sistema de revestimento abordado nesta norma é substrato do sistema de revestimentos cerâmicos estudado.

2.1.2 EMBOÇO

O emboço, camada de revestimento de argamassa que recebe a camada de acabamento, tem também um importante papel no desempenho do conjunto de camadas. Além de cumprir funções que integralizam as funções do vedo, como a de contribuir para a estanqueidade do conjunto, ele apresenta funções específicas como a de regularizar a superfície e a de distribuir e absorver tensões oriundas das movimentações diferenciais entre a camada de revestimento cerâmico e a base.

Para tanto, a camada de emboço, usualmente produzida com argamassa inorgânica, deve se manter aderida às camadas adjacentes e também deve, minimizar o efeito dos movimentos diferenciais entre essas camadas. Para isto, recomenda-se que a camada de emboço, em revestimentos externos, seja produzida com espessura de 20 a 30 mm (NBR 13749, ABNT, 1996).

Algumas experiências de se suprimir a camada de emboço no sistema de revestimento têm sido observadas em canteiros de obra brasileiros; mas, segundo Thomaz (2005)⁷, quando isto ocorre, o desempenho mecânico do sistema de revestimento é questionável. Esse pesquisador, referindo-se à alta deformabilidade das estruturas de edifícios no Brasil, comentou que nos casos em que o emboço é suprimido, torna-se muito provável a ocorrência de fissuração e destacamento, uma vez que as tensões que são introduzidas pelas deformações da base serão, provavelmente, muito superiores à capacidade resistente da camada de acabamento.

Algumas das características do emboço relacionadas ao seu comportamento, sobretudo sua resistência mecânica e sua capacidade de absorver deformações são fundamentais. Estas características e demais aspectos relevantes da camada, pela sua complexidade e importância, têm sido amplamente estudadas e já foram tratadas de forma abrangente e aprofundada em trabalhos como os de Sabbatini; Barros (1989); Selmo (1989); Maciel (1997) e Bortoluzzo (2000), não sendo, por isto, objeto do presente trabalho.

Destaca-se somente que, para cumprir adequadamente suas funções no conjunto do revestimento cerâmicos, esta camada deverá ter uma adequada capacidade de absorver as deformações da base, mantendo-se íntegra, além de apresentar adequada resistência mecânica de corpo e, sobretudo, superficial a fim de resistir adequadamente às tensões que lhe são impostas pela camada de acabamento – as placas cerâmicas e seu rejunte.

⁷ THOMAZ, E. Palestra proferida por Ércio Thomaz. **Desempenho estrutural de edifícios e interface com vedações verticais**, no Seminário Habitação Desempenho e Inovação Tecnológica do Instituto de Pesquisas Tecnológicas. São Paulo, 2005.

A resistência superficial da camada de emboço é particularmente importante, considerando que muitos destacamentos são provenientes de deficiências na interface desta com a argamassa colante (RIBEIRO *et al*, 2005). Essa resistência pode variar em função da argamassa empregada como emboço, da técnica de acabamento superficial e do procedimento de cura.

A resistência superficial pode ser avaliada adaptando-se o método de ensaio da NBR 13.528 (ABNT, 1995), proposto para avaliação da resistência de aderência e, apesar de não existirem limites estabelecidos em normas, são sugeridos valores para controle em obra. Avaliando a resistência de aderência superficial por esse método, Medeiros (2006) propõe que aos 28 dias, os valores médios e mínimos de resistência de aderência superficial propostos na Tabela 2.1, estabelecidos em função da camada de acabamento.

Tabela 2.1 – Resistência de aderência superficial

Fonte: Medeiros (2006)

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

Um exemplo de estudo que avalia a resistência de aderência superficial do emboço pode ser encontrado em Ribeiro *et al*. (2004), em que foi analisada a influência das técnicas de acabamento superficial do emboço, no desempenho mecânico dos revestimentos cerâmicos. Concluiu-se nesta avaliação, que o acabamento desempenado possibilita melhor desempenho que o acabamento sarrafeado, quanto à resistência de aderência.

2.1.3 CAMADA DE FIXAÇÃO

A camada de fixação é a camada responsável por unir e manter fixas as placas cerâmicas ao emboço, resistindo às tensões de tração e cisalhamento que ocorrem em ambas as interfaces: emboço-camada de fixação e camada de fixação-placa cerâmica.

Por fazer interface com o substrato e com a camada de acabamento, a camada de fixação tem um papel determinante no desempenho do sistema de revestimentos cerâmicos. A aderência em ambas as interfaces deve apresentar nível satisfatório frente às solicitações e aos esforços a que todo o conjunto estará submetido. Assim, esta camada é um ponto crítico do revestimento cerâmico, pois quando as tensões superam seu limite de resistência de aderência, causam o destacamento das placas cerâmicas ou mesmo o seu destacamento da superfície do emboço.

A resistência de aderência e a sua capacidade de absorver deformações são as propriedades da argamassa colante responsáveis por conferir ao revestimento cerâmico desempenho mecânico, frente às tensões de tração que podem ser geradas nas camadas pelas variações térmicas e higroscópicas do ambiente e pela pressão de sucção do vento, principalmente em revestimentos de fachadas.

Em virtude do largo emprego das argamassas colantes na camada de fixação, os documentos normativos para produção de revestimentos cerâmicos são voltados para a técnica de execução com o emprego deste material. A NBR 13755 (ABNT, 1996) recomenda para revestimentos de fachadas, o valor mínimo de resistência de aderência de 0,3 MPa. Segundo a norma, esta avaliação deve ser realizada *in loco*, após 28 dias de assentamento das placas, em seis exemplares de corpos de prova.

2.1.4 CAMADA DE ACABAMENTO

A camada de acabamento é a camada final, constituída pelas placas cerâmicas e pelas juntas entre as placas, preenchidas por rejunte. Por se encontrar diretamente exposta à ação das intempéries, é a camada do sistema mais solicitada pela ação das variações da temperatura e da umidade. Assim, tanto as placas cerâmicas, quanto o rejunte, devem ser dotados de características e propriedades que permitam à camada de acabamento cumprir suas funções e resistir às variações dimensionais que estará sujeita.

A fim de focar nos objetivos deste capítulo, neste item serão apresentadas algumas destas características específicas das placas cerâmicas e das juntas de assentamento, as quais mais claramente influenciam no comportamento mecânico dos revestimentos.

2.1.4.1. PLACAS CERÂMICAS

São placas relativamente finas de materiais cerâmicos usadas para revestimento de pisos e paredes. Segundo Timellini; Palmonari (2004), o termo "cerâmico" é usado tradicionalmente para os produtos obtidos das misturas da argila, areia e outras substâncias naturais. Após a preparação apropriada, estas misturas, ou corpos, são produzidos em formato específicos e queimados à alta temperatura (de aproximadamente 1000 a 1250°C) que confere ao material suas características de dureza, resistência mecânica e estabilidade química e física (tal como a resistência à água, fogo, substâncias químicas).

Essas características técnicas são utilizadas para especificação do tipo de material adequado a cada uso específico. Lima (1997) propõe como parâmetros para especificação de placas cerâmicas para revestimentos de fachadas, um produto que apresente estabilidade de cores, características dimensionais rigorosas e resistência a intempéries.

Segundo Lima (1997), estas características podem ser obtidas em produtos que apresentem baixa absorção de água (0 a 3 %), baixa dilatação térmica e baixa expansão por umidade (0,4 a 0,6 mm/m). Outros critérios, também sugeridos por Lima (1997) são produtos de alta resistência a manchas e alta resistência ao ataque químico.

A) ABSORÇÃO DE ÁGUA

A absorção de água está relacionada diretamente à porosidade das placas cerâmicas. Quanto mais compactado for o material, menor a porosidade da peça cerâmica e conseqüentemente, menor a absorção de água. Assim, outras características são associadas à capacidade de absorção de água, tais como resistência mecânica, resistência ao gelo, resistência química (LIMA, 1997).

As placas de revestimento cerâmico são agrupadas pela NBR 13818 (ABNT, 1997), segundo sua capacidade de absorção de água, e denominadas pelo CCB (1999) em função desta classificação, como ilustra a Tabela 2.2.

Tabela 2.2 – Grupos de absorção de água

Denominação	Grupo	Faixa de absorção (%)
Porcelanato	Ia	$0 < \text{abs} \leq 0,5$
Grês cerâmico	Ib	$0,5 < \text{abs} \leq 3,0$
Semi-grês	IIa	$3,0 < \text{abs} \leq 6,0$
Semi-poroso	IIb	$6,0 < \text{abs} \leq 10,0$
Poroso *	III	Abs acima de 10

* Os azulejos encontram-se neste grupo de absorção. A carga de ruptura permitida para o azulejo é menor que 400 N, o que o diferencia do piso-poroso, sendo assim este produto, indicado somente para uso em paredes (NBR 13818, ABNT, 1997).

Esta propriedade pode ser usada como indicação para a especificação dos materiais que farão a aderência das placas cerâmicas ao emboço, uma vez que o nível de porosidade do material cerâmico interfere nas características de aderência destas aos outros materiais.

A aderência por ancoragem mecânica das argamassas às placas, que acontece a partir da penetração da pasta de cimento nos poros e interstícios das placas cerâmicas, será tanto menor quanto menor for a porosidade e a faixa de absorção destas. Assim, nas placas de porcelanato, cuja absorção de água é praticamente nula, a aderência mecânica não ocorre, sendo preciso recorrer à adesão química daqueles materiais (MEDEIROS, 1999).

Da mesma forma, o nível de porosidade das placas cerâmicas pode interferir nas características de aderência das argamassas de rejuntamento e do material selante empregado para preenchimento da juntas de movimentação.

A absorção de água das placas cerâmicas também está relacionada à movimentação higroscópica à qual o revestimento de fachada estará sujeito, ou seja, a movimentos causados pela variação de umidade que podem possibilitar sua variação dimensional. Assim, apesar de não constar nas normas vigentes, alguns documentos limitam a absorção de água das placas cerâmicas que poderão ser empregadas em fachadas de edifícios, a no máximo 6% (GOLDBERG, 1998).

A BS 5385: Part2 (BSI, 1991) estabelece o valor máximo de 3% de absorção de umidade das placas cerâmicas em revestimentos de fachadas, valor proposto no Brasil pelo trabalho de Lima (1997).

B) EXPANSÃO POR UMIDADE

Segundo Fiorito (1994), as placas cerâmicas estão sujeitas a um “inchamento quando entram em contato com a umidade do meio ambiente, logo após a saída do forno. Este inchamento prossegue após as placas terem sido assentadas e dá origem a tensões nos revestimentos, que podem ser de importância para a estabilidade do mesmo quando em serviço”. Este fenômeno, conhecido como expansão por umidade, é influenciado por quaisquer fatores que determinem a constituição mineralógica da peça, entre eles: composição da massa que dará origem à placa e temperatura de queima (LIRA, 1997).

Fiorito (1994) afirma também que “a ordem de grandeza dessa deformação é de 0,0003 a 0,0007 mm/mm, após dois anos de exposição ao ar. Os valores podem ser bem maiores ou até bem menores, ou para corpos cerâmicos de absorção de água próxima de zero, podem ser nulos”.

A determinação da EPU das placas cerâmicas, usualmente, é realizada por métodos de ensaio que submetem as placas cerâmicas a condições de elevada temperatura, tal como o método de ensaio do Anexo J da NBR 13818 (ABNT, 1997), pelo qual os corpos de prova são secos e estufa a 110 °C durante 24 horas e depois requeimados em mufla a 550°C por 2 horas; além deste método, determina-se a EPU pelo método da Autoclave, submetendo as placas cerâmicas a altas temperaturas e pressão.

Ambos os métodos submetem os corpos de prova a condições mais agressivas do que as condições as quais o componente estará sujeito e, de forma geral, são realizados para verificação da qualidade da queima do produto cerâmico, sobretudo para se saber se haverá gretamento da superfície. Segundo Contoli (1991) apud Fiorito (1994), é quase certo que o gretamento ocorrerá quando a expansão do corpo cerâmico, submetido a tratamento em autoclave em vapor de água por cinco horas e a 3,5 atmosferas, supera o valor de 0,0006 mm/mm.

Ainda segundo Fiorito, “ existe a tendência em se adotar este valor como valor máximo para EPU em revestimentos; entretanto, ao se determinar o valor citado não foi considerada a possibilidade da peça já estar assentada. Este autor afirma que o valor da EPU de 0,0006 mm/mm pode ser considerado muito elevado quando as placas estão assentadas, se forem admitidos os limites de resistência ao cisalhamento da interface e placa cerâmica/argamassa e da própria argamassa. Esta afirmativa é esclarecida em seu trabalho, por meio de modelo matemático e não cabe aqui repeti-la.

C) DILATAÇÃO TÉRMICA

A dilatação térmica das placas cerâmicas é uma de suas características que merece especial atenção em revestimentos cerâmicos de fachadas. O aumento nas dimensões pelo aumento da temperatura e sua contração com a diminuição desta é, comprovadamente, um fator que contribui para o destacamento do revestimento (THOMAZ, 1989; FIORITO, 1994) devido às tensões que a dilatação das placas introduzem no sistema.

A variação dimensional dos produtos cerâmicos devido às variações de temperatura é expressa pelo coeficiente de dilatação térmica linear das placas cerâmicas⁸, que, segundo Porcar (1987) está compreendido entre 4 e 8 x 10⁻⁶ mm/m/°C. Este coeficiente pode ser estimado com base no anexo K da NBR 13818 (ABNT, 1997).

⁸ O coeficiente de expansão térmica linear é a relação entre a expansão linear do corpo por grau de temperatura e por unidade de comprimento a 0°C.

D) MÓDULO DE ELASTICIDADE

O módulo de elasticidade, relação entre uma dada tensão e a deformação específica do material correspondente a esta tensão, é uma propriedade da placa cerâmica que expressa sua deformabilidade.

Os valores do módulo são utilizados para estimar as tensões atuantes no revestimento em determinada situação. Entretanto, segundo Abreu (2001), a determinação do módulo de elasticidade envolve algumas dificuldades, tais como suas limitadas espessuras, a elevada rigidez e fragilidade do material, além da grande variedade de material.

Estas características da placa cerâmica e sua influência no comportamento dos revestimentos serão comentadas no capítulo 3.

2.1.4.2. JUNTAS DE ASSENTAMENTO

As juntas de assentamento são aquelas existentes entre placas adjacentes de um revestimento modular e são assim chamadas por serem originadas durante o processo de assentamento dos componentes e são preenchidas por rejunte.

Segundo Junginger (2003), o rejunte tem grande importância no desempenho do revestimento cerâmico. Algumas de suas funções relevantes no comportamento dos revestimentos de fachadas foram compiladas de Sabbatini *et al* (1990) e Junginger (2003), sendo as de interesse no comportamento dos revestimentos:

- **Proporcionar alívio de tensões:** As juntas entre componentes tem potencial de reduzir o módulo de elasticidade dos painéis e por consequência, aumentam a capacidade deste de absorver deformações intrínsecas provocadas pelas variações térmicas e higroscópicas e deformações de amplitude normal das bases.
- **Otimizar aderência das placas cerâmicas:** o contato do rejunte com o fundo da junta aumenta indiretamente a área de contato das placas com o substrato, sobretudo em revestimento com placas de pequenas dimensões, em que a área das juntas de assentamento não é desprezível.
- **Vedar o revestimento cerâmico.** O rejunte impede a passagem de água que pode levar ao surgimento de manchas e a deterioração dos acabamentos.

Segundo a BS 5385: Part2 (BSI, 1991), para que as juntas em revestimentos externos cumpram suas funções, o rejunte deve ter boa trabalhabilidade, baixa retração e boa aderência nas laterais das juntas de assentamento. Além de ser um material adequado às condições ambientes a que estará sujeito.

2.1.5 DETALHES CONSTRUTIVOS

Os detalhes construtivos são elementos que devem ser previstos em pontos estratégicos da fachada, buscando melhorar, de diversas formas, o desempenho do sistema de revestimento. Segundo Maciel (1997), estes detalhes são executados durante a produção dos revestimentos, de acordo com sua função nas camadas de revestimento.

Os detalhes construtivos muitas vezes estão previstos no projeto de arquitetura para proteger a fachada da incidência e ação da chuva, compreendendo os pontos de captação de águas pluviais, os beirais, as cimalhas e até mesmo os frisos. Estes detalhes, entretanto, não serão abordados neste trabalho.

No caso específico dos revestimentos cerâmicos de fachadas, os detalhes construtivos compreendem as juntas de movimentação, as molduras, os requadros, as quinas e os reforços com telas metálicas.

Destacam-se as telas de reforço, que são utilizadas na camada de emboço com as funções de dissipar as tensões que se concentram na base e servem, muitas vezes, para estruturar o revestimento, em caso de espessuras muito elevadas (BARROS; SABBATINI, 2004).

As juntas de movimentação, por outro lado, são regiões que servem para concentrar as tensões que surgem nos painéis de revestimento e possuem funções relacionadas à acomodação de movimentos, proporcionando o alívio das tensões nas camadas de revestimento.

Tendo em vista que este detalhe construtivo é objeto desta pesquisa, os itens seguintes objetivam elucidar o conceito, a terminologia e a classificação das juntas de movimentação em revestimentos cerâmicos que serão empregadas neste trabalho.

2.2 AS JUNTAS DE MOVIMENTAÇÃO

A palavra **junta** é derivada do verbo em Latin **jungere, junctum**, que significa ligar, unir, associar, adicionar. Isto implica que duas ou mais coisas serão unidas; junta é um ato de unir, modo de fazer um ponto de encontro (MARTIN, 1977).

O termo junta, usual em tecnologia da construção, entretanto, tem o conceito corrente curiosamente ambíguo, uma vez que, além de união, tem, sobretudo o sentido de separação. É com este sentido que a junta é definida por Filho Neto (2005) como sendo “ abertura estreita, fenda ou rebaixo que se deixa longitudinalmente entre duas peças ou elementos construtivos, com a finalidade de separá-los” .

Ambas as definições expressam corretamente o detalhe construtivo junta: detalhe que separa unindo ou que une separando.

Martin (1977) define o termo “junta”, em tecnologia construtiva, como sendo um elemento construtivo formado por partes adjacentes de dois ou mais materiais, componentes ou produtos construtivos, quando estes são colocados juntos, fixados ou unidos com ou sem o uso de produtos.

Assim, percebe-se que o espaço regular entre duas peças de componentes idênticos ou distintos, como define a NBR 13755 (ABNT, 1996), ou o volume existente entre dois elementos de construção, como define o DTU 44.1 (AFNOR, 2002), tem um significado mais amplo que vai além de uma simples abertura, ou distanciamento entre elementos, mas se constitui em um elemento construtivo dotado de mecanismo de funcionamento e desempenho determinados.

Quando considerado seu aspecto funcional, as juntas podem ser aquelas presentes entre elementos construtivos que mantêm duas partes fixas tendo apenas funções de acabamento e união entre elementos. Ou, por outro lado, podem ser concebidas para acomodar os movimentos diferenciais entre as duas partes. Interessa neste trabalho apenas estas últimas, as denominadas juntas de movimentação.

As juntas de movimentação são aberturas projetadas para permitir movimento e prevenir fissuras em um grande painel de material rígido (MACLEAN; SCOT, 1995). São juntas previstas nas estruturas, em revestimentos ou entre elementos construtivos para acomodar movimentos ou absorver tensões (DIN 18515-1, 1998).

Em engenharia estrutural, as juntas de movimentação são previstas, usualmente, para aliviar as tensões de tração ou compressão que podem ser induzidas devido às pequenas mudanças de volume em seus elementos que, por sua vez, resultam da exposição ao meio ambiente ou pela imposição e manutenção de cargas, como indica o ACI 504 R-90 (ACI, 1997).

Em revestimentos de fachadas, sua função principal é a de minimizar a propagação de esforços aos sistemas com os quais se relaciona (estrutura, vedo, revestimento), controlando as tensões introduzidas neste sistema. O emprego deste detalhe construtivo objetiva tornar possível que as camadas de revestimento se movimentem, evitando patologias, tais como a fissuração e o destacamento.

A partir de Sabbatini *et al* (1990), BS 5385: part2 (BSI, 1991) e Goldberg (1998) foram sintetizadas as funções das juntas de movimentação em revestimentos de fachadas:

- dissipar tensões geradas por movimentações da sua base suporte, sobretudo do comportamento resultante da interação estrutura-vedação;
- dissipar tensões geradas por deformações intrínsecas aos revestimentos, permitindo a dissipação de tensões pela subdivisão de extensas áreas de revestimentos em pequenas áreas, para minimizar as tensões induzidas pela variação térmica ou higroscópica;
- união ou separação de revestimentos e componentes do edifício que têm diferentes coeficientes térmicos;
- permitir mudanças de planos dos revestimentos;
- impedir que a superfície revestida sofra com as descontinuidades do substrato, tais como as juntas estruturais.

Os meios para o cumprimento da acomodação de cada tipo de movimento determinam diferentes tipos de juntas, com diferentes formas de preenchimento, configuração e geometria. Portanto, faz-se necessária uma detalhada reflexão sobre as funções e os tipos de juntas presentes no revestimento, a fim de se delimitar o estudo.

A perda da consistência da terminologia para juntas em engenharia de estruturas de concreto causou muitos problemas e equívocos que prejudicaram a construção mundial (ACI 224 3R-95, 1995). Esta deficiência foi constatada também para a tecnologia de revestimentos no trabalho de Ceotto; Frigieri; Nakakura (2003). Por este motivo, neste trabalho, procura-se resgatar e sintetizar os principais conceitos encontrados, a fim de se estabelecer uma terminologia única que simplifique o desenvolvimento do assunto ao longo do texto. As juntas de movimentação podem ser classificadas segundo diferentes aspectos, destacando-se aqui os que se considera como sendo mais importantes, quais sejam: suas funções, tipo de material de preenchimento e geometria.

2.2.1 CLASSIFICAÇÃO QUANTO À FUNÇÃO

Realizando-se um levantamento da terminologia utilizada nas normas vigentes e documentos técnicos para projeto e execução de revestimentos cerâmicos aderidos, encontrou-se a terminologia, sintetizada na Tabela 2.3.

Tabela 2.3 – Terminologia empregada para juntas de movimentação em revestimentos

Norma	Terminologia
AS 3958.2 (AS, 1992)	Juntas de movimentação: descontinuidades na superfície revestida, preenchidas com materiais permanentemente deformáveis com funções de separação da superfície de elementos fixos; subdivisão de grandes áreas em áreas menores; interrupção da superfície onde existirem descontinuidades no substrato, tais como juntas estruturais.
NBR 13755 (ABNT, 1996)	<p>Junta estrutural: espaço regular cuja função é aliviar tensões provocadas pela movimentação da estrutura de concreto.</p> <p>Junta de movimentação: espaço regular cuja função é <i>subdividir</i> o revestimento para aliviar tensões provocadas pela movimentação da base ou do próprio revestimento.</p> <p>Junta de dessolidarização⁹: espaço regular cuja função é <i>separar</i> o revestimento para aliviar tensões provocadas pela movimentação da base ou do próprio revestimento.</p>
DIN 18515-1 (DIN, 1998)	<p>Juntas de movimentação: uma junta prevista na estrutura, revestimento ou entre elementos construtivos para acomodar movimentos ou absorver tensões.</p> <p>Juntas de transição: separar revestimentos e componentes do edifício que têm diferentes coeficientes térmicos.</p>
CEN / TR 13548 (CEN, 2004)	<p>Juntas de movimentação: Juntas em revestimentos modulados ou substratos, projetadas para acomodar movimentos. São classificadas em: juntas estruturais, perimetrais e intermediárias.</p> <p>Juntas estruturais: Juntas de movimentação no revestimento cerâmico que corresponde a uma junta estrutural da base.</p> <p>Juntas perimetrais: Juntas de movimentação para isolar o revestimento cerâmico dos elementos construtivos adjacentes.</p> <p>Junta intermediária: junta que divide uma grande área de revestimento cerâmico em áreas menores.</p>
Medeiros (1999)	<p>Juntas de movimentação: são projetadas para <u>absorver tensões</u> geradas por movimentações do revestimento e/ou de sua base suporte e são subdivididas em:</p> <p>Juntas estruturais ou juntas de dilatação – cuja função é <u>absorver as movimentações</u> do edifício como um todo.</p> <p>Juntas de controle – cuja função é absorver tensões provocadas por movimentações do próprio revestimento e ou da sua base suporte. As juntas de controle são subdivididas em:</p> <p>Juntas de trabalho: são utilizadas apenas na camada de revestimento cerâmico, em posições passíveis de aparecimento de fissuras, dividindo os painéis de revestimento (dissipação de tensões geradas por deformações intrínsecas ao revestimento).</p> <p>Juntas de transição: servem para separar as interfaces entre o revestimento e outros componentes de vedação.</p> <p>Juntas de contorno: Juntas utilizadas para união ou separação de diferentes materiais na camada mais externa dos revestimentos.</p>

⁹ As diferenças entre “ Junta de Movimentação” e “ Junta de Dessolidarização” definidas pela NBR 13755 (ABNT,1996) são observadas quando se recorre às recomendações de emprego destas juntas.

2.2.1.1. JUNTA DE TRABALHO

Junta cuja função é acomodar movimentos do próprio revestimento e da sua base suporte, sobretudo do comportamento resultante da interação vedação-estrutura. A junta de trabalho intercepta todas as camadas do revestimento cerâmico (Figura 2.3)

Figura 2.2 – Junta de trabalho

2.2.1.2. JUNTA DE SUPERFÍCIE

Junta cuja função é acomodar movimentos gerados pelas deformações da camada de acabamento e fixação, principalmente aquelas decorrentes da variação de temperatura e da variação higroscópica, permitindo a dissipação de tensões pela subdivisão de extensas áreas de superfícies de revestimentos. A junta de superfície intercepta as camadas de acabamento e fixação, como ilustra a Figura 2.3.

Figura 2.3 – Junta de superfície

2.2.1.3. JUNTA DE TRANSIÇÃO

Junta cuja função é permitir a transição entre materiais com diferentes coeficientes térmicos na fachada. A junta de transição é utilizada nas camadas de acabamento e fixação, como ilustra a Figura 2.4.

Figura 2.4 – Junta de transição

2.2.1.4. JUNTA DE CONTORNO

Junta cuja função é separar as interfaces entre o revestimento cerâmico e outros elementos construtivos adjacentes, como indica a Figura 2.6. Esta junta intercepta as camadas de acabamento e fixação, mas pode interceptar a camada de emboço em casos onde há necessidade de limitar as tensões nesta camada.

Figura 2.5 – Junta de contorno

2.2.1.5. JUNTA DE DESSOLIDARIZAÇÃO

Junta cuja função é dessolidarizar encontros de panos de revestimentos perpendiculares entre si. São previstas nas mudanças de direção, em quinas internas ou externas, como indica a Figura 2.6.

Figura 2.6 – Junta de dessolidarização – mudanças de planos do revestimento

2.2.2 CLASSIFICAÇÃO QUANTO AO TRATAMENTO

Apesar das suas funções distintas, as juntas de movimentação constituem-se num volume existente entre duas superfícies, paralelas ou perpendiculares de dois elementos construtivos. Este volume pode ser preenchido por materiais que possibilitarão a vedação e a limitação dos movimentos previstos (MARTIN, 1977; AFNOR, 2002).

As juntas de movimentação podem ser classificadas, quanto ao seu tratamento, em juntas seladas ou juntas pré-formadas.

2.2.2.1. JUNTAS SELADAS

As juntas seladas são preenchidas por selante em um estado não curado. Segundo Ledbetter; Hurley; Sheehan (1998), o preenchimento com material selante deve ser tratado como um sistema uma vez que os demais materiais constituintes da junta são essenciais ao seu desempenho. Este sistema será abordado detalhadamente no capítulo 4.

2.2.2.2. JUNTAS PRÉ-FORMADAS

- As juntas pré-formadas são preenchidas por material celular comprimido dentro da junta (Figura 2.7). Esta junta pode ser feita com selante pré-formado extrudado ou com selante pré-formado moldado, sendo que a segunda opção é mais utilizada em recuperação de juntas deterioradas.

Figura 2.7 – Junta pré-formada sendo inserida em fachada

Fonte: Foto fornecida pelo fabricante Jeene Juntas

2.2.3 CLASSIFICAÇÃO QUANTO À GEOMETRIA

A geometria das juntas está relacionada a fatores estéticos, espaçamento das juntas, deformações estimadas, capacidade de movimentação dos selantes, camadas do substrato, método de aplicação, entre outros.

Segundo a ASTM C1193-05a (ASTM, 2005), as juntas de movimentação geralmente podem ser especificadas com duas configurações geométricas: junta de topo e junta de canto, sendo aqui sintetizadas as informações desta norma sobre elas.

2.2.3.1. JUNTA DE TOPO

A junta de topo é uma junta onde o selante é aplicado em seu interior, entre superfícies paralelas ou perpendiculares do substrato, como ilustra a Figura 2.8 (ASTM C717, 2006).

Figura 2.8 – Junta de topo

Fonte: ASTM C717 (2006)

2.2.3.2. JUNTA DE CANTO

A junta de canto é uma junta em que o selante é aplicado sobre a mesma, nas faces perpendiculares do substrato (ASTM C717, 2006). Este tipo de geometria é frequentemente encontrada em trabalhos de recuperação de juntas quando algum tipo de junta de topo não é aplicável, por não ter sido adequadamente projetada ou por não existir a possibilidade de aumentar sua abertura.

Figura 2.9 – Junta de canto

Fonte: ASTM C717 (ASTM, 2006)

2.2.4 CLASSIFICAÇÃO QUANTO AO ACABAMENTO

Quando executada com selante, a junta de topo pode ser acabada em diferentes perfis, como ilustra a Figura 2.11 (côncava, retangular rasa, retangular profunda e recuada). Estas podem resultar em diferentes desempenhos nas mesmas condições de exposições. São aqui sintetizadas algumas informações sobre elas segundo a ASTM C1193-05a (ASTM, 2005).

2.2.4.1. JUNTA CÔNCAVA

Este perfil, moldado em forma de ampulheta, é o mais recomendado e mais usual em juntas de movimentação, está indicado na Figura 2.10 a.

2.2.4.2. JUNTA NIVELADA

Para este tipo de juntas de movimentação, o selante é nivelado com uma superfície do substrato, está indicado na Figura 2.10 b.

2.2.4.3. JUNTA RECUADA

Este perfil de junta é similar a uma junta nivelada, com a diferença de que a superfície exposta do selante fica abaixo da superfície exposta do revestimento, conforme indicado na Figura 2.10 c.

Figura 2.10 – Juntas de Topo – acabamento do selante

Fonte: ASTM C1193-05a (ASTM, 2005)

CAPÍTULO 3.

COMPORTAMENTO DOS REVESTIMENTOS

Neste capítulo objetiva-se delinear o comportamento mecânico dos revestimentos de fachadas, que leva à necessidade de utilização de juntas de movimentação. Para isto, apresenta-se, inicialmente, os fatores que originam tensões nas diversas camadas de revestimentos e, na seqüência, aborda-se o alívio destas tensões, a partir da produção de juntas.

3.1 MOVIMENTOS E TENSÕES

Diversos são os agentes de deterioração que atuam nos revestimentos de fachadas, sendo os de maior interesse neste capítulo aqueles que tendem a ocasionar movimentos nas camadas de revestimento, ou seja, os agentes mecânicos, tais como a variação de temperatura, a umidade e o vento e ainda aqueles decorrentes da própria deformação da base. Estes agentes podem atuar simultaneamente ou mesmo de maneira isolada e podem levar à movimentação do edifício, sendo extremamente variáveis seus efeitos no comportamento dos revestimentos de fachadas.

Atuando em qualquer uma das camadas, estes agentes de deterioração causam movimentos que por sua vez originam tensões (BS 5385: part2, BSI, 1991). Estas tensões irão se desenvolver podendo compensar-se ou somar-se, gerando tensões de compressão ou tração, as quais originam também tensões de cisalhamento na interface entre as diversas camadas do revestimento.

Particularmente, no revestimento cerâmico, as tensões de tração que ocorrem na camada de placas cerâmicas e rejunte, devido ao aumento da temperatura ambiente, por exemplo, levam ao surgimento de tensões de cisalhamento na interface desta camada com a camada de fixação. Este mesmo efeito pode ocorrer a partir do surgimento de tensões de

compressão na camada de acabamento, também originadas pela expansão por umidade das placas cerâmicas, ou mesmo pelo encurtamento e deflexões dos elementos da estrutura.

As tensões concentram-se em cada uma das camadas e nas suas interfaces, solicitando o revestimento de maneira não uniforme, levando tanto a base, quanto às próprias camadas, a movimentos diferenciais, contribuindo ou não para o acúmulo de tensões (FIORITO, 1994).

Por outro lado, a capacidade resistente das camadas, de se deformarem e de se manterem aderidas, faz com que as tensões se dissipem ao longo das suas interfaces. Entretanto, se as tensões originadas excederem a capacidade resistente da camada, podem comprometer a estabilidade do conjunto, ocasionando fissuração ou movimentos incompatíveis que causarão falha de aderência e, conseqüentemente, o destacamento do revestimento (SABBATINI et al., 1990; FIORITO, 1994).

Assim, o equacionamento entre as ações solicitantes e as conseqüentes tensões geradas e a capacidade resistente das camadas é determinante na durabilidade dos revestimentos cerâmicos de fachadas. Uma vez previsto que as tensões solicitantes serão superiores à capacidade resistente das camadas, há necessidade de se promover alívio de tensões ou de se proporcionar o incremento na capacidade das camadas de resistir aos esforços.

Como os materiais utilizados nas camadas de revestimento têm resistência mecânica limitada em relação ao nível de tensões introduzidas, tem sido comum proporcionar o alívio destas tensões a partir da limitação do tamanho do painel do revestimento, reduzindo a restrição aos movimentos com a introdução de juntas.

Com o emprego das juntas, as tensões originadas em um painel não são transmitidas para as áreas adjacentes, o que reduz o risco de colapso do sistema. Nota-se, portanto que, para o dimensionamento das juntas de movimentação, faz-se necessário o conhecimento da magnitude dos movimentos que originam tensões e aqui reside uma grande dificuldade: *como conhecer os movimentos e, por conseguinte os seus efeitos nas camadas do revestimento.*

Há ainda outro desafio: *como conhecer a resposta do conjunto de camadas frente aos movimentos*, ou seja, o comportamento do revestimento, uma vez que o mesmo movimento pode provocar mais ou menos tensões em um sistema de revestimento, em função da sua capacidade de absorver deformações que também é desconhecida.

Em virtude da complexidade de se obter estas informações, em geral, o método utilizado para o dimensionamento das juntas de movimentação nos diversos sistemas de fachadas é o de se realizar, primeiramente, a avaliação desses movimentos, a partir da estimativa da magnitude do movimento que cada agente mecânico origina. O movimento resultante é considerado para o cálculo da abertura das juntas e estas são posicionadas nas regiões em que se julga serem de maior concentração de tensões e conseqüentemente de maior possibilidade de fissuração.

Goldberg (1998) e Medeiros (1999), por exemplo, ilustram em seus trabalhos a quantificação dos movimentos para o dimensionamento das juntas de forma acumulada e maximizada. Ou seja, consideram o somatório dos movimentos, como se todos eles ocorressem simultaneamente, a fim de estabelecer um fator de segurança para a mais extrema condição.

Entretanto, um fator importante a ser ainda observado, no dimensionamento das juntas de movimentação, é a reversibilidade dos movimentos. Segundo o CSTC (1979); o ACI 504 R-90 (ACI, 1997) e a ASTM C1472 (ASTM, 2005), os elementos de fachada e, por conseguinte suas juntas sofrem movimentos irreversíveis e reversíveis. Os movimentos irreversíveis são movimentos permanentes, que não apresentam tendência ao retorno à posição inicial, caso seja retirada a sua causa. Os movimentos reversíveis são aqueles que, retirando a ação do agente causador, retornam à dimensão inicial; retornando esta ação, os movimentos voltam a ocorrer, tendo como resultado movimentos cíclicos.

A reversibilidade do movimento dependerá de suas causas, como por exemplo, a deformação lenta da estrutura de concreto, que causará na junta um movimento unidirecional irreversível; enquanto os movimentos devidos ao efeito térmico, causarão movimentos repetidos e reversíveis, com freqüência cíclica.

Os movimentos irreversíveis, quando de compressão da junta, uma vez ocorridos, fecham a abertura da junta reduzindo-a permanentemente, de modo que os movimentos cíclicos, passam a não ter a abertura da junta inicialmente calculada, disponível para sua acomodação (ASTM C1472, 2005).

Assim, de modo a conhecer as características destes movimentos, nos itens seguintes procura-se sintetizar os fatores que originam os principais movimentos nos revestimentos de fachadas.

3.2 FATORES QUE ORIGINAM MOVIMENTOS NOS REVESTIMENTOS

São diversos os fatores que originam movimentos no edifício e, conseqüentemente, nas camadas de revestimento que o recobrem. Estes fatores podem ser tanto externos, tais como ventos, impactos e vibrações, quanto inerentes ao comportamento dos materiais e componentes que constituem o edifício, tais como as conseqüências advindas da variação constante da umidade e da temperatura, que ocasiona variações dimensionais dos materiais constituintes da base e das camadas de revestimento; há, ainda, o comportamento intrínseco dos componentes do edifício, como por exemplo, a deformação lenta da estrutura que acaba solicitando tanto o vedo, quanto também o revestimento que o recobre.

Os movimentos que ocorrem nas camadas podem ser classificados segundo sua natureza e agrupados segundo a sua reversibilidade, a partir de diversas fontes estudadas, conforme proposto na Tabela 3.1. A natureza, os fatores influenciadores e o meio para quantificação da magnitude destes movimentos são descritos nos itens seguintes.

Tabela 3.1 – Classificação dos movimentos dos elementos construtivos quanto à sua natureza e reversibilidade

Natureza	Movimento	Reversibilidade
Variação da temperatura	Movimento brusco pelo choque térmico	Reversível
	Movimento térmico	
Ação da umidade	Movimento higroscópico	Irreversível
	Expansão por umidade placas cerâmicas Retração da argamassa de emboço ou da argamassa colante da camada de fixação	
Comportamento intrínseco dos componentes e elementos do edifício	Movimentos da estrutura de concreto devido às cargas permanentes: peso próprio, fluência, retração.	
Ação do vento	Movimento do edifício devido cargas de vento	Irreversível / Reversível (avaliar cada caso especificamente)

3.2.1 VARIAÇÃO DA TEMPERATURA

O efeito que a variação de temperatura ocasiona nos materiais e componentes construtivos é a variação dimensional destes na forma de expansão das camadas, quando há o aumento da temperatura, ou contração, quando há redução desta. Os movimentos de origem térmica - movimentos de expansão e contração dos materiais e componentes - ocorrem de maneira diferencial entre as camadas e sempre estão restringidos pela aderência das camadas de revestimento ao seu substrato. Quando excessivo, o movimento térmico pode introduzir, no sistema, tensões de compressão ou de tração na camada e de cisalhamento na interface entre camadas.

Segundo a BS 5385: part2 (BSI, 1991) e a ASTM C1472 (ASTM, 2005), o movimento térmico é o efeito predominante nas variações dimensionais dos componentes do edifício sendo, por isto, um fator determinante para o emprego de juntas de movimentação. Vale observar que, no caso dos revestimentos aderidos, por estar o movimento térmico restringido, este efeito torna-se um grande introdutor de tensões cíclicas, sobretudo que tendem a originar fadiga nas ligações entre camadas ao longo do tempo. No caso mais extremo de ocorrência de choque térmico cíclico no sistema de revestimento, pode vir a ocorrer o colapso entre as camadas, que irão se deformar diferencialmente e abruptamente.

Grande parte dos manuais de especificação de juntas de movimentação considera apenas o efeito térmico na obtenção da sua largura, como por exemplo, o DTU.44.1 (AFNOR, 2002). O conhecimento dos movimentos térmicos a que os painéis de revestimento estarão sujeitos ao longo da vida útil do edifício deve ser, portanto, o ponto de partida para a análise do comportamento dos revestimentos, visando localizar as regiões em que será necessário o posicionamento das juntas de movimentação.

A forma de exposição das fachadas é um fator determinante das variações dimensionais ao longo dos painéis de revestimentos cerâmicos, pois a incidência solar varia em função do posicionamento e da existência de regiões sombreadas no edifício. Assim, uma vez que cada fachada experimentará uma escala de temperatura diferente, em função da orientação e da proteção do edifício, para a análise da edificação pode-se considerar cada fachada especificamente ou a fachada cuja orientação é mais crítica em relação à incidência solar (LEDBETTER; HURLEY; SHEEHAN, 1998).

Além disso, apesar de todas as camadas do sistema de revestimento estarem em permanente exposição à ação da elevação da temperatura e resfriamento, movimentam-se em maior ou menor grau, de acordo com as propriedades físicas de seus materiais constituintes e com a amplitude da variação de temperatura a que estão sujeitas.

Em estudo realizado por Saraiva (1998), em que se avaliou, entre outras características do sistema de revestimento, a influência da dilatação térmica das placas cerâmicas nas tensões do revestimento, constatou-se um aumento em torno de 60% nas tensões na camada de acabamento, ao se utilizar peças cerâmicas mais escuras, ou seja, com alto coeficiente de absorção solar¹⁰.

Assim, quando se suspeitar que a dilatação térmica do revestimento cerâmico será excessivo, devem-se tomar precauções especiais, como o uso de argamassas colantes flexíveis e a provisão de juntas de movimentação (AS 3958, 1992).

Os fatores a serem considerados para a quantificação do movimento térmico, portanto, são a variação de temperatura das camadas e os coeficientes de dilatação térmica linear dos diferentes materiais.

O movimento térmico ou a variação dimensional linear potencial de cada camada de revestimento é obtido pelo produto da capacidade de dilatação linear dos materiais constituintes da camada (coeficiente de dilatação térmica linear), o comprimento do painel e a variação da temperatura nesta camada, ou seja, a diferença entre as maiores temperaturas de superfície alcançadas no verão e as menores temperaturas de superfície alcançadas no inverno, conforme as equações 3.2.1.1, 3.2.1.2 e 3.2.1.3, apresentadas pela ASTM C1472 (ASTM, 2005).

$$\Delta L_x = L * \Delta t * \alpha_x \quad \text{Equação 3.2.1.1}$$

Sendo:

ΔL_x : Variação dimensional linear (mm)

L : Comprimento do painel não restringido (distância entre juntas) (mm)

Δt : Variação entre a temperatura máxima e a temperatura mínima (°C)

α_x : Coeficiente de dilatação térmica linear (mm/mm/°C)

A diferença máxima de temperatura de superfície que pode ocorrer no ano é calculada considerando-se as temperaturas de bulbo seco¹¹ das superfícies: a diferença entre a

¹⁰ A cor da superfície das placas cerâmicas influencia em seu potencial de absorção de calor e conseqüentemente em sua temperatura de superfície que acarretará maior ou menor dilatação térmica, influenciando também no comportamento desta camada de revestimento.

¹¹ Temperatura de bulbo seco: temperatura do ar medida por um termômetro com dispositivo de proteção contra a influência da radiação ambiente (ASHRAE, 1997).

temperatura mais baixa no ano (T_{Min}) e a temperatura mais elevada no ano (T_{Max}), conforme indica a equação 3.2.1.2.

$$\Delta T_M = T_{Max} - T_{Min} \quad \text{Equação 3.2.1.2:}$$

Sendo:

ΔT_M : Diferença máxima de temperatura (°C)

T_{Max} : Temperatura da superfície mais elevada (°C)

T_{Min} : Temperatura da superfície mais baixa (°C)

A temperatura mais baixa (T_{Min}), é encontrada diretamente na Tabela 3.4, pois corresponde diretamente às mínimas temperaturas de bulbo seco ($T_{BS\ Min}$). Já para a temperatura mais elevada, considera-se o ganho do calor na superfície do revestimento, a partir do produto do coeficiente de absorção solar do material (A_a) (Tabela 3.3) pela constante de capacidade de calor¹² (C_x) (Tabela 3.2), adicionado à temperatura de bulbo seco máxima (Tabela 3.4), como indica a Equação 3.2.1.3.

$$T_{Max} = T_{BSMax} + A_A(C_X) \quad \text{Equação 3.2.1.3}$$

Sendo:

T_{BSMax} : Temperatura máxima (C°)

A_A : Coeficiente de absorção solar dos materiais

C_X : Constante da capacidade de calor

Tabela 3.2 - Constante de capacidade de calor

Condições da superfície	Constante
Baixa	56
Baixa com reflexão	72
Alta	42
Alta com reflexão	56

¹² A constante de capacidade de calor refere-se à capacidade do material de armazenar calor. As paredes de baixas constantes de capacidade de calor são representadas pelas paredes isoladas como as de painel de metal, enquanto que as superfícies de concreto e alvenaria representam as paredes de alta capacidade de calor. Se houver reflexão de radiação solar na superfície, devem ser usadas as constantes que incluem estes efeitos (ASTM C1472, 2005)

Tabela 3.3 - Coeficientes de absorção solar

Fonte: ASTM C1472 (ASTM, 2005)

Superfície	Coeficiente absorção solar
Concreto	0,65
Superfície colorida preta	0,95
Superfície colorida verde escuro	0,80
Superfície colorida verde claro	0,65
Superfície colorida branca	0,45
Mármore branco	0,58

A norma ASTM C1472 (ASTM, 2005) apresentou as temperaturas de bulbo seco das cidades norte-americanas, obtidas no "Handbook of Fundamentals", do ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers), onde também são encontradas temperaturas do Brasil. Goulart; Lamberts; Firmino (1998) determinaram, pela metodologia ASHRAE, as temperaturas de projeto de bulbo seco para 14 cidades brasileiras, as quais estão apresentadas na Tabela 3.4.

Tabela 3.4 - Temperatura de Bulbo Seco em 14 cidades brasileiras Temperaturas Média das Máximas e Média das Mínimas (°C)

(Fonte: Goulart; Lamberts; Firmino, 1998)

Cidade	T_{BSMáx} ° C	T_{BSMin} ° C
Belém	27,0	15,0
Brasília	22,5	12,0
Curitiba	24,8	17,0
Florianópolis	30,2	23,4
Fortaleza	28,8	20,6
Maceió	29,7	22,4
Natal	28,5	23,5
Porto Alegre	25,0	14,5
Recife	28,5	23,5
Rio de Janeiro	27,3	20,5
Salvador	28,7	21,8
São Luis	31,2	23,4
São Paulo	23,8	15,1
Vitória	28,4	20,0

Medeiros (1999), a partir de diferentes fontes, fez uma síntese dos valores médios de coeficiente de dilatação térmica linear dos materiais que podem constituir os revestimentos cerâmicos de fachadas. Reuniu-se a esses, os valores de coeficiente de dilatação térmica linear apresentados na ASTM C1472 (ASTM, 2005), compondo-se, com isto a Tabela 3.5.

Tabela 3.5 - Valores de coeficiente de dilatação térmica linear (α) de materiais que constituem os revestimentos cerâmicos de fachadas

(Fonte: Medeiros, 1999; ASTM C1472, 2005).

Material	Coeficiente de dilatação térmica linear (α) °C⁻¹
Porcelanato	4,5* a 13 x10 ⁻⁶
Grês Cerâmico	5,9* a 12 x10 ⁻⁶
Semi Grês	5,9* a 12 x10 ⁻⁶
Cerâmica Semi Porosa	8 a 10 x10 ⁻⁶
Cerâmica Porosa	8 a 10 x10 ⁻⁶
Litocerâmica	8 a 10 x10 ⁻⁶
Argamassa Colante	8 a 12 x10 ⁻⁶
Rejunte Comum	9 a 13 x10 ⁻⁶
Rejunte Flexível	9 a 13 x10 ⁻⁶
Poliestireno Expandido	15 a 45 x10 ⁻⁶
Polietileno Expandido	110 a 200 x10 ⁻⁶
Bloco cerâmico (2)	6,5 x10 ⁻⁶
Concreto (2)	9,0 x10 ⁻⁶

Para exemplificar a aplicação das equações propostas pela ASTM 1472 (ASTM, 2005), na seqüência são calculados os movimentos térmicos horizontais e verticais, em dois painéis de 12 metros de largura por 3 metros de altura, revestidos por placa cerâmica, sendo que em um deles as placas cerâmicas são de cor preta e no outro de cor branca, ambas sem brilho e com coeficiente de dilatação térmica linear de 12 x10⁻⁶ mm/mm/°C, em um local cujas temperaturas mínimas são de 15° C e as máximas são de 27 °C, sendo os resultados apresentados na Tabela 3.6.

Tabela 3.6 – Magnitude dos movimentos em painéis de diferentes cores de placas cerâmicas

Placa cerâmica	Coeficiente de absorção solar (tab 3.4)	Constante de capacidade de calor (tab 3.2)	Temperatura superfície componente (°C)		Diferença de temperatura ΔT (°C) (Eq. 3.2.1.2)	Largura 12 m	Altura 3 m
			MIN (tab 3.3)	MÁX (Eq. 3.2.1.3)		Movimento horizontal (mm) (Eq. 3.2.1.1)	Movimento vertical (mm) (Eq. 3.2.1.1)
Preta	0,95	56	15	80,2	65,2	9,39	2,35
Branca	0,45	72	15	59,4	37,2	6,39	1,60

Goldberg (1998) exemplifica em seu trabalho o cálculo da largura da juntas de movimentação em função dos movimentos térmicos na fachada do edifício, com as seguintes características:

- Altura do edifício: 50 metros;
- Tipo de revestimento: porcelanato, ($\alpha_{porc.} = 6 \times 10^{-6}$ mm/mm/°C);
- Temperaturas de superfície (cor escura) variaram de 60 °C no sol quente e -10 °C no clima frio ($\Delta t = 70$ °C);
- Valor de difusão de calor através das camadas de modo que a estrutura de concreto ($\alpha_{concreto} = 10 \times 10^{-6}$ mm/mm/°C) atingiu temperatura média de 30°C na interface com o revestimento.

Substituindo os valores anteriormente propostos na equação 3.2.1.1, aquele autor fez o seguinte cálculo:

Deformação da estrutura de concreto:

$$0,000010 \text{ mm/ } ^\circ\text{C/m} \times 50\text{m} \times 1000\text{mm} \times 30^\circ \text{C} = 15 \text{ mm}$$

Deformação das placas de porcelanato:

$$0,000006 \text{ mm/ } ^\circ\text{C/m} \times 50\text{m} \times 1000\text{mm} \times 70^\circ\text{C} = 21 \text{ mm}$$

Desta forma, foram determinados os movimentos da camada de revestimento e da base, de modo que possam ser comparados, tomando-se o de maior magnitude (21 mm) para o cálculo da largura da juntas de movimentação. Vale lembrar que este valor não é o valor da abertura da junta, mas sim o valor que será utilizado para o cálculo desta, como poderá ser observado no item 5.2.2.

Ainda para a análise do efeito da variação de temperatura nos revestimentos, a ASTM C1472 (ASTM, 2005) sugere que o movimento térmico máximo esperado seja buscado, para a determinação da largura da junta, avaliando-o em diferentes temperaturas de diferentes estágios da vida do edifício: durante a construção; desocupado e não condicionado; e ocupado e condicionado. Cada um destes estágios resultará em diferentes condições ambientais interiores e, dependendo do material ou revestimento analisado, um destes produzirá o movimento térmico máximo a ser considerado na proposição da largura da junta.

A avaliação do efeito dos movimentos térmicos da base e das camadas de revestimento deve ser feita conhecendo-se as tensões que estes movimentos introduzem. Para se conhecer, simplificada, o nível de tensão atuante em cada camada, considera-se os materiais trabalhando em sua faixa elástica e equaciona-se a tensão pela lei de Hooke, a partir dos valores de módulo de elasticidade de cada material constituinte, como expressa a Equação 3.2.1.4.

$$\sigma = E * \varepsilon \quad \text{Equação 3.2.1.4}$$

$$\varepsilon = \alpha * \Delta t$$

$$\sigma = E * \alpha * \Delta t$$

Sendo:

σ : Tensão

ε : Deformação (movimento)

α : Coeficiente de dilatação térmica linear

E : Módulo de elasticidade

Δt : Diferença de temperatura

Os valores de módulos de elasticidade dos materiais que constituem os substratos e camadas dos revestimentos de fachadas foram sintetizados por Medeiros (1999), a partir de diversas fontes e estão expressos na Tabela 3.7:

Tabela 3.7 - Valores de módulo de elasticidade (E) de materiais que constituem os substratos e camadas de revestimentos cerâmicos de fachadas.

(Fonte: MEDEIROS, 1999)

Material	Módulo de Elasticidade E (GPa)
Porcelanato	50 a 70
Grês Cerâmico	40 a 60
Semi Grês	35 a 50
Cerâmica Semi Porosa	35 a 50
Cerâmica Porosa	35 a 50
Litocerâmica	45 a 60
Argamassa Adesiva Comum	8 a 15
Rejunte Comum	10 a 15
Rejunte Flexível	8 a 20
Poliestireno Expandido	1,7 a 3,1
Polietileno Expandido	0,1 a 1
Selante elastomérico	0,05 a 0,1
Concreto denso	18 a 35
Concreto aerado	1,4 a 3,2
Concreto leve	8
Bloco de concreto	10 a 25
Bloco de concreto celular	4 a 16
Bloco cerâmico	4 a 25
Argamassa de cimento	8 a 18

3.2.2 AÇÃO DA UMIDADE

A umidade é caracterizada pela presença de água nos materiais nas formas líquida, sólida ou vapor. Sua ação nos materiais porosos é promovida pela variação do seu conteúdo nos poros, ou seja, quando há absorção ou liberação de água. A ação da umidade conduz a uma variação dimensional¹³; geralmente, à expansão do volume dos elementos, quando há um aumento da umidade ou à retração do material, quando a umidade é reduzida.

¹³ A variação dimensional dos componentes, de retração e expansão, é conhecida como movimentação higroscópica.

A perda de água nos materiais de construção é um dos fatores causadores da contração volumétrica do material. Todas as camadas, inclusive a camada final do revestimento, sofrem diferentes magnitudes de contração, de acordo com suas propriedades, exposição e grau de restrição.

A movimentação higroscópica dos materiais pode ser irreversível ou reversível. O movimento irreversível ocorre pela contração volumétrica dos materiais em sua secagem, logo após a fabricação úmida, tanto dos materiais cimentícios, quanto dos materiais cerâmicos. Esta 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, numa parcela de retração e expansão reversíveis, conforme ilustrado na Figura 3.1..

Figura 3.1 – Movimentação higroscópica dos materiais

Fonte: Sabbatini (1984) apud Pfeffermann (1968)

Observa-se nesta figura, que a retração inicial ou irreversível ocorre em maior magnitude que a retração reversível. O tempo de ocorrência desta parcela maior de retração deve ser observado, pois, seus efeitos podem ser prejudiciais. Segundo Selmo (1989), a parcela irreversível de retração no endurecimento das argamassas de revestimentos gera 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 pequena.

A minimização dos efeitos da retração inicial é obtida pelo cumprimento dos prazos de produção das camadas, sobretudo para o assentamento das placas cerâmicas, após a ocorrência da retração irreversível das camadas anteriores. A magnitude destes movimentos nos materiais cimentícios depende das condições de umidade do ambiente no período de secagem. Deve-se, contudo, observar que, em regiões de clima úmido, o período desta retração nos materiais cimentícios pode-se prolongar, sendo por isto difícil de ser previsto.

O movimento higroscópico reversível é também uma parcela preocupante deste fenômeno, pois ocorre de maneira cíclica, em função dos ciclos de molhagem e secagem dos materiais, movimentando diferencialmente as camadas de revestimento. Segundo Selmo (1989), estes movimentos diferenciados entre emboço, chapisco e base, podem causar fissuras e descolamento 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 de chuva, como também às variações de umidade relativa do meio ambiente¹⁴ e da condensação superficial.

Os movimentos higroscópicos, irreversíveis e reversíveis, dos materiais que podem constituir os substratos e camadas do revestimento cerâmico, podem ser calculados multiplicando-se as dimensões dos painéis de revestimentos, pelos os valores dos coeficientes de movimentação higroscópica dos materiais. A Tabela 3.8 apresenta valores de coeficientes de movimentação higroscópica compilados de Thomaz, (1998); e da ASTM C1472 (ASTM, 2005).

Destaca-se entre os movimentos higroscópicos a expansão por umidade das placas cerâmicas, como foi comentado no item 2.1.4.1.B). Trata-se de um movimento que, segundo a opinião de alguns pesquisadores, influencia fortemente no destacamento de revestimentos de fachadas, dentre eles: Bowman, (1992 e 1993); Goldberg (1998); e Falcão Bauer; Rago (2000). Há, no entanto, opiniões divergentes, como por exemplo, a de Burnett (1976) que afirma que a EPU é raramente responsável pela queda dos revestimentos cerâmicos após poucos anos da sua produção, exceto em casos em que a temperatura e umidade são altas e contínuas.

¹⁴ Segundo Selmo (1989), a tensão do vapor de água saturante do ambiente deve equilibrar as pressões capilares internas do material. Na medida em que não há equilíbrio entre essas tensões, há o movimento permanente de umidade do material para o meio ambiente ou deste para o material, acarretando variações dimensionais em sua estrutura, ora de expansão, ora de retração.

Entretanto, como esclarecido em Fiorito (1994), como os valores de EPU são obtidos de uma forma não condizente com as condições reais de aplicação, não seria portanto recomendada a aplicação destes valores no dimensionamento das juntas de movimentação.

Tabela 3.8 – Coeficientes de movimentação higroscópica

Thomaz (1998); ASTM C1472 (ASTM, 2005)

Material	Movimentação Higroscópica %	
	Reversível	Irreversível (+) expansão (-) contração
Compostos 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 (+)

3.2.3 DEFORMAÇÕES DA ESTRUTURA

Atualmente, as tendências tecnológicas no campo da produção das estruturas de concreto têm possibilitado edifícios cada vez mais esbeltos, mais altos (FONTE ET AL, 2005). Assim, as modernas estruturas, ainda que completamente seguras, são também mais deformáveis, admitindo flechas que apesar de não comprometer em nada a estabilidade da construção e a estética do componente, podem impor às alvenarias e aos revestimentos deformações e conseqüentemente tensões que resultam em fissuras e destacamentos (SABBATINI, 1998; FRANCO, 1998; MEDEIROS, 1999; ABREU, 2001; THOMAZ, 2005).

Desta forma, o revestimento cerâmico de fachada deve ser projetado de forma que não sofra as conseqüências do movimento estrutural ou de maneira que possa acomodar os movimentos estruturais que o solicitam.

Os movimentos estruturais ocorrem em função das características geométricas da estrutura, de sua deformação devida à retração e deformação lenta do concreto, das cargas de ventos, além das deformações de origem térmica e higroscópica, comentadas anteriormente.

A NBR 6118 (ABNT, 2003) classifica as ações que podem produzir efeitos significativos na estrutura em:

- **ações permanentes:** são as que ocorrem com valores praticamente constantes durante toda a vida da construção, sendo também consideradas como permanentes as que crescem ao longo do tempo, tendendo a um valor limite constante. As ações permanentes dividem-se em ações permanentes diretas, constituídas pelo peso próprio da estrutura, dos elementos construtivos fixos e das instalações permanentes; e ações permanentes indiretas, constituídas pelas deformações impostas por retração e fluência do concreto, deslocamentos de apoio, imperfeições geométricas e protensão. As ações permanentes devem ser consideradas com seus valores representativos mais desfavoráveis à segurança;
- **ações variáveis:** dividem-se em ações variáveis diretas, constituídas pelas cargas acidentais previstas para o uso da construção, pela ação do vento e da chuva e ações variáveis indiretas, constituídas pelos efeitos decorrentes de variações uniformes e não uniformes de temperatura e as ações dinâmicas;
- **ações excepcionais:** são as situações excepcionais de carregamento, cujos efeitos não possam ser controlados por outros meios, como choques ou vibrações.

As deformações provocadas pela ação do peso próprio e demais ações permanentes nas primeiras idades da estrutura de concreto iniciam-se e ocorrem em sua maior parte, logo após a desforma e retirada dos escoramentos. Estas deformações continuam ocorrendo, solicitando gradativamente a estrutura e podem ocasionar o desempenho inadequado de elementos não estruturais que a ela estão ligados (NBR 6118, ABNT, 2003).

Ao se realizar o projeto de revestimentos, chama-se a atenção para a necessidade de se realizar a avaliação da deformação lenta do concreto, pois segundo Sabbatini (2005), nos últimos 20 anos, a deformação excessiva das estruturas, sobretudo devida à fluência, vem ocasionando freqüentemente e de maneira “epidêmica” rupturas em alvenarias e patologias 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 fluência final; após 3 meses, 55% da fluência final e após 1 ano 76%. Segundo o autor, valores experimentais mostram que a fluência no final de 30 anos é de 1,36 vezes a fluência após um ano. Estima-se que a fluência após 20 anos possa alcançar de 1,5 a 3,0 vezes mais do que a observada após dois meses de carregamento.

Segundo Neville (1982), a retração do concreto após 6 meses da produção dos elementos pode variar de 0,2 mm/m a 1,2 mm/m, em função do teor de agregado e da relação água cimento. As condições de cura também são um fator determinante, o que significa que, no limite, um edifício de 60 metros pode contrair devido à retração, até 72 mm verticalmente.

O deslocamento máximo dos elementos estruturais, devido à combinação das diversas ações permanentes, incluindo deformação lenta e retração do concreto, após a construção da alvenaria, é limitado pela NBR 6118 (ABNT, 2003) a $\ell/500$ ou 10 mm.

Segundo Franco (1998) e Thomaz (2005), essa deformação é suficiente para introduzir tensões que podem levar as alvenarias e revestimentos a apresentarem problemas, tais como fissuração ou destacamento, sendo por isto considerada inadequada aos sistemas não estruturais. Casos citados por Franco; Barros; Sabbatini (1994) e Cunha; Lima; Souza (1996) registraram fissuras em paredes produzidas por deformações da estrutura da ordem de $\ell/1000$ ou valores menores.

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

As deformações permanentes podem ser minimizadas se forem adotadas práticas satisfatórias na produção da estrutura de concreto, sobretudo quanto ao re-escoramento, à cura dos elementos estruturais e também à seqüência de fixação da alvenaria.

Sabbatini (1998) defende que a menor deformabilidade dos elementos estruturais pode ser obtida incrementando-se o tempo de escoramento permanente e aumentando-se o percentual de escoras permanentes; além da promoção da cura úmida do concreto, por pelo menos 7 dias, para se obter maior módulo de elasticidade aos 28 dias.

Quanto à fixação superior da alvenaria, recomenda-se postergá-la ao máximo e antecipar ao máximo os carregamentos antes da fixação (por exemplo, executar os contrapisos), além de se adotar a seqüência de execução mais favorável possível. Além disto, a fixação deve ser feita com argamassa de baixo módulo de elasticidade e alta aderência, preenchendo totalmente o espaço entre alvenaria e a estrutura (SABBATINI, 1998). Estas medidas diminuem as tensões nas alvenarias e revestimentos devidas às deformações da estruturas.

Os deslocamentos dos elementos estruturais sobre paredes são limitados, segundo a NBR 6118 (ABNT, 2003), como ilustra a Tabela 3.9.

Como exemplo, tomando-se o coeficiente do concreto, que tem sua retração reversível da ordem de 0,3 a 1,0 mm/m e considerando-se um edifício de 25 andares, com aproximadamente 80 metros de altura, verifica-se que, se o encurtamento da estrutura não fosse impedido pela presença de vedação, poderia encurtar de 24 mm até 80 mm verticalmente. Uma vez que a camada de acabamento dificilmente irá retrair, podendo algumas vezes até expandir, como lembra Goldberg (1998), este movimento deverá ser liberado com a previsão de juntas de movimentação ao longo da altura do edifício.

Tabela 3.9 – Limites para deslocamentos da estrutura

Fonte: NBR 6118 (ABNT, 2003)

Fonte: NBR 6118 (ABNT, 2003)

Tipo de efeito	Razão da limitação	Exemplo	Deslocamento a considerar	Deslocamento limite
Efeito em elementos não estruturais	Paredes	Alvenaria, esquadrias e revestimentos	Após a construção da parede	$\ell / 500^{1)}$ ou 10 mm
		Movimento lateral em edifícios	Provocado pela ação do vento para combinação freqüente	$H / 1.700$ ou $H_i / 850^{2)}$ entre pavimentos ³⁾
		Movimentos térmicos verticais	Provocado por diferença de temperatura	$\ell / 400^{4)}$ ou 15 mm

1) O vão ℓ deve ser tomado na direção na qual a parede ou a divisória se desenvolve;

2) H é a altura total do edifício e H_i o desnível entre dois pavimentos adjacentes;

3) Esse limite aplica-se ao deslocamento lateral entre dois pavimentos consecutivos devido à atuação de ações horizontais. Não devem ser incluídos os deslocamentos devidos a deformações axiais nos pilares. O limite também se aplica para o deslocamento vertical relativo das extremidades de lintéis conectados a duas paredes de contraventamento, quando H_i representa o comprimento do lintel.

4) O valor ℓ refere-se à distância entre o pilar externo e o primeiro pilar interno.

Nota:

5) O deslocamento total deve ser obtido a partir da combinação de ações características ponderadas pelos coeficientes definidos na seção 11 da NBR 6118 (ABNT, 2003).

Assim, na realização do projeto de revestimentos cerâmicos de fachadas, as deformações da estrutura merecem especial atenção, sendo fundamental que, a partir do projeto estrutural, sejam obtidas informações sobre as flechas imediatas e em longo prazo, passíveis de ocorrerem em qualquer região das lajes e vigas que se apóiam sobre paredes e que serão revestidas; a essas informações deve-se acrescentar aquelas decorrentes das condições de produção.

3.2.4 AÇÃO DO VENTO

Os edifícios também estão sujeitos a deformações devidas às ações variáveis, ou ações dinâmicas (Figura 3.2), tais como a ação do vento, das cargas acidentais, choques e vibrações na estrutura de concreto, as quais devem ser avaliadas previamente ao projeto do revestimento, pois ocorrem em sua maior parte na fase de utilização da edificação, depois da aplicação do revestimento e, portanto, após a produção das juntas.

Figura 3.2 – Situações típicas de vibrações a que ficam submetidas as edificações urbanas devido às ações dinâmicas

Fonte: Moreira (2002)

Dentre as diversas ações dinâmicas, o efeito das cargas de vento na estrutura merece atenção especial no projeto de revestimentos. Segundo Salvadori (2002), a pressão do vento promove uma ligeira curvatura do edifício, movendo o seu topo, levando-o a movimentos cíclicos de curta periodicidade.

Este movimento, mais significativo em edifícios altos, não pode ser visto ou sentido, mas ocasiona esforços de tração e compressão e tensões de cisalhamento entre as camadas de revestimento devido à flexão das fachadas (MEDEIROS, 1999). A Figura 3.3 ilustra o movimento de um edifício submetido à ação do vento.

Figura 3.3 Exemplo de movimento do edifício submetido à ação do vento

Fonte: Moreira (2002)

Apesar de estar previsto no dimensionamento das estruturas e de a sua estabilidade estar garantida, o deslocamento devido à ação do vento, pode trazer problemas ao revestimento de fachada, dependendo da sua magnitude. Assim, caberá ao profissional do projeto de revestimentos avaliar a deformação prevista para o edifício quanto aos efeitos do vento; caso este seja significativo, o emprego de juntas de movimentação horizontais é recomendado em todos os pavimentos, como está bem expresso nas normas BS 5385:part2 (BSI, 1991); AS 3958.2 (AS, 1992); NBR 13755 (ABNT, 1996); DIN 18515-1 (DIN, 1998); e é também destacado por Ledbetter; Hurley; Sheehan (1998); Goldberg (1998) e Medeiros (1999)). Entretanto parâmetros para o dimensionamento destas juntas devem ser buscados no projeto de estrutura e passado como informação ao projetista de revestimentos.

3.3 ACOMODAÇÃO DOS MOVIMENTOS

O princípio de funcionamento da junta de movimentação selada é criar no revestimento uma região o mais resiliente possível, de modo a provocar a migração, para aquela região, das tensões surgidas no painel, dissipando-as pela deformação de um material elastomérico, mantendo com isso a integridade do revestimento. (SABBATINI et al, 1990).

Os movimentos a que os revestimentos estarão sujeitos determinarão diferentes movimentos nas juntas seladas e, conseqüentemente tensões de naturezas distintas. A

resultante da combinação destes movimentos é de difícil previsão, como pode ser visto pelas colocações feitas no item 3.2, mas deve ser avaliada para se estabelecer a largura da junta que será necessária (ASTM C1472, 2005).

As juntas podem ser solicitadas por movimentos que tendem a abri-las, fechá-las ou mesmo cisalhá-las, dependendo das ações a que estiver sujeita e da posição em que se encontra.

Com base nas deduções propostas por Fiorito (1994), a autora desta pesquisa ilustra alguns movimentos diferenciais entre a base e a camada de revestimento, a fim de favorecer o entendimento do efeito destes movimentos nas juntas de trabalho, distintos dos movimentos que ocorrem nas juntas superficiais. Prevê-se, por exemplo, que, devido à retração do substrato, a junta de trabalho tenderá a se abrir, provocando um esforço de tração no seu material de preenchimento (Figura 3.4). No entanto, como o substrato está aderido à base, esta abertura da junta não é totalmente livre e ocorre, por isto, de modo diferencial ao longo da espessura de cada camada.

Figura 3.4 – Junta de Trabalho: movimento de tração devido à retração do substrato

Neste mesmo tipo de junta, prevê-se que, quando há a expansão das placas, devido, por exemplo, à variação de umidade ou pelo aumento da temperatura, ocorrerá uma tendência de fechamento da junta, ocasionando uma tensão de compressão no material de preenchimento, como ilustra a Figura 3.5.

Figura 3.5 – Junta de Trabalho: movimento de compressão devido à expansão das placas cerâmicas

Por outro lado, se a junta for de superfície, ao ocorrer a retração do substrato, ela sofrerá tensão de compressão, conforme ilustra a Figura 3.6. Neste mesmo sistema, quando houver a expansão e contração das placas cerâmicas (movimentos higroscópicos ou térmicos), a junta de superfície sofrerá tensões de compressão (Figura 3.7(a)) ou de tração, respectivamente (Figura 3.7 (b)).

Figura 3.6 – Junta de Superfície: movimento de compressão devido à retração do substrato

Figura 3.7 – Junta de Superfície: movimento de compressão devido à expansão das placas cerâmicas (a); movimento de tração devido à contração das placas cerâmicas (b)

Palmer (2004), com base nos estudos de Dux; Mullins (1999), Bowman; Banks (1996) e Burnett (1976), afirma que podem ocorrer falhas no sistema de revestimento cerâmico devidas à retração por secagem excessiva do concreto e da argamassa associada à expansão excessiva da placa cerâmica, levando à falha por cisalhamento na interface entre a camada de fixação e a placa cerâmica. Segundo o autor, a especificação de juntas de movimentação, aliada a uma camada de fixação deformável, pode evitar este tipo de ruptura. Uma situação - numa escala majorada - em que a argamassa da camada de fixação é rígida ou, por algum fator perde sua capacidade de aderência, em um sistema que inclui junta de trabalho, é ilustrada na Figura 3.8.

Figura 3.8 – Exemplo de situação para visualização do comportamento do revestimento: retração excessiva do concreto e da argamassa, associadas à expansão excessiva da placa cerâmica. Ilustração proposta pela autora.

Observa-se, neste exemplo, que a camada de fixação é um ponto crítico no sistema de revestimento cerâmico, devendo, pois, possuir resistência de aderência e “flexibilidade” adequadas para acompanhar os movimentos diferenciais entre a base e a camada de acabamento.

Portanto, a previsão de juntas de movimentação nem sempre é solução para os potenciais problemas de destacamento do revestimento cerâmico, sendo de fundamental importância que o projeto de produção esteja voltado a assegurar a capacidade resistente da camada de fixação.

Existem inúmeros fatores que contribuem para o aumento da capacidade das camadas de revestimento de se deformarem e de se manterem aderidas frente às tensões a que estarão sujeitas, dentre os quais se destacam as características intrínsecas dos materiais empregados, as particularidades da técnica de execução, o respeito aos prazos de execução, e os cuidados especiais dispensados pela mão-de-obra.

3.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

O comportamento dos revestimentos frente aos muitos movimentos das fachadas é um assunto complexo, abordado por autores como Goldberg (1998), Medeiros (1999), Bortoluzzo (2000), Abreu (2001), dentre outros, os quais concluem, de uma maneira geral, que o emprego de juntas de movimentação em revestimentos é ainda polêmico, uma vez que não se foi possível dispensar um tratamento científico preciso ao dimensionamento desses elementos construtivos.

No entanto, alguns desses autores concluem também que o encontro da alvenaria com a estrutura é uma região extremamente solicitada, em função da movimentação diferencial dos elementos e que este é um ponto crítico de concentração de tensões; por isto, mesmo que os modelos matemáticos indiquem a não necessidade do emprego de juntas, estas têm sido utilizadas nessas regiões, ora com sucesso e ora com deficiências.

Destaca-se que o desempenho do sistema de revestimentos cerâmicos está intensamente relacionado à aderência entre as camadas e à capacidade de cada uma delas de absorver as deformações que lhes são impostas. Estas propriedades do conjunto contribuem para que o revestimento cerâmico como um todo suporte as tensões que serão introduzidas ao longo da sua vida útil. Deste modo entende-se que, antes de se tratar do alívio das tensões por meio de juntas de movimentação, é importante assegurar os fatores que otimizam as propriedades do revestimento.

Por outro lado, é preciso que se destaque que são muitas as variáveis que interferem nestas propriedades do revestimento, quais sejam: 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, as quais deverão ser devidamente consideradas para o projeto do revestimento.

Em seu trabalho, Abreu (2001)¹⁵ concluiu que a utilização de juntas de movimentação em revestimentos aderidos seria polêmica, pois ao introduzir juntas de movimentação, o resultado foram esforços muito altos em torno destas, os quais poderiam ser prejudiciais ao comportamento do painel de revestimento.

Entende-se, portanto que a proposição de juntas, permitindo um maior movimento do painel de revestimento, ao mesmo tempo em que pode auxiliar no comportamento de todo o conjunto, pode ser também arriscada, em virtude destas tensões e da liberdade de movimento que a junta irá propiciar e que podem resultar em fadiga na aderência entre as camadas.

Além disso, cria-se na região da junta um local mais suscetível à perda da estanqueidade, o que poderá comprometer outras funções do revestimento. Portanto, a decisão pelas características das juntas deve ser tomada pelo projetista de revestimento, que precisa ponderar os fatores intervenientes no projeto e optar pelos de maior importância e menor risco, além de seguir o contexto das normas vigentes.

¹⁵ Abreu (2001), objetivando avaliar o efeito que as juntas de movimentação produzem no comportamento mecânico dos revestimentos, estudou este comportamento através de modelagem numérica, analisando a resposta do revestimento quando solicitado, ou seja, buscou traduzir por expressões matemáticas as leis que se admitem reger o comportamento mecânico dos diferentes constituintes do sistema de revestimento.

CAPÍTULO 4.

JUNTAS DE MOVIMENTAÇÃO SELADAS

Neste capítulo apresenta-se os requisitos de desempenho das juntas de movimentação seladas e os seus elementos constituintes cujas propriedades serão fundamentais para o cumprimento daqueles requisitos. Uma ênfase é dada aos materiais selantes, enfocando-se os tipos, suas características e propriedades principais, as quais são, posteriormente sintetizadas na Tabela 4.3, e o controle de qualidade. São também abordadas as principais falhas nas juntas seladas, suas causas e cuidados para prevenção.

4.1 REQUISITOS DE DESEMPENHO DAS JUNTAS SELADAS

Enquanto parte do subsistema de revestimentos cerâmicos de fachadas, as juntas seladas devem satisfazer os requisitos de desempenho relacionados à durabilidade, dissipação de tensões, estanqueidade e estética, enfocados na seqüência.

4.1.1 DURABILIDADE

Um dos principais desafios na produção de uma junta selada é fazê-la durável sua durante a vida útil, ou seja, fazer com que tenha capacidade contínua de acomodar os movimentos impostos pela estrutura e pelas condições ambientes às camadas de revestimentos, sem apresentar problema que comprometa o desempenho do revestimento.

A durabilidade da junta selada está relacionada a fatores de degradação e envelhecimento do material selante que, segundo a ASTM C1193-05a (ASTM, 2005), de modo geral, ocorre principalmente pela foto-degradação causada pelos raios ultravioleta e ciclos de aquecimento e resfriamento em conjunto com a ação da água.

Além disto, cuidados no projeto e na execução da junta são fundamentais para que se alcance a vida útil desejada. A inadequada execução das juntas de movimentação seladas tem sido apontada por autores como Woolman; Hutchinson (1994) e Gorman et al. (2001) como uma das principais causas de falhas. Assim, a durabilidade das juntas preenchidas por sistema selante é alcançada, sobretudo, quando se alia à adequada especificação do selante e demais constituintes da junta, uma criteriosa aplicação dos materiais.

Segundo Ledbetter, Hurley; Sheehan (1998) uma junta selada, quando bem especificada e executada, tem uma expectativa de vida útil limitada a, possivelmente, 20 anos. Esses mesmos autores afirmam que o período de vida útil pode ser previamente estimado através de ensaios de envelhecimento acelerado a serem realizados com os materiais e componentes específicos que se pretende utilizar.

No Brasil, a vida útil de selantes, componentes de juntas e rejuntamentos prevista em projeto de fachadas de edifícios¹⁶ é bastante inferior. O projeto de norma de desempenho PR02:136.01.001 (ABNT, 2006) estabelece para estes materiais uma vida útil mínima de 3, 4 ou 5 anos, em função do padrão da edificação. A responsabilidade em assegurar prazos mais prolongados fica, portanto, a cargo dos fabricantes dos materiais e não do executor.

É importante salientar também que a durabilidade das juntas de movimentação conta com o seu re-selamento de tempos em tempos e que a periodicidade ao longo da vida útil do edifício, para esta atividade, deve estar prevista em projeto, em função das características específicas dos materiais utilizados.

4.1.2 ACOMODAÇÃO DE MOVIMENTOS

A junta deve ser prevista para acomodar os possíveis movimentos reversíveis e irreversíveis que possam vir a ocorrer no painel de revestimento e, para cumprir esta função, é necessário que seja adequadamente projetada, o que implica no seu dimensionamento e posicionamento adequados; além disso, é importante a especificação do selante correto para os movimentos previstos. O dimensionamento incorreto ou a especificação do selante inadequada aos movimentos a que as juntas estarão sujeitas podem contribuir para sua ruptura precoce, que pode acontecer sob a forma de uma perda de adesão ao substrato ou ruptura coesiva do selante (ASTM C1193-05a, 2005).

¹⁶ O conteúdo do PR 02:136.01.001 (ABNT, 2006) refere-se a sistemas que compõem edifícios habitacionais de até cinco pavimentos, independentemente dos seus materiais constituintes e do sistema construtivo utilizado.

Os selantes são formulados de tal modo que apresentam características específicas, tais como seu fator de acomodação, sua recuperação elástica, módulo de elasticidade e dureza *shore*, as quais serão abordadas no item 4.3, e que determinam sua maior ou menor capacidade de acomodação de movimentos da juntas de movimentação.

As juntas de movimentação têm também a função de compensar variações dimensionais inevitáveis das placas cerâmicas, esquadrias e variações dimensionais no conjunto dos elementos na construção. Entretanto, especificamente quanto às tolerâncias dos elementos da construção, infelizmente no Brasil ainda não são estabelecidas referências. Este quadro é diferente em outros países, podendo-se exemplificar com as normas britânicas que permitem desvios construtivos ao nível de planicidade, prumo e alinhamento dos elementos construtivos, da ordem de 2 mm por pavimento, no caso de paredes planas e janelas (LEDBETTER; HURLEY; SHEEHAN, 1998).

4.1.3 ESTANQUEIDADE

Como uma das funções da junta é acomodar os movimentos, sua especificação objetiva também impedir a formação de fissuras ou qualquer abertura no revestimento que possibilite a penetração de água pela vedação, contribuindo no cumprimento do requisito de desempenho das fachadas relativo a estanqueidade à água (OLIVEIRA; MOREIRA, 2005).

Além de proporcionar que não haja fissuras no painel de revestimento, a própria junta constitui um ponto frágil em relação a estanqueidade, como anteriormente comentado. Assim, sendo, as juntas seladas devem promover uma barreira contra a infiltração de água e de ar pela vedação. Entretanto, o sistema de selamento somente cumprirá esta exigência se não se deteriorar ao longo do tempo, isto é, se não sofrer falhas, seja por deterioração dos materiais de que é constituído, falha coesiva por exemplo, seja por perda de adesão do selante.

4.1.4 ESTÉTICA

As juntas em fachada são elementos freqüentemente muito visíveis; portanto, é importante que, além dos requisitos de desempenho técnicos, os fatores estéticos sejam apropriadamente considerados quando se faz a especificação de uma junta e, posteriormente, quando a mesma é executada.

Existe uma tendência de se fazer as juntas de movimentação o mais estreitas possível e de se aumentar os espaços entre elas, a fim de reduzir seu impacto visual na arquitetura do

edifício. Esta tendência conflita com sua função de acomodar os movimentos e de resistir às tensões que provocam.

Há também o apelo do mercado e dos próprios projetistas à indústria de selantes para que as cores destes sejam o mais próximo possível das cores das placas cerâmicas; porém, como bem afirmam Ledbetter; Hurley; Sheehan (1998), essas tentativas são raramente bem sucedidas, pois a cor inicial do selante é perdida ao longo do tempo, seja pelo acúmulo de sujeira, que ocorre de maneira diferenciada entre o selante e as placas cerâmicas, seja pelos efeitos do intemperismo que também variarão para cada um.

Observa-se, portanto que, para satisfazer estes requisitos de desempenho, não cabe simplesmente preencher as aberturas das juntas, os materiais e componentes de sua constituição precisam ser capazes de cumprir as exigências de acomodação de movimentos, estanqueidade, durabilidade, além da estética. Todos os requisitos devem ser compatíveis com as exigências de vida útil especificadas em projeto.

Frente a essas exigências, busca-se registrar como as juntas devem ser constituídas e, na seqüência, as características que os materiais e componentes devem apresentar.

4.2 CONSTITUIÇÃO DAS JUNTAS SELADAS

A junta de movimentação preenchida por selante, ilustrada na Figura 4.1, apresenta como elementos fundamentais à sua constituição o limitador de profundidade; o *primer* e a fita isoladora e o selante; os quais de uma maneira ou de outra acabam interagindo com o substrato. Exceto o selante, que está presente em todos os tipos de junta, é possível que algum dos demais materiais constituintes seja suprimido em situações específicas. Estes materiais e componentes, assim como as características exigidas do substrato, são abordados na seqüência.

4.2.1 SUBSTRATO

Pode-se dizer que as superfícies laterais da junta de movimentação nas quais o selante irá aderir são o seu substrato. Estas superfícies são constituídas pelas diversas camadas que constituem o sistema de revestimento e podem ser, porosas ou não porosas. São considerados porosos os revestimentos de argamassa, as placas de rocha, painéis de base cimentícia, concreto e materiais cimentícios sem tratamentos superficiais. Os não-porosos são as placas cerâmicas de baixa absorção e as superfícies pintadas.

Figura 4.1 – Ilustração de juntas seladas, com seus principais elementos constituintes

A adesão do selante a essas superfícies é um fator importante de ser considerado, sobretudo em substratos não porosos, tal como as placas de porcelanato, cuja porosidade é inferior a 0,5%.

Segundo a ASTM C1193-05a (ASTM, 2005), em situações que a adesão do selante ao substrato possa ser comprometida, deve-se consultar o fabricante de selante para se determinar uma preparação adequada da superfície, com uso, por exemplo, de método de limpeza específico e de aplicação de um fundo preparador, usualmente denominado de *primer*. Além disso, a mesma norma recomenda que sejam realizados testes de adesão *no próprio local*, antes da execução do selamento das juntas.

Em substratos porosos, uma condição problemática à adesão do selante ao substrato é a sua incompatibilidade com produtos químicos, tais como desmoldantes, agentes de cura ou outros elementos que possam ficar impregnados nas superfícies de aderência. A presença de poeira ou nata de cimento na superfície do substrato também possibilita uma falsa adesão. Por isto, é essencial que esses materiais sejam removidos dos poros da superfície do substrato. Além disto, substratos friáveis, tal como revestimento de argamassa e algumas placas de rochas podem ser menos resistentes que os selantes, podendo ocorrer a fratura do próprio substrato, como exemplifica a Figura 4.2.

Figura 4.2 – Fratura em substrato friável

Fonte: TREMCO INCORPORATED, 2000

Outro fator que pode prejudicar a adesão do selante ao substrato poroso é a presença de umidade nos poros do substrato, mesmo quando aparentemente encontra-se seco. Se isto ocorrer, a umidade poderá ser liberada durante o processo de cura do selante prejudicando a sua cura. Nestes casos, a imprimação¹⁷ do substrato, cujas características são discutidas na sequência, pode minimizar ou até mesmo evitar esta migração de umidade, minimizando também seus efeitos nocivos.

4.2.2 PRIMER

O *primer* é um produto que deve ser aplicado sobre as superfícies do substrato, antes da aplicação do selante, para assegurar a compatibilidade entre selante e substrato e permitir o completo desenvolvimento da ligação entre as superfícies conforme (DTU.44.1, AFNOR, 2002).

Segundo a ASTM C1193-05a (ASTM, 2005), o *primer* funciona de três maneiras: primeiro, mudando as características químicas da superfície do substrato, tornando-a mais adequada ao selante; segundo, estabilizando a superfície do substrato, preenchendo os poros e fortalecendo áreas fracas e por último, reduzindo a pressão capilar da umidade através da superfície do substrato.

¹⁷ **Imprimação:** aplicação de *primer* nas superfícies da junta. Termo amplamente usado no meio técnico.

4.2.3 LIMITADOR DE PROFUNDIDADE

O limitador de profundidade do selante é um material compressível, pré-fabricado e usado para limitar a profundidade da junta, de modo a evitar o consumo excessivo daquele material. Tem importantes funções no desempenho das juntas de movimentação seladas, dentre as quais se destacam:

- controlar a quantidade, profundidade e auxiliar na adequada modelagem do selante na abertura da junta (LEDBETTER; HURLEY; SHEEHAN, 1998; ASTM C1193-05a (ASTM, 2005), pois segundo Rocha (1996) e Ferme (2005), o selamento muito espesso sofre grandes tensões, tornando-se passível de ruína prematura;
- permitir o movimento do selante, contribuindo para que não haja adesão na sua terceira face – a superfície do fundo do sulco realizado - o que restringiria a sua movimentação e aumentaria consideravelmente as chances de ocorrer a sua ruptura (ROCHA, 1996);
- apoiar e dar firmeza ao selante durante a sua aplicação e acabamento, forçando-o a ter contato com as faces laterais do sulco, auxiliando a boa adesão do selante e, por conseguinte, o funcionamento da junta (LEDBETTER; HURLEY; SHEEHAN, 1998).

Esse componente, comumente conhecido pelo nome de uma de suas marcas comerciais - “ Tarucel” – é mais comumente encontrado no mercado na forma de cordões cilíndricos, com diâmetros de 6 mm a 75 mm (Figura 4.3).

Figura 4.3 – Ilustração de componentes empregados como limitador de profundidade do selante

Fonte: Casa d'água (2005)

A ASTM C1193-05a (ASTM, 2005) apresenta as características dos materiais e recomendações de uso do limitador de profundidade, sendo aqui sintetizadas as suas informações:

“ São espumas que podem ter uma estrutura interna de células abertas, fechadas, ou uma combinação de ambas.

As espumas de células abertas, normalmente de poliuretano, não possuem uma película de recobrimento em sua superfície. Este tipo de espuma tem baixa densidade, é facilmente compressível.

A espuma de células fechadas é usualmente de polietileno; mas, pode ser também de neoprene, butilica ou de EPDM ou uma combinação destes. É extrudada em diversos tamanhos e formas e possui uma película em sua superfície que lhe confere propriedade de ser não absorvente.

Devido à sua estrutura, a espuma de células fechadas tem baixa densidade e é menos compressível que um limitador de profundidade de células abertas, sendo geralmente usada onde a largura da junta é de pequena variação ou constante.

Existem também as espumas bicelulares, de polietileno ou poliolefina, as quais são tipicamente extrudadas em vários tamanhos, em forma cilíndrica. Estas possuem película superficial que, assim como com as espumas de células fechadas, asseguram ao componente a não absorção de água. Por outro lado, se for puncionada durante a execução, por ter características de células aberta, não prejudica o selante” .

4.2.4 FITA ISOLADORA

A fita isoladora cumpre também a função de evitar a adesão do selante ao fundo da junta e é utilizada em juntas cuja profundidade não possibilita a utilização do limitador de profundidade ou mesmo sobre o limitador de profundidade para garantir a não adesão do selante. Trata-se de uma fita auto-adesiva sensível à pressão, comumente de polietileno ou politetrafluoretileno, na qual é extremamente difícil estabelecer uma ligação adesiva do selante (ASTM C1193-05a, 2005).

A adesão do selante em uma terceira face ou no próprio limitador de profundidade, pode ser prejudicial ao desempenho do mesmo, como ilustra a Figura 4.4.

Figura 4.4 Configuração de juntas seladas em movimento – efeitos da adesão ao terceiro lado.

Fonte: Woolman; Hutchinson (1994).

4.2.5 SELANTES

Os selantes são produtos à base de polímeros cuja função principal é selar efetivamente a junta entre dois substratos. Uma vez aplicado, o selante deve apresentar características de adesão, coesão e deformabilidade que lhe permita assegurar a estanqueidade em condições previamente estabelecidas de ambiente e de movimento da junta, apresentando durabilidade compatível com as exigências de projeto.

Os selantes podem apresentar consistência fluída, quando são chamados de autonivelantes ou elevada viscosidade, sendo então denominados tixotrópicos. Apenas este último é recomendado para ser aplicado em fachadas. São moldados no local, podendo seu comportamento, quando curado, variar de elástico a plástico, como sintetizado por Ferme; Oliveira (2003), na Tabela 4.1.

Os selantes podem ser monocomponentes ou multicomponentes e, segundo o TCA (2002), ambos são adequados aos revestimentos cerâmicos de fachadas. O monocomponente cura em contato com o meio ambiente, por secagem ou na presença da umidade atmosférica e exige um tempo de cura maior que de um selante multicomponente. Não necessita ser misturado e é fornecido, geralmente, em tubos ou em embalagem com aplicador, pronto para ser aplicado por extrusão. É formulado propositadamente para ter um tempo de cura lento, a fim que seu prazo de permanência na embalagem seja prolongado.

Tabela 4.1 – Comportamento dos selantes (FERME; OLIVEIRA, 2003)

Elástico	Apresentam comportamento elástico, ou seja, deformação proporcional à tensão e retornam ao estado original após a remoção desta tensão.
Elastoplástico	Comportamento predominantemente elástico, mas tendem a sofrer deformações plásticas quando solicitados acima do seu limite elástico e, nesta situação, após a remoção da tensão, não retornam totalmente ao seu estado original.
Plastoelástico	Comportamento predominantemente plástico, ou seja, após a retirada do esforço a que foi submetido, não retornam totalmente ao seu estado original, mas apresentam algum comportamento elástico quando solicitados abaixo do seu limite elástico.
Plástico	Apresentam escoamento sob tensão, com deformações plásticas, não retornando ao estado original após a remoção desta tensão.

De acordo com a ASTM C1193-05a (ASTM, 2005), não é recomendado o uso de um selante monocomponente em uma região muito seca¹⁸, uma vez que sua cura completa pode não acontecer em um período de tempo razoável.

Os selantes multicomponentes são compostos tipicamente de dois componentes ou em alguns casos, três. São misturados no local, imediatamente antes da aplicação e possuem como vantagem principal sobre o monocomponente, a cura relativamente rápida após sua mistura. Entretanto, como desvantagens, existem os riscos de falhas que podem ocorrer na realização da mistura manual, como: a dosagem incorreta de um componente em relação ao outro, que pode resultar na obtenção de propriedades inadequadas ao desempenho esperado do selante; a mistura incorreta ou em tempo insuficiente que podem ocasionar a introdução de ar e, conseqüentemente, de bolhas no selante.

¹⁸ A norma não define a umidade relativa que considera para uma região muito seca.

A Tabela 4.2 apresenta a classificação dos selantes pela ASTM C920 (ASTM, 2005), quanto ao tipo de aplicação e o substrato para os quais são fabricados.

Segundo o TCA (2002), quando classificados quanto ao tipo de aplicação, os selantes adequados ao uso de revestimentos cerâmicos de fachadas, são os da classe *NT*, ou seja, selantes para áreas não trafegáveis. Quanto ao tipo de substrato, este mesmo organismo indica que tanto os selantes para argamassa (*Use M*), quanto os selantes para vidro (*Use G*) são recomendados para serem utilizados com os revestimentos cerâmicos, sendo que alguns selantes exigirão a aplicação de *primer* na borda das placas cerâmicas.

Tabela 4.2 – Classificação dos selantes elastoméricos quanto ao uso
(ASTM C920, 2005)

		Classe	Descrição
USO de Selantes Elastoméricos	Tipo de Aplicação	<i>Use T</i>	Selante designado para uso em áreas de tráfego de pedestres e veículos como calçadas, praças, decks, parques e garagens.
		<i>Use NT</i>	Selante designado para uso em áreas não trafegáveis.
		<i>Use I</i>	Selante designado para uso em juntas que estão sujeitas continuamente a líquidos
	Substrato	<i>Use M</i>	Selantes para uso em substratos de argamassa
		<i>Use G</i>	Selantes para uso em substratos de vidro
		<i>Use A</i>	Selantes para uso em substratos de alumínio
		<i>Use O</i>	Selantes para uso em outros substratos

4.3 PROPRIEDADES E CONTROLE DE QUALIDADE DOS SELANTES

O desenvolvimento de tecnologias aplicadas ao uso de juntas está, de certa forma, relacionado ao desenvolvimento dos produtos da indústria de selantes, que vem objetivando aprimorar os produtos de modo a atender as necessidades específicas do uso.

Neste item busca-se sintetizar algumas das propriedades dos materiais selantes mais aplicáveis à especificação de revestimentos de fachadas e os métodos de ensaios relacionados ao controle de qualidade destas propriedades.

4.3.1 CAPACIDADE DE MOVIMENTAÇÃO

A capacidade de movimentação de um selante é a amplitude máxima que este pode aceitar após sua cura, mantendo um selamento eficaz (AFNOR, 2002). É uma de suas mais importantes propriedades, expressa pelo **fator de acomodação** do selante, definida por Ferme; Oliveira (2003) como sendo “ a taxa de movimentação total entre a máxima contração e o máximo alongamento que o selante irá suportar, expresso em percentual da largura da junta” . Assim sendo, um selante cujo fator de acomodação é ± 25 terá a capacidade de movimentar 25% da medida da largura da junta, para a expansão ou para a contração.

Os selantes disponíveis no mercado são usualmente classificados segundo seu fator de acomodação; entretanto, não há uniformidade nesta classificação. Enquanto a ISO 11600 (2002) classifica os selantes em faixas $\pm 7,5$; $\pm 12,5$; ± 20 ; ± 25 , como pode ser observado na Figura 4.5, a norma ASTM C920 (ASTM, 2005), similar à ISO 11600, mas não idêntica, classifica os selantes elastoméricos para juntas nas categorias $\pm 12,5\%$, $\pm 25\%$, $\pm 35\%$, $\pm 50\%$ e $\pm 100\%$ e $- 50\%$.

Figura 4.5 - Classificação dos selantes para construção segundo ISO 11600

Fonte: British Adhesives & Sealants Association (BASA), 1999

Segundo a classificação ISO 11600, os selantes de mais alta capacidade de movimento (classes 25 e 20) têm características elásticas e são indicados para juntas de movimentação e ainda são sub-classificados em Alto Módulo (HM) ou Baixo Módulo (LM) (BASA, 1999). Os selantes de comportamento plástico, das classes 12,5P e 7,5P, são utilizados em juntas com pouco ou nenhum movimento. Os selante 12,5E são selantes elásticos.

4.3.2 RECUPERAÇÃO ELÁSTICA

Quando as tensões que causam alongamento são retiradas, o selante pode voltar à sua largura inicial (recuperação completa) ou pode dispor somente de uma recuperação parcial. A capacidade do selante de recuperar sua largura inicial é chamada de recuperação elástica que, em sendo maior que 60%, determina, segundo a norma ISO 11600 (ISO, 2002), que um selante é elastomérico.

Há selantes elastoméricos à base de silicones e poliuretanos com elevada capacidade de retornar à sua dimensão original. Por outro lado, os selantes plásticos, tal como o acrílico, quando solicitados por um movimento, não retornam à sua dimensão original (COGNARD, 2004).

4.3.3 MÓDULO DE ELASTICIDADE

Segundo Ledbetter; Hurley; Sheehan (1998), o módulo do selante é possivelmente sua mais preocupante propriedade em uso. O selante deve ter módulo de elasticidade sempre inferior ao de seu substrato, pois, caso contrário, pode provocar uma falha nesta interface rompendo a lateral da junta. Neste caso, os produtos de alto módulo não são recomendados nas aplicações em substratos de baixa integridade ou resistência (Klosowski, 1989).

Segundo a ISO 11600 (2002), os selantes com módulo menor que 0,4 MPa, quando ensaiados pela ISO 8339 (2005), são classificados como selantes de baixo módulo. Os selantes de módulo muito baixo são desejáveis na maioria das juntas de movimentação; entretanto, segundo Klosowski (1989), a fim de se viabilizar economicamente a produção da junta, os selantes de alto módulo também podem ser especificados, combinando-se sua capacidade de adesão e de movimento com a resistência mecânica do substrato.

4.3.4 DUREZA

A dureza do selante, após sua aplicação e cura, é a medida usada como uma verificação rápida do estado da cura e dos efeitos do tempo e do envelhecimento na estrutura do polímero. A dureza dos selantes varia com a temperatura. Alguns podem ter um aumento grande na dureza após o envelhecimento ou exposição ao calor. Segundo Klosowski (1989), deve-se ter cuidado com aqueles que endurecem rapidamente nos primeiros meses ou primeiros anos, pois podem ter seu desempenho comprometido ao longo da vida útil.

Panek; Cook (1991) presumem que as faixas de módulo do selante estão associadas à dureza *Shore A*. Observam que os selantes de baixo módulo permanecem na faixa de 10 a 20 *Shore A*, os de médio módulo incluem-se na escala de 20 a 35 *Shore A* e que os de alto módulo enquadram-se na escala de 30 a 65.

A dureza do selante é medida através da resistência à penetração de uma agulha normalizada, realizada através de um durômetro “ *Shore A*” , com escala de 0 a 100, e pode ser realizada pelo método de ensaio ASTM C661 (ASTM, 2006).

4.3.5 ADESÃO E COESÃO

As propriedades de adesão e coesão do selante são responsáveis pela estanqueidade da junta. A adesão do selante está relacionada à sua capacidade permanecer aderido ao substrato. Obtê-la e mantê-la em longo prazo é o ponto principal da execução bem sucedida de uma junta. Segundo Ledbetter; Hurley; Sheehan (1998), a boa adesão depende do contato efetivo entre materiais adesivamente compatíveis e da ausência de camadas que apresentem superfícies fracas ou contaminadas. Deste modo, devem ser selecionados sistemas apropriados para cada tipo de substrato, desde os selantes, assim como os demais constituintes da junta – *primer*, fita isoladora e limitador de profundidade - que estarão em contato com o selante e devem ser compatíveis com ele.

A coesão é a propriedade do selante que lhe permite manter-se homogêneo e íntegro, sem que ocorra a ruptura interna, quando solicitado até o limite de suas propriedades. Um movimento da junta maior do que a capacidade do selante de suportá-lo pode levar à ocorrência de falha dentro no corpo do material do selante. Este tipo de falha será abordado no item 4.5.2.

As falhas em selantes são normalmente observadas como sendo falha de coesão do próprio selante ou como falha de aderência entre o selante e o substrato, ou ambos. As propriedades de adesão e coesão dos selantes elastoméricos podem ser avaliadas segundo o método de ensaio da ASTM C719-93 (ASTM, 2005), sob movimentação cíclica (Ciclo de Hockman), a partir do emprego do equipamento de tração e compressão ilustrado na Figura 4.6. Este método de ensaio é um procedimento acelerado para avaliar o desempenho de selantes sujeitos à imersão em água, tração e compressão cíclicas e mudanças de temperatura, em condições de cura previamente estabelecidas.

Figura 4.6 – Equipamento de compressão e tração (Hockman Cycle)

Fonte: Dow Corning CO

Carbary; Kimball (2005)¹⁹ recomendam que, além do teste de adesão realizado no teste de movimentação cíclica, se realize também o teste de adesão superficial (adhesion-in-peel), pelo método de ensaio ASTM C794 (ASTM, 2001), pelo qual determina-se a força de adesão do selante ao substrato e as características e propriedades de aderência de um selante elastomérico.

Segundo essa norma, o valor do teste denota a capacidade de um selante curado manter a aderência ao substrato, sob severas condições. Este método de ensaio é empregado por alguns fabricantes para avaliar as características adesivas da combinação selante/primer com substratos.

4.3.6 RESISTÊNCIA AO ENVELHECIMENTO

A resistência ao envelhecimento do selante é a sua capacidade de suportar a exposição à radiação solar, bem como o envelhecimento devido ao calor e à contaminação atmosférica, que reduzem gradativamente a sua durabilidade.

¹⁹ LAURENCE CARBARY e DAVID J. KIMBALL são membros do Comitê C24 da ASTM e consultores da DOW CORNING CO e estiveram presentes em reunião do **Grupo selantes e desmoldantes**. CONSITRA (Consórcio Setorial para Inovação em Tecnologia de Revestimentos de Argamassa). Reunião ocorrida na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 18.Abr.2005. São Paulo, 2005.

Alguns selantes podem exibir também a perda do peso como um resultado do envelhecimento, devido à perda do solvente. Outros podem somente tornar-se mais resistentes, quando um selante envelhece pelo excesso de calor.

A resistência ao envelhecimento do selante pode ser avaliada por dois métodos de ensaio da ASTM. O método de ensaio da ASTM C792 (ASTM, 2004) que analisa o envelhecimento do selante causado pelo calor, avaliando-se a perda de peso, craquelamento e riscos. E o método da ASTM C793 (ASTM, 2005) que permite avaliar a ação acelerada do tempo. Os requisitos estabelecidos pela ASTM C920 (ASTM, 2005) estão descritos no capítulo 5, na Tabela 5.5.

4.3.7 MANUTENÇÃO DA COR E COMPATIBILIDADE

O manchamento do selante em uma fachada é uma ocorrência esteticamente indesejável. Segundo a ASTM C1193-05a (ASTM, 2005), a mudança de cor dos selantes pode ser causada por eflorescência (*blooming*), absorção da radiação ultravioleta e radiação visível, calcinação (*chalking*) e poluentes na atmosfera, partículas, soluções de limpeza e por absorção de materiais dos materiais e componentes que se encontram adjacentes às juntas de movimentação. Segundo este documento, os próprios materiais componentes da junta e os acabamentos do seu entorno, com o tempo e a exposição aos raios ultravioletas, podem escoar lentamente ou soltar materiais plásticos dentro do selante, que podem causar a mudança de cor ou perda de adesão. Também, os acessórios podem ter resíduos superficiais ou contaminantes que podem migrar para dentro do selante.

A mudança de cor do selante é uma evidencia potencial de reação química prejudicial, e ainda que inicialmente não haja perda de adesão, a alteração da cor pode ser indício de perda futura. Outra característica do selante que também pode ser afetada pela incompatibilidade é a capacidade do selante curar completamente, prejudicando seu princípio de desenvolvimento de resistência.

A norma de especificação de selantes elastoméricos, a ASTM C920 (ASTM, 2005), determina o método de ensaio da ASTM C510-05a (ASTM, 2005), procedimento acelerado para determinar se uma amostra de um selante pode manchar o substrato e determinar se o próprio selante mudará a cor quando exposto ao tempo. Na opinião de Carbary e Kimball (2005), no caso dos revestimentos cerâmicos este não é o melhor método, pois é mais aplicável para avaliar a compatibilidade dos selantes com mármore e granitos.

O método recomendado pelos consultores para avaliação do manchamento é o método da ASTM C1248-06 (ASTM, 2006), o qual avalia a probabilidade de um selante causar uma mancha em um substrato poroso devido à sua exsudação química e consiste em sujeitar amostras de selantes a esforços de compressão e, ao mesmo tempo, a quatro condições de exposição, ou sejam: sob condições padrão de laboratório, armazenamento em um forno, exposição em um dispositivo fluorescente de raios ultravioletas e condensação (ASTM C1248-06, 2006).

4.4 TIPOS DE SELANTES

Os selantes são agrupados segundo o composto químico principal que lhe serve de base, sendo que os mais usados em revestimentos cerâmicos de fachadas são os acrílicos, os de poliuretanos e os à base de silicones, cujas principais características serão sintetizadas na sequência e na Tabela 4.3.

4.4.1 SELANTES ACRÍLICOS

São produtos à base de resinas acrílicas que podem ser dispersas em solventes ou em água (AFNOR, 2002). Curam por processo de evaporação (secagem) e têm comportamento que varia de plástico a elasto-plástico. Segundo Woolman e Hutchinson (1994), os à base de água apresentam características de adesão inferiores aos à base de solvente.

Segundo Panek; Cook (1992), os selantes acrílicos possuem excelente resistência aos raios ultravioletas, sendo adequados para aplicação em áreas externas; entretanto Woolman; Hutchinson (1994) advertem que os à base de água somente podem ser aplicados externamente se for assegurada sua cura, antes da ocorrência de chuva.

Segundo Panek; Cook (1992), a capacidade de movimentação dos selantes acrílicos é limitada porque endurecem com o tempo, como resultado da evaporação do solvente. A sua dureza pode chegar a 35 *Shore A* e é atingida na cura final que acontece de 1 a 2 anos.

Em virtude deste precoce endurecimento dos selantes acrílicos, que resultam na redução de suas propriedades de movimentação, Panek; Cook (1992) advertem que devem ser especificados apenas dentro dos limites de $\pm 7,5\%$ a $\pm 12,5\%$, mesmo que a especificação do produto cubra movimentos de até $\pm 25\%$.

Segundo Woolman; Hutchinson (1994), a vida útil desses selantes pode ser acima dos 20 anos, mas quando estão sujeitos a movimentos cíclicos freqüentes têm como resultado uma vida muito mais curta. Estes autores afirmam ainda que a causa mais comum de falhas em selantes acrílicos são as deformações plásticas devidas aos movimentos excessivos ou por falha de adesão em substratos friáveis.

4.4.2 SELANTES DE POLIURETANO

São produtos que contém de 35 a 45 % de polímeros e 30% de *filler* (PANEK; COOK, 2002). São selantes elásticos que se, monocomponentes, transformam-se quando em contato com a umidade atmosférica e, se multicomponentes, a transformação ocorre por reação interna (AFNOR, 2002).

Segundo Panek; Cook (2002), as alterações na dureza ao longo do tempo ou por ação do calor podem indicar falhas na formulação. Segundo os autores, selantes de boa qualidade manterão esta propriedade física ao longo do tempo, uma vez que a dureza do selante está relacionada às propriedades de acomodação dos movimentos do selante.

Além disto, os autores afirmam que os bons selantes de poliuretano têm excelente resistência ao UV e ao ozônio e não irão fissurar depois de um longo tempo de exposição à luz solar. Apesar disto, os poliuretanos coloridos podem se descolorir com o tempo, devendo esta propriedade ser avaliada por meio de ensaio, caso a manutenção da cor seja um requisito específico do projeto.

4.4.3 SILICONES

Segundo o DTU 44.1 (AFNOR, 2002), os silicones são utilizados na maior parte das juntas de construção. São geralmente selantes elásticos que se transformam por reticulação quando em contato com a umidade atmosférica e distinguem-se uns dos outros pelo seu sistema químico de cura, podendo ser de acética ou neutra. Ambos curam em contato com a umidade do ar; porém, os silicones de cura acética liberam ácido acético durante seu processo de cura. De modo que, em superfícies como revestimentos cerâmicos de fachadas, os silicones de cura acética tendem a atrair sujeira por eletricidade eletrostática, acarretando no aparecimento de manchas, o que limita sua utilização. Segundo Ferme; Oliveira (2003), os silicones de cura neutra são os mais recomendados para este tipo de substrato.

Segundo Woolman; Hutchinson (1994), os silicones têm a taxa de endurecimento muito lenta, sendo este um fator muito improvável quanto ao emprego deste material vir a ocasionar falha nas juntas. Este tipo de selante tem uma vida útil prevista, segundo os autores, de 20 a 30 anos.

Segundo Ferme; Oliveira (2003), os silicones podem ser de alto módulo (mais utilizados em colagens estruturais) ou de baixo módulo. Ambos são produtos de alto desempenho e com excelente resistência ao intemperismo e ao envelhecimento, o que os torna produtos de longa expectativa de vida útil. Podem ser disponibilizados com dureza *Shore A* variando de 25 a 50 e com capacidade de movimentação de $\pm 25\%$ até $+100\%$ / -50% , como indica a Tabela 4.3.

4.4.4 SILICONES HÍBRIDOS

Os selantes híbridos são selantes que combinam as melhores propriedades de diferentes polímeros. Os silicones com poliuretano é um silicone híbrido e segundo Ferme; Oliveira (2003) podem ser considerados faz parte do grupo mais moderno de selantes. Segundo estes autores, este tipo de selante pode ser aplicado em substratos úmidos e não necessita da aplicação de *primers* na grande maioria dos substratos (somente requeridos para superfícies extremamente porosas), além de possuir elevada resistência às intempéries e aos raios ultravioleta.

Um outro tipo de selante, também citado nas normas de execução de revestimentos cerâmicos de fachadas - BS 5385: part2 (BSI, 1991) e AS 3958.2 (AS, 1992) – os selantes de polissulfetos são mais utilizados na fixação de vidros e vêm sendo substituídos pelos selantes de mais baixo custo cumprindo igualmente bem os requisitos de desempenho; no caso dos silicones, até melhor (PANEK; COOK, 1992), não sendo utilizados no mercado brasileiro para em revestimentos cerâmicos de fachadas. Assim, este tipo de selante não será abordado neste trabalho.

A Tabela 4.3. sumariza as características, vantagens e desvantagens dos selantes anteriormente abordados.

Tabela 4.3 – Alguns tipos de selantes e suas características típicas (fonte: Ledbetter, Hurley; Sheehan (1998))

Tipo de Selante	Comporta - mento	Fator de acomodação	Dureza	Tempo de cura após aplicado	Manutenção da aparência	Expectativa de vida	Vantagens	Desvantagens
Acrílico (base de água ou base de Solvente)	Plasto-elástico/ Plástico	5% a 12,5 %	25 a 30	3 a 14 dias (cura por secagem)	Média	10 a 20 anos	Excelente resistência aos raios ultravioletas; Elevada aderência sem necessidade de primer; Aceitam pintura sobre a superfície curada; Baixo custo; Facilidade de acabamento e limpeza; Permite aplicações em presença de umidade (algumas formulações)	Podem apresentar retração; Quando solúveis em água, não oferecem resistência à imersão; Recuperação elástica lenta
Poliuretano (monocomponente)	Elástico	25% a 35 %	15 a 40	3 a 14 dias (Taxa de cura depende da temperatura e umidade relativa)	Boa	20 anos	Apresentam ótima elasticidade e memória de retorno, excelente resistência ao intemperismo, elevada expectativa de vida útil; Não apresentam retração. Ótima aderência em diversos substratos (na maioria das vezes sem a necessidade de primer)	Desempenho inferior aos polissulfetos.
Poliuretano (multicomponente)	Elástico	25% a 35 %	15 a 40	Rápida	Boa	20 anos	Geralmente possuem maior disponibilidade de cores	Exigem equipamentos mecânicos para mistura e limpeza rigorosa de aplicação
Silicone	Elástico Alto-módulo Baixo-módulo	25% 50% a 100 %	20 a 30 10 a 20	1 a 14 dias (cura depende da umidade relativa do ar)	Excelente	25 anos	Excelente resistência ao intemperismo e ao envelhecimento, tornando-os produtos de longa expectativa de vida útil. Possuem excelente alongamento e memória de retorno, excelente aderência, fácil aplicação e ampla disponibilidade de cores.	Os silicones tendem a atrair sujeira, não pela consistência “grudenta” antes da polimerização, mas sim por eletricidade estática. Isto muitas vezes limita a sua utilização em fachadas de coloração clara.

4.5 DEFEITOS EM JUNTAS SELADAS

A utilização de juntas de movimentação seladas tem sido polêmica devido à ocorrência de manifestações patológicas relacionadas às mesmas, em revestimentos cerâmicos em fachadas relativamente novas. Quando não adequadamente projetadas ou executadas, as juntas de movimentação podem desencadear um conjunto de manifestações patológicas, comprometendo estética e funcionalmente o revestimento e onerando os custos de manutenção da edificação.

As falhas mais comuns nas juntas seladas são, segundo Chew (1999) e comentadas na sequência são: perda de adesão; falha na coesão; escorrimento; dobramento e intrusão; deformação excessiva; ataque químico; desgaste precoce e desagregação.

Estas podem ocorrer por fatores tais como:

- Deficiências 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 aplicação especiais;
- Falhas nos materiais selantes;
- Ocorrência de movimentações não previstas.

Focando nos revestimentos cerâmicos de fachadas, as principais falhas observadas são as descritas nos itens que seguem.

4.5.1 PERDA DE ADESÃO DO SELANTE

A perda de adesão é o tipo o mais comum de falha do selante. É a perda da ligação entre o material selante e o substrato (Figura 4.7) e pode representar um grave problema em juntas de fachadas, pois implica na perda de função do selante, resultando em problemas de estanqueidade no sistema de revestimento.

Figura 4.7 – Ruptura adesiva: perda de adesão do selante

Fonte: Chew (1999)

Segundo Ledbetter, Hurley; Sheehan (1998), a falha na adesão pode se originar, com muita facilidade, durante a aplicação do selante. Alguns fatores críticos a serem observados para se evitar que ocorra a falha na adesão são relacionados a seguir:

- **Condições de superfície:** qualquer tipo de contaminação ou partículas soltas deve ser removido da superfície em cujo selante será aplicado. A superfície também deve estar seca.
- **Primer:** o uso de *primer* é recomendado pelos fabricantes em alguns casos. Nestes casos, deve ser aplicado o produto para o tipo de selante utilizado, observando o tempo de secagem recomendado.
- **Preenchimento da junta:** deve ser observada a colocação correta do limitador de profundidade ou fita isoladora de modo a fornecer a área de adesão adequada e evitar o terceiro ponto de adesão.
- **Temperatura inicial da junta:** A temperatura à que a junta está sujeita no momento de aplicação do selante influencia no modo em que ela irá trabalhar. Recomenda-se que a instalação do selante seja realizada em temperaturas medianas, a fim de que ela não trabalhe sob tração ou compressão extremas.
- **Acabamento final eficaz:** o acabamento final bem realizado é fundamental para remover as bolhas de ar, para assegurar o perfeito contato com o substrato e obter o perfil correto do selante.

Além destes fatores, a perda de adesão também pode ocorrer por falhas na especificação ou por deficiência do material selante, sendo alguns aspectos relevantes destacados na sequência:

- o selante é inadequado para o substrato e não adere nele;
- envelhecimento precoce do selante: o selante torna-se resistente e mais limitado em sua potencialidade do movimento, acarretando em falha, pois não pode mais absorver o movimento exigido.
- a junta tem largura insuficiente, de modo que o selante não tem outra possibilidade a não ser romper em sua adesão com o substrato. Deve-se assegurar na fase de projeto, que a adesão selante-substrato não permanecerá tensionada excessivamente devido ao dimensionamento inadequado da largura e profundidade do selante.

Além de todos os cuidados a serem tomados, para cada aplicação específica, a adesão do selante ao substrato deve ser testada em laboratório, o que pode ser feito pelo método de ensaio da ASTM C719-93 (ASTM, 2005), conforme referenciado anteriormente.

4.5.2 FALHA COESIVA DO SELANTE

A falha coesiva é uma falha dentro do corpo do material do selante (Figura 4.8). Esta falha começa freqüentemente com um pequeno entalhe no material. Segundo o ACI 224 (ACI, 1995), a causa mais provável de uma falha coesiva é a ocorrência de um movimento da junta maior do que a capacidade do selante de suportá-lo. De forma análoga, a falha coesiva poderá ocorrer caso um selante tenha capacidade de movimentação menor do que a especificada pelo fabricante e especificada para a junta. Assim, torna-se clara, mais uma vez, a importância do controle de qualidade do material selante.

Figura 4.8 – Vista frontal de uma junta que apresenta ruptura coesiva

Fonte : TREMCO INCORPORATED, 2000

Segundo Klosowski (1989), na recuperação de juntas com ruptura coesiva as opções são:

- ampliar a junta de modo que possa ser utilizado um novo selamento empregando-se selante com a mesma capacidade de movimento que o original;
- deixar a junta do mesmo tamanho e substituir por um selante com capacidade de movimento maior que o rompido;

4.5.3 ENRIJECIMENTO E CRAQUELAMENTO DO SELANTE

O calor, a chuva e a luz solar podem degradar o selante levando à oxidação, exsudação dos seus constituintes e à perda dos aditivos que o constituem tais como plastificantes etc. Nestes casos, o selante está sujeito ao endurecimento, degradação e eventual fissuração (COGNARD, 2004) (Figura 4.9), a qual pode ser indício da degradação do polímero e da falta de resistência do material à ação dos raios ultravioleta.

Figura 4.9 – Enrijecimento do selante, com fissuração e perda da adesão

Fonte: Chew (1999)

4.5.4 MANCHAMENTO DO SELANTE

O manchamento é um efeito visual esteticamente inaceitável, causado pelos materiais selantes sobre as superfícies circundantes às quais os selantes estão aderidos (DOW CORNING, 2005), como ilustra a Figura 4.10.

Um selante, dependendo de sua formulação e da qualidade de seus componentes, pode causar manchamento em substratos porosos ou não porosos devido à migração do fluido para dentro dos poros do substrato, manchando a superfície exposta adjacente ao selante. Dessa forma, o fluido pode descolorir a superfície do substrato ou atrair poluição ou partículas do ambiente.

Figura 4.10 - Manchamento do selante e do revestimento

Fonte: **Degussa** Construction Chemicals

Segundo a ASTM C1193-05a (ASTM, 2005), a remoção do manchamento provocado pelo selante, tanto em superfícies porosas quanto em não porosas é difícil, mas não impossível. A remoção pode ser obtida utilizando-se um material apropriado ao tipo de fluido, tipo da poluição ambiental ou partículas de sujeira.

Resumindo o que fora anteriormente apresentado, tem-se que as falhas em juntas de movimentação seladas estão relacionadas às deficiências de projeto, execução e procedimentos de manutenção, notadamente:

- ausência de dimensionamento da abertura;
- posicionamento inadequado da junta;
- escolha de materiais inadequados às condições de utilização;
- deficiência nas características dos materiais de preenchimento;
- deficiências na produção das juntas; e ainda,
- ausência de manutenção ao longo da vida útil da edificação.

Portanto, o tipo de falha que pode ocorrer em uma junta depende de inúmeros fatores, assim como do tipo de selante que está sendo usado. A Tabela 4.4 correlaciona as falhas e as suas possíveis causas.

Tabela 4.4 – Possíveis causas de falhas em juntas seladas

Adaptada de FERME; OLIVEIRA (2003)

Tipo de Falha e Causas	Manchamento	Perda de Adesão	Falha coesiva	Destacamento de Revestimento cerâmico
Erro de dimensionamento		X	X	X
Especificação Inadequada do Selante	X	X	X	X
Excesso de Movimentação		X	X	X
Profundidade Excessiva		X	X	
Profundidade Insuficiente (Selamento muito superficial)		X	X	X
Falha no preparo de superfície		X		
Falhas na aplicação		X	X	

Além destas deficiências, percebe-se que a realidade nacional é agravada por ser o selante um dos materiais com os quais a própria engenharia, os mestres e os operários não estão familiarizados, o que possibilita um tratamento inadequado em sua utilização, resultando em uma deficiente utilização, como afirma Chaves (1998).

CAPÍTULO 5. PROJETO DE JUNTAS EM REVESTIMENTOS

O acúmulo do conhecimento sobre a tecnologia de produção de juntas de movimentação seladas em outros países trouxe como conclusão a importância da realização de um criterioso projeto de juntas. Trazendo a experiência do Reino Unido, destaca-se aqui o trabalho de Woolman; Hutchinson (1994), no qual os autores afirmam que nos muitos anos em que as juntas dos edifícios foram sendo seladas, vários níveis de sucesso foram obtidos e a indústria da construção se deparou com um grande número de edifícios que precisaram ser re-selados por diversos motivos, que variavam desde a especificação ou aplicação incorreta do selante, ou mesmo outras sérias falhas de projeto, como o incorreto posicionamento da junta.

A especificação de juntas de movimentação é uma importante etapa inserida no processo de produção de revestimentos, a ponto de, na literatura internacional consultada, ser tratada como uma atividade que merece um projeto específico, usualmente denominado “Joint Design”, ou seja, “Projeto de Junta”.

A leitura dos capítulos anteriores leva ao entendimento que, para a especificação de juntas seladas estão envolvidos, entre outros fatores, o entendimento dos movimentos do edifício e das características das camadas de revestimentos, além das condições de meio ambiente em que a edificação está inserida e da tecnologia de selantes. É necessário, portanto que este conjunto de informações seja analisado dentro de uma visão sistêmica de todo o edifício, que possibilite considerar os principais aspectos destacados na sequência, reunidos a partir das propostas de Ledbetter; Hurley; Sheenan (1998) e da própria experiência da autora:

- entender a função que a junta deverá cumprir na situação específica para a qual se pretende especificá-la;
- selecionar os locais mais apropriados para o posicionamento das juntas, visando não apenas ao seu aspecto funcional, mas também à facilidade de sua execução que, certamente, irá influenciar em suas características finais;

- selecionar um sistema de selante, a partir de suas especificações e das exigências de durabilidade que se deva ter para a junta, antes da necessidade de um re-selamento;
- avaliar o selante escolhido nas condições específicas de utilização;
- detalhar completamente as aberturas e os materiais que irão fazer o seu selamento.

Woolman ; Hutchinson (1994) e Hutchinson et al. (1995) propuseram “percursos” para o projeto de juntas de fachadas que contemplam as atividades anteriormente destacadas. Suas proposições foram adaptadas pela autora em uma proposta de “processo de projeto de juntas de movimentação para revestimentos cerâmicos de fachadas” , a qual é apresentada na Figura 5.1. As etapas deste processo serão comentadas nos próximos itens.

Figura 5.1 – Projeto de Juntas Seladas – Fluxograma

Fluxograma proposto pela autora a partir das propostas de Woolman; Hutchinson (1994) e Hutchinson; Pagliuca; Woolman (1995)

5.1 AVALIAÇÃO DA EDIFICAÇÃO E DAS CONDIÇÕES DE EXPOSIÇÃO

Segundo Woolman; Hutchinson (1994), as atividades para especificação de juntas devem ser iniciadas pela avaliação da edificação, a qual consiste na análise de projetos a fim de se diagnosticar e caracterizar o comportamento dos substratos. Tanto na opinião desse autor, como na opinião de Ledbetter; Hurley; Sheehan (1998), as juntas somente devem ser previstas após uma cuidadosa avaliação sobre as razões para seu uso e o estabelecimento dos requisitos de desempenho esperado. A BS 6093 (BSI, 1993) também concorda nisto, afirmando que se deve evitar o uso desnecessário destas, atentando-se para sua real necessidade e o motivo da colocação.

Para tanto, nesta fase, o projetista de revestimentos necessita reunir informações que possibilitem o entendimento dos fatores que originam movimentos na fachada do edifício e da previsão do comportamento potencial das camadas de revestimento frente àqueles fatores, ou seja, que proporcionem o entendimento da função que a junta terá de cumprir na fachada do edifício.

Algumas normas definem parâmetros, não muito detalhados, a serem avaliados nesta etapa do projeto. A BS 5385: part2 (BSI, 1991), por exemplo, afirma que se devem considerar as características dos materiais do sistema de camadas, as áreas revestidas e as condições de temperatura e umidade previstas; no entanto, não fornece parâmetros específicos para esta análise.

A norma Australiana AS 3958.2 (1992), por sua vez, explica que a especificação das juntas de movimentação é influenciada pelo tipo de estrutura, sua idade, dimensões, geometria da superfície a ser revestida, o potencial de expansão por umidade das placas cerâmicas o tamanho das placas cerâmicas e das juntas de assentamento e a localização de juntas construtivas. Mais uma vez, porém, não são apresentados os parâmetros que permitam definir se a fachada analisada possui maior ou menor potencial de movimentação. Tudo leva o projeto a ser realizado em função da “experiência” de quem está projetando.

As informações necessárias para a especificação de juntas devem ser coletadas durante a fase inicial do projeto de revestimentos. Medeiros (1999), com base em Asimow (1968), propôs que o processo de projeto de produção de revestimentos cerâmicos de fachadas ocorra em várias etapas. Segundo esse autor, é na fase inicial de análise e definição do projeto de revestimento que as informações necessárias para avaliação da edificação devem ser levantadas. Estas informações são descritas na Tabela 5.1.

Tabela 5.1 – Análise e definições iniciais do Projeto de Revestimentos

Fonte: Medeiros (1999)

Etapas	Descrição das Atividades
Avaliação das condições de exposição da fachada	Estudo detalhado de cada uma das fachadas do edifício, suas condições de exposição, possibilidades de ocorrência de choques térmicos, incidência de chuvas, ventos, poluição atmosférica e outras condições relativas ao meio ambiente onde a construção se insere.
Análise da arquitetura da fachada	Estudo das características arquitetônicas que possam interferir no desempenho do revestimento cerâmico de fachada. Considera-se nesta etapa a avaliação da geometria, formas, tipo de empreendimento, local da construção e do entorno da obra.
Avaliação da deformabilidade da estrutura	Análise técnica da potencial deformabilidade da estrutura, inclusive ao longo do tempo, considerando elementos críticos indutores de tensões prejudiciais ao substrato e outras camadas dos revestimentos cerâmicos de fachada. Entram em consideração parâmetros como: módulo de deformação do concreto, rigidez dos elementos e global da estrutura, fluência, seqüência e métodos construtivos empregados na sua produção.
Avaliação das características das alvenarias externas	Avaliação das condições das superfícies das alvenarias, necessidade de preparação da base e aplicação de camada de regularização. Avaliação das potenciais movimentações intrínsecas das paredes de vedação, sua resistência mecânica, principalmente da superfície, capacidade de absorção de deformações e regiões que podem provocar o surgimento de tensões.

Assim, para diagnosticar e caracterizar o comportamento dos substratos, as características do edifício e do ambiente podem ser buscadas objetivando-se identificar separadamente os movimentos da estrutura, movimentos térmicos e os movimentos devido à umidade, conforme foi visto no capítulo 3 deste trabalho. Quanto aos fatores que interferem no desempenho da junta, é também importante resgatar e analisar as informações relevantes à a durabilidade dos materiais de preenchimento da junta, como foi visto no capítulo 4.

5.2 DIMENSIONAMENTO DE JUNTAS

O dimensionamento de juntas consiste na definição do posicionamento e das dimensões da abertura da junta (largura e profundidade).

Uma vez que a necessidade das juntas de movimentação é estabelecida na etapa de avaliação, quanto mais breve for definido seu posicionamento na fachada, durante o processo de projeto do edifício, melhor será seu dimensionamento, pois maiores serão as chances de se obter a colaboração dos demais projetistas. Ledbetter; Hurley; Sheehan (1998) lembram isto quando afirmam que, na maioria dos casos, o projeto de juntas é iniciado num estágio tardio, em que o projetista tem pouco controle sobre o seu posicionamento, sobretudo porque se consideram principalmente questões estéticas e o tamanho dos painéis e seus componentes, os quais já estão previamente definidos.

5.2.1 POSICIONAMENTO

As normas de projeto e execução de revestimentos cerâmicos de fachadas apresentam regras genéricas para o posicionamento das juntas de movimentação. A primeira versão da norma inglesa de revestimento cerâmico de fachada, o CP 212 - part 2 (BSI, 1966), trazia como recomendação que as juntas fossem posicionadas horizontalmente, a cada pavimento e, verticalmente, separadas por uma distância aproximada de 3 metros, coincidindo, de preferência, com a transição entre materiais na base.

Esta primeira versão da norma foi substituída em 1978 pela BS 5385:part 2 (BSI, 1978), a qual apresentou novas recomendações quanto ao posicionamento das juntas de movimentação na fachada. Esta trouxe algumas regras genéricas para o posicionamento das juntas a serem consideradas pelo projetista, as quais são aqui sintetizadas:

- sobre juntas estruturais preexistentes: as juntas de movimentação previstas para a estrutura, emboço e alvenaria devem ser prolongadas e suas dimensões mantidas até a camada de revestimento cerâmico. Os materiais de preenchimento devem também atender os requisitos de desempenho para as movimentações previstas.
- em locais em que haja o encontro de revestimentos produzidos com materiais distintos;
- nos ângulos verticais externos, podendo ser posicionadas a uma distância entre 25 e 100 cm, a partir da mudança de plano do revestimento;
- nas junções entre diferentes tipos de materiais na base, quando o revestimento cerâmico for contínuo sobre ela;

- juntas horizontais a cada pavimento, coincidindo com o fundo da laje ou da viga, ou seja, na região da fixação da alvenaria à estrutura e
- juntas verticais entre 3 a 4,5 m, em quinas internas ou nas junções entre alvenarias e pilares.

A norma inglesa vigente, BS 5385:part2 (BSI, 1991), mantém as recomendações para o posicionamento das juntas da norma de 1978, e acrescenta ainda:

- as juntas horizontais devem ser preferencialmente locadas no topo e no fundo da laje ou viga de borda;
- as juntas verticais devem ser locadas nos cantos internos e em todos as junções da alvenaria com a estrutura de concreto;

Estas regras para o posicionamento das juntas em revestimentos cerâmicos de fachadas estão incorporadas em diversas normas e documentos encontrados na literatura. A maior parte dos documentos a que a autora teve acesso recomendam juntas horizontais em cada pavimento, na região de fixação da alvenaria à estrutura. Quanto ao posicionamento de juntas verticais, recomenda-se que sejam espaçadas a distâncias que variam de 3 a 6 metros. Estas recomendações são sintetizadas na Tabela 5.2.

Tabela 5.2 – Recomendações normativas para posicionamento de juntas de movimentação em Revestimentos Cerâmicos de Fachadas.

Documento	Posicionamento
BS 5385:part2 (BSI, 1991)	Juntas horizontais: em cada pavimento. Juntas verticais: espaçadas a uma distância de 3 a 4,5 metros . Posicionadas em todos os encontros entre alvenaria e elemento de concreto.
AS 3958.2 (AS, 1992)	Juntas horizontais: em cada pavimento. Juntas verticais: espaçadas a uma distância de 3 a 4,5 metros .
NBR 13755 (ABNT, 1996)	Juntas horizontais: em cada pavimento, aproximadamente a cada 3 metros . Juntas verticais: Espaçadas a uma distância máxima de 6 metros .
DIN 18515-1 (DIN, 1998)	Juntas horizontais: em cada pavimento, distância mínima de 3 metros . Juntas verticais: espaçadas a uma distância de 3 a 6 metros . Juntas verticais ou horizontais: entre diferentes materiais de revestimentos ou componentes construtivos.
HANDBOOK FOR CERAMIC TILE INSTALLATION TCA (2002)	Juntas horizontais e verticais: as juntas devem ser posicionadas sempre que o revestimento encontrar restrições e onde ocorrer mudanças nos materiais da base, a uma distância de 3,7 metros a 4,9 metros .
CEN/TR 13548 CEN (2004)	Juntas horizontais e verticais: não especifica distâncias. Esta norma orienta que deve ser especificada uma área (quadrada) ou distância mínima entre as juntas. Os diferentes limites ou valores de referência devem ser estabelecidos de acordo com as condições ambientais.

Mesmo estabelecendo as regras gerais, os documentos mais recentes como, o HANDBOOK FOR CERAMIC TILE INSTALLATION (TCA, 2002) advertem ainda que as diretrizes gerais para posicionamento e dimensionamento das juntas são indicativas e não pretendem definir as suas especificações para um projeto em particular.

Percebe-se que este consenso foi sendo trazido nos documentos mais recentes. As experiências têm demonstrado que a definição do tipo e do posicionamento das juntas é influenciada por particularidades da construção, materiais das camadas, constituição da base, condições de temperatura e umidade previstas e o tamanho das áreas revestidas, assim como os movimentos previstos para o edifício como um todo.

Assim, para cada elemento da estrutura e seus revestimentos, os principais movimentos e sua magnitude devem ser identificados e devem ser considerados no projeto de juntas, a fim de localizarem os pontos críticos de tensões, onde possivelmente as juntas deverão ser posicionadas após a avaliação da edificação.

5.2.2 ABERTURA DA JUNTA: LARGURA E PROFUNDIDADE

Quanto às orientações normativas acerca do dimensionamento da largura e profundidade da junta, o CP 212 - part 2 (BSI, 1966), trazia como recomendação que as juntas tivessem a profundidade da placa cerâmica, acrescida da argamassa de fixação (junta superficial) e largura mínima de 6 mm. A BS 5385:part 2 (BSI, 1978) acrescentou a estas que, caso fosse previsto algum movimento em qualquer parte do sistema, que a junta fosse aprofundada através de toda camada do emboço, até a face da base. Por sua vez, a norma inglesa vigente, BS 5385:part2 (BSI, 1991), mantém a recomendação da anterior acrescentando que todas as juntas se estendam através da camada de emboço, limitando, o perfil de junta superficial – recomendado nas normas anteriores - apenas nos casos em que as bases são estáveis.

Os itens seguintes objetivaram aplicar aos revestimentos cerâmicos de fachadas, o conjunto de informações encontradas acerca da tecnologia de produção de juntas de movimentação.

5.2.2.1. LARGURA

A junta deve ser prevista para acomodar a somatória dos diversos movimentos de tração e compressão, reversíveis e irreversíveis que poderão ocorrer nos pontos de maiores tensões. Esta previsão também depende do movimento que se quer absorver, se é um movimento da base ou um movimento da camada de acabamento.

Uma maneira de se definir a largura da junta é estimando-se a quantidade de movimento máximo que a junta poderá sofrer em sua utilização - de expansão e contração - e considerando este valor como a dimensão mínima que a junta preenchida por um determinado selante poderá obter (ASTM C1472, 2005).

Conhecendo-se a magnitude dos movimentos a que estará sujeita, a largura total da junta é obtida considerando-se o fator de acomodação do selante que será empregado, como indica a equação 5.1.2.1.

$$L_0 = \frac{M * 100}{MAF} \quad \text{Equação 5.2.2.1}$$

Sendo:

L_0 : Largura inicial da junta (mm)

M : Movimento máximo da junta (mm)

MAF : Fator de acomodação do selante (*movement accommodation factor*)

Desta forma, quanto maior a capacidade de movimentação do selante, melhor a possibilidade de se reduzir a abertura da junta.

É interessante observar que alguns documentos recomendam que a largura da junta seja múltipla da magnitude do movimento, como, por exemplo, O TCA (2002), que recomenda que a largura da junta seja 4 vezes o tamanho do movimento previsto. Neste caso, presume-se que esteja sendo considerado que será usado um selante cujo fator de acomodação é de 25%.

Quanto aos valores limites da largura da junta em fachadas, o DTU 44.1 (AFNOR, 2002) recomenda que estejam entre 8 mm e 30 mm, utilizando selante cujo fator de acomodação seja de, no mínimo, 25%. Porém, quando se trata de revestimentos cerâmicos, foram encontradas as recomendações do TCA (2002), os limites da largura estabelecidos são entre 9,5 mm e 12,7 mm, mas estes valores possivelmente estão atrelados às variações de temperatura específicas.

Considerando as recomendações de distâncias entre as juntas horizontais e verticais entre 3 e 6 metros estabelecidas nas normas, a autora deste trabalho elaborou, para exemplificar a determinação da largura das juntas de movimentação, o diagrama da Figura 5.2. Neste exemplo, a previsão da largura da junta foi feita em função da variação da temperatura de superfície (Δt), aplicando as equações 3.2.1.1 e 5.2.2.1. Para o cálculo das aberturas, foi utilizado um coeficiente de movimento térmico linear da placa cerâmica de $10 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}$ e que o selante possui fator de acomodação de 25%.

Figura 5.2 – Diagrama para determinação da largura da junta em função variação da temperatura

É importante ressaltar que neste exemplo foi considerado apenas o movimento térmico das placas cerâmicas e que, para a determinação da largura da junta para acomodar demais movimentos, é necessário um estudo mais abrangente.

5.2.2.2. PROFUNDIDADE DA JUNTA

A profundidade da junta de movimentação no sistema de revestimento cerâmico é determinada pelo corte da camada de emboço. A decisão de realizá-lo em toda a espessura da camada de emboço ainda não é unânime nos documentos normativos ou de referência estudados.

Segundo a BS 5385: part2 (1991), a AS 3958.2 (AS, 1992) e a CEN/TR 13548 (CEN, 2004), a junta de movimentação deve se estender através das placas, camada de fixação e toda a camada de emboço. O TCA (2002), por sua vez, determina que o critério para a abertura do emboço ao executar a junta, é o tipo de movimento que esta terá de acomodar. Segundo o documento, caso a junta seja prevista para acomodar movimentos de expansão, deve se estender por toda camada de emboço; caso seja prevista para controle da fissuração, o emboço é cortado parcialmente em sua profundidade, como indica a figura 5.3.

Figura 5.3- Perfil junta de movimentação com corte parcial no emboço para controle de fissuração
(TCA, 2002).

5.2.2.3. PROFUNDIDADE DO SELANTE

A profundidade do selante também é especificada no projeto de juntas e deve ser rigorosamente verificada, sobretudo durante a aplicação do selante. O fator de forma é a relação entre a largura (L) e a profundidade (P) da seção formada do selante, em uma determinada junta, conforme ilustração da Figura 5.4. A profundidade do selante é medida no centro do perfil do selante que tem a forma de ampulheta.

Figura 5.4 – Seção de juntas de superfície e de trabalho: representação do fator de forma do selante

Segundo Ledbetter; Hurley; Sheehan (1998), nos movimentos da junta, a extensão do selante faz com que ocorra a redução em sua seção transversal de maneira não uniforme, localizada, sobretudo no centro da seção, onde é observada a sua redução máxima. A dificuldade de extensão do selante aumenta, quanto maior for sua profundidade original. Este efeito produz grande concentração nos limites da interface do selante com o substrato. Assim, o controle da profundidade do selante se faz necessário para minimizar estas tensões. Uma junta de movimentação com proporção adequada entre a largura e a profundidade irá acomodar melhor os movimentos, sem se romper.

O fator de forma de um certo selante depende do seu comportamento. Ledbetter; Hurley; Sheehan (1998) recomendam as proporções entre largura e profundidade (fator de forma) e as profundidades máximas, relacionadas na Tabela 5.3.

Tabela 5.3 - Fator de forma para diferentes tipos de selantes

Fonte: Ledbetter; Hurley; Sheehan (1998)

Tipo de Selante	Fator de Forma (Largura:Profundidade)	Profundidade máxima (mm)
Elásticos	2:1	20
Elastoplásticos	2:1 a 1:1	20
Plastoelásticos	1:1 a 1:2	20
Plásticos	1:1 a 1:3	25

5.2.2.4. INFLUENCIA DAS CONDIÇÕES DE TEMPERATURA

Os movimentos da junta são determinados principalmente a partir das variações de temperaturas. Assim, para o cálculo da largura da junta, devem ser consideradas também, as temperaturas em que será realizada a aplicação do selante, principalmente se a execução for prevista para ocorrer em períodos de temperaturas extremas.

Quando executada em temperaturas moderadas, a junta estará sujeita tanto à tração quanto à compressão, ou seja, a abertura estará numa dimensão mediana. Esta situação de aplicação é a mais adequada, uma vez que os movimentos não são extremos como os descritos nos casos seguintes e está ilustrada na figura 5.5 a.

Devido ao movimento térmico, se o selante for aplicado durante os meses mais frios do ano, a junta estará aberta (porque os elementos construtivos estarão contraídos). Conseqüentemente, quando ocorrer a dilatação térmica dos materiais adjacentes, nos meses quentes do verão, a abertura se estreitará, comprimindo o selante, como ilustra a figura 5.5 b.

Por outro lado, se o selante for aplicado durante os meses quentes do verão, a junta estará fechada. Logo, quando ocorrer contração térmica dos materiais adjacentes nos meses frios, ocorrerá o aumento da abertura da junta, estendendo o selante, como ilustra a figura 5.5c.

a) Selante aplicado na junta em temperaturas moderadas

b) Selante aplicado em baixas temperaturas

c) Selante aplicado em altas temperaturas

Figura 5.5 Influência da Temperatura na Execução da Junta

Comportamento de juntas seladas em temperaturas moderadas

Fonte: TREMCO INCORPORATED (2000)

5.3 SELEÇÃO DOS MATERIAIS

Estando definidas a posição e as dimensões das juntas, a etapa seguinte é voltada para a escolha dos materiais que tenham propriedades para o cumprimento das exigências de durabilidade das juntas do edifício. O selante é o material responsável pelo cumprimento da maior parte das funções da junta, assim, sugere-se iniciar a seleção dos materiais pela sua determinação e, em seguida, escolhe-se os demais materiais, que deverão ser compatíveis com ele.

5.3.1 DETERMINAÇÃO DA CLASSE DO SELANTE

Como anteriormente enfatizado, a capacidade de movimentação do selante deve ser suficiente para absorver os possíveis movimentos que ocorrerão no sistema de revestimento. Caso contrário, podem ocorrer falhas sob a forma de ruptura adesiva ou coesiva que levam, também, à degradação da junta (ASTM C1193-05a, 2005).

Conforme descrito no item 5.2.2, a largura da junta pode ser obtida em função dos movimentos previstos e da capacidade de movimentação do selante que será empregado; porém, quando esta característica do selante ainda não estiver definida, tendo-se determinados os movimentos e a largura da junta, emprega-se a mesma equação com o objetivo de determinar a capacidade de deformação que o selante deverá apresentar, a fim de que se faça a especificação da classe mínima do selante, determinando seu fator de acomodação, como indica a Equação 5.3.1.1.

$$MAF = \frac{M * 100}{L_0} \quad \text{Equação 5.3.1.1}$$

Sendo:

MAF : Fator de acomodação do selante (*movement accommodation factor*)

L_0 : Largura inicial da junta (*mm*)

M : Movimento máximo da junta (*mm*)

5.3.2 ESCOLHA DO SELANTE

Um selante especificado incorretamente poderá romper ou apresentar perda da sua capacidade adesiva. Os fabricantes devem indicar claramente nas especificações técnicas dos seus produtos, o potencial de adesão dos seus selantes aos vários materiais usados na construção civil. As condições de preparo de superfície e de imprimação também devem ser claramente definidas. (LEDBETTER; HURLEY; SHEEHAN, 1998; COGNARD, 2004).

Além das propriedades relacionadas à capacidade de movimentação, a escolha do selante deve reunir informações relevantes para se definir as características necessárias ao cumprimento dos requisitos de desempenho estético e de durabilidade, em função dos períodos em que se espera determinar a execução do re-selamento.

Os catálogos dos materiais, discussões com fornecedores, verificação em edificações vizinhas, ensaios em laboratório e experimentações no local são fontes importantes que o projetista poderá lançar mão para obter as informações necessárias para a definição do selante, cujas principais, segundo Ledbetter; Hurley; Sheehan (1998), são:

- aparência inicial do selante e ao longo do tempo: o projetista deve estar ciente de que, escolher uma determinada cor de selante para uma aplicação específica pode ser dispensável, uma vez que podem mudar de cor em poucos anos, dependendo do local e condições ambientais.
- características do substrato: propriedades do selante necessárias para adesão, interação química, interação física (manchamento) e necessidade de *primers*;
- condições a que estarão expostos: envelhecimento, vandalismo;
- períodos prováveis de manutenção: custo, facilidade de re-selamento;
- condições previstas para a aplicação: acesso , época do ano, preparação da superfície, movimentos precoces / tempo de cura.

Segundo os autores, o projetista, ao definir o tipo de selante, deve fornecer ao executor as informações necessárias para a aquisição e aplicação do selante, as quais consistem em informações gerais sobre os produtos, propriedades necessárias durante a aplicação e propriedades de uso, as quais devem ser fornecidas no projeto de juntas (Tabela 5.4).

Tabela 5.4 - Informações a serem fornecidas na especificação do selante

Fonte: Ledbetter; Hurley; Sheehan (1998).

Informações gerais	
Descrição	Tipo genérico do selante / mecanismo de cura
Cor	Escala de cores disponíveis
Consumo	Densidade
Vida útil	Condições de armazenamento requeridas
Substratos	Compatibilidade física, química, adesiva
Normas/ códigos/ especificações	BS / ISO / ASTM
Instruções de uso	Mistura, aplicação
Falhas	Tipos mais comuns de falhas
Propriedades para aplicação e cura	
Escala de temperatura e umidade	Mínima / máxima para aplicação e cura
Dimensão da junta	Mínima / máxima para aplicação e cura
Vida útil de aplicação e tempo de formação da pele	Condições indicadas para aplicação e acabamento
Cura inicial	Estado livre de adesão sob circunstâncias indicadas
Cura total	Sob circunstâncias indicadas (e profundidade)
Adesão	Necessidade de <i>primer</i> e tipos de <i>primer</i> para substratos comuns Umidade da superfície aceitável ou não Problemas de superfícies
Propriedades em uso	
Módulo	Tensão e temperatura indicado na tração
Fator de acomodação	com a definição da norma usada para propriedade
Largura/ profundidade	Dimensões e tolerâncias recomendadas
Características de movimento	Plástico/ elástico etc...
Resistência	Química / água
Vida útil	Normalmente esperada

Uma prática adotada no projeto de juntas de movimentação é a realização de ensaios para averiguar o desempenho dos materiais constituintes, sobretudo assegurar a durabilidade do selante e a compatibilidade entre este e os demais materiais.

A partir do conjunto de normas de selantes do comitê C24 da ASTM, elencou-se na Tabela 5.5 alguns dos métodos ensaios exigidos pela norma de especificação de selantes elastoméricos, a ASTM C920 (ASTM, 2005), os quais foram eleitos, pelo comitê de estudos do CONSITRA, mais aplicáveis para assegurar o desempenho desses materiais às juntas em revestimentos cerâmicos de fachadas. Entretanto, cabe destacar que estes métodos não estão inteiramente desenvolvidos e disponíveis nos laboratórios de ensaios do mercado brasileiro, sendo, portanto, uma proposta a ser avaliada pelo meio técnico.

Tabela 5.5 - Requisitos para aceitação de selantes para uso em substratos de argamassa e vidro segundo ASTM C920 (ASTM., 2005)

Característica do selante	Requisito selantes para uso em substratos de argamassa (<i>Use M</i>) ASTM C920 (2005)	Método de ensaio
Adesão / coesão Capacidade de Movimento	A perda em área total de adesão e coesão nas áreas de 3 amostras não deve ser maior que 9 cm ² , quando testados pelo método ASTM C719 com argamassa ou outro substrato especificado.	ASTM C719 (1998) Standard Test Method for Adhesion and Cohesion of Elastomeric Joint Sealants Under Cyclic Movement (Hockman Cycle)
Adesão superficial	A força de adesão superficial para cada amostra deve ser maior que 22.2 N quando testado de acordo com método de ensaio ASTM C794 em substrato de argamassa ou outro substrato.	ASTM C794 (2001) Standard Test Method for Adhesion-in-Peel of Elastomeric Joint Sealants
Dureza	O selante para áreas não trafegáveis (uso NT) , após apropriadamente curados deve ser maior que 15 e menor que 50 Shore A, quando testado de acordo com método de ensaio ASTM C661.	ASTM C661(1998) Standard Test Method for Indentation Hardness of Elastomeric-Type Sealants by Means of a Durometer
Resistência à ação do calor	Não deve ocorrer perda de peso superior a 7% do peso original do selante, fissuras ou riscos quando testados pelo método de ensaio ASTM C1246.	ASTM C792 (1998) Standard Test Method for Effects of Heat Aging on Weight Loss, Cracking, and Chalking of Elastomeric Sealants
Envelhecimento acelerado	O selante não deve apresentar fissuras maiores que as apresentadas na Figura 5.7 após ter sido exposto aos raios ultravioleta e a baixas temperaturas e ao ensaio de flexão quando testado pelo método de ensaio ASTM C793.	ASTM C793 (2004) Standard Test Method for Effects of Accelerated Weathering on Elastomeric Joint Sealants
Estabilidade de Cor	A cor do selante aos 14 dias de cura, a 23 °C e 50% de umidade relativa do ar, deverá ser acordada entre o comprador e o fornecedor. O selante não deverá apresentar nenhum manchamento na superfície em uma base argamassa cimentícia quando testado pelo método ASTM C510.	ASTM C510 (1997) Standard Test Method for Staining and Color Change of Single- or Multicomponent Joint Sealants

5.3.3 ESCOLHA DOS DEMAIS CONSTITUINTES DA JUNTA

Para se definir o *primer*, deve ser especificado de acordo com recomendações do fabricante de selante. Segundo a ASTM C1193-05a (ASTM, 2005), o *primer* é especialmente desenvolvido pelo fabricante de selante e sua formulação deve ser adequada aos diferentes selantes, substratos e em alguns casos, ao uso e às condições de exposição.

As normas ANSI A108; A 118; A 136 (ANSI, 1999) advertem que, para alguns tipos de selantes, o uso de *primer* é imprescindível nas laterais das placas cerâmicas. Assim, esses documentos recomendam que a especificação do *primer* se considere o selante que será utilizado, podendo-se buscar, para isto, a parceria do fabricante.

Quanto à escolha do limitador de profundidade, devido ao desconhecimento da importância dessas funções do limitador de profundidade no desempenho da junta, o emprego de materiais residuais de obra, tais como papelão, partes de sacos de cimento ou mesmo a mangueira de PVC tem ocorrido em muitas obras em substituição ao limitador (FERME, 2005)²⁰. É importante lembrar que este componente da junta deve ser capaz de resistir às permanentes deformações antes e durante a aplicação do selante. A ASTM C1330 (2002) estabelece requisitos para a correta especificação do limitador de profundidade, tais como: compatibilidade com o selante, densidade aparente, resistência à tração longitudinal e transversal e absorção de água.

A ASTM C1193-05a (ASTM, 2005) recomenda que o limitador de profundidade de espuma de células abertas tenha um diâmetro 40 ou 50% superior à largura da junta, para assegurar uma adequada compressão quando colocado. Quando se utiliza o limitador de profundidade de células fechadas, recomenda-se que tenha um diâmetro 25% ou 33% superior à largura da junta.

É importante lembrar que alguns tipos de limitador de profundidade podem ser incompatíveis com o substrato ou com o selante com os quais serão utilizados, podendo causar manchas em um ou em outro; por isto, é importante realizar teste de compatibilidade antes da sua utilização.

Quanto à escolha da fita isoladora, é importante comprovar sua característica anti-aderente com o selante a ser empregado.

²⁰ FERME, L. F. G. Informações registradas em **reunião do grupo selantes e desmoldantes**. CONSITRA (Consórcio Setorial para Inovação em Tecnologia de Revestimentos de Argamassa). Reunião ocorrida na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 18.Ago.2005. São Paulo, 2005.

A escolha dos demais componentes da junta deve considerar sua compatibilidade com os selantes, entre os próprios materiais e com os substratos, para prevenir sua deterioração prematura que resulta na perda da estanqueidade da fachada, pois ocasionalmente, materiais que estão nas proximidades, mas não em contato direto com o selante, podem ter efeito sobre o selante aplicado (ASTM C1193-05a, 2005). A incompatibilidade entre os materiais e o selante pode causar, no mínimo, a descoloração do selante ou, em seu extremo, a deterioração ou perda da adesão. Os materiais selantes devem ser compatíveis também com as condições ambientais

5.4 ORIENTAÇÕES PARA PRODUÇÃO

A otimização do desempenho da junta depende, além de um bom projeto, de excelente mão-de-obra para bem executar o especificado pelo projeto. Na prática, mesmo se for adquirido um excelente selante e um ótimo projeto, a junta pode ter seu desempenho comprometido se não for corretamente executada.

Na BS 6093 (BSI, 1993), encontra-se uma lista de fatores importantes a serem observados pelo responsável pelo controle da execução, sendo estes aqui sintetizados:

- os afastamentos entre juntas devem ser mantidos dentro dos limites especificados;
- deverá ser mantida a continuidade do selamento;
- as operações difíceis de serem realizadas, tais como a abertura das juntas e o acabamento do selante deverão ser cuidadosamente observadas para que sejam executadas corretamente;
- cuidado em seguir a seqüência de atividades especificada para o conjunto;
- as etapas da execução sejam inspecionadas antes de serem concluídas;

5.4.1 ABERTURA DA JUNTA

Em algumas referências consultadas constatou-se o início da execução das juntas de trabalho durante a aplicação do chapisco com a colocação de membrana de poliéster que objetiva a impermeabilização da abertura (Goldberg, 1998).

Segundo o TCA (2002), a abertura da junta pode ser realizada durante a execução da camada de emboço e deve ser resistente; com bom acabamento e não deve apresentar irregularidades que prejudiquem o ajuste e a compressão do limitador de profundidade.

O corte no emboço é usualmente feito com o auxílio de um “cortador” , nas dimensões (largura e profundidade) da junta. A BS 5385 (BSI, 1991) recomenda que, após executá-lo, seja usado um enchimento que deve permanecer até a secagem completa da argamassa, para assegurar o acabamento perfeito da cavidade.

Gorman *et al.* (2001) advertem que o aplicador deve estar orientado a comunicar o engenheiro responsável, caso ocorra algum problema na largura da junta, sendo de suma importância informar o responsável da obra quando a abertura da junta não for executada na dimensão indicada em sua largura ou profundidade, ou se há desagregação do substrato.

5.4.2 PREPARO DOS SUBSTRATOS

O preparo do substrato da junta para receber a aplicação do material selante é a forma de assegurar sua boa adesão e consiste na limpeza, na aplicação do *primer* e na proteção da abertura da junta. Para tanto, Gorman *et al.* (2001) destacam que durante a execução das juntas de movimentação, deve ser de responsabilidade do aplicador: verificar o nível de limpeza da junta; conferir a largura da junta com a largura especificada em projeto; realizar corretamente a imprimação dos substratos; verificar a correta profundidade do selante e o correto acabamento da junta.

5.4.2.1. LIMPEZA

Os poros do substrato da junta devem estar livres de substâncias deletérias, tais como óleos, graxas ou materiais pulverulentos e resíduos de argamassas ou materiais solúveis em água. Segundo a ASTM C1193-05a (ASTM, 2005), estes materiais poderão reduzir a capacidade do selante de aderir ao substrato; por isto, deverão ser removidos completamente. Além disso, é importante que a cavidade da junta esteja seca. Assim, nota-se que cavidade da junta deve ser preparada por limpeza com técnicas adequadas para secagem e remoção dos contaminantes.

A ASTM C1193-05a (ASTM, 2005) adverte que a qualidade de um método, solução e tecido de limpeza, entre outros, é tão importante quanto a qualidade do selante. As superfícies nas quais os selantes serão aplicados devem ser adequadamente limpas. Segundo Gorman *et al.* (2001), o método para a realização da limpeza pode ser avaliado por teste experimental de adesão do selante no local. Esses autores recomendam para a limpeza de substratos porosos e não porosos:

Em substratos porosos, a limpeza deve ser feita com escovas de cerdas ou aspirador e em seguida deve ser passado um tecido branco no interior da junta para confirmar a ausência de pó na mesma. Se ainda houver a presença de pó no interior da junta, a limpeza deverá ser repetida com a escova até o aplicador certificar-se da ausência de contaminantes.

Em substratos não porosos, recomenda-se o uso de um solvente limpo e novo, - do tipo recomendado pelo fabricante do selante - nas superfícies que terão contato com o mesmo. Os autores advertem que ao usar solventes na limpeza, deve-se usar sempre tecido branco e limpo e de 100% algodão. Segundo Gorman *et al* (2001), o uso de tecidos coloridos e com combinações com poliéster poderão dissolver-se com o solvente contaminando o substrato.

Apesar desses autores recomendarem o uso de solventes em substratos não porosos, segundo a ASTM C1193-05a (ASTM, 2005), o seu uso não é recomendado, uma vez que eles tendem a dissolver contaminantes e, então, novamente depositá-los em seus poros, onde eles se tornam de muito difícil remoção. Este documento recomenda a pulverização, escovação e jato de ar comprimido.

5.4.2.2. PROTEÇÃO DA ABERTURA

A proteção da abertura é realizada colocando fita adesiva sobre as placas cerâmicas rente às bordas, evitando cobrir a superfície onde o selante irá aderir. A proteção da abertura da junta contribui para a qualidade do acabamento do selamento, pois confere à borda uma apresentação limpa e reta. Gorman *et al* (2001) advertem que é de suma importância somente aplicar cinta onde será aplicado o selante no mesmo dia, devendo-se retirar a fita no mesmo dia também, pois esta pode secar e dificultar a remoção.

Estando a junta aberta, deve ser tomado especial cuidado com a entrada de substâncias que podem contaminar do selante. A BS 5385 (BSI, 1991) recomenda que as juntas que estiverem aguardando seu preenchimento sejam protegidas contra o ingresso de qualquer substância ou resíduo, sendo coberta por uma fita adesiva. Por outro lado, o documento recomenda que, nos casos onde houver presença de umidade ou solventes usados na limpeza das juntas, que estas sejam mantidas expostas a fim de permitir a secagem e dissipação do solvente.

5.4.2.3. IMPRIMAÇÃO

O uso de *primer* para melhorar a adesão do selante aos substratos da junta não substitui a limpeza e, quando for necessário, devem ser tomados os seguintes cuidados:

- é importante utilizar o *primer* específico para o selante, conforme indicação do fabricante do selante; o produto tem curto prazo de validade após aberto;
- os *primers* podem causar manchas de difícil remoção e deve ser aplicado uniformemente nas laterais da junta, em uma camada muito fina para que não escorra nem se acumule na superfície. Segundo TCA (2002), o *primer* deve ser passado apenas nas superfícies onde será aderido o selante, não devendo ser aplicado fora das faces das placas cerâmicas, a fim de se evitar manchas superficiais ao redor da junta.
- o período entre a aplicação do *primer* e o selante é especificado pelo fabricante e não deve ser excedido. Gorman *et al.*(2001) lembram que, caso a junta cujo o *primer* foi aplicado não for selada, este deverá ser retirado antes do selamento da junta, pois tende a secar impedindo a adesão do selante. Além disso, os autores advertem que não se deve aplicar o *primer* com o limitador de profundidade na junta.

5.4.3 POSICIONAMENTO DO LIMITADOR DE PROFUNDIDADE

O limitador de profundidade deve ser firmemente inserido na abertura da junta e posicionado a fim de garantir a profundidade do selante especificada em projeto (DIN, 18540, DIN, 1995). A ASTM C1193-05a (ASTM, 2005) recomenda que, ao empregar limitador de profundidade de espuma de células fechadas, durante a sua colocação na junta, devem ser tomados cuidados especiais no manuseio deste tipo de perfil, uma vez que, se a película que o envolve for danificada pela punção de uma ferramenta pontiaguda, podem ser liberados gases o que acarretará em conseqüentes danos ao selante ainda não curado, como bolhas, podendo comprometer inclusive sua capacidade de acomodação dos movimentos.

5.4.4 APLICAÇÃO DO SELANTE

O selante deve ser aplicado após a cura das argamassas de fixação do revestimento cerâmico e de rejunte, e, como lembra a ASTM C1193-05a (ASTM, 2005), imediatamente após a colocação do limitador de profundidade para prevenir a absorção de água por chuva

ou condensação. Além disto, deve-se observar as condições de temperaturas, dando preferência em aplicá-lo nos horários de temperaturas moderadas, em que a abertura da junta estará numa dimensão mediana, como foi observado no item 5.2.2.4.

Segundo a BS 5385: part2 (BSI, 1991), na maioria dos casos, o selante não deve ser aplicado até que se assegure que a junta esteja completamente limpa e seca, mas existem selantes específicos para aplicação sob condições de umidade.

Ao aplicar o selante, deve-se assegurar a profundidade especificada em projeto. As demais instruções e informação técnicas do fabricante devem criteriosamente observadas. Segundo a DIN 18540 (DIN, 1995), os selantes devem ser aplicados uniformemente, para que não se formem bolhas de ar e seu acabamento deve ser feito com ferramentas apropriadas que assegurem a adesão.

A norma DIN 18540 (DIN, 1995) aconselha que as substâncias usadas para o acabamento final do selante sejam quimicamente neutras e serem testadas previamente quanto à possibilidade de causar manchamento ou de impedir a adesão do selante. Estas substâncias também não devem formar película sobre o selante, uma vez que no movimento da junta, esta está sujeita a fissuração.

Segundo a DIN 18540 (DIN, 1995), os selantes não deverão ser aplicados quando a temperatura do substrato estiver abaixo de 5°C ou acima de 40°C, temperatura esta que pode ser excedida pelas placas cerâmicas de cor escura. Dow Corning (2005) recomenda que, devido à movimentação que pode ocorrer durante a cura do selante, de modo geral que o selamento da junta seja feito quando sua superfície estiver fria e for passar por mínimas alterações de temperatura, tipicamente no fim da tarde ou no começo da noite.

CAPÍTULO 6. LEVANTAMENTO DE CAMPO

A revisão bibliográfica apresentada nos capítulos anteriores buscou sintetizar o estado da arte sobre o uso de juntas de movimentação em revestimentos cerâmicos de fachadas, assim como as características dos materiais usualmente empregados no preenchimento dessas juntas e as características e cuidados de execução. Entretanto, compreendeu-se que, para que este estado da arte ficasse completo, seria necessário sintetizar, ainda, a realidade atual do processo de projeto e de produção de juntas no Brasil, o que se apresenta no presente capítulo, guardadas as devidas limitações de tempo e de espaço a que a autora esteve submetida ao longo da realização do presente trabalho.

6.1 METODOLOGIA

Devido ao grande número de variáveis envolvidas, este trabalho de campo não teve como objetivo a realização de um levantamento estatístico, o que exigiria fazer um levantamento em um grande número de obras e com um grande número de projetistas. Trata-se, portanto, de um levantamento de gênero exploratório e descritivo, como propõe Barros Neto (1999). É exploratório porque busca conhecer e estudar assuntos pouco abordados nas pesquisas já empreendidas, relacionadas com a construção de edificações. É descritivo porque procura entender e mostrar como funciona determinado fenômeno, no caso, as características de especificação e produção das juntas em revestimentos de fachada.

A reunião de informações das experiências de especificação de juntas teve como objetivo sintetizar o conhecimento que dá base a uma prática construtiva que se encontra ainda dispersa e sem registro formal.

Para reunir as informações necessárias, buscou-se explorar projetos de fachada realizados por projetistas ou consultores da área de revestimento, por meio de entrevistas e visitas aos empreendimentos que tiveram suas fachadas projetadas ou mesmo cuja execução fora acompanhada por aqueles profissionais.

Num primeiro tópico, a autora relata sua experiência profissional na realização de projetos e na produção de revestimentos cerâmicos de fachadas, quando teve a oportunidade de trabalhar em um escritório de projeto de revestimento e, posteriormente, em uma empresa fornecedora de placas cerâmicas. Neste relato, registram-se os parâmetros utilizados para posicionamento de juntas e ainda, problemas e dúvidas que foram vivenciados na produção dos revestimentos cerâmicos de fachadas, particularmente na produção das juntas de movimentação.

Nesse registro, além das informações trazidas de diferentes situações, vivenciadas em locais e momentos distintos, utiliza-se como exemplo, um projeto de fachadas de edifício construído na cidade de Fortaleza, no período de agosto de 2000 a janeiro de 2001, do qual a autora participou da sua realização e acompanhou sua execução.

Num segundo momento, buscou-se registrar a experiência de três especialistas que realizam projetos de revestimentos de fachada nas cidades de São Paulo e Belo Horizonte. Esses registros foram obtidos com a realização de entrevistas, pelas quais se buscou informações relevantes na metodologia de especificação de juntas de movimentação. Os principais questionamentos feitos aos projetistas estão apresentados no anexo “A” .

6.2 EXPERIÊNCIA PROFISSIONAL

A autora fez parte do quadro de colaboradores de duas empresas cujo ramo de atividades está relacionado aos revestimentos cerâmicos de fachadas, sendo a primeira uma empresa de projeto e consultoria (Empresa A), com atuação em grande parte do território nacional, particularmente na região nordeste e sudeste e a segunda uma grande indústria de placas cerâmicas para revestimento (Empresa B).

A atuação da autora nestas empresas, de 1998 a 2002, fez-se principalmente pela sua participação na elaboração de projetos, no acompanhamento da execução e na investigação de manifestações patológicas ocorridas em revestimentos cerâmicos de fachadas. O acompanhamento nas etapas de projeto e de obra neste período de experiência profissional permitiu as observações que serão registradas nos itens seguintes.

6.2.1 O PROJETO DE JUNTAS

Os projetos de fachadas, realizados no decorrer desta experiência profissional, consistiam na elaboração de documentos que contemplavam a especificação das camadas do revestimento e dos procedimentos para sua produção. Além disto, preocupava-se em se verificar as características da base e em se prever os detalhes construtivos, tais como reforços de alvenaria, telas de reforços na camada de emboço e as juntas de movimentação, quando identificada a sua necessidade.

Com as diversas experiências no desenvolvimento de projetos de revestimento percebeu-se que a especificação dos detalhes construtivos, sobretudo das juntas de movimentação, exigia o levantamento de diferentes informações constituindo-se numa etapa que demandava maior tempo e cautela. As principais considerações que eram feitas naquele momento serão apresentadas na sequência.

6.2.1.1. AVALIAÇÃO DA EDIFICAÇÃO

A fase inicial do projeto de revestimentos - a avaliação da edificação - constituía, num primeiro instante, em uma coleta de informações sobre a obra cujo projeto de revestimento seria produzido. Para tanto, eram solicitados os projetos arquitetônico, estrutural e de alvenaria (quando existente), além de prospectos com ilustração das fachadas e informações gerais a respeito do produto edifício. Caso a obra estivesse em andamento, fazia parte da avaliação uma visita criteriosa com registro fotográfico e das condições de produção da obra.

Num segundo momento, a avaliação da edificação se voltava para a análise de projetos e / ou dos registros feitos na própria obra já em execução, a fim de serem localizados os pontos críticos de concentração de tensões onde, possivelmente, deveriam ser posicionadas as juntas. Esta análise iniciava a importante etapa de especificação das juntas de movimentação.

A avaliação da edificação consistia, sobretudo, na análise do projeto de estruturas do edifício, mais especificamente do projeto de fôrmas, onde se buscavam informações acerca da rigidez dos elementos estruturais que apoiavam as alvenarias de fachada: lajes e vigas de borda, flechas previstas, lajes ou vigas em balanço. Naquela época, para esta avaliação não foram utilizados softwares específicos para análise de deformações da estrutura.

Complementarmente a esta análise, no projeto de arquitetura, as informações específicas como: características dos materiais de acabamento especificados; a geometria da edificação

- a altura do edifício, a existência de varandas e platibandas, trechos em curvas, as dimensões das aberturas - e o encontro de diferentes tipos de revestimentos constituíam informações que eram analisadas para o posicionamento das juntas, como poderá ser visto no item seguinte.

6.2.1.2. TIPOS E PERFIS DE JUNTAS

Praticamente todos os tipos de juntas de movimentação descritos no Capítulo 2, sobretudo quando classificadas quanto à sua função no revestimento, puderam ser notadas nos projetos de revestimentos de fachadas. As observações de projeto acerca de cada uma são descritas a seguir:

A) JUNTAS DE TRABALHO

Foram especificadas para aliviar as tensões provocadas pela movimentação da base e do próprio sistema de revestimento. Esta junta foi especificada para ser executada, o mais próximo possível do alinhamento inferior da viga (no caso da junta horizontal) ou da face do pilar (no caso da junta vertical). Em todos os projetos foram utilizadas em dimensões fixas, como indica a Figura 6.1, ou seja, não variava de um projeto para outro, funcionando como que uma “junta padrão”.

Figura 6.1 - Perfil da Junta de Trabalho (Junta de Movimentação)

Fonte: Empresa A ²¹ (2000)

²¹ Empresa A. Estudo de Fachada. Edifício Bellagio Residence. Revisão do relatório Rel 1161C/00. 35p. Projeto cedido pela ACOPI CONSTRUTORA LTDA. Fortaleza, 2000. Não Publicado.

Neste perfil, observa-se que a abertura da junta na camada de revestimento (6 mm) é menor que a abertura da junta na camada de emboço (15 mm). Além disto, observa-se que o limitador de profundidade especificado possui diâmetro de 20mm, ou seja, de dimensão superior à largura da junta, para que permanecesse pressionado na seção e contribuísse para a estanqueidade do sistema.

A abertura desta junta (6 mm) na camadas de acabamento era assim recomendada a fim de que a junta de movimentação ficasse com um acabamento similar ao das juntas de assentamento e não causasse grande impacto visual, interferindo menos esteticamente na fachada, como ilustra a foto apresentada na Figura 6.2.

Figura 6.2- Foto de revestimento de fachada. Aspecto final das juntas de trabalhos (vertical e horizontal) do Edifício Bellagio Residence.

B) JUNTAS DE SUPERFÍCIE

Eram usualmente denominadas “juntas de liberdade” e foram empregadas para subdividir painéis em áreas menores. No seu perfil, observa-se que sua abertura corresponde à própria abertura da junta de assentamento das placas cerâmicas, com a diferença de que a junta de superfície é preenchida por selante aplicado sobre fita isoladora. Neste caso, pode ocorrer a permanência da camada de fixação na abertura da junta, caso a argamassa colante não seja completamente retirada da abertura após o assentamento das placas cerâmicas, como ilustra a Figura 6.3.

Figura 6.3 - Perfil da Junta de Superfície

Fonte: Empresa A (2000)

C) JUNTAS DE DESSOLIDARIZAÇÃO

O termo junta de dessolidarização era empregado de modo generalizado, também para as juntas de transição e de contorno. Estas juntas foram especificadas tanto para as juntas nos cantos verticais, nas mudanças de direção do revestimento cerâmico (junta de dessolidarização propriamente dita), quanto para encontro entre diferentes revestimentos ou elementos construtivos. Da mesma forma que nas juntas de superfície, a camada de fixação tende a permanecer na abertura da junta, caso a argamassa colante não seja completamente retirada da abertura após o assentamento das placas cerâmicas, como ilustra a Figura 6.4

Figura 6.4 – Perfis da Junta de Dessolidarização

Fonte: Empresa A (2000)

6.2.1.3. POSICIONAMENTO DE JUNTAS

Para a definição das juntas de movimentação na fachada, fossem elas verticais ou horizontais, consideravam-se, primeiramente, os possíveis movimentos da estrutura, a partir da avaliação da edificação descrita anteriormente.

Na grande parte dos projetos de revestimentos cerâmicos de fachadas, foram especificadas juntas de movimentação horizontais em todos os pavimentos na região do encontro da alvenaria com a estrutura, local em que há um grande potencial de ocorrerem deformações diferenciais em função da junção de materiais com comportamento distinto, o que pode comprometer o revestimento.

As juntas de movimentação projetadas poderiam ser tanto juntas de trabalho (com o seccionamento do revestimento até a base), quanto juntas de superfície (apenas na camada do revestimento cerâmico). A escolha por um ou outro tipo era realizada em função da análise que o projetista fazia em relação ao comportamento do edifício.

Nos casos em que o projetista, pela sua percepção e experiência, considerava que a intensidade de movimentação da estrutura não levaria a danos no revestimento, foram empregadas somente juntas de superfície, as quais atuariam somente para o alívio das tensões devidas à movimentação intrínseca da camada de acabamento, decorrente, fundamentalmente da variação de temperatura. Por outro lado, se o projetista considerava que a estrutura sofreria muitas movimentações, então era proposta uma junta de trabalho, com as características anteriormente apresentadas.

Ainda na região do encontro da alvenaria com a estrutura, em alguns casos, também a partir da experiência do projetista, as juntas de superfície foram empregadas de forma alternada às juntas de movimentação, objetivando reduzir as seções no emboço que poderiam possibilitar a infiltração de água. Assim, o seccionamento do revestimento era realizado em um pavimento até a base e no seguinte não. Com este procedimento, esteticamente a fachada tinha o mesmo resultado final, isto é, parecia haver juntas de movimentação em todos os pavimentos.

Foram também especificadas juntas de transição horizontais entre painéis de revestimento de argamassa e revestimento cerâmico, como ilustra a Figura 6.5. Em casos como o ilustrado nesta figura, além das juntas de trabalho localizadas na região do encontro da alvenaria com a estrutura, as juntas de transição eram posicionadas nas mudanças de revestimentos.

Figura 6.5 – Fachada com painéis de revestimento cerâmicos alternados por painéis de revestimentos de argamassa, exigindo a presença de juntas horizontais de transição.

As juntas de movimentação eram especificadas segundo sua necessidade funcional. Havia algumas diretrizes que balizavam as decisões de projeto quanto ao posicionamento dessas juntas. Iniciando-se pelas juntas de trabalho, estas eram especificadas, em locais onde havia lajes ou vigas em balanço na fachada, sendo posicionadas no alinhamento do encontro deste elemento estrutural com seu pilar de apoio, como indica a Figura 6.6.

Figura 6.6 - Posicionamento de Junta de Trabalho - Laje em balanço – Planta

As juntas de dessolidarização eram recomendadas nas mudanças de direção do revestimento, em todas as quinas externas e internas, como forma de cumprimento do requisito estabelecido pela NBR 13755 (ABNT, 1996); entretanto, em muitos casos, estas juntas, apesar de projetadas, não foram executadas.

As juntas de superfície eram, em geral, recomendadas com espaçamento a cada 2 metros, nas alvenarias de bordo livre. Esta junta vertical era largamente empregada como forma de interrupção de grandes painéis de revestimento, como em platibandas e varandas.

As juntas de transição também foram especificadas na vertical, nos encontros entre revestimentos de argamassa e cerâmico.

De modo geral, para o emprego desses quatro tipos de juntas, as dimensões e as aberturas existentes nos painéis eram analisadas, subdividindo-se as fachadas em áreas de no máximo 30m².

Por exemplo, em casos em que existiam painéis sem aberturas e de dimensões horizontais superiores a 6 metros, subdividia-se estes painéis com juntas verticais a cada 6 metros, de preferência, direcionando o posicionamento desta junta no alinhamento do encontro dos componentes estruturais com a alvenaria (Figura 6.7), ou, quando não existissem, no centro do painel de revestimento.

Figura 6.7 - Posicionamento de junta vertical – subdivisão de painéis de revestimento- Planta

Em casos em que existiam painéis com aberturas, subdividiam-se estes painéis com juntas verticais em áreas máximas de 30m², direcionando seu posicionamento no alinhamento de uma das laterais dos vãos de janelas, como ilustra a Figura 6.8.

Figura 6.8 - Posicionamento de junta vertical – subdivisão de áreas - Elevação

6.2.1.4. ESPECIFICAÇÃO DOS MATERIAIS

Quanto à especificação dos materiais de preenchimento das juntas, as recomendações de projeto restringiam-se à especificação de selante monocomponente, usualmente à base de poliuretano, com a recomendação de que fossem exigidas garantias por parte do fabricante do selante quanto à aderência ao substrato, resistência às intempéries e contra manchamento, escorrimento e formação de bolhas.

Para a especificação do selante, não eram recomendados ou realizados “ painéis teste” para aplicação prévia do material selante em conjunto com os demais materiais do sistema de revestimento nas obras. Também não eram feitas considerações sobre a vida útil do selante, a sua substituição ou a sua manutenção.

6.2.2 ACOMPANHAMENTO DE OBRA: PROJETO E EXECUÇÃO

Uma das obras de revestimentos cerâmicos de fachadas acompanhadas pela autora, no período de agosto de 2000 a janeiro de 2001, será apresentada a seguir.

Localizado em Fortaleza, o empreendimento teve como processo construtivo, estrutura reticulada de concreto armado e alvenaria de vedação de blocos cerâmicos. O edifício, ilustrado na Figura 6.9, possui subsolo, pavimento térreo, dezoito pavimentos tipo e um pavimento de cobertura.

Figura 6.9 Obra 01 – Vista geral do edifício²²

6.2.2.1. ASPECTOS DE PROJETO

A documentação do projeto fornecido para a construtora era constituída por:

- relatório técnico contendo as especificações de cada camada e detalhes construtivos, diretrizes para a execução, diretrizes para recebimentos dos materiais e das camadas. Constava também do relatório a especificação dos materiais e dos perfis das juntas, bem como suas funções e posicionamentos;
- elevações das fachadas principal (Figura 6.10), laterais e posterior onde eram indicadas todas as juntas especificadas. Nas elevações visualizava-se as juntas nos demais pavimentos.
- planta do pavimento tipo do edifício, ilustrado na Figura 6.11, em que foram indicados os trechos com os diferentes tipos de revestimentos e posicionadas as juntas verticais;

²² As fotos do edifício “ Obra 01” , apresentadas neste trabalho, foram realizadas em agosto e outubro de 2005.

Figura 6.10 – Projeto de Juntas de Revestimento - Fachada principal – Elevação

Figura 6.11 Planta do Pavimento Tipo – Juntas Verticais

A) FACHADA PRINCIPAL

A fachada principal do edifício foi totalmente revestida por revestimento cerâmico, numa paginação em que se mesclam os vários tipos de placas, como pode ser observado na Figura 6.12.

Figura 6.12 – Foto da Fachada Principal

As juntas de movimentação especificadas na fachada principal podem ser vistas na Figura 6.10. Destaca-se nesta fachada que, embora previstas em projeto, as juntas de superfície especificadas no centro dos guarda-corpos das varandas quando revestidos pela cerâmica (11x22) cm, como pode ser observado na Figura 6.13, não foram executadas por decisão da construtora, segundo seus técnicos, por motivos estéticos pois deveria haver o corte da pastilha. Observa-se também nesta foto, as juntas de dessolidarização indicadas para desconexão da laje em balanço da varanda.

Figura 6.13 – Detalhe varanda fachada principal – Juntas executadas

Uma das dificuldades encontradas durante a execução do revestimento foi quanto ao posicionamento correto das juntas de trabalho horizontais. Conforme detalhado anteriormente para esta junta (Figura 6.1), o eixo da abertura da junta deve, preferencialmente, coincidir exatamente com o encontro da linha de fundo do componente da estrutura (viga ou laje). Este posicionamento, entretanto, requer que, na paginação das placas cerâmicas, as juntas entre placas também coincidam com o alinhamento.

Como nesta obra a paginação não seria coincidente com o local exato da junta, em alguns pavimentos foi necessário o corte das placas cerâmicas, como ilustra a Figura 6.14, o que resultou em muitos desperdícios de material e em baixa produtividade da mão-de-obra. Outras alternativas para solucionar o problema poderiam ter sido aplicadas, como o deslocamento da junta em 2 ou 3 centímetros, coincidindo com a junta entre placas.

Figura 6.14 – Junta de trabalho horizontal posicionada no fundo da viga de borda, exigindo o corte das placas cerâmicas

B) FACHADAS LATERAIS

As fachadas laterais são revestidas por revestimento cerâmico ou de argamassa com aplicação posterior de textura, como pode ser observado na Figura 6.15.

Figura 6.15 – Fachada Lateral esquerda

Além das juntas de trabalho que circundam todo o edifício, em todos os pavimentos, nesta fachada encontram-se juntas de trabalho verticais, especificadas a fim de aliviar as tensões provocadas pela movimentação das lajes em balanço. Foram também executadas juntas de dessolidarização em todas as mudanças de direção do revestimento.

As juntas verticais podem ser observadas na planta do pavimento tipo (Figura 6.11) e na foto da Figura 6.16.

Legenda

- Juntas de trabalho
- Juntas de dessolidarização

Figura 6.16 – Indicação das juntas de trabalho na fachada lateral direita

C) FACHADA POSTERIOR

A fachada posterior é também revestida por placas cerâmicas ou por argamassa e textura, como pode ser observado na Figura 6.17. Nesta fachada encontram-se juntas de transição verticais, especificadas a fim de aliviar as tensões provocadas pela movimentação entre diferentes revestimentos, que podem ser observadas nesta foto e na planta do pavimento tipo (Figura 6.11).

Figura 6.17 – Indicação das juntas de trabalho na fachada posterior

6.2.2.2. ASPECTOS DA PRODUÇÃO

A) CORTE E TRATAMENTO DA ABERTURA DA JUNTA

As juntas de trabalho, as quais necessitam seccionamento do revestimento até a base (Figura 6.18), foram iniciadas durante a execução da camada de emboço, pelo corte da argamassa ainda úmida. A especificação de projeto também deixava para o construtor a alternativa de cortá-las, com serra diamantada, durante o assentamento das placas cerâmicas, mas essa alternativa levaria a maiores custos de produção, sobretudo pelo uso de disco de corte.

Figura 6.18 – Produção de Fachada: juntas de trabalho abertas durante a produção do emboço

A Figura 6.19 ilustra passo a passo o corte e tratamento da abertura da junta. Após seu corte e secagem (a), as juntas foram preparadas com a execução de uma membrana impermeável obtida pela aplicação de *primer* de resina acrílica, filme de poliéster e uma segunda demão de resina acrílica, como pode ser observado (b). Após a limpeza com vassoura macia e broxa úmida (c), a fim de retirar todo material solto no fundo da junta. O assentamento das placas cerâmicas foi realizado posteriormente (d).

(a) Abertura da junta

Corte no emboço fresco

(b) Execução da membrana impermeabilizante

*Primer de resina acrílica+ filme de poliéster
+ demão de resina acrílica*

(c) Limpeza da junta

Remoção do material solto com
vassoura macia e broxa úmida

**(d) Assentamento das placas
cerâmicas**

Figura 6.19 – Juntas de Trabalho: corte e tratamento da abertura da junta

Quanto às juntas de dessolidarização e de superfície, o tratamento consistiu na limpeza com vassoura macia, retirando da abertura todo o material solto. Após esta limpeza, procedeu-se a aplicação de fita isoladora no fundo da junta Figura 6.20, recomendação feita a fim de que o selante não tivesse o terceiro ponto de adesão, aderindo apenas nas laterais das placas cerâmicas. Devido à reduzida abertura da junta (6 mm), a realização deste procedimento tornava-se uma difícil tarefa, uma vez que a dimensão original da fita era maior do que a necessária e a tarefa de corte da fita era adicionada à produção.

Figura 6.20 – Posicionamento de fita isoladora no fundo da junta de dessolidarização

Fonte: Empresa A (2000)

Diferentemente das juntas de trabalho, este procedimento foi realizado imediatamente antes da aplicação do selante.

B) PREENCHIMENTO E SELAMENTO DA JUNTA

O preenchimento da junta de trabalho foi realizado pelo posicionamento do limitador de profundidade e a aplicação do selante, observando, para seu início, o cumprimento do prazo mínimo recomendado, pelo projeto, de 21 dias de secagem do emboço para assentamento das placas cerâmicas, 3 dias após o assentamento das placas cerâmicas para início da execução das juntas de assentamento e 7 dias após a aplicação do rejunte para início do selamento.

Quanto ao limitador de profundidade, sua compra em um diâmetro igual a 20 mm, em princípio foi questionada pelo construtor, uma vez que a abertura da junta na camada de revestimento seria de apenas 6 mm, como mostra a Figura 6.21. Entretanto, foi realizada conforme recomendado pela empresa de projetos, a fim de que o limitador permanecesse sob pressão e ficasse adequadamente posicionado na camada de emboço, contribuindo para a estanqueidade da junta, como recomendado pelo projetista (EMPRESA A, 2000).

Figura 6.21 – Juntas de Trabalho – Preenchimento da junta

Na maioria dos casos, para facilitar a sua introdução, o limitador de profundidade foi colocado durante o assentamento das placas cerâmicas (seria muito difícil fazê-lo depois, dadas às dimensões da junta entre placas e as suas dimensões); no entanto, nesta situação, permaneceu por muito tempo no interior da junta, sem que ocorresse o selamento. Esta situação possibilitava a entrada de umidade e resíduos, o que em alguns casos prejudicou a aplicação do selante.

Receando que este procedimento viesse a comprometer o desempenho da junta, a construtora propôs, como alternativa para a introdução do limitador de profundidade pela reduzida abertura da junta, o assentamento das placas cerâmicas adjacentes à abertura da junta, imediatamente após o posicionamento do limitador e antes da aplicação selante. No entanto, esta alternativa foi proposta, tendo-se a ciência de que haveria perda da produtividade no processo de assentamento de placas cerâmicas; no entanto, além disso, esta alternativa também poderia ocasionar a impregnação do limitador de profundidade por argamassa colante, o que poderia levar ao comprometimento do seu desempenho no sistema de junta.

Assim, a proposta foi descartada e a introdução do limitador de profundidade ocorreu efetivamente após o assentamento das placas, forçando-se sua entrada, uma vez que era constituído por um material de alta flexibilidade. Cabe observar que nesta ação existia o risco da perfuração ou rompimento da película que envolvia o bastão de polietileno, conforme foi visto no capítulo 4; no entanto este controle não era realizado.

Outra observação em relação à introdução do limitador de profundidade na junta de trabalho foi quanto à espessura da camada de emboço. Na obra acompanhada, a espessura média da camada foi de 5 cm, o que possibilitou a ocorrência em alguns trechos de junta do afundamento do bastão (Figura 6.22) o que impossibilita que ele desempenhe sua principal função de controlar a profundidade do selante.

Figura 6.22 – Juntas de Trabalho – Afundamento do limitador de profundidade para o interior da junta

Para evitar o afundamento do limitador de profundidade, a recomendação da empresa de projetos foi a abertura parcial da junta como ilustra a (Figura 6.23). Este perfil, por um lado, é bastante adequado, visto que a parte da camada de emboço remanescente contribui para a estanqueidade do sistema; por outro lado, existe o risco de não se enfraquecer suficientemente a seção e, com isto, evitar que a junta trabalhe conforme fora projetada.

Figura 6.23 – Junta de trabalho (perfil com corte parcial da camada de emboço)

Nos casos em que o afundamento do limitador já tivesse ocorrido, foi recomendada a introdução de um segundo bastão de polietileno, como ilustrado na Figura 6.24.

Figura 6.24 – Junta de trabalho: preenchimento da abertura com dois limitadores, em função da profundidade da junta, decorrente da espessura do emboço.

Apesar de grande parte das juntas terem sido cortadas em toda a profundidade da camada de emboço, esta solução onerosa foi desnecessária, ao passo que houve o cuidado na colocação do limitador, deixando-o rente às placas cerâmicas, ficando um espaço vazio entre o limitador e a base. Assim, na obra acompanhada, o preenchimento do interior da junta ficou, de modo geral, como ilustrado na Figura 6.25.

Figura 6.25 – Junta de trabalho. Posição do limitador de profundidade no interior da junta. Espaço vazio entre limitador e a base.

O material especificado para selamento das juntas foi o selante de poliuretano. Para sua aplicação, uma das recomendações principais foi quanto à limpeza e proteção da abertura da junta. Esta tarefa foi determinada como uma importante responsabilidade do aplicador, que deveria, antes de aplicar o selante, verificar se a junta estava completamente sem resíduos de argamassa colante, partículas soltas e sinais de umidade e, caso não estivesse, deveria providenciar a limpeza necessária; em seguida, devia proteger as bordas exteriores das peças cerâmicas com a fixação de fita tipo “crepe”, como indica a Figura 6.26.

Figura 6.26 – Abertura da junta preparada para aplicação do selante com a fixação de fita crepe para evitar a aderência do selante à superfície da placa cerâmica.

Fonte: Empresa A (2000)

A aplicação do selante foi feita após esta preparação, com a utilização de pistola aplicadora, cujo bico do tubo do selante deveria ser cortado em ângulo de 45° na medida da junta. O aplicador também tinha como responsabilidade assegurar o formato previsto para o selante ao constituir a junta.

O acabamento final do selante foi feito manualmente pelo próprio operário, que utilizava o dedo indicador protegido por luva de borracha. No caso das juntas de trabalho, o resultado final foi o ilustrado na Figura 6.27 (a); entretanto, em função da paginação, podia ocorrer um resultado diferente, em que a penetração do selante era maior em um lado do que no outro, resultando no perfil ilustrado na Figura 6.27 (b).

Este último resultado tem como inconveniente o risco de promover no selante uma força de adesão maior em um lado do que outro, uma vez que, em um dos lados, o selante pode aderir na cerâmica, na argamassa colante e em parte do emboço; enquanto do outro lado haverá a adesão somente na borda da cerâmica.

Outro inconveniente quanto à aplicação do selante nos perfis de juntas de movimentação especificados nestes projetos é quanto a obtenção do adequado fator de forma do selante. Para que fosse possível a obtenção deste fator de forma, o aplicador deveria aplicá-lo numa profundidade que deveria ficar em torno de 3 mm.

Figura 6.27 – Resultado final do selamento da junta de trabalho

6.3 ENTREVISTAS

A fim de se trazer para este trabalho a experiência prática de profissionais envolvidos com o projeto de revestimento, ao se realizar as entrevistas, buscou-se conhecer a visão de cada um ao projetar uma obra específica, ou seja, quais eram as principais informações e características da obra que o projetista busca conhecer e com quais tem se preocupado mais ao especificar as juntas de movimentação em uma fachada.

Vale ressaltar que nem todas as perguntas foram diretamente respondidas, uma vez que as entrevistas fluíram de maneira informal e à medida que os projetistas sentiam-se à vontade para esclarecer às questões que lhes eram formuladas.

As entrevistas com projetistas contaram, em alguns dos casos, com a análise de documentos tais como projetos, relatórios técnicos, e planilhas, os quais não puderam ser reproduzidos pela autora, em virtude de serem de propriedade de terceiros (clientes dos projetistas), mas possibilitaram a obtenção de algumas importantes informações.

A partir destas entrevistas, foram selecionadas algumas informações que possibilitaram um melhor entendimento do projeto e da especificação das juntas, as quais estão sintetizadas a seguir.

6.3.1 PROJETISTA 01

O projetista 01 realiza projetos de revestimentos desde que a empresa foi fundada em 1998, tendo atuado várias cidades do país. Tem preferência por obras em São Paulo por entender que o projeto requer acompanhamento, o que fica mais difícil de realizar quando projeta fora de São Paulo.

Na fase de *avaliação da edificação e das condições de exposição*, o profissional considera que é importante ver se já existe projeto de alvenaria, pois, segundo o mesmo, as recomendações feitas no projeto de alvenaria podem ser conflitantes com as soluções que seriam propostas no projeto de revestimento. Quando não há projeto de alvenaria, é importante verificar as condições das paredes na obra, se há fissuras ou não, se está corretamente travada ou não, para, ainda fazer as recomendações que estejam em tempo ou para prevenir potenciais movimentos no revestimento. Segundo esse profissional: “ O ideal seria o mesmo projetista de revestimento fazer também o projeto de alvenaria” .

Ainda nesta fase, do projeto de estruturas levanta as informações relevantes para a elaboração do projeto de revestimentos, analisando, principalmente, o projeto de fôrmas. Quando necessário, solicita também o mapa de deformações, mas em casos raros.

Na opinião desse projetista: “ o dimensionamento da largura das juntas não faz sentido, pois as deformações da estrutura são transferidas para as alvenarias sob forma de cargas, pois estas deformações, se ocorressem em maior grau fissurariam toda a alvenaria. As fissuras que normalmente ocorrem não passam de décimos de milímetros” . Por isto, considera desnecessária a utilização de um software para o dimensionamento das juntas e painéis de revestimentos.

Para o posicionamento das juntas, esse projetista, ao analisar o projeto estrutural, considera pontos críticos para o revestimento como: balanços; a esbeltez da estrutura; aberturas em situações inconvenientes, como em balanços; presença de vigas em fachada ligadas a uma laje muito grande, o que poderá causar torção; viga com vão muito grande. Não faz nenhuma consideração quanto às cargas de vento.

Quanto à preocupação com a deformação lenta, salienta que não há critérios de dimensionamento; mas observa que é muito importante considerar as informações da produção da estrutura, como o histórico da desforma, para prever se haverá ou não problemas mais sérios de deformações futuras. Deve-se saber se o concreto chegará ou não no módulo especificado.

Quanto à escolha do selante, não acha relevante especificar o comportamento elástico do mesmo. Orienta o construtor a utilizar selante à base de poliuretano ou acrílico, apropriados para fachadas.

Quanto às considerações sobre a vida útil da junta, acerca da substituição e manutenção dos materiais constituintes, o projetista diz que testes em obra, durabilidade e recomendações de aplicação são responsabilidades deixadas para o fabricante do selante.

6.3.2 PROJETA 02

O projetista 02, atuando desde 1997 em consultoria de revestimentos em São Paulo, procura acompanhar pessoalmente todas as obras às quais presta assistência.

Os critérios utilizados para especificação das juntas de movimentação são, além do existente na literatura nacional, a análise de pontos críticos para o revestimento, com base na experiência de obras anteriores. Não utiliza cálculos nem softwares para a localização destes pontos críticos.

Ao posicionar a junta de movimentação, o projetista observa que uma das dificuldades é que esta coincida com o “fundo” da viga, uma vez que seu posicionamento centímetros abaixo pode levar a que não funcione adequadamente, podendo aparecer uma fissura logo acima da junta.

Projeta painéis de até 24 m². O perfil adotado para junta em revestimento cerâmico é com abertura de 10 mm, onde especifica o emprego de um tarugo de polietileno de 15 mm de diâmetro.

6.3.3 PROJETA 03

O projetista 03 iniciou sua atuação em projetos de revestimentos em 1997, vendo a possibilidade de atuar na prevenção de patologia, visto que recebia inúmeros chamados de seus clientes, sobretudo no inverno.

Atualmente, procura iniciar seu trabalho na fase de ante-projeto de arquitetura e estrutura, pois acredita na interferência que pode realizar nestes a fim de otimizar a produção do revestimento. O profissional enfatizou a dificuldade de especificar juntas de movimentação devido à falta de normas e documentos que contenham orientações adequadas, sobretudo quanto à especificação e controle de qualidade dos selantes. Neste caso, especifica sempre selantes de poliuretano, cujo teor de polímeros seja em torno de 65% e fator de

acomodação de $\pm 25\%$. Como controle de execução o projetista que realiza uma verificação da adesão do selante ao substrato, aplicando-o em painel de teste na obra.

Outra dificuldade colocada pelo projetista foi quanto ao posicionamento da junta de trabalho horizontal. Ele observa que seu posicionamento é dificultado em relação às esquadrias, devido ao reduzido espaço de revestimento entre o topo da esquadria e o “fundo” da viga ou laje de borda. Neste caso, fica em dúvida se deve “passar” a junta sobre a janela ou se alinha às extremidades desta deixando a junta centímetros abaixo do local de encontro do elemento estrutural com a alvenaria.

6.4 SÍNTESE DAS INFORMAÇÕES OBTIDAS

Neste levantamento de campo nota-se muitos equívocos no dimensionamento e execução das juntas de movimentação, tais como: a padronização da abertura da junta e sua reduzida dimensão; desconsideração quanto às diferentes condições de exposição das fachadas; desconsideração quanto a fluência e possíveis movimentos futuros da estrutura no dimensionamento; especificação sumária do selante; corte das placas cerâmicas; desconsideração quanto às condições de aplicação do limitador de profundidade e do selante, além da desconsideração quanto da compatibilidade entre materiais.

No que diz respeito à primeira etapa do projeto, a avaliação da edificação, observa-se que a coleta de informações relevantes que poderiam contribuir para a sistematização de informações poderia ser mais abrangente, com o cruzamento de informações no que diz respeito às propriedades das camadas de revestimentos e as ações externas que as solicitam (movimentações da estrutura, ações da temperatura, do vento), o que usualmente não tem sido feito ou o é de maneira muito incipiente.

Percebe-se também que a avaliação das deformações da estrutura e de sua influência nas camadas do revestimento ocorre de modo bem simples, não envolvendo profissional da área de estruturas e tão pouco *softwares* ou cálculos. A análise ocorre na medida da experiência do projetista de revestimentos que alerta para “pontos da estrutura que requerem atenção”.

Uma análise mais profunda dos movimentos da estrutura e da capacidade de deformação das camadas possivelmente poderia levar à eliminação de algumas juntas, como por exemplo, algumas juntas de dessolidarização nas mudanças de direção do revestimento em trechos pequenos ou mesmo a eliminação de juntas de trabalho, podendo-se colocá-las a cada 2 pavimentos, tornando o projeto possivelmente menos dispendioso.

Quanto ao posicionamento das juntas de trabalho horizontais, percebe-se entre os projetistas, que há dúvida quanto ao local exato para sua execução, dadas as dificuldades existentes em função da presença das esquadrias e que há o interesse em saber exatamente quanto se pode deslocá-la para baixo do encontro alvenaria-estrutura.

Além disso, um dos pontos identificados nas entrevistas é quanto à importância do projeto de alvenaria. As informações sobre as condições da vedação nem sempre se encontram sistematizadas em um projeto. O projeto de alvenaria pode ser visto como uma das ferramentas necessárias ao projeto de revestimento e sua falta pode resultar na ausência de detalhes construtivos que poderiam ser necessários para melhor desempenho do revestimento. Desta forma, na fase de avaliação da edificação, torna-se imprescindível a realização de uma visita à obra para avaliar as condições de fissuração e de travamento das alvenarias, antes do início da realização do projeto do revestimento.

Dois dos três projetistas fizeram relatos sobre a dificuldade de se especificar juntas de movimentação, sobretudo no que diz respeito à escolha do material selante. Os critérios de escolha dos selantes são basicamente os mesmos: custo do produto, fator de acomodação. Os projetistas mantêm um tipo fixo de selante, ou passam a responsabilidade para o fabricante de selante, que por sua vez não conhece as características de movimento da fachada, apesar de precisar dessa informação para fazer a sua especificação.

CAPÍTULO 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo fundamental do emprego de juntas no sistema de revestimento cerâmico de fachada está relacionado principalmente ao aumento da capacidade de absorver deformações que se busca deste subsistema. Entretanto, como componente do mesmo, é preciso que a juntas de movimentação tenham capacidade de cumprir os mesmos requisitos de desempenho dos revestimentos cerâmicos de fachadas. Deste modo, além dos requisitos funcionais de acomodação dos movimentos, este elemento necessariamente precisa ser estanque e manter a integridade física do revestimento, contribuindo assim para a manutenção da estética ao longo da vida útil do edifício.

A produção das juntas de movimentação, as quais possuem a função precípua de dissipar as tensões do subsistema, ser estanques e duráveis sob agressivas condições de exposição, pode ser considerada, portanto, de tecnologia bastante particular, pois demanda para a sua especificação, conhecimentos da engenharia estrutural e da tecnologia de construção, uma sólida base sobre o comportamento dos materiais, além dos inúmeros pormenores envolvidos em sua execução que também devem ser dominados; por isto mesmo, deve ser uma etapa mais valorizada no conjunto dos projetos do edifício. Além disso, as juntas de movimentação são compostas por materiais mais suscetíveis à degradação que os demais materiais constituintes do próprio sistema de revestimento.

A experiência internacional na produção de junta é valiosa, pois traz informações históricas dos diversos motivos de erros e acertos na especificação e execução de juntas de movimentação seladas. Percebeu-se que os países que dominam essa tecnologia pesquisam há muitos anos o tema, com abordagens sob ponto de vista estrutural e de durabilidade dos materiais, e valorizam este componente da construção como se fosse um subsistema independente, tratando-o em um projeto específico que inclui até mesmo o projeto de re-selamento.

A experiência nacional, ainda que incipiente, também reúne casos de sucessos e insucessos no selamento de juntas de movimentação em fachadas de edifícios.

As informações neste trabalho reunidas possibilitaram as seguintes considerações acerca de cada etapa do projeto de revestimento:

7.1.1 QUANTO À ETAPA DE AVALIAÇÃO DA EDIFICAÇÃO

A especificação de juntas de movimentação é embasada fundamentalmente no diagnóstico do comportamento dos revestimentos e no desempenho esperado destas juntas na fachada do edifício. Este conhecimento é obtido a partir da análise do conjunto de informações específicas de cada obra - a etapa de avaliação da edificação – e constitui na reunião de informações para se decidir pelo emprego ou não das juntas de movimentação, para dimensionar e especificar o preenchimento destas.

Existe, portanto, nesta etapa do projeto, a necessidade do entendimento dos fatores que originam movimentos na fachada do edifício, e dos principais fatores influenciadores no desempenho das juntas de movimentação em revestimentos cerâmicos.

Compreende-se que, quanto ao comportamento dos revestimentos, ainda existem muitas limitações para uma análise mais precisa. Alguns autores buscaram, a partir de modelação numérica, estudar o comportamento dos revestimentos cerâmicos aderidos, a fim de se definir uma metodologia que permita caracterizá-lo mais precisamente. Entretanto, estes estudos ainda não são conclusivos sobre o posicionamento das juntas ou até mesmo sobre a sua necessidade ou não e, por isto mesmo, carecem de ser continuados a fim de que se tenham mais respostas sobre o comportamento desse subsistema do edifício e conseqüentemente dos parâmetros para a avaliação da edificação.

Deste modo, para se elaborar a diretriz “ Avaliação da edificação para especificação de juntas de movimentação” , seria relevante a existência de critérios para o posicionamento das juntas em revestimentos cerâmicos de fachadas, que infelizmente ainda não foram determinados. Estas informações seriam necessárias para orientar melhor esta etapa com informações do que se deve analisar, o que se deve buscar.

7.1.2 QUANTO AO DIMENSIONAMENTO DAS JUNTAS

Com a ausência de metodologia científica que permitisse o completo dimensionamento das juntas e a definição de seu posicionamento numa fachada de edifício, esta etapa do projeto de revestimentos tem sido realizada de acordo com a experiência e o bom senso de cada projetista. O dimensionamento das juntas de movimentação em revestimentos cerâmicos tem significado, sobretudo, o posicionamento das juntas, sem a preocupação com a previsão correta das dimensões da abertura da junta.

Por outro lado, quando se afirma sobre a necessidade de se prever a magnitude dos movimentos dos revestimentos e de se dimensionar a abertura das juntas, existem opiniões adversas no meio técnico. Este questionamento permeou o entendimento da autora no decorrer deste trabalho, concluindo-se ao seu final que, embora pareça mais um pormenor na construção, o dimensionamento das juntas se constitui em uma investigação importante pela qual se pode se prever o comportamento dos revestimentos, necessária, sobretudo em função da tecnologia e comportamento dos materiais selantes.

Em relação ao posicionamento das juntas de movimentação, outra questão que precisa uma avaliação mais específica, é sobre a empregabilidade das atuais regras de posicionamento das juntas, encontradas na bibliografia consultada.

7.1.3 QUANTO À SELEÇÃO DOS MATERIAIS E CONTROLE DE QUALIDADE

O desenvolvimento da tecnologia de produção de juntas seladas passa também pelo desenvolvimento dos métodos de ensaio e caracterização dos materiais disponíveis hoje no Brasil. Atualmente, o controle de qualidade dos materiais por meio de ensaios é realizado, em sua maioria, a partir da adaptação de métodos voltados para outros materiais, ou a partir de adaptações das normas de selantes estrangeiras, as quais nem sempre consideram as condições ambientes brasileiras. Desta forma este controle é dificultado, uma vez que os critérios internacionais aplicados para a especificação nem sempre reproduzem a realidade deste país.

Em virtude de todo esse quadro, para que este desenvolvimento aconteça, é necessário o envolvimento de toda a cadeia produtiva, numa “força-tarefa” que possivelmente não demandaria muito tempo, mas sim o envolvimento das indústrias de selantes e de

revestimentos, dos construtores e aplicadores e dos laboratórios de ensaios, como o que está se iniciando no grupo de trabalho específico do CONSITRA.

7.1.4 QUANTO À VIDA ÚTIL LIMITADA

É indispensável no projeto de juntas de movimentação que este seja acompanhado por recomendações para o re-selamento. O tempo de vida útil das juntas é enormemente inferior ao tempo de vida útil da fachada, sendo assim, parte definitiva da durabilidade do sistema que o desempenho da junta seja assegurado durante todo tempo da edificação. As dificuldades para se prever a periodicidade da substituição do selamento envolvem, como pode ser notado, o desenvolvimento de métodos de ensaios que reproduzam condições mais próximas das condições aqui encontradas e até mesmo uma mudança cultural de manutenção preventiva dos usuários.

7.1.5 QUANTO AO ALCANCE DOS OBJETIVOS

Considera-se que o objetivo de sistematizar as informações para subsidiar a especificação das juntas de movimentação em revestimentos cerâmicos de fachadas foi aqui adquirido, embora grande parte da literatura consultada não foi literalmente citada.

Considera-se que a reunião das informações aqui registradas poderá subsidiar o direcionamento de comitês de estudos de revestimentos na criação de diretrizes para especificação das juntas de movimentação em revestimentos cerâmicos de fachadas, tais como a comissão de estudos de placas cerâmicas do CB 02-COBRACON, da ABNT e o grupo de estudo de juntas de movimentação do CONSITRA, ambos em andamento.

Entende-se que, para a criação e validação dessas diretrizes existe a necessidade de troca de informações com a cadeia produtiva, devido a multidisciplinaridade que envolve o tema, bem como a definição dos critérios de desempenho que também requerem estudos experimentais e de campo. Espera-se que nestes comitês poder-se-ão discutir os tópicos, sobre as dificuldades que foram encontradas no decorrer deste trabalho, as quais estão descritas no item 7.2. No decorrer do trabalho foram avaliados pontos relevantes sobre as macro-etapas do processo de especificação de juntas de movimentação, as quais estão sintetizadas nos tópicos seguintes, e que poderão também fazer parte dessas discussões.

7.2 QUANTO À METODOLOGIA EMPREGADA E AS DIFICULDADES ENCONTRADAS

Ao se realizar o levantamento do Estado da Arte da tecnologia de produção de juntas de movimentação, as dificuldades encontradas em relação aos objetivos propostos se deram muitas questões práticas na produção de juntas que necessitam ser avaliadas restrições encontradas para se realizar o levantamento de campo. Ao longo da realização deste trabalho não foi possível realizar um levantamento com um grande número de obras que possibilitasse uma análise aprimorada dos procedimentos empregados e seus resultados na produção destas juntas. Optou-se por registrar as experiências práticas vivenciadas a realizar este levantamento que demandaria um trabalho bem mais complexo do que o inicialmente vislumbrado, devido às inúmeras variáveis que se encontrariam envolvidas neste processo. Acredita-se que as informações que foram sistematizadas neste trabalho possibilitarão o direcionamento necessário para este tipo de estudo.

7.3 TRABALHOS FUTUROS

A reunião das informações contidas neste trabalho possibilitou a percepção de alguns estudos que poderão ser realizados:

Análise da aplicação das informações do levantamento do Estado da Arte

A experiência acumulada do projetista é, ainda, o principal fator para se ter sucesso na especificação das juntas de movimentação. Por isto, seria de grande importância que os projetistas desenvolvessem uma metodologia de registro dos seus projetos que lhes permitisse analisar os sucessos e os fracassos obtidos, a fim de que possam evoluir quando da aplicação de seus conhecimentos em projetos futuros.

Este tipo de registro é uma prática bastante empregada nos países detentores da tecnologia de produção de juntas. Os “*Case Studies*” poderão reunir problemas e discussões relativas à durabilidade das junta, possibilitando a análise de questões apresentadas neste trabalho ainda não solucionadas, se constituindo numa importante ferramenta para a criação de diretrizes, após este levantamento bibliográfico.

Desempenho dos materiais selantes em revestimento cerâmico

Há a necessidade da realização de ensaios para avaliação do desempenho dos selantes em placas cerâmicas que serão substratos. Este substrato não está contemplado nos métodos existentes.

Além disto, os métodos de ensaios atualmente empregados, de maneira geral pelos fabricantes, se normalizados poderão auxiliar nas decisões dos projetistas e construtores, como são utilizados nos outros países, possibilitando a estimativa do desempenho e do tempo de vida útil da juntas de movimentação.

Diretrizes para especificação de juntas de movimentação em revestimentos cerâmicos

A reunião e comparação das informações registradas neste trabalho poderão subsidiar, num próximo trabalho, a criação de diretrizes para projeto e execução de juntas de movimentação em revestimentos cerâmicos. Estas diretrizes poderão vir a fazer parte de projetos futuros, com menor nível de risco de problemas, sobretudo no que se refere a empregabilidade de regras de posicionamento das juntas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, M.M.M **Modelação do comportamento de revestimentos cerâmicos**. 2001. 194 p. Dissertação (mestrado). Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC). Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa, 2001.

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. **ACI 224 3R-95**: Joints in concrete structures. ACI Committee 224. S.I. 1995.

_____. **ACI 504 R-90**: Guide to sealing joints in concrete structures. ACI Committee 504. S.I. 1997.

AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE. **ANSI A108, A 118 & A 136**. AMERICAN NATIONAL STANDARD SPECIFICATIONS FOR THE INSTALLATION OF CERAMIC TILE. Anderson, 1999. 114p.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM C510-05a**: Standard test method for staining and color change of single- or multicomponent joint sealants. ASTM Committee C24 on Building Seals and Sealants. West Conshohocken, 2005. 2p.

_____. **ASTM C661**: Standard test method for indentation hardness of elastomeric-type sealants by means of a durometer. ASTM Committee C24 on Building Seals and Sealants. West Conshohocken, 2006. 3p.

_____. **ASTM C717**: Standard terminology of building seals and sealants. ASTM Committee C24 on Building Seals and Sealants. West Conshohocken, 2006. 14p.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM C719-93**: Standard test method for adhesion and cohesion of elastomeric joint sealants under cyclic movement (hockman cycle). ASTM Committee C24 on Building Seals and Sealants. West Conshohocken, 2005. 6p.

____. **ASTM C792**: Standard test method for effects of heat aging on weight loss, cracking, and chalking of elastomeric sealants. ASTM Committee C24 on Building Seals and Sealants. West Conshohocken, 2004. 3p.

____. **ASTM C793**: Standard test method for effects of accelerated weathering on elastomeric joint sealants. ASTM Committee C24 on Building Seals and Sealants. West Conshohocken, 2005. 4p.

____. **ASTM C794**: Standard test method for adhesion-in-peel of elastomeric joint sealants. ASTM Committee C24 on Building Seals and Sealants. West Conshohocken, 2001. 4p.

____. **ASTM C920**: Standard specification for elastomeric joint sealants. ASTM Committee C24 on Building Seals and Sealants. West Conshohocken, 2005. 3p.

____. **ASTM C1193-05a**: Standard guide for use of joint sealants. ASTM Committee C24 on Building Seals and Sealants. West Conshohocken, 2005. 32p.

____. **ASTM C1248-06**: Standard test method for staining of porous substrate by joint sealants. ASTM Committee C24 on Building Seals and Sealants. West Conshohocken, 2006.

____. **ASTM C1330**: Standard specification for cylindrical sealant backing for use with cold liquid applied sealants. ASTM Committee C24 on Building Seals and Sealants. West Conshohocken, 2002.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM C1472**. Standard guide for calculating movement and other effects when establishing sealant joint width. ASTM Committee C24 on Building Seals and Sealants. West Conshohocken, 2005.

American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc (ASHRAE). **Ashrae Handbook - Fundamentals. Physiological principles for comfort and health**. Atlanta, 1997.

ASIMOW, M. **Introdução ao projeto: fundamentos do projeto de engenharia**. Tradução de *Introduction to Design: fundamentals of engineering design*. Editora Mestre Jou. São Paulo, 1968. 171p.

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

____. **NBR 13528**: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas: determinação da resistência de aderência à tração. Rio de Janeiro, 1995.

____. **NBR 13749**: Revestimento 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: procedimento. Rio de Janeiro, 1996.

____. **NBR 13818**: Placas cerâmicas para revestimento: especificação e métodos de ensaios. Rio de Janeiro, 1997.

____. **Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos Parte 2: Estrutura** - Projeto de Norma 02:136.01.002. Rio de Janeiro, 2004a.

____. **Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos Parte 4: Fachadas e paredes internas**. Projeto de Norma 02:136.01.004. Rio de Janeiro, 2004b.

ASSOCIATION FRANÇAISE DE NORMALISATION. **DTU 44.1** : Étanchéité des joints de façade par mise en oeuvre de mastics Partie 1 : cahier des clauses techniques. Paris, 2002.

AUSTRALIAN STANDARDS. **AS 3958.2**. Ceramic tiles. Part 2: guide to the selection of a ceramic tiling system. Committee BD/44, Fixing of Ceramic Tiles. Australia, 1992.

BARROS, M.M.S.B. **Racionalização dos métodos, processos e sistemas construtivos**. Comissão de Pesquisa do Departamento de Construção Civil. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1998.

BARROS, M. M. B; SABBATINI, F. H. **Projeto de revestimento de argamassa**. Aula 05 do curso de Tecnologia de Produção de Revestimentos. Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios. MBA USP. Departamento de Engenharia de construção Civil. Escola Politécnica da USP. São Paulo, 2004. Não Publicado.

BARROS NETO, J. P. **Proposta de um modelo de formulação de estratégias de produção para pequenas empresas de construção habitacional**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul Escola de Administração Graduação em Administração Curso de Doutorado em Administração. Porto Alegre, 1999.

BERNETT, F.E. **Effects of moisture expansion of installed quarry tile**. Tile Council of America, Inc., Princeton, N.J, v.55, n.12, p. 1039 - 1042, 1976.

BORTOLUZZO, C.W. **Qualidade em vedações, argamassas e revestimentos**. 2000. 203p + anexos. Dissertação (Mestrado) Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos, 2000.

BOWMAN, R. **La necesidad de establecer un convenio sobre la dilatación por humedad para el análisis de fallos en los sistemas de colocación de azulejos**. CSIRO Division of Building, Construction and Engineering; In: II CONGRESO NIUNETAL DE LA CALIDAD DEL AZULEJOS Y DE PAVIMENTO CERÁMICO (Qualicer) Castellón, p 461 - 473, 1992.

BOWMAN, R. **The importance of the kinetics of moisture expansion**. CERÂMICA ACTA, n. 4 - 5, p. 37 - 60, 1993.

BOWMAN, R. G.; BANKS, P. J. **The crucial need for computer modelling of tiling systems**. In Qualicer 96, IV World Congress on Ceramic Tile Quality, p.617 - 634. Castellón (Espanha): Cámara Oficial de Comercio, Industria y Navegation, 1996.

BRITISH ADHESIVES AND SEALANTS ASSOCIATION. **The BASA Guide to the ISO 11600 Classification of Sealants for Building Construction**. Herts, 1999. Disponível em: < www.basa.uk.com> Acesso em: 23.mar.2006

BUILDING STANDARDS INSTITUTION. **CP 212 - part 2 External ceramic wall tiling and mosaics**. The council for codes of practice British Standards Institution. London, 1966.

_____. **BS 5385 part 2**: Wall and floor tiling: code of practice for the design and installation of external ceramic wall tiling and mosaics in normal conditions. Technical Committee ECB/5. BSI Standards London, 1978.

_____. **BS 5385 part 2**: Wall and floor tiling: code of practice for the design and installation of external ceramic wall tiling and mosaics in normal conditions. Technical Committee ECB/5. BSI Standards London, 1991.

_____. **BS 6093**: Code of practice for design of joints and jointing in building construction. Technical Committee ECB/5. BSI Standards. London, 1993.

CARBARY, L.; KIMBALL, D.J. Membros do comitê C24 da ASTM e consultores da DOW CORNING CO. **Reunião do grupo selantes e desmoldantes**. CONSITRA (Consórcio Setorial para Inovação em Tecnologia de Revestimentos de Argamassa). Reunião ocorrida na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 18.Abr.2005. São Paulo, 2005.

CASA D'ÁGUA. **Cordão de polietileno para tratamento de juntas** In: http://www.casadagua.com/casa_viewitem.asp?idproduct=1098. Acesso em: 11 ago. 2005.

CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DE LA CONSTRUCTION. **Joint d' étanchéité em mastic entre elements de façade**. Note de Information technique 124. 22p. Bruxelles, 1979.

CENTRO CERÂMICO DO BRASIL (CCB). **Qualidade e inovação tecnológica**: especificação, certificação, assentamento de revestimentos cerâmicos. 34 p. São Paulo, 1999.

CEOTTO, L. H.; FRIGIERI, V.; NAKAKURA, E. H. **Case INPAR: a implantação de uma inovação**. In: V Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas. Anais. p119-128 . São Paulo, 2003.

CHAVES, A. L. O. **Os polímeros na construção civil e seus subsídios**. 1998. 210 p. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos, 1998.

CHEW. M.Y. **Joint sealant for wall cladding**. Polymer Testing. 9 p. Elsevier. School of Building and Real Estate, National University of Singapore. , Singapore, 1999.

COGNARD, Phillippe. **Sealants for construction part ii - technical characteristics of sealants**. SpecialChem Adhesives . 2004. SpecialChem Adhesives. S.I. Disponível em: <<http://www.specialchem4adhesives.com>> Acesso em: 04 dec. 2004.

COLLANTES CANDIA, M. **Contribuição ao estudo das técnicas de preparo da base no desempenho dos revestimentos de argamassa**. 1998. 198 p. Tese (Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1998.

COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALIZATION - **General rules for design and installation of ceramic tiling - CEN / TR 13548**. Technical Report. Technical committee CEN/TC 67. S.I. 2004.

COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO. **Projeto de racionalização das estruturas de concreto e revestimentos de argamassa associação brasileira de cimento portland. "diagnóstico concreto & argamassa. Porto Alegre".** Disponível em: <<http://www.comunidadeconstrução.com.br>>. Acesso em: 05 de dez. 2003.

CONSÓRCIO SETORIAL PARA INOVAÇÃO EM TECNOLOGIA DE REVESTIMENTOS DE ARGAMASSA. **Proposta de projeto para inovação em tecnologia de revestimentos de argamassas.** Documento apresentado a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP). 16p. São Paulo, 2003. Não Publicado.

CONTOLI, L. E BRUSA, A. **Evoluzione e sviluppo della tecnologia di frabricazione delle piastrelle per interni dalla bicottura alla monocottura rapida.** Laboratório de pesquisas SACMI. Revista “ Cerâmica Informazione” nº 303. Imola, 1991.

CUNHA, A. J. P.; LIMA, N. A.; SOUZA, V. C. M. **Acidentes estruturais na construção civil.** 201p. Pini, vol. 1. São Paulo, 1996.

DEUTSCHE INSTITUTE FUR NURMUNG. **DIN 18515-1:** Design and installation of tile or stone cladding. Berlin, 1998.

DOW CORNING CORPORATION. **Especificação de selante: fachada cortina de vidro de alto desempenho.** Disponível em: <http://www.dowcorning.com>. Acesso em 22. Ago. 2005.

DUX, P. AND MULLINS, P. **Mechanics of failure of rigid applied finishes to concrete surfaces.** Role of Interfaces in Concrete, eds Dhir and Hewlett, 1999.

FALCÃO BAUER, R. **Descolamentos em revestimentos cerâmicos, análises e recomendações.** In: I Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas (I SBTA). Anais. Goiânia, 1995.

FALCÃO BAUER, R.J.; RAGO, F. **Influência da expansão por umidade das placas cerâmicas no descolamento dos revestimentos**. Revista Cerâmica Industrial, 5 Maio/Junho, 2000. Disponível em: <http://www.ceramicaindustrial.org.br/> Acesso em 01.nov.2005.

FERME, L. F. G.; OLIVEIRA, P.S.F. **A escolha correta garante a durabilidade**. In: XII Simpósio Brasileiro de Impermeabilização. IBI - Instituto Brasileiro De Impermeabilização. São Paulo, 2003.

FILHO NETO, A. **Dicionário do engenheiro**. In: Dicionário da Construção. Editora PINI. São Paulo, 2005. Disponível em: <<http://www.piniweb.com/e-livros/dicionario>>. Acesso em: 01 jul. 2005.

FIORITO, A.J.S.I. **Manual de argamassas e revestimentos: Estudos e procedimentos de execução**. 221p. 1a.ed. Editora PINI. São Paulo, 1994.

FONTE, A.O. C.; FONTE, F. L. F.; CASTILLO, A. A. H. E.; PEDROSA, A.V. A. C. **Características e parâmetros estruturais de edifícios de múltiplos andares em concreto armado construídos na cidade do Recife**. In: Anais do 47º Congresso Brasileiro do Concreto - CBC2005. Volume XII - Projetos de Estruturas de Concreto. Trabalho 47CBC0059 - p. XII274-285. IBRACON. Recife, 2005.

FRANCO, L.S. **O desempenho estrutural e a deformabilidade das vedações verticais**. In: Seminário Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios: vedações verticais. p. 95-112. Anais. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1998.

FRANCO, L.S.; BARROS, M.M.S.B.; SABBATINI, F. H. **Desenvolvimento de um método construtivo de alvenaria de vedação de blocos de concreto celular autoclavados**. Rel.nº 20.081. Proposição do Método POLI-SICAL. Relatório Final. Convênio EPUSP/CPqDCC – SICAL. Projeto EPUSP/SICAL-1. São Paulo, 1994. 136p.

GOLDBERG, R.P. **Direct adhered ceramic tile, stone and thin brick facades**. Technical Design Manual. USA: Laticrete International. 200p. 1998.

GORMAN, P. D. ET AL. **Applying Liquid Sealants: An Applicator Training Program**. Sealant Waterproofing and Restoration Institute (SWR Institute) 56 p. Kansas City, 2001.

GOULART, S.V. G.; LAMBERTS, R.; FIRMINO, S. **Dados climáticos para projeto e avaliação energética de edificações para 14 cidades brasileiras**. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. Núcleo de Pesquisa em Construção. UFSC. 2a Edição. 350 p. Florianópolis, 1998.

HUTCHINSON A. R, PAGLIUCA, A.; WOOLMAN, R. **Sealing and resealing of joints in buildings, construction and building materials**. (Special issue on polymers in construction), Vol. 9, No. 6, pp379-387, Joining Technology Research Centre, Oxford Brookes University, Oxford, UK. Oxford, 1995.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION **ISO 11600: Building construction - jointing products. Classification and requirements for sealants**. Technical committee TC 59 Building construction. 2002.

____. **ISO 8339: Sealants: determination of tensile properties (extension to break)** Technical committee TC 59 Building construction. 2005.

JUNGINGER, M. **Rejuntamento de revestimentos cerâmicos: influência das juntas de assentamento na estabilidade de painéis**. 2003. 139p. Dissertação (mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003.

KLOSOWSKI, J. M. **Sealants in construction**. 310p. Dow Corning Corporation. Marcel Dekker, Inc. New York. 1989.

LEDBETTER, S.R; HURLEY, S; SHEEHAN, A. **Sealant joints in the external envelope of buildings: a guide to design, specification and construction**. 179p. CIRIA R178. CIRIA. London, 1998.

LIMA, L. C. **Materiais cerâmicos para revestimento: considerações sobre produção e especificação**. 1997. 161p. Dissertação (mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos, 1997.

LIRA, C. **Efeito de carbonatos de Ca, Mg e Li e da temperatura de sinterização na expansão por umidade de materiais cerâmicos para revestimentos**. Dissertação (mestrado) . Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1997.

MACIEL, L. L. **O projeto e a tecnologia construtiva na produção dos revestimentos de argamassa de fachada São Paulo**. 1997. 372 p. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1997.

MACLEAN, H.; SCOTT, J.S. **The Penguin dictionary of building**. The Penguin Dictionary of Civil Engineering. 517p. Penguin Books. 4ª Edição. London, 1995.

MARTIN, B. **Joints in buildings**. vii, 226 p. : ill. ; 31 cm. G. Godwin. London, 1977.

MEDEIROS, J.S. **Tecnologia e projeto de revestimentos cerâmicos de fachadas de edifícios**. Tese (Doutorado). 457p. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1999.

MEDEIROS, J.S. **Patologia dos revestimentos: fundamentos e prevenção**. Curso organizado por Inovatec Consultores Associados. Apostila. São Paulo, 2006. 55p.

MENEZES, R. R., SEGADAES, A. M., FERREIRA, H. S. *et al.* **Análise da expansão por umidade e absorção de água de pisos cerâmicos comerciais em relação à composição química e à quantidade estimada de fase vítrea**. *Cerâmica*, Apr./June 2003, vol.49, nº.310, p.72-81. Disponível em: <http://www.scielo.br/> Acesso em: 05.Nov.2005. São Paulo, 2003.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto : estrutura, propriedades e materiais**. 573 p. Pini. São Paulo, 1994.

MOREIRA, T. V. **Análise da sensibilidade dinâmica de edifícios com estruturas esbeltas**. 241 p. Tese (Doutorado). COPPE/UFRJ, D.Sc. Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2002.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto**. 738 pag. Editora PINI. São Paulo, 1982.

OLIVEIRA, L.A.; MOREIRA, T.M. **Estanqueidade à água e interface da estrutura com paredes de vedação**. In: Seminário Habitação: Desempenho e Inovação Tecnológica. Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT). São Paulo, 2005.

PALMER GB, **Poolcopings failure factors**. Palmer Technologies Pty Ltd, Austrália. Tile Today. Volume 12 - Issue No. 42 March 2004. Pag 12-16. Infotile. Australia, 2004.

PANEK, J. R.; COOK, J. P. **Construction sealants and adhesives**. Wiley series of practical construction guides. 3ª Edição. 375 p. New York, Chichester: Wiley, 1991.

PFEFFERMANN; O. **Les fissures dans le construction conséquences de phénomènes physiques e naturels**. Centre Scientifique et Technique de la Construction. Annales de l' institut technique du batiment et des travaux publics. Série technique générale de la construction. nº 250. Octobre,1968.

PORCAR, J.L. **Manual guía técnica de los revestimientos y pavimentos cerámicos**. Instituto de Tecnología Cerámica. Diputación de Castellón, 1987.

RIBEIRO, F. A.; TEMOCHE-ESQUIVEL, J. F.; BARROS, M. M. S. B.; SABBATINI, F. H. **Influence of parge coat surface finish on the performance of façade tilings**. In: VII World Congress on Ceramic Tile Quality - Qualicer 2004.Castellón -Spain. Qualicer 2004 Papers group II. Castellón: ITC, 2004. V. 1.

ROCHA, C. C. **A importância do delimitador de profundidade. Novos estudos evidenciam a necessidade de se dimensionar o delimitador de profundidade**. In: Revista Recuperar. Pag. 9-11. Julho de Agosto de 1996. nº 12. Ano 03. Rio de Janeiro, 1996.

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

SABBATINI, F.H.; BARROS, M.M.S.B. **Metodologia para controle de qualidade e procedimentos para caracterização dos materiais constituintes das argamassas**. São Paulo. PCC/EPUSP, 1989. (Relatório Técnico 1A, Convênio EPUSP/ ENCOL; CPqDCC-EPUSP). Não publicado.

SABBATINI, F.H.; BARROS, M.M.S.B.; DIAS, A.M.N.D.; FLAIN, E.P. **Recomendações para a produção de revestimentos cerâmicos para paredes de vedação em alvenaria**. PROJETO EP/EN- 6 - Desenvolvimento de métodos construtivos de revestimentos de piso. Convênio Escola Politécnica da USP e ENCOL São Paulo. PCC/EPUSP, 1990. (Relatório Técnico R6-06/90, Convênio EPUSP/ ENCOL; CPqDCC-EPUSP). Não publicado.

SABBATINI, F. H. **As fissuras com origem na interação vedação estrutura**. In: Seminário Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios: vedações verticais. Anais. p. 169-188 Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1998.

SABBATINI, F. H.; ARAÚJO, L. O. C.; BARROS, M. M. B.; SOUZA, U. E. L. **Revestimentos verticais. conceituação e classificação**. Aula número 5 da disciplina Tecnologia da Construção de Edifícios II. Graduação. Departamento de Engenharia de Construção Civil. Escola Politécnica da universidade de São Paulo. São Paulo, 2003. Disponível em: <http://pcc436.pcc.usp.br>. Acesso em: 24 nov.2005.

SABBATINI, F.H. **Construção crítica**. Entrevista. In: Técnica. Edição 99. ano 13. Junho de 2005. Editora Pini. São Paulo, 2005.

SALVADORI, M. Loads. In: SALVADORI, M. **Why buildings stand up: the strength of architecture**. New York, 2002. W.W. Norton & Company, Inc. pg 43-125.

SARAIVA, A. G. **Contribuição ao estudo de tensões de natureza térmica em sistemas de revestimento cerâmico de fachada.** 164p. Dissertação (Mestrado). Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília. Brasília, 1998.

SELMO, S.M.S. **Dosagem de argamassas de cimento portland e cal para revestimento externo de fachada dos edifícios.** 206p. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1989.

TEMOCHE-ESQUIVEL, J.F. **Avaliação de uso de revestimentos cerâmicos em fachadas de edifícios residenciais multifamiliares. Estudo de caso: São Paulo, Zona Sul. 1994-1998.** São Paulo, 2002. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo.

TEMOCHE-ESQUIVEL, J.F.; BARROS, M. M. S. B.; SIMÕES, J. R. L. **A escolha do revestimento de fachada de edifícios influenciada pela ocorrência de problemas patológicos?** In: VIII Congreso Latinoamericano de Patología de la Construcción (CONPAT) e X Congreso de Control de Calidad en la Construcción. Vol. II : Patología de la Construcción. Capítulo VIII: Acabados, Trabajo BR44, pp. VIII.1 - VIII.8. CONPAT 2005. Asunción, Paraguay, 2005.

THOMAZ, E. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação.** São Paulo. Editora Pini. 194 p. São Paulo, 1989.

THOMAZ, E. **As causas de fissuras - parte 1.** Artigo Alvenaria. Revista Técnica n.36, p.44-49, set/out, 1998.

THOMAZ, E. **Desempenho estrutural de edifícios e interface com vedações verticais.** In: Seminário Habitação: Desempenho e Inovação Tecnológica. Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT). São Paulo, 2005.

TILE COUNCIL OF AMÉRICA. **Handbook for ceramic tile installation.** Conference for 2002. 40th Edition. Tile Council of América, Inc.Anderson, 2002. 44p

TIMELLINI, G. ; PALMONARI, C. **Le piastrelle di ceramica negli ambienti pubblici Manuale applicativo. Ceramic tiles of Italy.** ASSOPIASTRELLE Associazione Nazionale dei Produttori di Piastrelle di Ceramica e di Materiali Refrattari. Italy. Edi.Cer S.p.A. Sassuolo, 2004.

TREMCO INCORPORATED - RPM Company. **Fundamentals of Joint Design.** ARCHITECTURAL PRESENTATIONS - Version 1.0 – Cleveland, 2000.

WOOLMAN, R. ; HUTCHINSON, A. **Resealing of buildings. A guide to good practice.** Oxford Brookes University. 169p. Oxford, 1994.

Anexo A – QUESTIONÁRIO PROJETISTA DE REVESTIMENTOS

Projetista:

Empresa:

- 1) Há quanto tempo executa projetos de revestimentos? Em quais regiões do país atua?
- 2) Qual o número aproximando de obras projetadas e acompanhadas ?
- 3) Quais as informações relevantes para análise são obtidas no projeto arquitetônico? O que é importante ser considerado acerca destes detalhes?
- 4) Quais as informações relevantes para análise são obtidas no projeto de alvenaria?
- 5) Quais as informações relevantes para análise são obtidas no projeto estrutural?
- 6) Usa Software para análise dos projetos estruturais?
- 7) Quais são os critérios básicos que você utiliza para localizar as juntas de movimentação em fachadas com acabamento em revestimentos monolíticos? Calcula a abertura desta junta?
- 8) Quais são os critérios básicos que você utiliza para localizar as juntas de movimentação em fachadas com acabamento em revestimentos cerâmicos? Calcula a abertura desta junta?
- 9) Quanto à escolha do selante quais os critérios são utilizados para especificação? Há contato com fornecedor de selante? Realizam-se testes em painéis na obra? Como avalia se tipo de selante é compatível com o substrato? É verificada a possibilidade de contaminação do selante? O tipo de selante é compatível com as condições de uso e exposição? Quais são os parâmetros avaliados?
- 10) E quanto à produção? Como é o envolvimento do projetista?
- 11) Como é considerada a vida útil da junta e quais são as considerações feitas acerca da sua substituição e manutenção?