

FEA FUMEC – FACULDADE DE ENGENHARIA E ARQUITETURA
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS

PATOLOGIA EM REVESTIMENTO CERÂMICO DE
FACHADA

Edmundo Gonçalves Pedro

Luiz Eugênio Frateschi Corrêa Maia

Marcelle de Oliveira Rocha

Maurício Vieira Chaves

Belo Horizonte
2002

Edmundo Gonçalves Pedro

Luiz Eugênio Frateschi Corrêa Maia

Marcelle de Oliveira Rocha

Maurício Vieira Chaves

PATOLOGIA EM REVESTIMENTO CERÂMICO DE FACHADA

Trabalho monográfico apresentado ao Curso de Pós-Graduação do CECON, como requisito à obtenção do título de Especialista em Engenharia de Avaliações e Perícias.

Orientador do Trabalho: Otávio Luiz do Nascimento

Coordenador do Curso: Marcelo Corrêa Mendonça

**Belo Horizonte
2002**

Agradecemos aos nossos familiares pela participação e compreensão, pelo tempo que tivemos que abrir mão do nosso convívio.

À Coordenação Geral dos Cursos de Pós-Graduação e ao Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Avaliações e Perícias, Professor Marcelo Corrêa Mendonça.
Aos nossos colegas de trabalho pelo incentivo e ajuda.

Especial agradecimento ao nosso orientador Professor Otávio Luiz do Nascimento pelo seu empenho e disponibilidade, aos seus funcionários, Ricardo Alves Taioba e Aníbal do Carmo de Oliveira, pela dedicação e presteza, na realização de todos os testes de laboratório que estão neste trabalho.

Dedicamos este trabalho a nossa família, que são o princípio e a razão de tudo em nossa vida. Aos nossos amigos e aqueles que ajudaram na realização deste trabalho.

“Muitas vezes as pessoas são egocêntricas ilógicas e insensatas.

Perdoe-as assim mesmo.

Se você é gentil, as pessoas podem acusá-lo de egoísta,
interesseiro.

Seja gentil assim mesmo.

Se você é um vencedor, terá alguns falsos amigos e
alguns inimigos verdadeiros.

Vença assim mesmo.

Se você é honesto e franco, as pessoas
podem enganá-lo.

Seja honesto assim mesmo.

O que você levou anos para construir,
alguém pode destruir
de uma hora para outra ...

Construa assim mesmo.

Se você tem paz, é feliz, as pessoas
podem sentir inveja.

Seja feliz assim mesmo.

Dê ao mundo o melhor de você,
mas isto pode não ser o bastante.

Dê o melhor assim mesmo.

Veja você que, no final das contas,
é entre você e Deus,

Nunca entre você e as outras pessoas”.

Madre Teresa de Calcutá

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	10
LISTA DE FIGURAS	11
LISTA DE FOTOGRAFIAS	12
LISTA DE SIGLAS	14
LISTA DE UNIDADES.....	15
1 INTRODUÇÃO	16
1.1 Apresentação do Tema	16
1.2 Apresentação dos Capítulos	17
1.3 Objetivos	18
1.3.1 Geral.....	18
1.3.2 Específico.....	18
1.4 Justificativa	18
2 COMPOSIÇÃO DO SISTEMA DE REVESTIMENTO.....	19
2.1 Substrato ou Base	20
2.1.1 Verificação das Condições da Base.....	20
2.1.2 Correção das Irregularidades.....	20
2.1.3 Bases Contíguas Diferentes.....	21
2.1.4 Limpeza da Base.....	21
2.2 Chapisco	23
2.2.1 Método Convencional/Tradicional.....	22
2.2.2 Chapisco Rolado.....	24
2.2.3 Chapisco Colante.....	24
2.3 Emboço	25
2.3.1 Execução e Cuidados.....	27
2.3.2 Argamassas Normalmente Empregadas.....	27
2.3.2.1 Argamassas Industrializadas para Revestimento para paredes, Tetos e Contra- pisos.....	27

2.3.2.1.1 Classificação das Argamassas Industrializadas.....	28
2.3.2.1.2 Vantagens da Utilização das Argamassas Industrializadas.....	29
2.4 Material de Assentamento do Revestimento – Argamassa Tradicional/Convencional e Colante.....	29
2.4.1 Assentamento com Argamassa Tradicional/ Convencional.....	29
2.4.2 Assentamento com Argamassa Colante.....	30
2.4.2.1 Conceitos Importantes.....	33
2.4.2.1.1 Tempo de Descanso.....	33
2.4.2.1.2 Tempo de Ajuste.....	33
2.4.2.1.3 Tempo em Aberto.....	33
2.4.2.1.4 Tempo de Uso.....	33
2.4.3 Tipos de Argamassa Colante.....	34
2.4.4 Informações a serem fornecidas nas embalagens.....	36
2.4.5 Assentamento do Revestimento Utilizando Argamassa Colante.....	36
2.5 Placas Cerâmicas para Revestimento.....	38
2.5.1 Processo de Fabricação das Placas Cerâmicas.....	41
2.5.1.1 Composição.....	41
2.5.1.2 Processo de Fabricação.....	42
2.5.2 Característica do Interesse na Escolha do Revestimento Cerâmico.....	43
2.5.2.1 Absorção de Água.....	43
2.5.2.2 Resistência à Abrasão.....	44
2.5.2.3 Expansão por Umidade.....	45
2.5.2.4 Resistência à Gretagem.....	45
2.5.2.5 Resistência Química.....	45
2.5.2.6 Resistência à Manchas.....	46
2.5.2.7 Resistência à Mudanças Bruscas de Temperatura – Choque Térmico.....	46
2.5.2.8 Coeficiente de Atrito.....	46
2.5.3 Relações Uso x Propriedades.....	47
2.5.4 Embalagens da Cerâmica.....	48
2.5.5 Recebimento do Revestimento Cerâmico.....	48

2.5.6 Armazenamento.....	49
2.5.7 Cuidados com Material Cerâmico antes do Assentamento.....	49
2.6 Juntas no Revestimento Cerâmico	49
2.6.1 Juntas.....	49
2.6.1.1 Juntas de Assentamento.....	50
2.6.1.2 Juntas Estruturais.....	51
2.6.1.3 Juntas de Movimentação e Dessolidarização.....	51
2.6.1.3.1 Posicionamento das Juntas.....	52
2.6.2 Largura das Juntas.....	53
2.6.2.1 Preenchimento da Junta e Meteriais Utilizados.....	53
2.6.3 Juntas Especiais.....	54
2.7 Rejuntamento	55
2.7.1 Quando Executar um Rejuntamento.....	55
2.7.2 Materiais para Rejuntamento.....	55
2.7.3 Processo do Rejuntamento	56
2.7.3.1 Preliminares.....	56
2.7.3.2 Preparo.....	56
2.7.3.3 Aplicação.....	57
3 ORIGEM DAS PATOLOGIAS	58
3.1 Procedimento para Análise e Caracterização das patologias em Revestimento Cerâmico.....	58
4 PATOLOGIA EM REVESTIMENTO CERÂMICO	61
4.1 Patologias a serem Estudadas	62
4.1.1 Expansão por Umidade.....	62
4.1.2 Choque Térmico.....	65
4.1.3 Falhas de Assentamento	67
4.1.3.1 Treinamento de Mão-de-obra.....	68
4.1.4 Falhas de Projeto	75
5 RESULTADOS DAS PATOLOGIAS	79
6 ANALISES DE LABORATÓRIO E DE CAMPO	82

7 APRESENTAÇÃO DE ALGUNS ENSAIOS	84
7.1 Argamassa Colante Industrializada para Assentamento de Placas Cerâmicas – Determinação de tempo em aberto	84
7.2 Argamassa Colante Industrializada para Assentamento de Placas Cerâmicas – Determinação do Deslizamento.....	87
7.3 Argamassa e Concreto - Determinação da Resistência à Tração por Compressão Diametral de Corpos-de-prova Cilíndricos.....	90
7.4 Revestimento de Paredes Externas e Fachadas com Placas Cerâmicas e com Utilização de Argamassa Colante - Procedimento.....	96
7.5 Placas Cerâmicas para Revestimento – Especificação e Métodos de Ensaio para Determinação da Absorção de Água	102
8 CONCLUSÃO	110

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Composição de sistema de revestimento	19
Tabela 2	Classificação das argamassas industrializadas	28
Tabela 3	Argamassa colante	35
Tabela 4	Área da peça x formato dos dentes da desempenadeira	37
Tabela 5	Absorção de água de revestimento cerâmico	43
Tabela 6	Classificação do revestimento cerâmico	44
Tabela 7	Classe de resistência química do revestimento cerâmico	45
Tabela 8	Classe de resistência ao manchamento do revestimento cerâmico	46
Tabela 9	Uso x Propriedades	47
Tabela 10	Dimensão da Peça x Largura da junta	51
Tabela 11	Preenchimento de juntas.....	54

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Composição de sistema de revestimento	19
Figura 2	Percolação e formação de agulha no sistema de revestimento com argamassa colante	32
Figura 3	Colagem de contato	35
Figura 4	Junta de assentamento	50
Figura 5	Junta estrutural	51
Figura 6	Junta de movimentação	51
Figura 7	Junta de dessolidarização	52
Figura 8	Causas das patologias	59
Figura 9	Expansão por umidade	62
Figura 10	Destacamento	63
Figura 11	Choque térmico	65
Figura 12	Choque térmico com aumento de temperatura	66
Figura 13	Choque térmico com diminuição de temperatura	67
Figura 14	Região de balanço	77

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1	Limpeza da base	21
Fotografia 2	Embalagem de argamassa industrializada	27
Fotografia 3	Embalagem de argamassa colante	30
Fotografia 4	Rejuntamento	55
Fotografia 5	Desplacamento	59
Fotografia 6	Desplacamento	59
Fotografia 7	Umidade e ação do tempo	63
Fotografia 8	Umidade e ação do tempo	64
Fotografia 9	Umidade e ação do tempo	64
Fotografia 10	Choque Térmico	66
Fotografia 11	Ferramentas adequadas	69
Fotografia 12	Limpeza do engobe	69
Fotografia 13	Limpeza da base	70
Fotografia 14	Preparo da argamassa colante	70
Fotografia 15	Passo a passo para assentamento do Revestimento cerâmico	71
Fotografia 16	Passo a passo para assentamento do Revestimento cerâmico	71
Fotografia 17	Passo a passo para assentamento do Revestimento cerâmico	71
Fotografia 18	Rejuntamento	71
Fotografia 19	Tempo em aberto excedido	72
Fotografia 20	Ausência de esmagamento completo dos cordões da argamassa Colante	72
Fotografia 21	Ausência do preenchimento prévio das garras do tardo	73
Fotografia 22	Necessidade de dupla face em função das dimensões da peça	73
Fotografia 23	Engobe pulverulento devido à argamassa de assentamento	74
Fotografia 24	Movimento da base	74
Fotografia 25	Formas arredondadas	75
Fotografia 26	Formas arredondadas	75
Fotografia 27	Variação de volume	76
Fotografia 28	Lajes inclinadas	76

Fotografia 29	Estruturas em balanço	77
Fotografia 30	Edifícios esbeltos	78
Fotografia 31	Desplacamento	79
Fotografia 32	Desplacamento	79
Fotografia 33	Desperdício	80
Fotografia 34	Desperdício	80
Fotografia 35	Desperdício	81
Fotografia 36	Desperdício	81
Fotografia 37	Desperdício	81
Fotografia 38	Determinação de tempo em aberto da argamassa colante	86
Fotografia 39	Determinação de tempo em aberto da argamassa colante	86
Fotografia 40	Determinação de tempo em aberto da argamassa colante	87
Fotografia 41	Determinação de tempo em aberto da argamassa colante	87
Fotografia 42	Determinação de tempo em aberto da argamassa colante	87
Fotografia 43	Determinação do deslizamento	89
Fotografia 44	Determinação do deslizamento	89
Fotografias 45 a 47	Determinação do deslizamento	90
Fotografia 48	Resistência à tração do emboço	93
Fotografias 49 e 50	Resistência à tração do emboço	94
Fotografias 51 e 52	Resistência à tração do emboço	95
Fotografia 53	Resistência à tração do emboço	96
Fotografias 54 a 56	Resistência à tração do revestimento	100
Fotografias 57 e 58	Resistência à tração do revestimento	101
Fotografia 59	Estufa utilizada para ensaio de absorção de água	104
Fotografia 60	Balança utilizada para ensaio de absorção de água	104
Fotografia 61	Suporte para imersão em água	105
Fotografia 62	Suporte para imersão em água.....	108
Fotografia 63	Mufla utilizada para ensaio de expansão por umidade	109
Fotografia 64	Aparelho de precisão para medir cerâmica	109

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NBR	Norma Brasileira Regulamentada
ANSI	American national Standard institute
ASTM	American Society for Testing and Materials
CEN	Community European of Standard
DIN	Deutsche Industrie Normen
EN	Normativa Europeia
ITC	Instituto de Tecnologia Cerámica
PEI	Porcelain Enamel Institute
UEATc	Unión Europea para la Idoneidad Tecnica en la Construcción

LISTA DE UNIDADES

UNIDADE	SIGNIFICADO
m^2	metro quadrado
$^{\circ}C$	grau Celsius
%	porcentagem
m	metro
mm/m	milímetro por metro
atm	atmosfera
cm	centímetro
mm	milímetro
kgf/cm^2	quilograma força por centímetro quadrado
Mpa	Mega pascal
N/mm^2	Newton por milímetro quadrado
T	Temperatura
σ	Tensão de cisalhamento
δ	Coefficiente de dilatação térmica
N	Newton
Kgf	quilograma força
cm^2	centímetro quadrado
min	minutos
mm^2	milímetro quadrado
Gpa	Giga Pascal
mm/min	milímetro por minuto
m/s	metro por segundo
E_o	módulo de deformação tangencial inicial
g/cm^2	grama por centímetro quadrado
ϵ	deformação específica

1 INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação do Tema

O revestimento de fachadas cumpre um papel importante no desempenho global dos edifícios, não só no que diz respeito ao aspecto visual, e embelezamento proporcionado por estes, como também pelo aspecto de durabilidade, valorização do imóvel e eficiência destes.

Os revestimentos cerâmicos pela sua importância econômica ou em sua participação no mercado ocupam uma posição de destaque na construção. Os revestimentos cerâmicos, juntamente com as pinturas, são a preferência do mercado consumidor em praticamente todos os segmentos imobiliários e todas as regiões do país.

Quaisquer erros ou imperfeições no projeto e na execução das diversas etapas da construção exigem, como consequência, adaptações não previstas no orçamento, consertos com custos complementares e até necessidade de reconstruções completas, muito dispendiosas, e mesmo, às vezes, prejuízos que aparecem bem mais tarde, resultando até mesmo numa perícia judicial.

Em virtude dos problemas relacionados com falhas nos revestimentos, nos últimos anos, o Building Research Establishment-Scottish Laboratory foi bastante solicitado para atender a problemas nos revestimentos.

Destes estudos, cerca de 31% do total dos casos atendidos estavam relacionados a falha de aderência na interface argamassa/substrato.

O presente trabalho tem por finalidade apresentar as patologias em revestimentos cerâmicos de fachadas mais comuns em edificações, bem como suas causas e procedimentos mais utilizados em suas recuperações.

1.2 Apresentação dos Capítulos

Capítulo 1 - neste capítulo é feita uma base de referência que justifica e demonstra a necessidade e importância do trabalho no contexto atual de desenvolvimento da engenharia e principalmente no contexto das perícias técnicas que são efetivadas sobre este assunto.

Capítulo 2 - neste capítulo está apresentada a base conceitual de referência dos sistemas de revestimento, onde são apresentados e definidos todos os elementos que compõe o sistema de revestimento, bem como, os procedimentos que devem ser adotados para a sua perfeita execução, concernente aos ambientes e situação em que os revestimentos vão estar. Ênfase na utilização da argamassa industrializada e da argamassa colante.

Capítulo 3 - neste capítulo são apresentadas as origens das patologias nos sistemas de revestimento e o passo-a-passo para a sua identificação e caracterização.

Capítulo 4 - neste capítulo é apresentado um estudo dos principais tipos de patologias em revestimento cerâmico com apresentação de fotografias de casos reais e definição e caracterização de como estas patologias ocorrem.

Capítulo 5 - neste capítulo é apresentado um relato fotográfico do resultado das patologias, que demonstram o prejuízo financeiro e os danos às edificações e desconforto que a incidência deste tipo de patologia provoca.

Capítulo 6 - neste capítulo são apresentados alguns dos ensaios referentes aos sistemas de revestimento.

Capítulo 7 - neste capítulo são apresentados alguns dos principais ensaios dos sistemas de revestimento, com apresentação de relato fotográfico de caracterização do passo-a-passo dos ensaios.

Capítulo 8 - conclusão deste trabalho

Capítulo 9 - bibliografia

1.3 Objetivos

1.3.1 Geral

Objetiva este trabalho fornecer subsídios aos profissionais envolvidos na formulação de perícias técnicas no que concerne às patologias de revestimentos cerâmicos de fachadas.

1.3.2 Específico

Pretende-se estudar as principais causas das patologias em revestimentos cerâmicos de fachadas, e os respectivos procedimentos de suas recuperações.

1.4 Justificativa

Tendo em vista o grande número de ações judiciais, devido às ocorrências de problemas em fachadas e principalmente no que concerne aos revestimentos cerâmicos, e a demanda cada vez maior por estudos que remontam a esta área, considerações que reforçam a necessidade do aprofundamento no tratamento técnico das patologias, estudo de causas e recuperação será o foco deste estudo.

2 COMPOSIÇÃO DO SISTEMA DE REVESTIMENTO

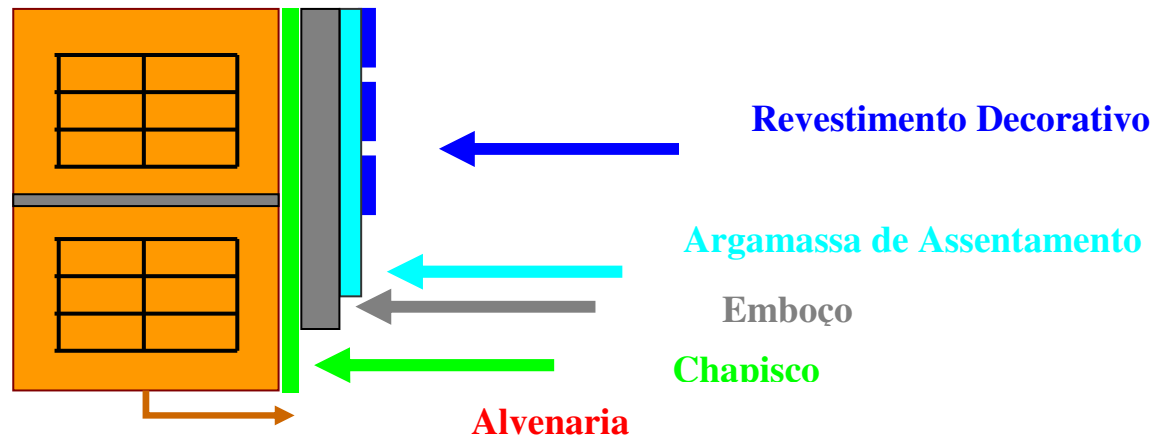


Figura 1 – Composição do sistema de revestimento

Sistema de Revestimento se Compõe de Acordo com a tabela abaixo:

MATERIAIS CONSTITUINTES	DENOMINAÇÃO DA CAMADA
Concreto armado Alvenaria de blocos cerâmicos Alvenaria de blocos de concreto Alvenaria de blocos de concreto celular Alvenaria de blocos sílico-calcários	SUBSTRATO OU BASE
Argamassa de cimento e areia, podendo ou não conter adesivos (chapisco)	CHAPISCO
Argamassa de cimento, areia e/ou outro agregado fino, com adição ou não de cal e aditivos químicos	EMBOÇO
Argamassa adesiva à base de cimento, areia e/ou outros agregados finos, inertes não reativos, com adição de um ou mais aditivos químicos	ARGAMASSA
Placa cerâmica e argamassa de rejunte a base de cimento, areia e/ou outros agregados finos, inertes não reativos, com adição de um ou mais aditivos químicos	CERÂMICA JUNTAS REJUNTAMENTOS

Tabela 1 – Composição do sistema de revestimento

2.1 Substrato ou Base

“O Substrato ou Base é o componente de sustentação dos revestimentos, via de regra formado por elementos de alvenaria/estrutura”.

2.1.1 Verificação das Condições da Base

Algumas características da base (alvenarias, concreto) devem ser avaliadas antes da execução do revestimento:

a) Identificação das condições de planeza, prumo e nivelamento da base. O ideal é que atendam às exigências fixadas nas normas de concreto e alvenarias. Estas condições definirão a espessura da argamassa a ser utilizada, a necessidade da execução da argamassa em camadas e de eventuais reforços.

b) Avaliação do grau de sucção da base, identificando a necessidade de chapisco, da adoção de telas, do apicoamento da superfície, de pré-molhagem.

c) Verificar a presença de infiltrações de umidade nos planos a serem revestidos, eliminando eventuais focos.

2.1.2 Correção das Irregularidades

A base de revestimento deve ser regular para que a argamassa possa ser aplicada em espessura uniforme. As irregularidades superficiais devem ser eliminadas, e as correções das depressões de acordo com os seguintes critérios e procedimentos descritos a seguir:

a) Falhas menores que 50 mm de profundidade: enchimento com argamassa.

b) Rasgos efetuados para instalação das tubulações com diâmetros superiores a 50 mm, colocação de tela mecânica galvanizada e enchimento com cacos de tijolos e blocos.

c) Falhas maiores que 50 mm de profundidade: enchimento em duas etapas. A primeira camada deve secar por um período não inferior a 24 horas e ser levemente umedecida quando da aplicação da segunda.

d) Falhas de concretagem devem ser corrigidas.

e) Em contra pisos, remover entulhos e restos de argamassas e outros materiais porventura aderidos à base, utilizando-se picão, vanga ou ponteiro e marreta.

2.1.3 Bases Contíguas Diferentes

Quando a base for composta por diferentes materiais e for submetida a esforços que gerem deformações diferenciais consideráveis (balanços, platibandas, últimos pavimentos), deve-se utilizar tela metálica, plástica ou de outro material semelhante na junção destes materiais, criando uma zona capaz de suportar as movimentações diferenciais a que estará sujeita.

Alternativamente, pode ser especificada a execução de uma junta que separe o revestimento aplicado sobre os dois materiais, permitindo que cada parte movimente-se independentemente.

2.1.4 Limpeza da Base



Fotografia 1 – Limpeza da base

A base a ser revestida deve estar isenta de pó e material solto, graxas, óleos, eflorescências, desmoldantes e quaisquer outras sujidades e incrustações que possam prejudicar a aderência do revestimento:

a) Poeiras e materiais pulverulentos podem ser removidos através de escovação seguida, se necessário, de lavagem. Podem ser utilizadas, ainda, vassouras de piaçava, escovas de cerdas duras ou de aço, espátulas, jato de água sob pressão ou jato de areia.

b) Óleos, graxos e outras substâncias gordurosas podem ser removidas através das seguintes possibilidades:

- Escovar com solução alcalina de fosfato trissódico (30g de Na_3PO_4 em 1 litro de água) ou de soda cáustica. Em seguida, enxaguar com água limpa em abundância;

- Aplicar solução de ácido muriático (5% a 10% de concentração) durante 5 minutos, escovar e enxaguar com água limpa em abundância;

- Escovar a superfície com água e detergente e enxaguar com água em abundância;

- Empregar processos mecânicos (escovamento a seco com escova de cerdas de aço, lixamento mecânico ou jateamento de areia) e remover a poeira através de ar comprimido ou lavagem com água.

c) Eflorescências podem, inicialmente, serem removidas através de espátulas e escovas, seguida de lavagem com ácido muriático.

d) Fungos e Bolor são removidos por meio de escova de cerdas duras com solução de fosfato trissódico ou com solução de hipoclorito de sódio (4% a 6% de cloro ativo) e enxague com água em abundância.

e) Em se tratando de bases de concreto, deve-se tomar os seguintes cuidados:

- Promover a remoção da película de desmoldante (dificulta a aderência), porventura utilizada nas fôrmas, através de escova de aço e lavagem com detergente.

- Remover pregos e arames deixados pela fôrma. Caso não seja possível removê-los, eles devem ser cortados e a superfície tratada com zarcão de boa qualidade.

OBSERVAÇÕES:

a) Sempre que forem utilizados produtos químicos na limpeza da base, esta deve, previamente, ser saturada com água limpa.

b) Na utilização de soluções alcalinas e ácidas, deve-se proteger de respingos e escorrimientos todas as demais superfícies e materiais.

c) Aguardar a secagem da base antes de iniciar os procedimentos de revestimento.

2.2 Chapisco

É a camada de revestimento aplicada diretamente sobre a base, com a finalidade de uniformizar a absorção da superfície e melhorar a aderência da camada subsequente.

O chapisco tem a função de regularizar a absorção e a porosidade da base, atualmente, três tipos de chapisco vêm sendo empregados:

- a) O tradicional/convencional (de cimento e areia grossa);
- b) O rolado (aplicado com rolo de pintura e constituído de cimento, areia fina e resina PVA de acrílica);
- c) O industrializado (aplicado com desempenadeira dentada).

Os dois primeiros são indicados para aplicação sobre alvenarias e estruturas, já o terceiro deve ser aplicado em estruturas de concreto.

Estudos recentes de CANDIA COLLANTES (1998) mostram que, no caso de chapisco rolado, deve-se ter o cuidado com o número de demão aplicada, pois a medida que se aumenta o número de demãos tem-se uma diminuição da capacidade de absorção de água do substrato implicando em uma redução na resistência de aderência.

2.2.1 Método Tradicional/Convencional

Traço da argamassa: 1 : 3 (cimento : areia grossa).

a) Em bases muito lisas e pouco porosas, isto é, com sucção e textura inadequadas para promover a aderência, o chapisco deve ser executado com a incorporação de aditivos adesivos à massa, na proporção recomendado pelo fabricante dependendo da natureza da base.

b) Aspergir água sobre a base, sem saturar.

c) É interessante que o chapisco não seja aplicado sobre bases sujeitas à insolação direta e ventos. Criar proteção e escolher a melhor hora do dia para a execução desta camada contribuem para a qualidade do serviço.

d) Com a colher de pedreiro lançar o chapisco vigorosamente sobre a base, de modo a garantir alta rugosidade (0,5 cm a 1,2 cm).

e) Curar o chapisco (garantir água para a ocorrência das reações de hidratação do cimento).

f) A liberação do chapisco, para a execução da próxima camada do sistema de revestimento, deve ocorrer após 2 a 3 dias, quando ele não apresentar desagregação do toque.

2.2.2 Chapisco Rolado

a) Traço: 1 : 3 (cimento : areia). No chapisco rolado é imprescindível a utilização de aditivos adesivos.

b) Aplicar o chapisco rolado com um rolo para textura acrílica.

c) Em bases de concreto, para um acabamento adequado, aplicar três demãos, em alvenarias, apenas uma demão é suficiente.

d) A argamassa de chapisco rolado deve ser misturada constantemente para evitar a decantação da areia.

e) O uso do chapisco rolado é recomendado para ambientes internos e com rigoroso controle da produção.

2.2.3 Chapisco Colante

a) Chapisco colante: são produtos industrializados, vendidos ensaiados bastando adicionar água e misturar. São recomendados para ambientes internos e externos e podem ser utilizados em bases de baixa absorção.

b) A argamassa deve ser preparada de acordo com as recomendações do fabricante, adicionando a quantidade de água por ele recomendada, preferencialmente através de mistura mecânica.

c) Após a mistura, a argamassa deve descansar por um intervalo de 10 a 15 minutos recomendados, na embalagem, pelo fabricante.

d) Em condições de baixa insolação e ventos não é necessário umedecer a base antes da aplicação do produto.

e) A aplicação do chapisco colante deve ser utilizado num intervalo não superior a 2,5 horas a partir da mistura, não sendo permitida a adição de água ou outro produto.

f) Aguardar, pelo menos, 72 horas para início dos serviços de revestimento.

2.3 Emboço

É a camada de revestimento executada para cobrir e regularizar a superfície da base ou chapisco, propiciando uma superfície que permita receber outra camada de reboco ou de revestimento decorativo, ou mesmo se constitua no acabamento final.

“Primeira camada de revestimento, ou seja, a primeira demão de argamassa”. (definição da Norma NBR 7200/1982 - item 3.9)

A aderência entre argamassa de emboço e unidade de alvenaria (tijolos e blocos cerâmicos, de concreto, etc.) é um fenômeno essencialmente mecânico, devido, basicamente à penetração da pasta aglomerante ou da própria argamassa nos poros ou entre as rugosidades da base de aplicação.

CARASEK (1996) em estudos realizados com blocos cerâmicos mostrou que a aderência entre argamassas à base de cimento Portland e esse substrato ocorre devido à penetração no interior dos poros do substrato, da solução da pasta aglomerante contendo íons dissolvidos com a subsequente precipitação de hidratos. Essa penetração foi constatada através do mapeamento de elementos por Raios X, realizadas nas amostras semipolidas da seção transversal da interface. Observou-se no interior do substrato, a uma profundidade entre 100 e 1600µm, a existência de um ou mais dos seguintes elementos químicos em maior concentração: cálcio, enxofre, alumínio e ferro.

Para o início dos serviços de execução do emboço devem ser observados os seguintes aspectos:

a) As estruturas, alvenarias, encunhamentos e contra pisos devem estar concluídos há, pelo menos, 14 dias;

b) O chapisco devem estar arrematadas (instalações elétricas, hidráulicas e gás embutido e testadas);

- c) Registros e válvulas de canopla devem ser posicionadas segundo as mestras;
- d) Os marcos das portas devem estar assentados.

2.3.1 Execução e Cuidados

a) Argamassa: podem ser utilizadas argamassas variadas na obra, de cimento, cal e areia ou cimento, areia e aditivos, com traço definido em função das características desejáveis para a argamassa. Podem também ser utilizadas argamassas industrializadas para emboço, conforme instruções do fabricante.

b) Traços usuais:

- Interno: 1 : 2 : 10 (cimento : cal : areia)
- Externo para assentamento de cerâmicas e pintura: 1 : 2 : 8 (cimento : cal : areia)
- Externo para assentamento de pedras: 1 : 1 : 6 (cimento : cal : areia)

c) Tempo de utilização: as argamassas viradas em obra ou industrializadas não devem ser utilizadas após o início de pega do cimento (1,5 hora a 2 horas).

d) Espessura do emboço: a espessura do emboço será definida a partir da identificação dos pontos críticos da base quanto ao prumo. A espessura ideal varia entre 15 mm e 25 mm. Para espessuras maiores, o revestimento deverá ser executado em camadas da ordem de 20 mm. Após a aplicação da primeira camada, aguardar a argamassa “puxar” para a aplicação da segunda camada. Em espessuras maiores que 40 mm, aguardar a secagem e colocar tela galvanizada (viveiro de passarinho) a fim de proporcionar a ancoragem entre as camadas.

e) Também deverá ser analisadas a necessidade reforços com tela em pontos com dificuldade de aderência para a argamassa, transições entre materiais e regiões sujeitas a deformações diferenciais consideráveis.

f) Acabamento: deve proporcionar porosidade e textura superficial compatível com a capacidade de aderência do revestimento final previsto. Para receber revestimentos em cerâmica, o emboço deverá ser sarrafeado e desempenado, de leve, com desempenadeira de madeira. O ideal é verificar com fabricante, revendedor do produto a ser utilizado como revestimento, como deve ser feito o acabamento do emboço.

g) Tempo de maturação do emboço, antes da aplicação da camada seguinte:

- Reboco: 7 dias após o emboço;
- Revestimento cerâmico: aplicado com argamassa colante: 14 dias.

É interessante verificar com o fabricante do revestimento final a ser utilizado, o prazo necessário para a maturação do emboço.

2.3.2 Argamassas Normalmente Empregadas

2.3.2.1 Argamassas Industrializadas para Revestimento, para Paredes, Tetos e Contra-pisos



Fotografia 2 – Embalagem de argamassa industrializada

São produtos industrializados, que chegam à obra acondicionados em sacos constituídos pela mistura seca de cimentos, cal, aditivos, corantes minerais, agregados que são preparados pela simples adição de água.

a) **Preparo** - devem ser seguidas às recomendações do fabricante no que diz respeito à quantidade de água a ser adicionada. Preferencialmente devem ser utilizados caixotes estanques e mistura mecânica.

b) **Tempo de Utilização** - verificar na embalagem do produto, de modo geral variam de 1,5 hora a 2,0 horas (tempo de pega do cimento). Durante esta vida útil não devem ser adicionados água ou quaisquer outros produtos, após este intervalo devem ser inutilizadas. A execução dos serviços e os cuidados são os mesmos recomendados anteriormente para o emboço, reboco e contra piso.

c) **Acabamento** - permitem sarrafeamento, desempenho e feltro. A textura a ser escolhida depende da finalidade do revestimento. Observar e respeitar as condições de armazenamento e prazo de validade na embalagem do produto.

d) **Tempo de Maturação** - seguir as mesmas recomendações de prazos definidos para emboços, rebocos e contra pisos.

Algumas argamassas industrializadas para revestimento de paredes e tetos podem também ser utilizadas para assentamento de elementos de alvenaria. Em função da sua composição, as peças de alvenaria devem estar secas e permite aplicação com bisnaga. Estas argamassas não podem ser utilizadas para preparar concreto ou assentamento de peças de revestimento.

2.3.2.1.1 Classificação das Argamassas Industrializadas

As argamassas industrializadas são classificadas pela NBR 13281/95 em função das seguintes características:

Característica	Método de ensaio	Identificação	Limites
Capacidade de Retenção de Água	NBR 13277	Normal / Alta	≥ 80 e ≤ 90
Teor de Ar Incorporado (%)	NBR 13278	A B C	< 8 $8 \leq e \leq 18$ > 18
Resistência à compressão aos 28 dias (Mpa)	NBR 13279	I II III	$0,1 \leq e < 4$ $4 \leq e < 8$ > 8

Tabela 2 – Classificação das argamassas industrializadas

2.3.2.1.2 Vantagens da Utilização das Argamassas Industrializadas

- a) Simplificação e organização do canteiro, principalmente quando não se dispõe de espaço físico suficiente para armazenamento dos materiais.
- b) Podem ser preparadas próximo ao local onde serão utilizadas.
- c) Garantia de qualidade por parte do fabricante.
- d) Materiais constituintes medidos em peso (mais precisão no traço e garantia de uniformidade).

2.4 Material de Assentamento de Revestimento - Argamassa Tradicional/Convencional e Argamassa Colante

2.4.1 Assentamento com Argamassa Tradicional/Convencional

Para o assentamento do revestimento cerâmico com argamassa convencional, utiliza-se argamassa de cimento e/ou cal, preparada no canteiro de obra apresentando dosagem variável de ligante/areia.

As argamassas tradicionais/convencionais tem essa aplicação característica em uma camada mais grossa cuja espessura mínima é de 2 cm e chegando em alguns casos a ultrapassar os 20 cm de espessura. Consiste em assentar a placa cerâmica diretamente sobre o substrato, utilizando-se como material de assentamento argamassa de cimento e/ou cal, com dosagens variáveis. Os ligantes hidráulicos ancoram-se mecanicamente na porosidade das placas cerâmicas e no substrato.

No assentamento pelo processo tradicional/convencional, emprega-se argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia com traços em volume variando de 1:0,5:4 a 1:2:8. O cimento deve ser misturado à argamassa de cal e areia já previamente preparada. Iniciar a colocação, assentando uma peça cerâmica junto a cada canto superior da parede. Sobre a régua em nível assentar uma peça cerâmica em cada extremidade da parede, aprumando as faces e as arestas verticais, tomando como referência as peças assentadas na parte superior da parede. Esticar uma linha faceando a aresta superior das peças cerâmicas e completar a fiada guiando-se pela linha. Na execução das demais

fiadas, dispensar a régua e usar o mesmo procedimento, para o assentamento efetuar as seguintes operações:

- a) Umedecer a superfície da parede;
- b) Colocar uma porção de argamassa no verso, de modo a recobrir toda a peça cerâmica na espessura aproximada de 2 cm, formando uma pequena cavidade no centro;
- c) Colocar a peça cerâmica em contato com a parede e pressioná-la uniformemente, para que o excesso de argamassa saia pelas bordas da peça;
- d) Utilizar uma linha esticada na horizontal, para garantir o alinhamento e o nivelamento das arestas das peças cerâmicas, e prumo de bolha, para garantir o prumo da face de cada peça cerâmica.

2.4.2 Assentamento com Argamassa Colante



Fotografia 3 – Embalagem de argamassa colante

As argamassas colantes também chamadas de argamassas adesivas ou cimento colante, são produtos industrializados vendidos em embalagens apropriadas, na forma de pó, formada por uma mistura de aglomerante hidráulico, agregados minerais e aditivos à qual deve ser acrescentada apenas água, formando uma pasta viscosa, plástica e aderente.

“Mistura constituída de aglomerantes hidráulicos, agregados minerais e aditivos, que possibilita, quando preparada em obra com a adição exclusiva de água, a formação de uma viscosa plástica e aderente” . (Definição da Norma NBR 13.755 / 1996 - item 3.2).

Os principais aditivos utilizados nas argamassas adesivas são as resinas sintéticas. Entre estas, destacam-se as resinas celulósicas e os polímeros vinílicos, acrílicos e estirenos-butadienos. As resinas celulósicas são usadas como retentores de água e plastificantes, enquanto as resinas vinílicas e acrílicas modificadas são empregadas principalmente para melhorar a aderência e aumentar a capacidade de absorver deformações.

As argamassas adesivas convencionais ou comuns possuem normalmente apenas um tipo de aditivo que modifica suas propriedades. São empregados éteres de celulose modificados cuja principal função é aumentar a capacidade de retenção de água, permitindo a adequação do tempo em aberto. Entre estes agentes destacam-se os hidróxietil celulose (HEC) e metil-hidróxietil celulose (MHEC) como dois dos mais empregados nas argamassas adesivas.

Nas argamassas adesivas modificadas com polímeros (monocomponente) são empregados também polímeros à base de resinas vinílicas na forma de pós redispersíveis em água. Elas modificam a capacidade de retenção de água, além de melhorar a aderência e a flexibilidade das argamassas adesivas. A extensão de aderência também é melhorada devido à redução na tensão superficial da água (ROY, 1992, apud Vieira, 1998).

Hoje em dia, são as argamassas adesivas os materiais mais empregados para a execução de RCF. A principal vantagem desta argamassa reside basicamente no uso de camada fina no assentamento, permitindo a racionalização da execução e redução de custos. Além de simplificar a técnica de colocação das placas cerâmicas, dissociando os serviços de regularização do serviço de acabamento superficial, o uso adequado da argamassa adesiva proporciona as seguintes principais vantagens:

- i. maior produtividade no assentamento;
- ii. manutenção das características dos materiais;
- iii. maior uniformização do serviço;
- iv. facilidade de controle;
- v. menor consumo de material;
- vi. maior possibilidade de adequação às necessidades de projeto;
- vii. grande potencial de aderência.

SABBATINI;BARROS (1990) afirmam que o custo global se serviços de RCF, considerando o aumento da produtividade da mão-de-obra, é normalmente inferior ao custo dos métodos de assentamento tradicionais.

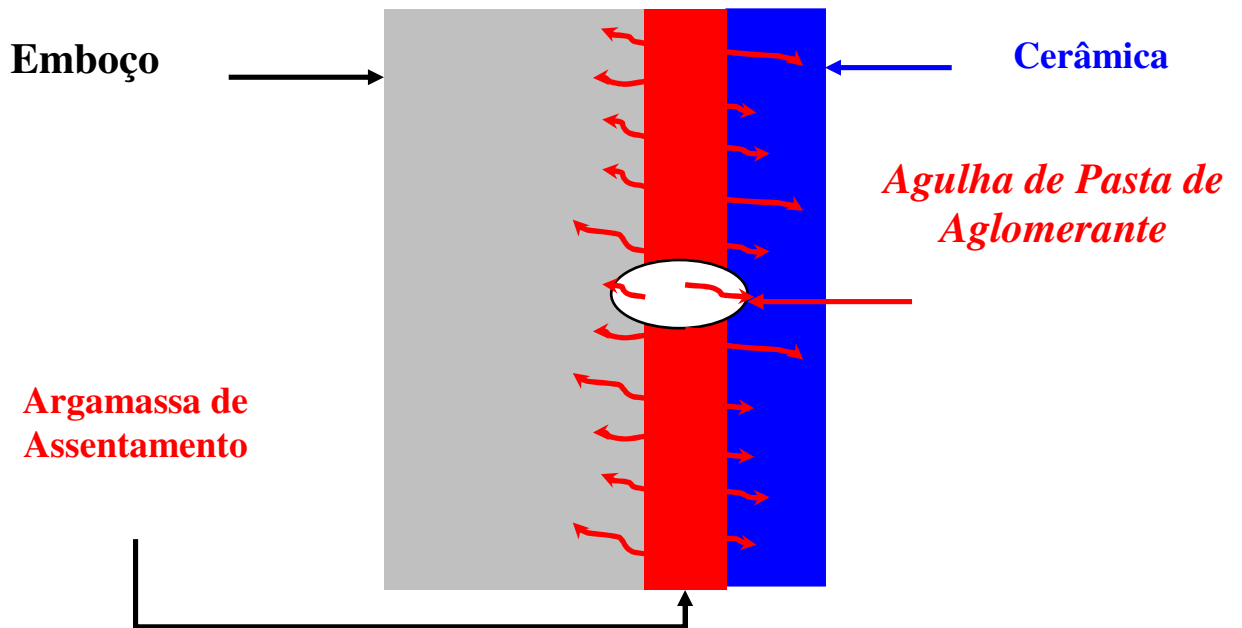


Figura 2 – Percolação e formação de agulha no sistema de revestimento com argamassa colante

2.4.2.1 Conceitos Importantes

2.4.2.1.1 Tempo de Descanso

É o tempo necessário, após o preparo da argamassa colante (adição de água e mistura) para que os aditivos presentes tomem-se ativos (reajam formando as cadeias de polímeros). De modo geral, fabricantes/normas falam em um tempo da ordem de 10 a 15 minutos. Alguns estudiosos dizem que este tempo é, na realidade, em torno de 30 minutos. Após este intervalo, a argamassa deve ser reamassada antes do uso.

2.4.2.1.2 Tempo de Ajuste

Período após o assentamento no qual a cerâmica pode ter a sua posição corrigida. Não é interessante que a cerâmica tenha aderência exagerada nos primeiros momentos, permitindo o ajuste dos componentes, de modo que este tempo deve ser da ordem 10 minutos.

2.4.2.1.3 Tempo em Aberto

É o tempo em que a argamassa colante, pode ficar estendida na parede sem que perca suas propriedades adesivas. É muito importante que o assentador tenha conhecimento e a consciência da importância desta propriedade e que saiba avaliá-la em obra, de modo a poder controlar as dimensões dos panos de argamassa que ele vai abrir na fachada, quando do assentamento, em função das condições locais de insolação, ventilação e umidade.

O controle do tempo em aberto pode ser feito através de testes simples em obra. A ocorrência de uma das situações abaixo indica que o tempo em aberto foi ultrapassado:

- a) Formação esbranquiçada brilhante na superfície dos cordões.
- b) Teste do toque: tocar argamassa colante, com as pontas dos dedos, sem sujá-los.
- c) Remoção da placa cerâmica recém assentada e observação da ausência dos esmagamentos dos filetes da argamassa colante.

Sendo verificada uma destas situações, a argamassa colante estendida no substrato deve ser removida e inutilizada.

O tempo em aberto para as diversas argamassas colantes pode ser variável, sendo um dos parâmetros utilizados na classificação destas argamassas, segundo a normalização brasileira.

2.4.2.1.4 Tempo de Uso

É o tempo, após a adição da água, em que a argamassa colante pode ser utilizada. Este tempo e da ordem de 2 horas e 30 minutos, sendo proibido durante este período a adição de água e qualquer outro produto. Após este tempo a argamassa deve ser inutilizada.

2.4.3 Tipos de Argamassas Colantes

A designação normatizada para argamassas colantes consta de algarismos romanos, indicativos do seu tipo, a seguir:

a) **Argamassa Colante Industrializada -Tipo I (AC – I - INTERIOR)**

Argamassa que atende aos requisitos da tabela seguinte e com características de resistência às solicitações mecânicas e termo-higrométricas típicas de revestimentos internos, com exceção daqueles aplicados em saunas, churrasqueiras, estufas e outros revestimentos especiais.

b) **Argamassa Colante Industrializada - Tipo II (AC -II- EXTERIOR)**

Argamassa que atende às exigências da tabela a seguir e com características de adesividade que permitem absorver os esforços existentes em revestimentos de pisos e paredes externas decorrentes de ciclos de flutuação térmica e higrométrica, da ação de chuva e/ou vento, da ação de cargas como as decorrentes de movimento de pedestres em áreas públicas e de máquinas ou equipamentos leves sobre rodízios não metálicos.

c) **Argamassa Colante Industrializada -Tipo III (AC-III-ALTA RESISTÊNCIA)**

Argamassa Colante industrializada que atende aos requisitos da tabela a seguir e que apresenta propriedades de modo a resistir a altas tensões de cisalhamento nas interfaces substrato/adesivo e placa cerâmica/adesivo, juntamente com uma aderência superior entre as interfaces em relação às argamassas dos tipos I e II, é especialmente indicada para uso em saunas, piscinas, estufas e ambientes similares.

d) **Argamassa Colante Industrializada -Tipo III - E (AC-III-E-ESPECIAL)**

Argamassa colante industrializada que atende aos requisitos da tabela seguir, similar ao tipo III, com tempo em aberto estendido.

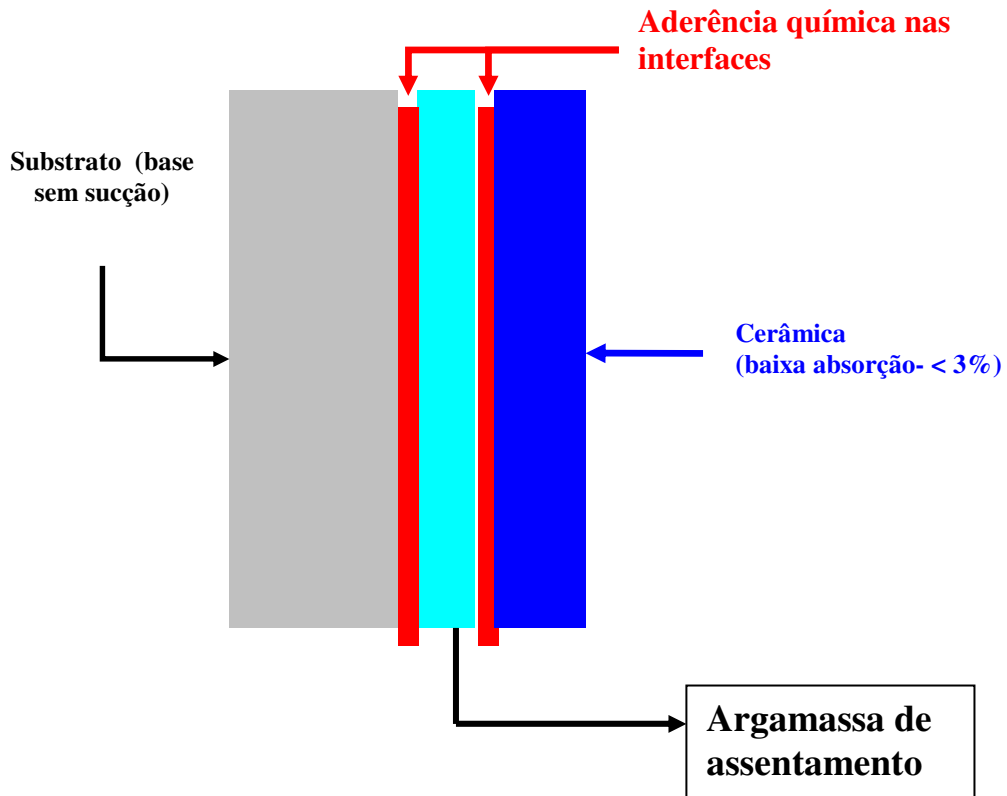


Figura 3 – Colagem de contato

Propriedade	Método de Ensaio	Unidade	Argamassa colante Industrializada			
			I	II	III	III-E
Tempo em aberto	NBR 14083	Min	≥15	≥ 20	≥ 20	≥ 30
Resistência de aderência	NBR 14084	Mpa	≥0,5	≥0,5	≥ 1,0	≥ 1,0
Cura Normal						
Cura Submersa em água						
Cura em estufa			—	≥0,5	≥ 1,0	≥ 1,0
Deslizamento	NBR 14088	mm	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 0,5

Nota: Quando a argamassa for especificada para revestimento de piso, não há necessidade do ensaio de deslizamento.

Tabela 3 – Argamassa Colante

2.4.4 Informações a serem Fornecidas nas Embalagens:

- a) Designação normalizada;
- b) Marca do produto e razão social do fabricante;
- c) Massa líquida do produto expressa em quilogramas;
- d) Identificação da NBR 14081/98;
- e) Instruções e cuidados na utilização do produto;
- f) Quantidade de água a ser adicionada (em litros de água por quilograma do produto ou litros de água por saco);
- g) Tempo de descanso;
- h) Composição (qualitativa);
- i) Data de fabricação e prazo de validade (6 meses após fabricação);
- j) Condições de armazenamento do produto.

2.4.5 Assentamento de Revestimentos Utilizando Argamassa Colante

Alguns cuidados devem ser observados quanto ao assentamento de revestimento utilizando argamassa colante, como:

- a) A base de assentamento (embaça) deve estar plana, limpa, seca, isenta de poeiras, substâncias oleosas, tintas, restos de argamassas, eflorescências ou outras condições que possam prejudicar a aderência;
- b) As placas cerâmicas também devem estar secas e limpas;
- c) É importante observar a necessidade da remoção do engobe pulverulento do verso da placa. As placas cerâmicas a serem utilizadas devem atender aos requisitos da NBR 13818/97 e apresentar Expansão por Umidade (EPU) inferior a 0,6 mm/m;
- d) Em um recipiente estanque, a argamassa colante deve ser preparada através de mistura mecânica, até que se forme uma argamassa homogênea e sem grumos. A quantidade de água a ser adicionada deve ser a recomendada pelo fabricante do produto;
- e) Após a mistura a argamassa deve permanecer em repouso por um intervalo de 15 minutos. Passado este intervalo ela deve ser reamassada antes da utilização;

f) Não é necessário o umedecimento da base antes da aplicação da argamassa colante. Em condições de fortes ventos insolação, a base poderá ser previamente molhada por aspersão de água;

g) A aplicação da argamassa colante é feita através de desempenadeira denteada. Com o lado liso da desempenadeira espalha-se o produto em camada uniforme sobre a base. Em seguida, com o lado denteado, fileta-se a argamassa, com a desempenadeira levemente inclinada, de modo a formar cordões contínuos e uniformes;

h) A placa cerâmica deve ser assentada através de movimentos de vai-vem perpendiculares aos cordões, de modo a ser obter um completo esmagamento dos filetes da argamassa colante e um preenchimento de 100% do verso da placa;

i) Durante o assentamento é imprescindível o controle do tempo em aberto da argamassa colante;

j) O tempo máximo para a aplicação do produto preparado é de 2,5 horas após a mistura do produto, sendo proibido a adição de água ou qualquer outro produto durante este período. Após este intervalo, a argamassa deve ser inutilizada;

k) Após o assentamento, promover a limpeza das peças cerâmicas com esponja umedecida e promover a raspagem do excesso da argamassa existente entre as peças.

OBSERVAÇÕES IMPORTANTES:

A área da peça que está sendo assentada define o formato dos dentes da desempenadeira a ser utilizada e a forma de aplicação do revestimento, a saber:

Área da Placa - A - (cm ²)	Forma de dentes desempenadeira (mm) e porcentagem de colagem		
	A < 400	Quadrados 8x8x8 Colagem simples	Quadrados 6x6x6 Colagem simples
400 ≤ A < 900	Quadrado 8x8x8 Colagem dupla	Quadrado 8x8x8 Colagem simples	Quadrado 8x8x8 colagem simples
A ≥ 900	—	Quadrado 8x8x8 Colagem dupla	Quadrado 8x8x8 colagem dupla

Tabela 4 – Área da peça x formato dos dentes da desempenadeira

2.5 Placas Cerâmicas para Revestimento

Materiais cerâmicos ou cerâmicas compreendem todos os materiais de emprego em engenharia (materiais de construção de engenharia) ou produtos químicos inorgânicos, com exceção dos metais e suas ligas, que são obtidos, geralmente, pelo tratamento em I temperaturas elevadas, conforme ZANDONADI.

Conforme NBR -13.816, placas cerâmicas para revestimento são definidas como sendo material composto de argila e outras matérias-primas inorgânicas, geralmente utilizadas para revestir pisos e paredes, sendo conformadas por extrusão ou por prensagem, podendo também ser conformadas por outros processos. Após secagem e queima a temperatura de sinterização, na qual começa a formação de fases vítreas, segundo BUCHER; MULLER, adquirem propriedades físicas, mecânicas e químicas I superiores às dos produtos de cerâmica vermelha.

Os materiais cerâmicos de revestimento são empregados na construção civil para revestimentos de proteção ou de decoração devido às propriedades intrínsecas de resistência mecânica, resistência química, durabilidade e de efeito decorativo.

Os materiais cerâmicos de revestimento podem ser classificados, dependendo do acabamento de sua superfície, em esmaltados ou não esmaltados, em correspondência aos símbolos GL (glazed) ou UGL (unglazed). São incombustíveis e não são afetados pela luz.

Atualmente, são produzidos vários tipos de revestimentos cerâmicos, como: azulejos, pisos cerâmicos incluindo-se nesses as pastilhas de porcelana, conforme COELHO; estes revestimentos podem apresentar diferentes formas e tamanhos e ser vitrificados ou não vitrificados. As diferenças apresentadas entre esses materiais estão diretamente ligadas às matérias-primas utilizadas, às temperaturas de queima e ao acabamento final, o que confere aos produtos propriedades e funções distintas, sendo que seus processos de fabricação são semelhantes.

Os azulejos são utilizados no revestimento de paredes sendo constituídos por um corpo cerâmico de cor branca, recoberta numa das faces maiores por uma camada de vidro com ou sem decoração vítrea . Devido às finalidades de sua utilização apresentam baixa resistência mecânica e à abrasão.

Os pisos cerâmicos são, por definição, materiais cerâmicos destinados a revestimentos de pisos, devendo portanto apresentar alta resistência mecânica e à abrasão. Com a evolução das técnicas de vidração e decoração, tem-se diversificado o seu uso, passando a ser utilizados como revestimentos das paredes de cozinhas e banheiros.

As pastilhas são revestimentos cerâmicos de pequenas dimensões, esmaltadas ou não- esmaltadas, produzidas com massa de porcelana, utilizadas para revestimentos de paredes e pisos, apresentando alta resistência e durabilidade, segundo ZANDONADI; MESSIAS; SANTOS. Devido a grande variedade dos tipos de produtos, os materiais cerâmicos de revestimentos, utilizam vários tipos de matérias-primas, algumas típicas de produtos de cerâmica vermelha, outras típicas de produtos classificados como cerâmica branca (como azulejos e pastilhas) e outras intermediárias entre um tipo e outro de material cerâmico, conforme ZANDONADI .

Na fabricação de materiais cerâmicos de revestimentos, são utilizadas, de modo geral, as seguintes matérias-primas:

- a) plásticas: argilas, caulim, filito;
- b) não-plásticas: quartzo, calcita, dolomita, talco, feldspato.

Os materiais cerâmicos de revestimento apresentam o corpo cerâmico com uma cor avermelhada ou corpo com cores claras até brancas. Os materiais de revestimento de cor avermelhada sobretudo os não vidrados utilizam as mesmas argilas usadas na fabricação de produtos de cerâmica vermelha.

Dependendo da composição da argila. do tipo de produto e da temperatura de queima, os fundentes Na_2O e K_2O , fundem-se e reagem em parte com sílica livre e em parte com os argilominerais contribuindo para alta resistência mecânica e baixa porosidade dos produtos .

A composição dos azulejos é semelhante à de outros materiais de cerâmica branca, utilizando argilas caulínicas, caulim, quartzo, calcários calcíticos e filito.

As pastilhas utilizam as mesmas matérias-primas utilizadas na fabricação de sanitários, mas é comum a utilização de filito cerâmico e mesmo de feldspato ou feldspatóides, além das matérias-primas usadas para fabricação de azulejos .

O processo de fabricação de produtos cerâmicos compreende três etapas: preparação das matérias-primas, conformação e tratamento térmico, que compreende secagem e queima.

As operações de preparação a que as matérias-primas são submetidas são: britagem ou desagregação, moagem, classificação granulométrica e mistura. A britagem é usada nas matérias-primas não-plásticas, enquanto a desagregação é usada nos materiais argilosos. A moagem pode ser feita, por via úmida ou por via seca; sendo que na via úmida, as matérias-primas são moídas em meio aquoso, em moinhos de bolas . Na moagem por via seca, as matérias-primas são moídas a seco em moinhos de martelo ou de cone. A via úmida normalmente permite, uma homogeneização da granulometria e da composição da mistura, o que irá conferir uma melhor qualidade do produto final .

Após a transformação das matérias-primas em pó, é executada a etapa de conformação, que é a moldagem das matérias-primas em peças nas dimensões desejadas . A conformação pode ser realizada pelo processo da prensagem ou de extrusão. O processo de prensagem permite maior controle dimensional.

O corpo cerâmico prensado e seco é queimado, em temperaturas ao redor de 1150°C . No caso da monoqueima, antes da queima, é aplicada a decoração e uma camada de esmalte .

Na biqueima, após a primeira queima, são aplicadas sobre uma das faces, a decoração e a camada de esmalte, cuja fixação depende de nova queima, em temperatura ao redor de 950°C . A biqueima é mais utilizada na produção de azulejos, enquanto a monoqueima, na fabricação de pisos.

2.5.1 Processo de Fabricação de Placas Cerâmicas

2.5.1.1 Composição

O revestimento cerâmico é constituído, basicamente, pelos biscoito e esmalte. O biscoito é o corpo poroso cuja face não esmaltada (tardoz) apresenta textura porosa para auxiliar no processo de fixação da peça ao substrato. De modo geral, é composto por argilas, feldspato, quartzo, calcário, talco e corantes devidamente dosados.

O esmalte é o acabamento e pode ser ou não decorado. É composto por um material vítreo, denominado fritas, acrescido de materiais minerais, óxido metálicos e corantes.

2.5.1.2 Processo de Fabricação

No processo de fabricação de placa cerâmica consiste em algumas etapas:

a) **Estoque de Matérias-primas** - as matérias-primas chegam de diversas jazidas, apresentando uma umidade natural que é calculada para reformulação da composição da massa. As matérias-primas são armazenadas em pátios cobertos, divididos em boxes.

b) **Pesagem** - as matérias-primas são transportadas até as balanças por meio de caminhões e tratores e, no caso de via úmida, até os moinhos através de esteiras bem vedadas.

c) **Moagem** - pode ser realizada por via seca ou via úmida:

d) **Via Seca** - a matéria-prima é levada para moinhos de bola intermitentes em ciclos que variam de 18 a 36 horas. Ao ser finalizada a moagem é transportada diretamente para os depósitos em silos.

e) **Via Úmida** - a moagem acontece da mesma forma da via seca, porém é adicionada água, originando barbotina líquida que, em seguida é filtrada, seca, transportada em pó úmido que é, então, armazenada em silos.

f) **Prensagem** - acontece em duas etapas. A primeira consiste na prensagem do pó úmido com uma pressão mais baixa (da ordem de 10 Mpa) para a retirada do ar presente na massa e a

segunda, esta com maior pressão (na faixa de 30 Mpa), para conformação do revestimento. Além da fabricação por prensagem, o material cerâmico pode ser feito sob forma do processo de extrusão.

g) **Secagem** - após prensagem do material, o biscoito conformado segue para o secador, lá permanecendo por aproximadamente 20 horas a temperatura de 30°C a 150°C, para a remoção da água residual.

h) **Queima** - é uma importante fase da qual resultam diferenciais nas características de resistência mecânica, regularidades dimensionais, porosidade, podem ser feitas pelos seguintes processos:

- *Biqueima*: neste processo, a massa e o esmalte são queimados em situações diferentes, ou seja, primeiro queima-se a massa a uma temperatura da ordem de 950°C, em seguida o material retoma à linha de esmaltação e efetua-se uma Segunda queima com temperatura em torno de 850°C. Por esta razão, um produto biqueado apresenta uma baixa resistência ao impacto e mecânica. Também em função desta baixa temperatura de queima, o material apresenta espaços vazios dentro da massa (poros) o que caracteriza uma alta absorção de água (16% a 22%).

- *Monoqueima porosa*: neste tipo de processo, a massa e os esmaltes são queimados uma única vez à baixa temperatura, cerca de 900°C a 950°C, o que proporciona uma baixa interligação entre a massa e o esmalte resultando praticamente em dois corpos distintos um colado sobre o outro.

- *Monoqueima gres*: é semelhante ao processo de fabricação monoqueima porosa, ou seja, a massa e o esmalte são queimados de uma só vez, porém a alta temperatura (em torno de 1180°C), proporcionando com isso uma alta aderência na relação esmalte/massa. Em função desta alta temperatura, as partículas sólidas praticamente se fundem, resultando em uma insignificante quantidade de poros abertos, o que proporciona uma alta resistência mecânica (350 kgf/cm² a 450 kgf/cm²) e uma baixa absorção (3% a 5%).

i) **Classificação** - após a queima das placas cerâmicas, há a escolha onde detecta-se os defeitos grandes, classificando-as como classe A, B ou C. Finalizando o processo, tem-se a embalagem e estoque para distribuição.

2.5.2 Características de Interesse na Escolha do Revestimento Cerâmico

2.5.2.1 Absorção de Água

É a quantidade de água que uma peça pode absorver. Expressa em percentual, é uma propriedade associada ao corpo da peça (biscoito), uma vez que o esmalte possui baixa absorção por ser uma superfície vitrificada.

A importância deste parâmetro está relacionada com a sua influência direta sobre outras características, tais como as propriedades mecânicas, as resistências a mudanças bruscas de temperatura e a ocorrência de geada.

De modo geral, pode-se utilizar o seguinte quadro para relacionar o tipo da peça cerâmica com a sua absorção e de água e resistência mecânica:

Nome usual	Absorção	Grupo	Porosidade	Carga de Ruptura- e > 75 cm- (N)	Módulo de Ruptura
Porcelanato	0% a 0,5%	Ia	Baixa	> 1300	> 35
Grés	0,5% a 3%	IIb	Baixa / média	> 1100	> 30
Semi-gres	3% a 6%	IIa	Média	> 1000	> 22
Semi-poroso	6% a 10 %	IIb	média / alta	> 900	> 18
Poroso	10% a 20%	III	Alta	> 600	> 15
Azulejo	10% a 20%	III	Alta	> 400	> 15
Azulejo Fino	10% a 20%	III	Alta	> 200	> 12

Tabela 5 – Absorção de água de revestimento cerâmico

2.5.2.2 Resistência a Abrasão

É a característica mecânica da superfície da peça e representa a própria resistência ao desgaste provocado pelo trânsito de pessoas e objetos. De modo geral, são dois os principais defeitos resultantes dos vários tipos de ações abrasivas : a remoção de material da superfície da peça que é progressivamente consumido e a alteração da aparência superficial, com a perda de brilho, variações de tonalidade, etc.

Dois métodos, um para peças esmaltadas e outro para não esmaltadas, avaliam a resistência do produto à abrasão. Para as esmaltadas, o método americano internacionalmente reconhecido com PEI (Porcelain Enamel Institute) qualifica os produtos de acordo com a avaliação visual do desgaste provocado na cerâmica por um aparelho com esferas de aço que giram sobre sua superfície. A classificação é feita segundo o quadro que se segue:

Nº de giros	Classe PEI	Resistência	Exemplos associativos dos ambientes
100	PEI 0	-	Desaconselháveis para pisos.
150	PEI 1	baixa	Banheiros e quartos de dormir residenciais.
600	PEI 2	média	Ambientes residenciais sem porta para fora.
1500	PEI 3	média / alta	Cozinhas residenciais, corredores, escritórios, etc.
2200	PEI 4	alta	Estabelecimentos comerciais localizados internamente.
12000	PEI 5	altíssima	Áreas públicas de alto tráfego: shopping centers, aeroportos, bancos, escolas, padarias, restaurantes, bares, etc...

Tabela 6 - Classificação do revestimento cerâmico

Obs: um produto para ser classe 5 deverá resistir, além dos 12000 giros, a manchas.

Para materiais não esmaltados, o método prevê a medida do volume de material removido da superfície da peça, quando submetida à ação de um disco rotativo de um material abrasivo.

2.5.2.3 Expansão por Umidade

" É o aumento da peça cerâmica sob a ação da umidade. No entanto, não é a simples presença de água nos poros que vai determinar o aumento dimensional, mas reações química entre esta água e os minerais argilosos que estão presentes no corpo cerâmico" .

2.5.2.4 Resistência a Gretagem

O fenômeno da gretagem corresponde ao aparecimento de finas fissuras ou trincas como fio de cabelo, de formato geralmente circular ou espiral, se forma sobre a superfície esmaltada da peça. A manifestação do defeito pode ocorrer imediatamente após a saída do forno, durante a estocagem ou algum tempo após terem sido estocadas.

2.5.2.5 Resistência Química

É a capacidade que a peça cerâmica possui de se manter inalterável em contato com produtos químicos, ácidos ou bases.

Uma peça cerâmica pode ser classificada dentro de três grupos. em função da alteração da aparência verificada em laboratório:

Classe A	Resistência química mais elevada
Classe B	Resistência química média
Classe C	Resistência química mais baixa

Tabela 7 – Classes de resistência química do revestimento cerâmico

2.5.2.6 Resistência a Manchas

É um índice de limpabilidade que avalia a maior ou menor facilidade de remoção de manchas e a sua capacidade de não se alterar na presença de produtos químicos agressivos, seja por meio de reação química, seja pela absorção do produto químico.

A resistência a manchas é dividida em classes de 5 a 11 segundo tabela abaixo:

Classe 5	Máxima facilidade de remoção de manchas
Classe 4	Mancha removível com produto de limpeza fraco
Classe 3	Mancha removível com produto de limpeza forte
Classe 2	Mancha removível com ácido clorídico / acetona
Classe 1	Impossibilidade de remoção da mancha

Tabela 8 – Classes de resistência ao manchamento do revestimento cerâmico

2.5.2.7 Resistência a Mudanças Bruscas de Temperatura - Choque Térmico

O tempo choque térmico refere-se à tensão que o corpo sofre quando submetido a bruscas variações de temperatura, tais como quando o piso ou azulejo, intencionalmente ou não, entra em contato com material quente ou frio (exemplos: líquidos ferventes, vapores quentes usados para limpeza, revestimentos assentados em áreas externas, mudanças de temperatura inesperada, etc.).

2.5.2.8 Coeficiente de Atrito

Propriedade intimamente relacionada com a segurança garantida ao usuário ao caminhar sobre o revestimento. Quanto maior o coeficiente de atrito, menor é o deslizamento.

Esta característica anti-derrapante deve ser investigada quando se tratar de áreas sujeitas a se molharem, como pisos externos, áreas circundantes de piscinas, piscinas destinadas à fisioterapia e à prática de hidroginástica.

2.5.3 Relações Uso x Propriedades

A tabela 9, a seguir, apresenta a relação de uso e propriedades

Uso	Exigências Específicas	Absorção	Abrasão	Manchas	Ataque Químico
Fachadas	EPU < 0,6 mm/m Isento de Gretamento	0% a 6%	> PEI 1	Classe 5	Classe A
Hospitais	Coefficiente de Atrito > 0,4 EPU < 0,6 mm/m	0% a 10%	PEI 5	Classe 5	Classe A
Garagens	Carga Ruptura > 900N Resistência ao Impacto EPU < 0,6 mm/m	0% a 10%	PEI 5	Classe 4 / 5	Classe A / B
Escadas	Coefficiente de Atrito > 0,4 EPU < 0,6 mm/m	0% a 6%	PEI 5	Classe 4 / 5	Classe A / B
Piso Escritórios	Coefficiente de Atrito > 0,4 EPU < 0,6 mm/m	0% a 10%	PEI 5	Classe 4 / 5	Classe A / B
Piso Lojas	Coefficiente de Atrito > 0,4 EPU < 0,6 mm/m	0% a 10%	PEI 5	Classe 5	Classe A / B
Piscinas	EPU < 0,4 mm/m Resistência ao Choque Térmico	0% a 3%	PEI 1	Classe 4 / 5	Classe A / B
Banheiros	EPU < 0,6 mm/m	0% a 20%	> PEI 1	Classe 5	Classe A / B
Piso dormitórios	EPU < 0,6 mm/m	0% a 10%	PEI 2	Classe 3 / 4 / 5	Classe A / B

Tabela 9 – Relações de uso x propriedades

2.5.4 Embalagem da Cerâmica

Informações importantes a serem observados na embalagem da cerâmica:

- a) Marca do fabricante ou marca comercial e o país de origem;
- b) Identificação de primeira qualidade;
- c) Tipo de placa cerâmica (grupo de absorção);
- d) Tamanho nominal, dimensão de fabricação e formato modular ou não modular;
- e) Natureza da superfície:
 - GL –esmaltado;
 - UGL - não esmaltado Classe de abrasão PEI (peças esmaltadas).
- f) Nome ou código de fabricação do produto;
- g) Referência de tonalidade do produto;

- h) Informações de data de fabricação, lote, etc;
- i) Número de peças;
- j) Metros quadrados que cobrem;
- k) Especificação (dimensão) de junta de assentamento pelo fabricante.

2.5.5 Recebimento do Revestimento Cerâmico

No recebimento do revestimento cerâmico devem ser observados os seguintes itens:

a) **Descarga** - verificar a existência de caixas danificadas pelo transporte. Caso positivo, a descarga não deve ser efetuada e a transportadora acionada.

- Cuidado para não bater as caixas .
- Local iluminado para verificação das marcações constantes na embalagem.

b) **Pedido** - verificar se o material recebido confere com o pedido. Este pedido deve incluir metragem para cortes e caixa reserva.

c) **Nota Fiscal** - verificar alguns itens como:

- A descrição do produto na nota é a mesma do pedido?
- A qualidade (A, B ou C) é a mesma que foi pedida?
- A quantidade de caixas confere com a metragem declarada na nota fiscal?
- Metragem: o recebimento está completo ou trata-se de uma entrega parcial ?

d) **Embalagens** – verificar alguns itens como:

- O produto que está na embalagem é o mesmo que consta da nota?
- A qualidade (A, B ou C) é a mesma?
- As caixas têm todas a mesma marcação de tonalidade? .
- As caixas têm todas a mesma marcação de calibre?

OBSERVAÇÕES:

a) Os fabricantes classificam as tonalidades em faixas de nuances próximas, compatíveis entre si. As embalagens são identificadas com marcações a fim de que o cliente possa obter resultados uniformes.

b) Caso haja marcações diferentes de tonalidade, separar por pilhas e usar em ambientes diferentes. Se algumas destas marcas estiverem presentes em um número de poucas caixas, dirigir-se ao distribuidor para troca.

2.5.6 Armazenamento

Armazenamento da cerâmica deve ser feito com os seguintes cuidados:

- a) Sobre estrados (evitar contato direto com o chão/solo).
- b) Em ambiente abrigado do intemperismo.
- c) Em pilhas de no máximo 2 metros. Separados por tipo, tonalidades e utilização.

2.5.7 Cuidados com Material Cerâmico antes do Assentamento

Antes do início do assentamento, devem ser verificados os seguintes aspectos:

- a) A quantidade de peças é suficiente para a execução do serviço, considerando-se um percentual para perdas e cortes.
- b) As peças devem possuir o mesmo calibre e tonalidade. Recomenda-se que as caixas sejam abertas e misturadas para garantia da uniformidade da cor .
- c) As peças devem estar secas no momento do assentamento.
- d) O verso das placas devem estar isentos de pó, engobes pulverulentos ou partículas soltas que impeçam à sua aderência à argamassa de assentamento . As peças devem ser apropriadas à finalidade e estar de acordo com a especificação .

2.6 Juntas no Revestimento Cerâmico

2.6.1 Juntas

Antes de iniciar a execução do revestimento, uma das tarefas obrigatórias é o planejamento das juntas. O projeto das juntas deve levar em conta os tipos de juntas, posicionamento, largura e material que devem preenche-las, sendo elas classificadas em:

- a) juntas de assentamento;
- b) juntas estruturais;
- c) juntas de movimentação e juntas de dessolidarização;
- d) juntas especiais.

2.6.1.1 Juntas de Assentamento

São juntas entre as peças que compõe o revestimento. A necessidade deste tipo de juntas é devida às seguintes causas:

- a) Absorção do desbitolamento das peças cerâmicas, facilitando o alinhamento.
- b) Absorção de tensões geradas pelas dilatações termo-higroscópicas sofridas pela peça cerâmica;
- c) As juntas devem existir com dimensões que permitam a penetração perfeita do material de enchimento, evitando a formação de frestas que poderia, se tornar focos anti-higiênicos;
- d) Função estética de harmonizar o tamanho das peças, o tamanho do plano e do parâmetro e a largura das juntas;
- e) Função de facilitar caso necessário a remoção das peças.

JUNTA DE ASSENTAMENTO

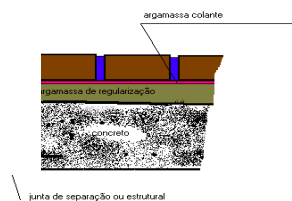


Figura 4 – Junta de assentamento

Dimensão da peça	Largura mínima da junta (mm)	
	Parede interna	Parede externa
Cerâmica (cm)		
Até 15 x 15	2	4
De 15 x 15 até 20 x 20	2	5
Acima de 20 x 20	3	6

Tabela 10 – Dimensão da peça x largura da junta

2.6.1.2 Juntas Estruturais

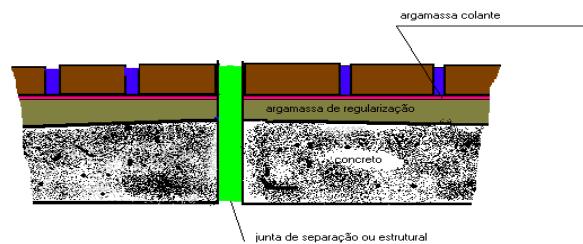


Figura 5 - Junta estrutural

São juntas já existentes na estrutura de concreto. Na mesma posição onde estiverem devem ser mantidas e com mesma largura, em todas as camadas que constituem o revestimento.

2.6.1.3 Juntas de Movimentação e de Dessolidarização

Estas juntas visam permitir a movimentação do pano cerâmico como um todo.

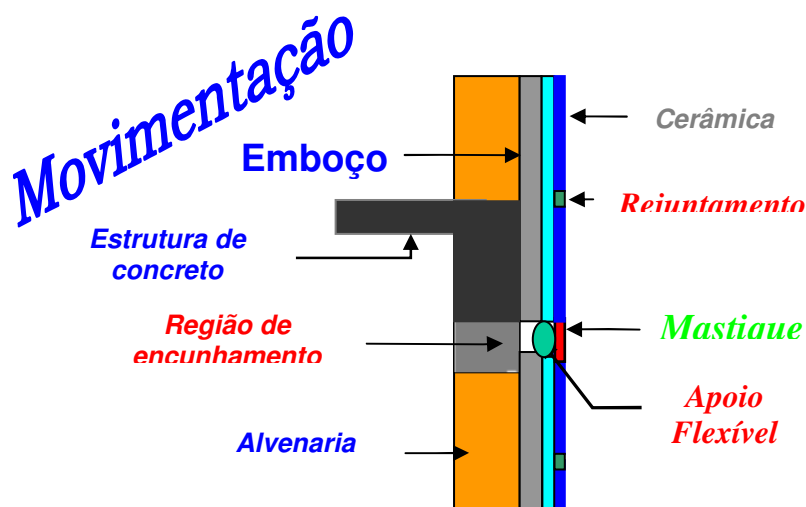


Figura 6 – Junta de movimentação

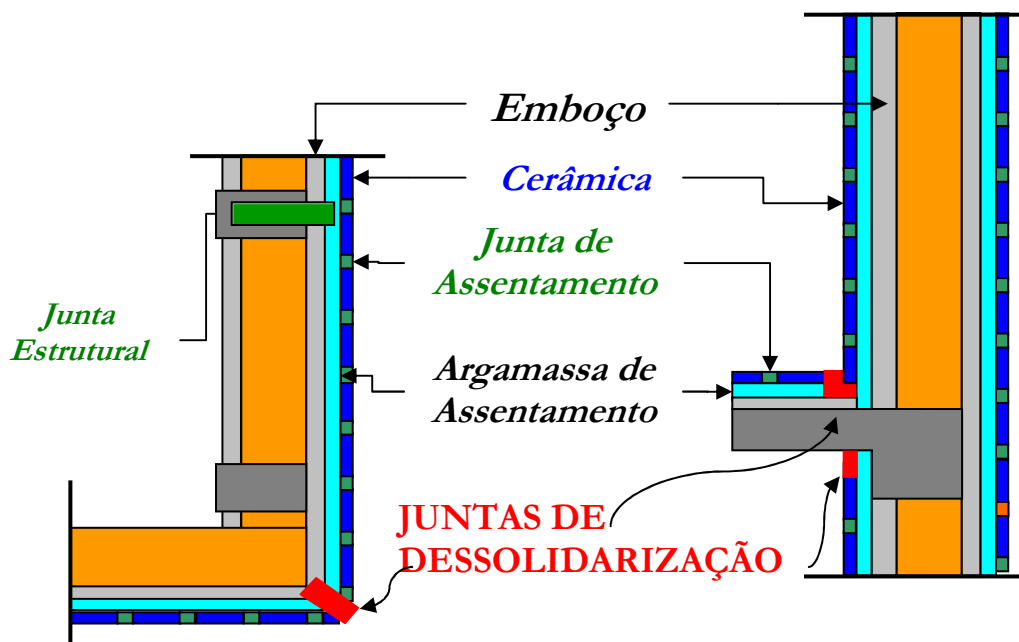


Figura 7 – Junta de dessolidarização

2.6.1.3.1 Posicionamento das Juntas

As normas NBR 13753, NBR 13754 e NBR 13755, que tratam do assentamento de revestimento cerâmico utilizando argamassa colante recomendam os seguintes parâmetros para execução das Juntas de Movimentação:

- a) Em Fachadas - recomenda-se a execução de juntas horizontais espaçadas no máximo a cada 3 m ou a cada pé-direito, na região de encunhamento da alvenaria e juntas verticais a cada 6m.
- b) Em Paredes Internas - a cada 32 m² ou sempre que uma das dimensões do revestimento for maior que 8 m.
- c) Em Paredes Internas Sujeitas a Insolação/Umidade: a cada 24 m² ou sempre que uma das dimensões do revestimento for maior que 6 m.
- d) Em PISOS INTERNOS: a cada 32 m² ou sempre que uma das dimensões do revestimento for maior que 8 m.
- e) Em PISOS EXTERNOS: a cada 20 m² ou sempre que uma das dimensões do revestimento for maior que 4 m.

As mesmas normas acima citadas fazem as seguintes referências sobre os pontos onde devem ser executadas Juntas de Dessolidarização:

- a) Nos cantos verticais;
- b) Nas mudanças de direção do plano do revestimento;
- c) No encontro da área revestida com pisos e forros, colunas, vigas ou outros tipos de revestimentos;
- d) Onde houver mudança de material que compõem a estrutura-suporte de concreto para a alvenaria.

2.6.2 Largura das Juntas

As normas da ABNT não especificam valores para a largura destas juntas, informando que elas devem ser dimensionadas em função das movimentações previstas para o revestimento e em função da deformabilidade admissível do selante, respeitando o coeficiente de forma (largura/profundidade).

2.6.2.1 Preenchimento das Juntas e Materiais Utilizados

O preenchimento destas juntas, bem como das juntas estruturais, é feito segundo os seguintes procedimentos e tabela a seguir:

- a) Preliminarmente, quando do rejuntamento da junta de assentamento, vedar as juntas de movimentação/estruturais com papel, a fim de evitar que entre nelas o material de enchimento que está sendo utilizado;
- b) As juntas deverão ser preenchidas com um material de enchimento flexível e compreensível, tais como isopor, espuma de poliuretano, que deverão estar convenientemente isolados (com fita crepe, por exemplo) para não aderir ao selante, quando da aplicação deste;
- c) A aplicação do selante, que vedará o sistema, deverá ser precedida da aplicação de fita adesiva nas bordas da junta, para propiciar um bom acabamento. Além disso, os lados das peças cerâmicas que definem as juntas devem estar bem secos e limpos para que o selante fique bem aderido à lateral das peças. Caso haja recomendação do fabricante do selante, pode ser utilizado um primer. Os selantes empregados devem ser à base de elastômeros, tais como poliuretano, silicone.

Item	Parede interna	Parede externa	Piso interno	Piso externo
Norma	NBR 13754	NBR 13755	NBR 13753	
Cura de base	7 DIAS	14 DIAS	07 DIAS	
Desempenadeira	6 x 6 x 6	8 x 8 x 8	6 x 6 x 6, SE S < 400 m ² 8 X 8 X 8, SE S ≥ 400 m ²	
Argamassa colante	TIPO I TIPO II TIPO III	TIPO II TIPO III	TIPO I TIPO II TIPO III	TIPO II TIPO III
Junta de movimentação	a cada 32 m ² ou 8 m	<ul style="list-style-type: none"> a cada 3 m na horizontal a cada 6m na vertical 	a cada 32 m ² ou 8 m	a cada 20 m ² ou 4 m
Junta de dessolidarização	<ul style="list-style-type: none"> encontro com o piso perímetro das áreas mudança de material 	<ul style="list-style-type: none"> bordas de mudança de direção mudança de material 	<ul style="list-style-type: none"> perímetro das áreas revestidas mudança de direção mudança de material 	

Tabela 11 – Preenchimento de juntas

2.6.3 Juntas Especiais

Em diversos tipos de indústrias e laboratório, quando o revestimento estiver sujeito a agentes agressivos como ácido, gases, óleos etc., as juntas de assentamento e as demais devem ter largura mínima de 7 mm, a fim de facilitar o perfeito preenchimento com materiais antiácidos apropriados.

2.7 Rejuntamento

2.7.1 Quando Executar o Rejuntamento

Devido às condições de cura da base ou da argamassa colante, geralmente se recomenda rejuntar no mínimo após 72 horas do assentamento. Assim mesmo, em pisos é recomendável que se usem pranchas para não pisar diretamente sobre as peças.

E isso porque podem haver peças com empeno convexo e, ao serem forçadas em uma das pontas podem se soltar pelo efeito “gangorra”.



Fotografia 4 - Rejuntamento

2.7.2 Materiais para Rejuntamento

Podem ser produzidos em obra ou encontrados prontos.

A maioria dos materiais de rejuntamento é à base de cimento portland cinza ou branco. Podem receber adições de outros produtos para:

- a) serem mais plásticos;
- b) repelirem água;

- c) resistirem a fungos;
- d) permanecerem brancos;
- e) terem resistência mecânica;
- f) serem impermeáveis;
- g) serem coloridos etc.

O rejuntamento esta em processo de normatização “projeto de norma” onde é colocada a questão do tipo de pigmento que pode ser orgânico e inorgânico.

Os pigmentos orgânicos são pigmentos de menor durabilidade, sujeitos a se descolorirem com o tempo, e mais indicados para serem utilizados nos rejuntamentos de cerâmicas nas áreas internas, não sujeitas às intempéries, já os pigmentos inorgânicos são mais resistentes ao descoloramento e se prestam a uma gama mais ampla de aplicabilidade.

Conforme Norma ANSI “A-108” e Tile Council (1) e (2) o preparo em obra consiste na mistura de uma arte de cimento portland para uma parte de areia fina, para juntas de até 3mm; e 1:3 para juntas largas. Permite-se adição de cal hidratada até o máximo de 1/5(0,2) parte.

2.7.3 Processo de Rejuntamento

2.7.3.1 Preliminares

As juntas de assentamento devem ser escovadas e umedecidas com broxa molhada em água. Isto irá garantir a aderência do rejunte à lateral das peças vedando efetivamente a junta.

2.7.3.2 Preparo

Adicionar água até obter uma pasta consistente.

2.7.3.3 Aplicação

A ferramenta que deve ser utilizada é uma desempenadeira com base de borracha maciça e flexível. Esta ferramenta vem substituindo o antigo rolo de borracha com vantagem extraordinária pela reduzida do material de rejunte quando aplicado em paredes. O rolo dificulta o trabalho do rejuntador, pois a lâmina de borracha sendo de madeira sobre o esmalte, o qual ficará sujeito a riscos, ou danos nas partes decoradas.

Não deve ser utilizadas desempenadeira com base de espuma, pois esta retém pasta de cimento que, ao secar, se transforma em abrasivo para o esmalte.

Os movimentos da desempenadeira de borracha são cruzados em relação às juntas, facilitando a penetração da pasta.

Deixar “puxar” e remover o excesso com pano ou espuma úmida, dar acabamento frisando com haste de madeira ou de plástico com ponta arredondada, resultando uma junta acanalada.

3 ORIGEM DAS PATOLOGIAS

A origem das patologias podem ser classificadas em:

a) **Congênitas** - São aquelas originárias da fase de projeto, em função da não observância das Normas Técnicas, ou de erros e omissões dos profissionais, que resultam em falhas no detalhamento e concepção inadequada dos revestimentos. São responsáveis por grande parte das avarias registradas em edificações.

b) **Construtivas** - Sua origem está relacionada à fase de execução da obra, resultante do emprego de mão-de-obra despreparada, produtos não certificados e ausência de metodologia para assentamento das peças, o que, segundo pesquisas mundiais, também são responsáveis por grande parte de das anomalias em edificações.

c) **Adquiridas** - Ocorrem durante a vida útil dos revestimentos, sendo resultado da exposição ao meio em que se inserem, podendo ser naturais, decorrentes da agressividade do meio, ou decorrentes da ação humana, em função de manutenção inadequada ou realização de interferência incorreta nos revestimentos, danificando as camadas e desencadeando um processo patológico.

d) **Acidentais** - Caracterizadas pela ocorrência de algum fenômeno atípico, resultado de uma solicitação incomum, como a ação da chuva com ventos de intensidade superior ao normal, recalques e, até mesmo incêndio.

Sua ação provoca esforços de natureza imprevisível, especialmente na camada de base e sobre os rejuntas, quando não atinge até mesmo as peças, provocando movimentações que irão desencadear processos patológicos em cadeia.

3.1 Procedimentos para Análise e Caracterização das Patologias em Revestimento Cerâmico

Alguns procedimentos devem ser seguidos para análise e caracterização das patologias, como:

a) Análise Visual Acurada e Mapeamento dos Pontos de Ocorrência dos Desplacamentos;



Fotografia 5 - Desplacamento



Fotografia 6 - Desplacamento

b) Identificação de Fissuras com inspeção minuciosa nos pontos de deslocamento para a identificação de fissuras;

c) Avaliação dos dados coletados e identificação das prováveis causas das patologias;

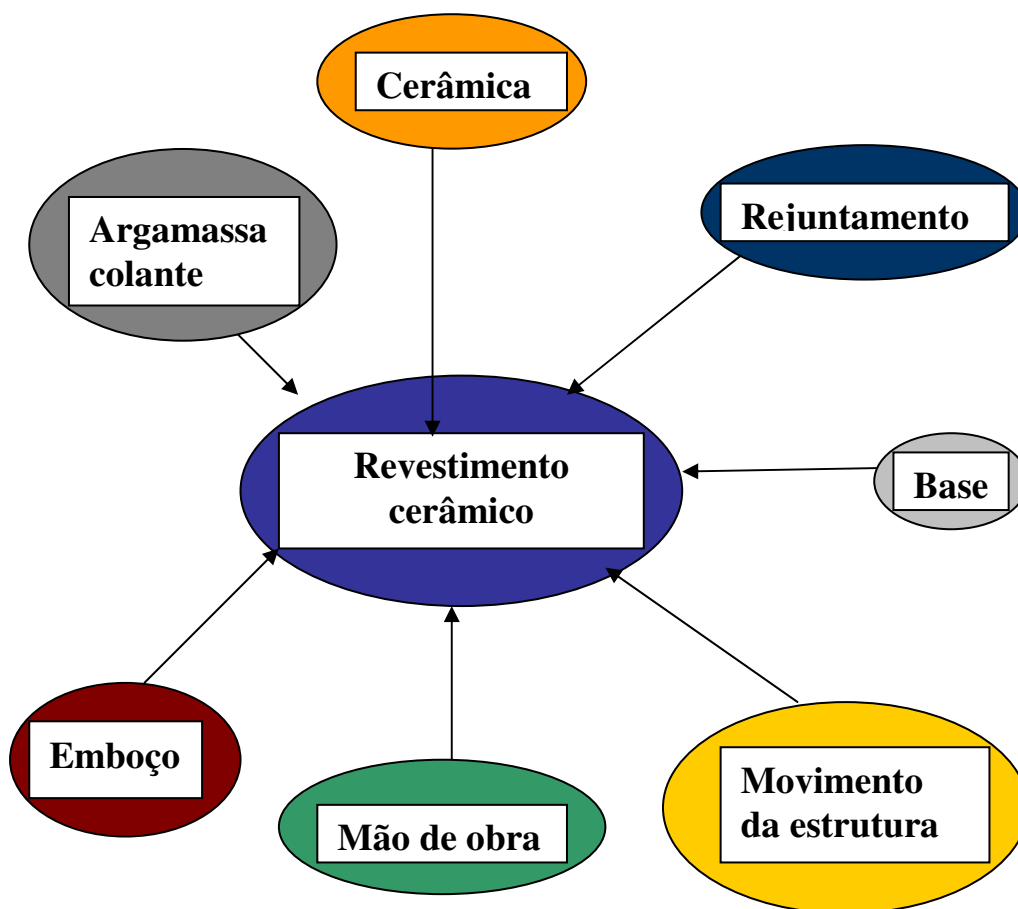


Figura 8 – Causas das patologias

d) A partir da coleta de todos os elementos, lançá-los em um modelador matemático de elementos finitos, que irá simular as deformações que estão ocorrendo na fachada.

Fonte de dados do professor Otávio Luiz do Nascimento, com período compreendido entre 1995 e 1999, tendo pesquisado 585 edifícios, obteve o seguinte resultado:

- 100% das patologias de fachadas decorriam de problemas de mão de obra;
- 100% das patologias de fachadas decorriam de problemas de projeto;
- 45% das patologias de fachadas decorriam de problemas da cerâmica;
- 40% das patologias de fachadas decorriam de problemas da argamassa.

Verificou-se, ainda, que o prejuízo financeiro foi da ordem de R\$ 47.000.000,00 (quarenta e sete milhões de reais), o que endossa os pressupostos deste estudo.

4 PATOLOGIAS EM REVESTIMENTO CERÂMICO

Muitas são as explicações formuladas para o fenômeno do destacamento de materiais cerâmicos de revestimento.

Para algumas explicações, houve tentativas de comprovação experimental, para muitos casos não. Austrália e África do Sul têm uma larga história de patologias nos revestimentos cerâmicos, geralmente conhecidos como falha de levantamento ou "pop up". Essas falhas se devem ao movimento diferencial, e se atribui popularmente a expansão por umidade (E.P.U.) do revestimento cerâmico, todavia muitas vezes erroneamente.

Uma equipe australiana de investigação de falhas de assentamento de revestimentos cerâmicos, analisou 112 casos e concluiu que não havia somente uma causa nas falhas, porém era provável que houvesse uma combinação de distintos fatores ocorrida em distintas falha. Além do movimento da estrutura da construção, os principais fatores que contribuíram para as falhas foram:

- a) contração do concreto ao secar-se: dependem da idade da placa no momento da fixação, condições de secagem neste momento;
- b) espessura da placa;
- c) composição do concreto e das práticas de construção em obras;
- d) expansão por umidade do revestimento cerâmico no momento da fixação e expansão por umidade potencial do revestimento cerâmico (dependente da mineralogia das matérias-primas e do processo de fabricação do revestimento cerâmico);
- e) práticas de assentamento deficientes;
- f) aplicação incorreta de adesivos;
- g) superfície de assentamento em mau estado;
- h) preparação inadequada do substrato;
- i) instalação inadequada das juntas de movimentação;
- j) utilização de adesivos e argamassa de rejuntamento inadequado.

4.1 Patologias a serem estudadas

4.1.1 Expansão por Umidade

Com relação aos revestimentos cerâmicos, deve-se considerar o fenômeno de expansão por umidade (E.P.U.), ou dilatação higroscópica, ou "moisture expansion".

Conforme CHIARI; OLIVEIRA; MONTEIRO; FORJAZ; BOSCI, expansão por umidade é a expansão sofrida por alguns materiais cerâmicos provocada por adsorção de água na forma líquida ou de vapor

Essa expansão por umidade varia bastante em velocidade e extensão com o tipo de matéria-prima utilizada e a temperatura a qual foi queimada. Essa expansão geralmente ocorre lentamente durante um longo período e é pequena. A causa da expansão é a reidratação dos materiais argilosos que compõem o corpo cerâmico.

Conforme SMITH, a peça cerâmica é formada por um elevado número de pequenas partículas que se expandem devido ao abaixamento da tensão superficial causado pela adsorção física de umidade sobre a superfície dos poros.

As figuras 9 e 10, ilustram esta patologia, que são exemplificadas nas fotografias 7, 8 e 9, que se seguem.

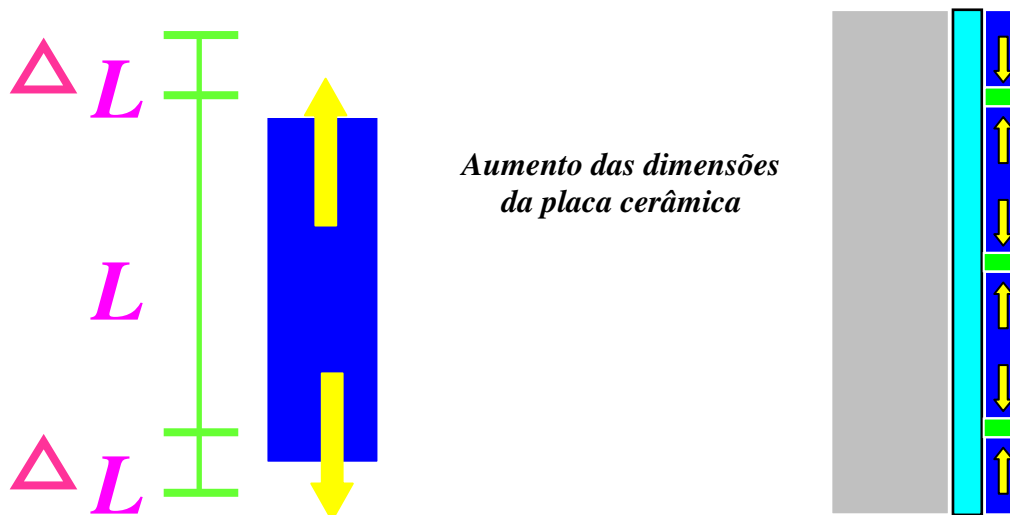


Figura 9 – Expansão por umidade



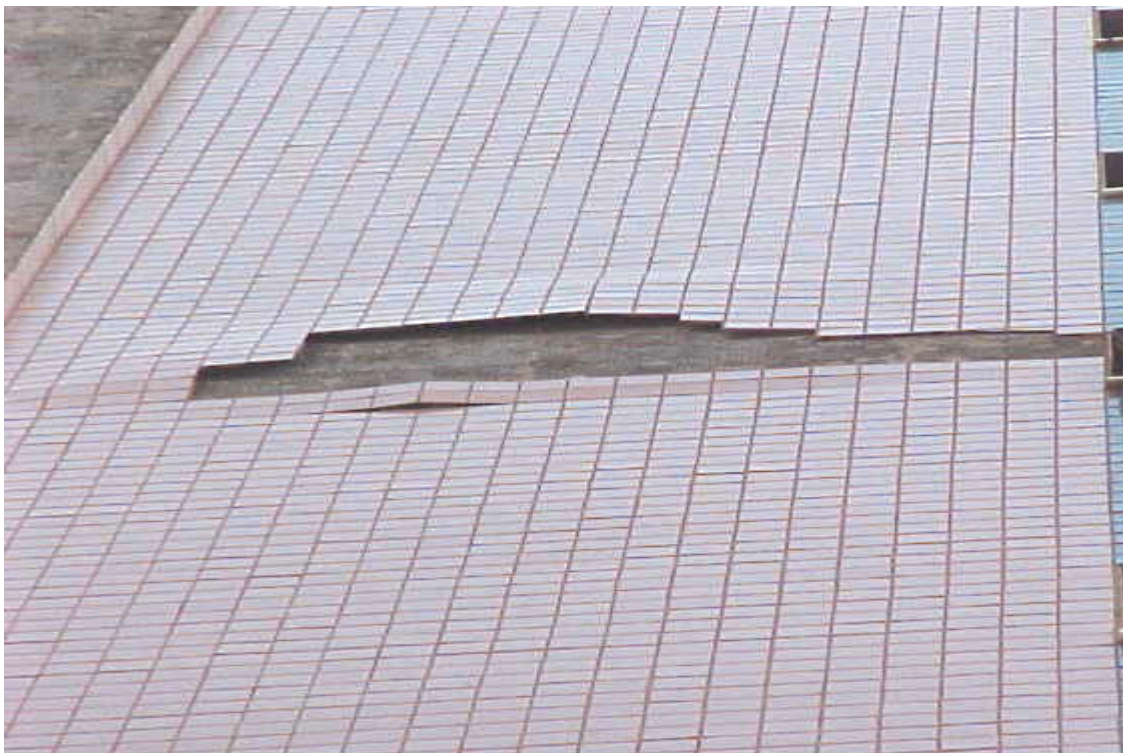
Figura 10 - Destacamento



Fotografia 7 - Expansão por umidade



Fotografia 8 - Umidade e ação do tempo



Fotografia 9 - Umidade e ação do tempo

4.1.2 Choque Térmico

Os revestimentos e suas camadas suportes de argamassa, de alvenaria, ou de concreto sofrem deformações térmicas diferentes devido aos seus coeficientes de dilatação e, especialmente, deformações causadas pela temperatura diferencial entre as faces superior e inferior de um piso elevado, ou entre as faces externa e interna dos edifícios ou, ainda, pelas condições ambientais de temperatura, como se vê nas figuras 11 ,12 e 13 e nas fotografias 11 e 12.

Uma barra de material homogêneo de seção S submetida a um acréscimo uniforme de temperatura Δt . o aumento de comprimento será:

$$\Delta d = \alpha \cdot \Delta t \cdot d$$

onde α é o coeficiente de dilatação térmica linear do material.

Para o aço, concreto e argamassa:

$$\alpha = 0,000010/^{\circ}\text{C} \text{ a } 0,000012/^{\circ}\text{C}$$

Para os materiais cerâmicos:

$$\alpha = 0,000005/^{\circ}\text{C} \text{ a } 0,000006/^{\circ}\text{C}$$

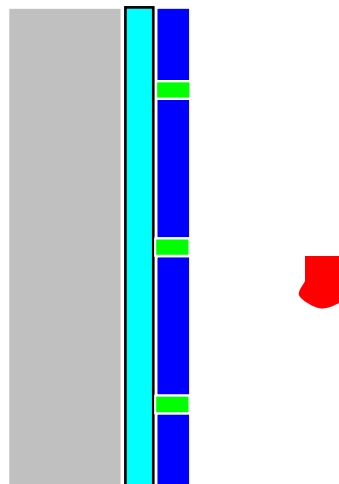


Figura 11 – Choque térmico

No caso do revestimento cerâmico o coeficiente de dilatação linear é a metade do coeficiente de dilatação térmica linear da argamassa e do concreto, haverá compressão à medida que temperatura cai em todo o conjunto.



Fotografia 10 - Choque térmico

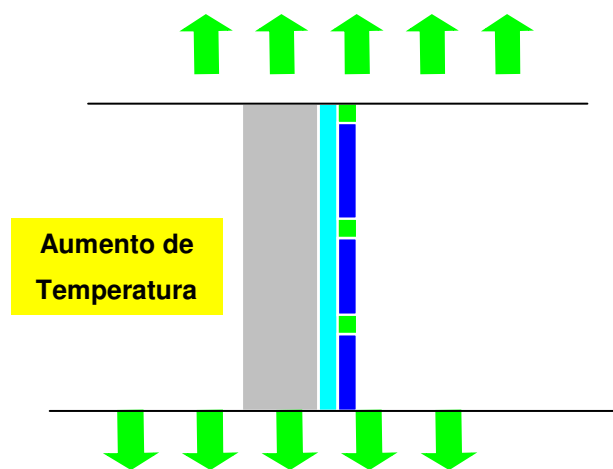


Figura 12 – Choque térmico com aumento de temperatura

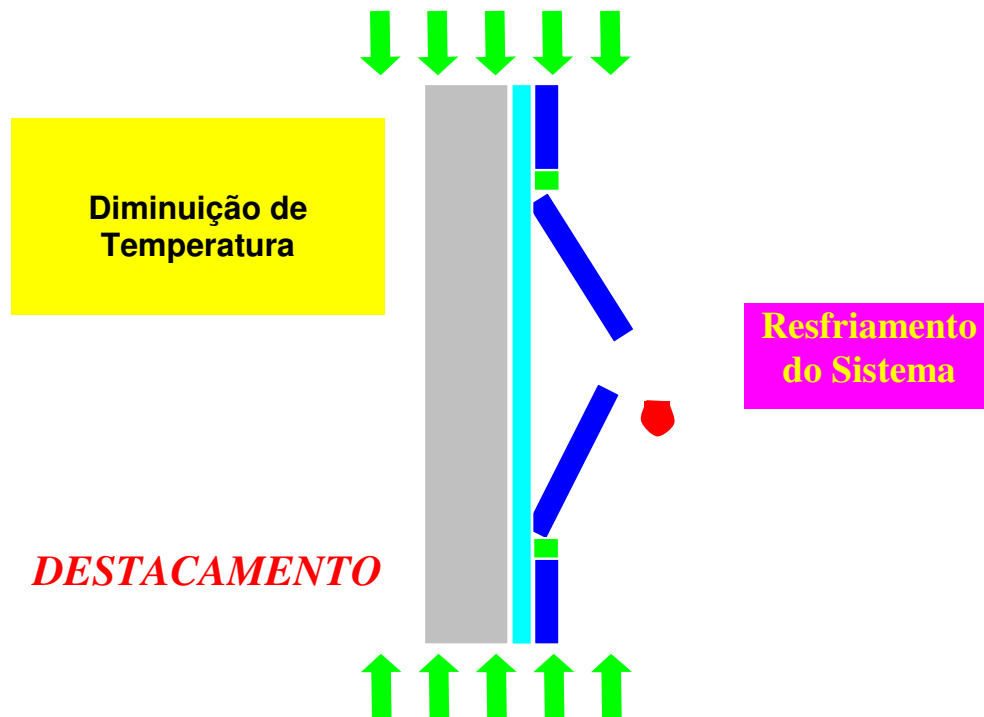


Figura 13 – Choque térmico com diminuição de temperatura

4.1.3 Falhas de Assentamento (item 2.7.3)

A base de assentamento deve estar plana, limpa, seca, isenta de poeiras, substâncias oleosas, tintas, restos de argamassas, eflorescências ou outras condições que possam prejudicar a aderência.

É importante observar a necessidade da remoção do engobe pulverulento do verso das placas, as mesmas também devem estar secas e limpas. As placas cerâmicas a serem utilizadas devem atender aos requisitos da NBR 13818/97 e apresentar Expansão por Umidade (EPU) inferior a 0,6 mm/m.

Em um recipiente estanque, a argamassa colante deve ser preparada através de mistura mecânica, até que se forme uma argamassa homogênea e sem grumos. A quantidade de água a ser adicionada deve ser a recomendada pelo fabricante do produto.

Após a mistura a argamassa deve permanecer em repouso por um intervalo de 15 minutos. Passado este intervalo ela deve ser reamassada antes da utilização.

Não é necessário o umedecimento da base antes da aplicação da argamassa colante. Em condições de fortes ventos insolação, a base poderá ser previamente molhada por aspersão de água.

A aplicação da argamassa colante é feita através de desempenadeira denteada. Com o lado liso da desempenadeira espalha-se o produto em camada uniforme sobre a base. Em seguida, com o lado denteado, fileta-se a argamassa, com a desempenadeira levemente inclinada, de modo a formar cordões contínuos e uniformes.

A placa cerâmica deve ser assentada através de movimentos de vai-vem perpendiculares aos cordões, de modo a ser obter um completo esmagamento dos filetes da argamassa colante e um preenchimento de 100% do verso da placa.

Durante o assentamento é imprescindível o controle do tempo em aberto da argamassa colante. O tempo máximo para a aplicação do produto preparado é de 2,5 horas após a mistura do produto, sendo proibido a adição de água ou qualquer outro produto durante este período. Após este intervalo, a argamassa deve ser inutilizada.

4.1.3.1 Treinamento de Mão-de-obra

O treinamento de mão-de-obra qualificada para a execução do assentamento das cerâmicas, necessita considerar:

- a) Uso de ferramental adequado;
- b) Treinamento na tarefa, o como fazer;



Fotografia 11 - Ferramentas adequadas

c) Limpeza do engobe no tardo do revestimento cerâmico



Fotografia 12 - Limpeza do engobe

d) Limpeza da base



Fotografia 13 - Limpeza da base

e) Preparo da argamassa colante e mistura



Fotografia 14 - Preparo da argamassa colante

f) Passos para o assentamento do revestimento cerâmico



Fotografias 15, 16 e 17 – passo a passo para assentamento do revestimento cerâmico

g) Rejuntamento



Fotografia 18 - Rejuntamento

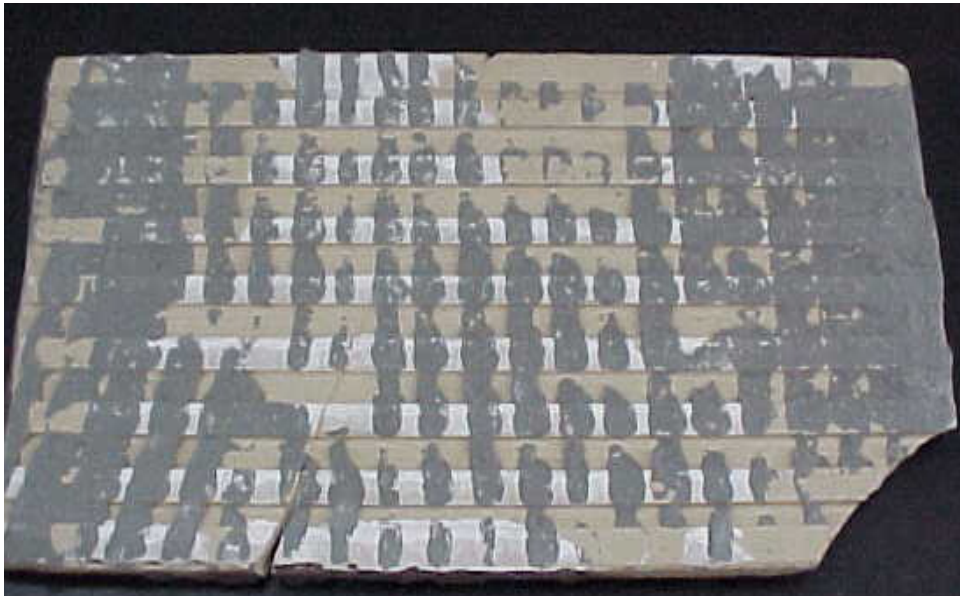
A falta de treinamento de mão-de-obra poderá acarretar em patologias próprias decorrentes de falhas provocadas por mão-de-obra não qualificada, a seguir as fotografias de 19 a 24 ilustram estas falhas.



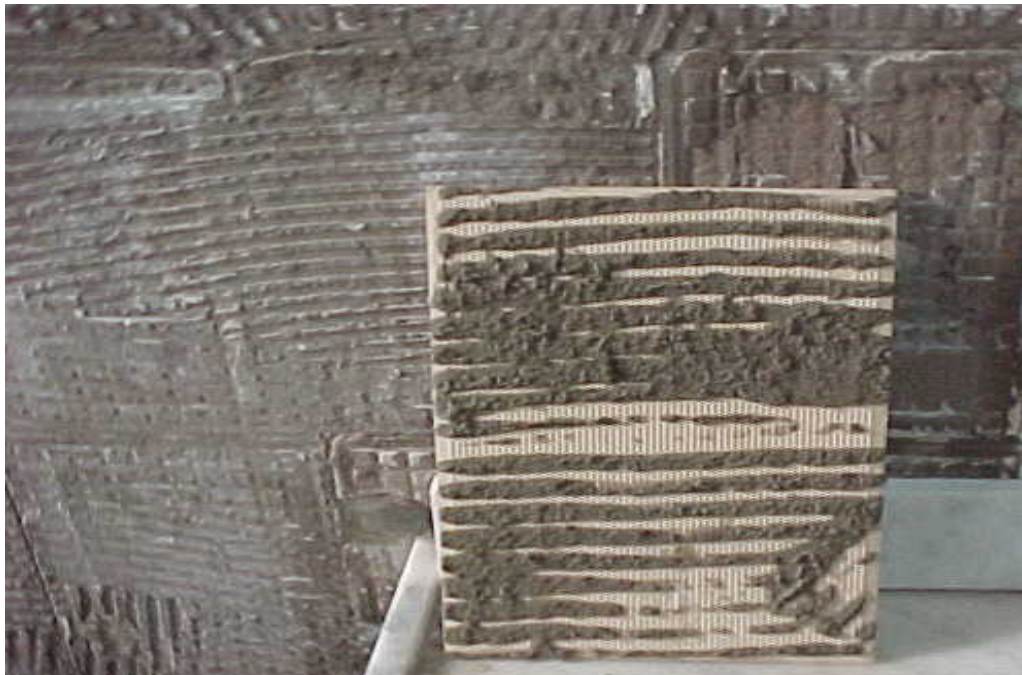
Fotografia 19 - Tempo em aberto excedido



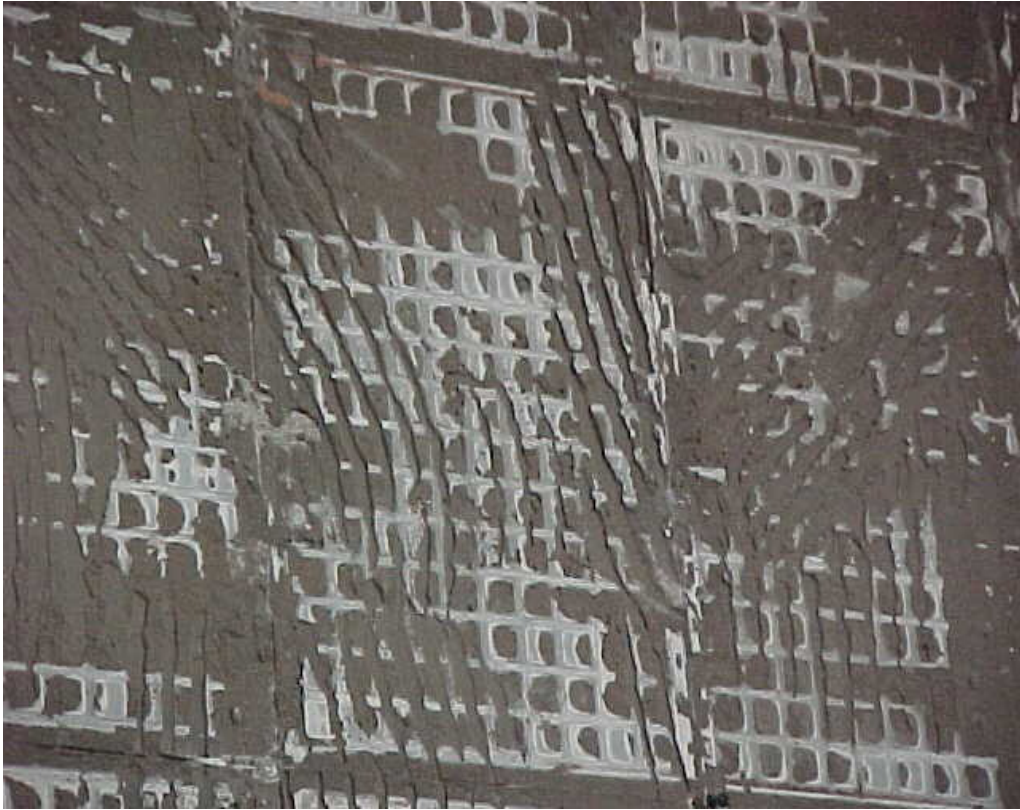
Fotografia 20 - Ausência de esmagamento completo dos cordões da argamassa colante



Fotografia 21 - Ausência de preenchimento prévio das garras do tardez (altura > 1mm)



Fotografia 22 - Necessidade de dupla face em função das dimensões da peça



Fotografia 23 - Engobe pulverulento aderido à argamassa de assentamento



Fotografia 24 - Movimentação da base

4.1.4 Falhas de Projeto

Faz-se necessário considerar as seguintes falhas:

a) Formas Arredondadas



Fotografia 25 - Formas arredondadas



Fotografia 26 - Formas arredondadas

b) Variação de volume



Fotografia 27 - Variação de volume

c) Lajes inclinadas



Fotografia 28 - Lajes inclinadas

d) Estruturas em Balanço

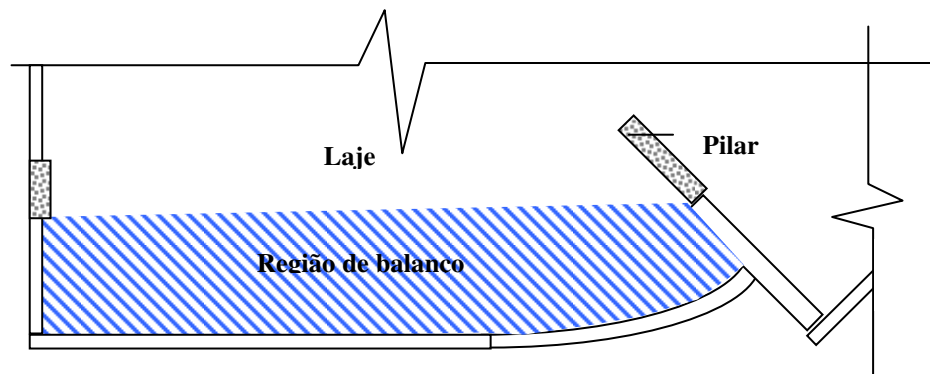


Figura 14 – Região de balanço



Fotografia 29 - Estruturas em balanço

e) Edifícios Esbeltos



Fotografia 30 - Edifícios esbeltos

5 RESULTADO DAS PATOLOGIAS

Tendo em vista o estudo das patologias abordadas no capítulo anterior, as fotografias de 31 a 37, podemos considerar as evidências citadas abaixo, que reforça a importância do presente estudo.

a) Desplacimento



Fotografia 31 - Desplacimento



Fotografia 32 - Desplacimento

b) Desperdício



Fotografia 33 - Desperdício

Desperdícios este sobre as mais diversas formas e razões, mas que podem ser evitados.



Fotografia 34 - Desperdício



Fotografia 35 - Desperdício



Fotografia 36 - Desperdício



Fotografia 37 - Desperdício

6 ANÁLISES DE LABORATÓRIO E DE CAMPO

Um importante instrumento para diagnóstico preciso do problema que está causando desprendimento, são os ensaios em laboratório, tais como: de absorção de água , expansão por umidade no caso de revestimento cerâmico, ensaios de resistência no emboço e sob revestimento cerâmico.

Segundo MENDONÇA, o estudo dos problemas relativos a desprendimento de revestimento de cerâmico de fachada, passa pela análise do revestimento aplicado, pela metodologia e qualidade do assentamento e características da argamassa colante que vem obedecer aos requisitos das normas técnicas vigentes da Associação /brasileira de Normas Técnicas – ABNT, conforme se expõe abaixo:

- Determinação do índice de consistência – NBR 7215;
- Determinação do tempo em aberto – NBR 14083;
- Determinação da resistência de aderência – NBR 14084;
- Determinação da deformação transversal (deformabilidade) – CEN/TC67;
- Determinação da resistência ao cisalhamento – ASI A 118.1;
- Determinação do módulo de deformação – NBR 8522;
- Determinação da retração por secagem – NBR 8490;
- Determinação do deslizamento – NBR 14085;
- Determinação da expansão em autoclave – ASTM C 151;
- Determinação do índice de consistência – NBR 7215;
- Determinação da resistência à compressão – ANSI A 118.6;
- Determinação do módulo de deformação – NBR 8522;
- Determinação da retração linear por secagem – ASNI A 118.6;
- Determinação da resistência à tração na flexão - ASNI A 118.6;
- Determinação da presença de retentor de água - ASNI A 118.6;
- Determinação da absorção de água por imersão - ASNI A 118.6;
- Determinação da carga de ruptura e módulo de resistência à flexão – NBR 13818;
- Determinação da expansão por umidade – NBR 13818;

- Determinação do coeficiente de dilatação térmica linear – NBR 13818;
- Determinação da resistência ao gretamento – NBR 13818;
- Determinação da resistência ao ataque químico – NBR 13818;
- Determinação das características dimensionais – NBR 13818;
- Determinação da resistência ao manchamento – NBR 13818;
- Determinação da retenção de água – NBR 13277;
- Determinação da absorção de água por capilaridade – NBR 9779;
- Determinação do teor de água para a obtenção do índice de consistência-padrão – NBR 13276;
- Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado – NBR 13278;
- Determinação da resistência à compressão – NBR 13279;
- Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido – NBR 13280.

7 APRESENTAÇÃO DE ALGUNS ENSAIOS

7.1 Argamassa Colante Industrializada para Assentamento de Placas de Cerâmica – Determinação de Tempo em Aberto

A NBR 14083/1998 prevê, no item 7, a execução de ensaio seguindo os seguintes passos:

“ 7.1 Misturar uma porção de argamassa colante anidra conforme seção 6 da NBR 14082:1998.

7.2 Estender a argamassa preparada sobre o substrato-padrão, seguindo as prescrições indicadas na seção 8 da NBR 14082:1998.

7.3 Após 5 min da finalização das operações descritas em 7.1 e 7.2, posicionar dez peças cerâmicas sobre a argamassa colante estendida em cordões. Deve haver uma separação de no mínimo 50 mm entre as peças cerâmicas e de 25 mm entre os seus lados e a borda mais próxima do substrato-padrão. Carregar cada uma das dez placas, centralizadamente, com a massa padrão, durante 30 s, e tão logo esta seja posicionada sobre os cordões de argamassa. Repetir a operação para intervalos de 10 min, 15 min, 20 min, 25 min e 30 min ou outros que se julgarem convenientes em função do tipo de argamassa ensaiada. As placas de substrato-padrão devem permanecer na posição horizontal durante 24 h. Após esse período podem ser estocadas na posição vertical.

7.4 Manter as placas cerâmicas aderidas ao substrato-padrão durante 28 dias, nas condições ambientais descritas na seção 5 da NBR 14082:1998.

7.5 Na data anterior ao dia do arrancamento das peças cerâmicas, colar em cada placa cerâmica uma placa de arrancamento, utilizando adesivo epóxico ou acrílico, de maneira que as superfícies das placas fiquem sobrepostas.

7.6 Na idade de 28 dias, deve-se executar o ensaio de arrancamento por tração, aplicando carga a uma velocidade uniforme de (250 ± 50) N/s até a ruptura. Registrar a carga máxima (T) aplicada.

Examinar cada peça e descrever o tipo e o formato da ruptura, conforme a seguir:

- a) ruptura na interface argamassa e substrato (AS);
- b) ruptura na interface argamassa e placa cerâmica (AP);
- c) ruptura da camada de argamassa colante (CA);
- d) ruptura do substrato (S);
- e) ruptura da placa cerâmica (PC).

8 Expressão do resultado

8.1 Calcular a tensão de aderência f_t , arredondando ao $0,1 \text{ N/mm}^2$ mais próximo, mediante a expressão:

$$F_t = \frac{T}{A}$$

onde:

f_t - é a tensão de aderência, em newtons por milímetros quadrados;

T - é a força de tração máxima, em newtons;

A - é a área do plano de ruptura da placa cerâmica em milímetros quadrados (2500 mm^2).

8.2 Calcular a tensão média de ruptura por tração das placas correspondentes a cada série assentada após o mesmo intervalo de exposição ao ar, desconsiderando os resultados obtidos em rupturas dos tipos S e PC descritas em 7.6. Descartar todos os valores que se afastarem mais de 20% da média.

8.2.1 No caso de restarem cinco ou mais valores, calcular a nova média aritmética, sendo que esta será a tensão de aderência do ensaio.

8.2.2 Se restarem menos de cinco resultados que atendam a essa condição, repetir o ensaio.

8.2.3 Expressar como resultado do ensaio o intervalo máximo de tempo em que a média obtida em 8.2 for igual ou superior a uma resistência mínima de 0,5 MPa.

9 Relatório do ensaio

Deve indicar expressamente os seguintes dados e informações:

- a) tipo do material submetido aos ensaios e seu prazo de validade;
- b) marca comercial do fabricante;
- c) identificação da amostra; sua coleta, remessa e preparo (data, local, pessoa, método de coleta e preparo da amostra para ensaio);
- d) identificação do(s) substrato(s)-padrão utilizado(s) nos ensaios; proveniência e resultados da absorção capilar do substrato-padrão;
- e) tipo, marca, referência e fabricante das peças cerâmicas;
- f) informações sobre as condições de ensaio; data de cada determinação e cumprimento das condições termoigrométricas de cada ensaio e seu respectivo tratamento de cura;
- g) resultados individuais de todas as medições, resultados de ensaio de cada determinação e descrição codificada dos formatos de ruptura;
- h) citação desta Norma.”

Segue adiante algumas fotografias que ilustram a execução do ensaio:



Fotografias 38 e 39 – Determinação de tempo em aberto da argamassa colante



Fotografias 40 e 41 – Determinação de tempo em aberto da argamassa colante



Fotografia 42 – Determinação de tempo em aberto da argamassa colante

7.2 Argamassa Colante Industrializada para Assentamento de Placas de Cerâmica – Determinação do Deslizamento

A NBR 14085/1998 prevê, no item 7, a execução de ensaio seguindo os seguintes passos:

“7.1 Prender a régua metálica rígida contra a borda longitudinal do substrato-padrão, mediante dispositivo de prensagem, de modo que os lados da régua e do substrato fiquem coincidente. Deve ser garantida a condição de horizontalidade da borda inferior da régua quando o substrato-padrão for colocado na posição vertical.

7.2 Colar a fita adesiva sobre o substrato-padrão de modo que sua aresta fique rente a régua.

7.3 Preparar uma porção de argamassa colante conforme a seção 6 da NBR 14082:1998.

7.4 Estender a argamassa preparada sobre o substrato-padrão limpo e seco, na posição horizontal, seguindo as prescrições indicadas na seção 8 da NBR 14082:1998, tomando as precauções para que a argamassa se sobreponha ligeiramente a fita adesiva e que os cordões fiquem perpendiculares a régua metálica.

7.5 Retirar a fita adesiva imediatamente e posicionar dois espaçadores, separados 25 mm entre si, encostados contra a régua metálica.

7.6 Após 2 min da aplicação da argamassa, posicionar três peças cerâmicas, de modo que um de seus lados fique encostado centralizadamente contra os espaçadores e carregar durante 30 s com a massa padrão.

7.7 Retirar cuidadosamente os espaçadores e medir a separação (L_i) entre a borda de cada placa cerâmica e a régua metálica, com o paquímetro em dois pontos definidos.

7.8 Imediatamente depois, mover suavemente o substrato-padrão, deixando-o na posição vertical, com a régua metálica e as peças cerâmicas assentadas na parte superior. Realizar esta operação sem golpes ou vibração. Decorridos 20 min da leitura inicial, medir novamente a separação (L_i) nos mesmos pares de pontos. Registrar os valores com aproximação de 0,1 mm.

8 Expressão do resultado

8.1 Calcular o deslizamento (L) de posição das três placas cerâmicas como a média das diferenças entre as leituras final e inicial, mediante a expressão:

$$L = \frac{L_f - L_i}{3}$$

8.2 Expressar o resultado em milímetros, com aproximação ao 0,1 mm mais próximo.

9 Relatório do ensaio

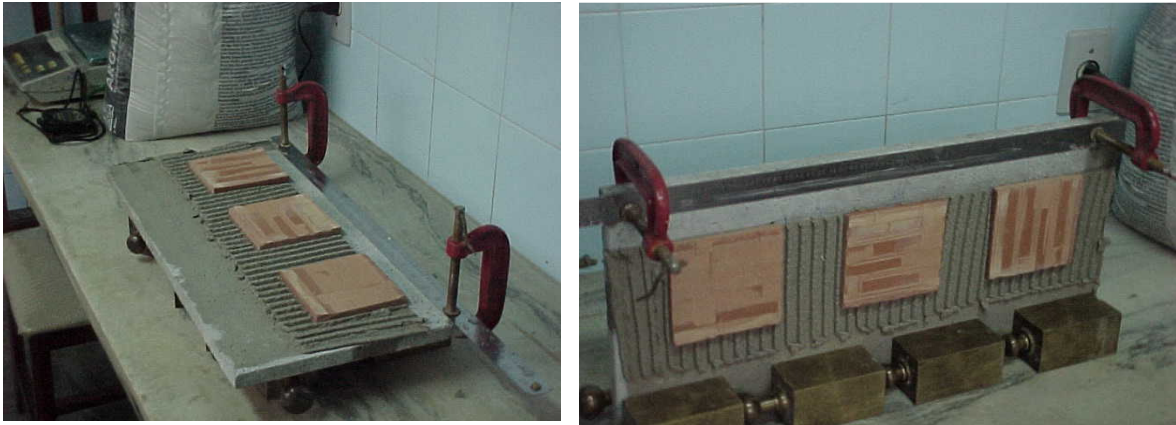
Deve iniciar os seguintes dados: valor de deslizamento determinado conforme seção 8;

- a) classificação do material submetido ao ensaio de acordo com a NBR 14081;
- b) marca comercial do fabricante;
- c) identificação da amostra de argamassa; coleta de remessa, preparo, data e local.”

A seguir algumas fotografias que ilustram a execução do ensaio:



Fotografias 43 e 44 – Determinação do deslizamento



Fotografias 45 e 46 – Determinação do deslizamento



Fotografia 47 – Determinação do deslizamento

7.3 Argamassa e Concreto – Determinação da Resistência à Tração por Compressão Diametral de Corpos-de-prova Cilíndricos

A NBR 7222/1994 prevê, no item 4, a execução de ensaio seguindo os seguintes passos:

“ 4.1 Corpos-de-prova

4.1.1 Os corpos-de-prova devem ser moldados e curados conforme NBR 7215 e NBR 5738. Admite-se a utilização de corpos-de-prova de relação comprimento/diâmetro entre 1 e 2; para tal deve ser utilizado o dispositivo de moldagem descrito no Anexo, o número de camadas deve ser respectivamente, entre 2 e 4.

4.1.2 O contato entre o corpo-de-prova e os pratos da máquina de ensaio deve dar-se somente ao longo de duas geratrizes diametralmente opostas do corpo-de-prova. Admite-se a adaptação de dispositivos complementares às máquinas cujos pratos apresentem o diâmetro ou maior dimensão inferior à altura do corpo-de-prova.

4.2 Ensaio

4.2.1 Colocar o corpo-de-prova, de modo que fique em repouso ao longo de uma geratriz, sobre o prato da máquina de compressão.

4.2.2 Colocar, entre os pratos e o corpo-de-prova em ensaio, duas tiras de chapa dura de fibra de madeira conforme especificado na NBR 10024, de comprimento igual ao da geratriz do corpo-de-prova e seção transversal com as dimensões da Figura 1.

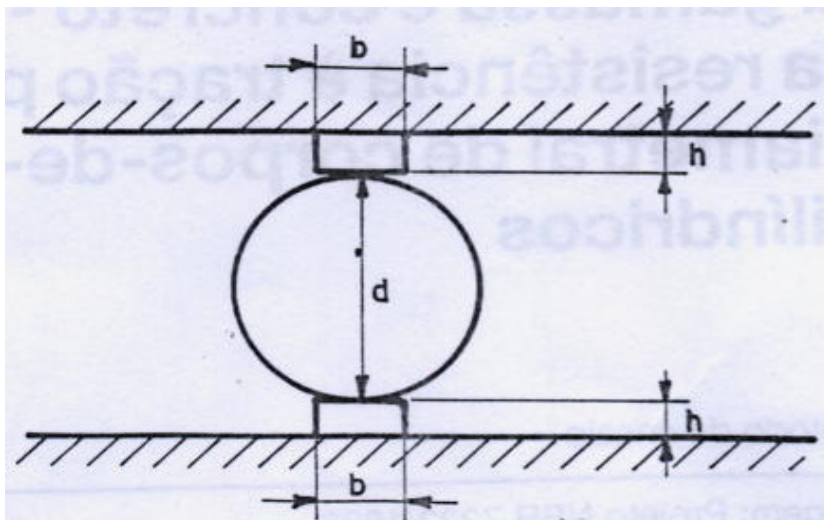


Figura 1 – Disposição do corpo-de-prova

$$b = (0,15 \pm 0,01) d$$

$$h = (3,5 \pm 0,5) \text{ mm}$$

4.2.3 Ajustar os pratos da máquina até que seja obtida uma compressão capaz de manter em posição o corpo-de-prova.

4.2.4 A carga deve ser aplicada continuamente, sem choque, com crescimento constante da tensão de tração (indicada no Capítulo 5), a uma velocidade de $(0,05 \pm 0,02)$ MPa/s, até a ruptura do corpo-de-prova.

4 Resultados

$$f_{t,D} = \frac{2.F}{\pi.d.L}$$

5.1 A resistência à tração por compressão diametral é calculada pela seguinte expressão:

Onde:

$f_{t,D}$ = resistência à tração por compressão diametral, expressa em MPa, com aproximação de 0,05 MPa.

F = carga máxima obtida no ensaio (kN)

D = diâmetro do corpo-de-prova (mm)

L = altura do corpo-de-prova (mm)

5.2 O certificado do ensaio deve conter as seguintes informações:

a) procedência do corpo-de-prova;

b) identificação do corpo-de-prova;

- c) data de moldagem;
- d) idade do corpo-de-prova;
- e) data do ensaio;
- f) diâmetro e altura do corpo-de-prova;
- g) defeitos eventuais do corpo-de-prova;
- h) carga máxima;
- i) resistência à tração por compressão diametral em MPa, com aproximação de 0,05 MPa.”

Segue adiante algumas fotografias que ilustram a execução do ensaio:



Fotografia 48 – Resistência a tração do emboço



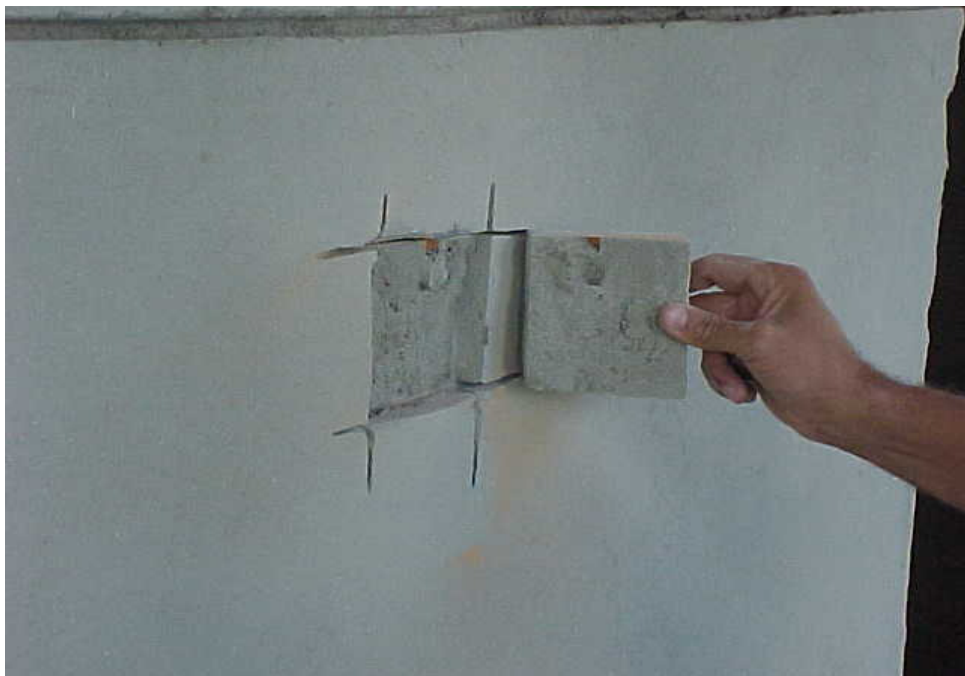
Fotografia 49 – Resistência a tração do emboço



Fotografia 50 - Resistência a tração do emboço



Fotografia 51 – Resistência a tração do emboço



Fotografia 52 - Resistência a tração do emboço



Fotografia 53 - Resistência a tração do emboço

7.4 Revestimento de Paredes Externas e Fachadas com Placas Cerâmicas e com Utilização de Argamassa Colante – Procedimento

Anexo A (Determinação da resistência de aderência de revestimentos cerâmicos assentados com argamassa colante)

A NBR 13755/1996 prevê, no anexo A, A.6, o procedimento de ensaio seguindo os seguintes passos:

"A.6.1 Escolha dos corpos-de-prova

Escolher aleatoriamente os locais para o preparo dos corpos-de-prova, cuidando-se de percuti-los e observando a inexistência de som cavo.

A.6.2 Preparo dos corpos-de-prova

Caso a placa cerâmica tenha os lados com dimensão de 100 mm, ela é o próprio corpo-de-prova, após a remoção do rejuntamento.

Caso contrário, o corpo-de-prova é formado por um quadrado com 100 mm de lado, cujo centro coincida com o cruzamento de duas juntas perpendiculares e seus lados paralelos às juntas, sendo seu corte efetuado conforme A.6.3-f.

A.6.3 Colagem da pastilha metálica e corte

Deve se feita conforme indicado a seguir:

- a) remover as partículas soltas e a sujeira da superfície da placa cerâmica sobre a qual vai ser colada a pastilha metálica, limpando-a com um pano;*
- b) assegurar-se de que a superfície de colagem da pastilha metálica esteja isenta de qualquer resíduo de ensaios anteriores e aplicar a cola, com espátula, sobre a face de colagem da pastilha metálica;*
- c) aplicar a pastilha sobre o revestimento cerâmico, previamente limpo, apertando-a manualmente por 30 s;*
- d) remover completamente o excesso de cola, com o auxílio de uma faca ou espátula;*
- e) evitar o deslizamento na colagem da pastilha metálica, por meio de fita crepe ou escora;*
- f) cortar o revestimento cerâmico após a secagem da cola, com auxílio do dispositivo de corte, usando o contorno da pastilha metálica como guia para o disco.*

A.6.4 Ensaio do corpo-de-prova por tração simples

O ensaio consiste na determinação da resistência de aderência em seis corpos-de-prova no mínimo, aplicando-se a seqüência seguinte:

- a) acoplar o equipamento de tração à pastilha metálica e aplicar a carga de maneira lenta e progressiva, sem interrupções e com velocidade de carregamento de (250 ± 50) N/s ;*
- b) aplicar o esforço de tração perpendicularmente ao corpo-de-prova até a ruptura;*
- c) anotar a carga de ruptura do corpo-de-prova, em newtons;*

d) examinar a pastilha metálica do corpo-de-prova arrancado, verificando eventuais falhas de colagem da pastilha metálica;

NOTA – Em caso de falhas desta natureza, o resultado é rejeitado e a determinação deve ser repetida, ressalvado o disposto em A.7.2, nota 1.

e) examinar, medir e registrar a seção onde ocorreu a ruptura do corpo-de-prova conforme descrito em A.7.2.

A.7 Expressão dos resultados

A.7.1 Cálculo da resistência de aderência

A resistência de aderência R_a , expressa em megapascal, é calculada através da seguinte equação:

$$R_a = \frac{P}{A}$$

onde:

P = é a carga de ruptura, em newtons;

A = é a área da pastilha metálica, em milímetros quadrados;

O valor da resistência de aderência R_a deve ser expresso com duas casas decimais.

A.7.2 Forma de ruptura do corpo-de-prova

A ruptura pode ocorrer aleatoriamente entre quaisquer das interfaces, ou no interior de uma das camadas que constituem o revestimento. Assim sendo, a forma de ruptura relacionada a seguir deve ser declarada junto com o valor da resistência de aderência do sistema:

- a) ruptura na interface placa cerâmica/argamassa colante;
- b) ruptura no interior da argamassa colante;

- c) *ruptura na interface argamassa colante/substrato;*
- d) *ruptura no interior da argamassa do substrato;*
- e) *ruptura na interface substrato/base;*
- f) *ruptura no interior da base;*
- g) *ruptura na interface pastilha/cola; ou*
- h) *ruptura na interface cola/placa cerâmica.*

NOTAS:

1 A ruptura ocorrida conforme A.7.2-(g e h) indica imperfeição na colagem da pastilha, assim sendo, o resultado obtido deve ser desprezado quando o valor for menor do que 0,3 MPa.

2 Nos casos de ocorrência de diferentes formas de ruptura em um mesmo corpo-de-prova, deve ser anotada a percentagem aproximada da área de cada forma de ruptura, conforme descrito em A.7.2-(a a h).

A.8 Relatório de ensaio

O relatório de ensaio deve conter as seguintes informações:

- a) identificação, sempre que possível, da argamassa de emboço (traço e materiais);*
- b) identificação da argamassa colante;*
- c) identificação dos locais da obra em que foram realizados os ensaios, bem como dos corpos-de-prova com a respectiva numeração;*
- d) seção dos corpos-de-prova;*
- e) tipo de corte e sua profundidade;*
- f) características do equipamento de tração;*
- g) data ou período dos ensaios;*
- h) valores individuais da resistência de aderência dos seis corpos-de-prova, bem como a forma de ruptura ocorrida e sua percentagem.”*

Segue adiante algumas fotografias que ilustram o procedimento do ensaio:



Fotografias 54 e 55 – Resistência a tração do revestimento



Fotografia 56 - Resistência a tração do revestimento



Fotografia 57 - Resistência à tração do revestimento



Fotografia 58 - Resistência à tração do revestimento

7.5 Placas Cerâmicas para Revestimento – Especificação e métodos de Ensaios para Determinação da Absorção de Água

A NBR 13818 prevê, no item 3, o procedimento para o ensaio seguindo os seguintes passos:

“3.1 Secar os corpos-de-prova na estufa à temperatura de $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ até que atinjam massa constante, isto é, até que a diferença entre as sucessivas pesagens efetuadas em um intervalo de 24h seja menor que 0,1%”

3.2 Resfriar os corpos-de-prova no dessecador com sílica-gel ou outro dessecante apropriado, até atingir temperatura ambiente.

3.3 A seguir, determinar a massa (m_1) de cada corpo-de-prova cuja exatidão de pesagem deve corresponder ao discriminado na tabela abaixo.

Massa da placa (m)	Exatidão de pesagem
$50 < m \leq 100$	0,001
$100 < m \leq 500$	0,05
$500 < m \leq 1000$	0,10
$1000 < m \leq 3000$	0,30
$m > 3000$	1,00

Tabela – Exatidão de pesagem em função da massa

3.4 Imergir os corpos-de-prova verticalmente no recipiente cheio de água ionizada ou destilada, sem que eles entre em contato entre si, de maneira que o nível da água esteja 5 cm acima das placas.

3.5 Manter este nível de água durante todo o ensaio, aquecendo a água até a fervura, mantendo-a em ebulição durante 2 h.

3.6 Remover a fonte de aquecimento e colocar os corpos-de-prova sob circulação de água, na temperatura ambiente, para que os corpos-de-prova entrem em equilíbrio.

3.7 Com a camurça ligeiramente úmida, enxugar suavemente as superfícies dos corpos-de-prova.

3.8 Imediatamente após este processo, pesar cada placa e verificar a exatidão de pesagem conforme a tabela anterior, obtendo-se desta forma a massa (m_2) do material saturado.

4 Expressão dos resultados

4.1 A absorção de água (A_{bs}), é expressa percentualmente pela equação a seguir:

$$A_{bs} = \frac{m_2 - m_1}{m_2} \times 100$$

onde:

m_1 é a massa seca, em gramas;

m_2 é a massa saturada, em gramas.

4.2 A absorção de água (A_{bs}) é a média aritmética dos resultados para os corpos-de-prova ensaiados, expressa com uma decimal.

5 Relatório de ensaio

O relatório deve conter as seguintes informações:

- a) descrição da peça ensaiada:
 - dimensões nominais indicadas pelo fabricante;
 - referência comercial do produto;
- b) marca ou nome do fabricante;
- c) absorção de água de cada corpo-de-prova ensaiado e a média destes valores;
- d) referência a esta Norma;
- e) data de realização do ensaio.”

Segue adiante algumas fotografias que ilustram o procedimento do ensaio:



Fotografia 59 – Estufa utilizada para ensaio de absorção de água



Fotografia 60 – Balança utilizada para o ensaio de absorção de água



Fotografia 61 – Suporte para imersão em água

7.6 Determinação da Expansão por Umidade

A NBR 13818 prevê, no item 3, o procedimento para o ensaio seguindo os seguintes passos:

“ 3.1 Secagem em estufa

3.1.1 Proceder à secagem dos corpos-de-prova em estufas a 110.º C durante 24 h, para eliminação da umidade natural dos corpos-de-prova.

3.1.2 Retirar os corpos-de-prova da estufa.

3.2 Requeima

3.2.1 Os corpos-de-prova acomodados na mufla devem sofrer aumento de temperatura de 150.ºC/h, até atingir a temperatura de (550 ± 15).ºC, sendo então mantidos por um período de 2 h.

3.2.2 Deixar esfriar os copos-de-prova dentro da mufla, retirando-os quando a temperatura atingir $(70 \pm 10)^{\circ}\text{C}$, sendo em seguida acomodada em um dessecador e mantidos até a medição do comprimento dos corpos-de-prova (l_0), conforme descrito a seguir.

3.3 Leitura inicial do comprimento

Deve ser procedida uma medição inicial do comprimento l_0 , a qual serão reportadas todas as contrações e expansões que irão ocorrer durante o processo.

3.3.1 Para placas inteiras, deve-se proceder ao seguinte:

a) ao colocar a placa-padrão com a dimensão de trabalho no quadro de medição e zerar o relógio comparador ou similar. O sensor do relógio comparador ou similar deve iniciar a 5 mm do ângulo da placa-padrão.

b) retirar a placa-padrão e colocar a placa cerâmica com a parte superior em contato com os suportes inferiores do quadro de medição;

c) medir com exatidão de 0,01 mm e anotar a leitura do lado 1. Girar, medir com exatidão de 0,01 mm e anotar a leitura do lado 2. Tirar a média das duas medições, que deverá ser realizada quando a temperatura dos mesmos atingir a temperatura ambiente, que deverá ser realizada no máximo em 24 h.

3.3.2 Para corpos-de-prova extraídos da placa cerâmica para revestimento, deve-se proceder ao seguinte:

a) anotar o comprimento de cada corpo-de-prova relativo ao comprimento;

b) determinar o comprimento inicial de cada corpo-de-prova (l_0) com exatidão até 0,01 mm.

3.4 Tratamento em água fervente

3.4.1 Submergir os corpos-de-prova em água fervente durante 24 h consecutivas, mantendo no mínimo 5 cm de coluna de água acima dos corpos-de-prova e evitando que estes entrem em contato entre si ou com as paredes do recipiente.

3.4.2 Após 24 h de fervura consecutiva, retirar os corpos-de-prova e deixá-los atingir o equilíbrio térmico.

3.4.3 Medir após 3 h adicionais.

3.4.4 Registrar as medições.

4 Expressão dos resultados

Para cada corpo-de-prova, deverão ser calculados os valores de contração e expansão, em relação ao comprimento inicial (l_0) destes corpos-de-prova.

$$EU = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \times 100$$

onde:

EU é a expansão por umidade, em milímetros por metro;

l_1 é a medida da dimensão após o ensaio, em milímetros;

l_0 é a medida da dimensão inicial, antes do ensaio, em milímetros.

5 Relatório de ensaio

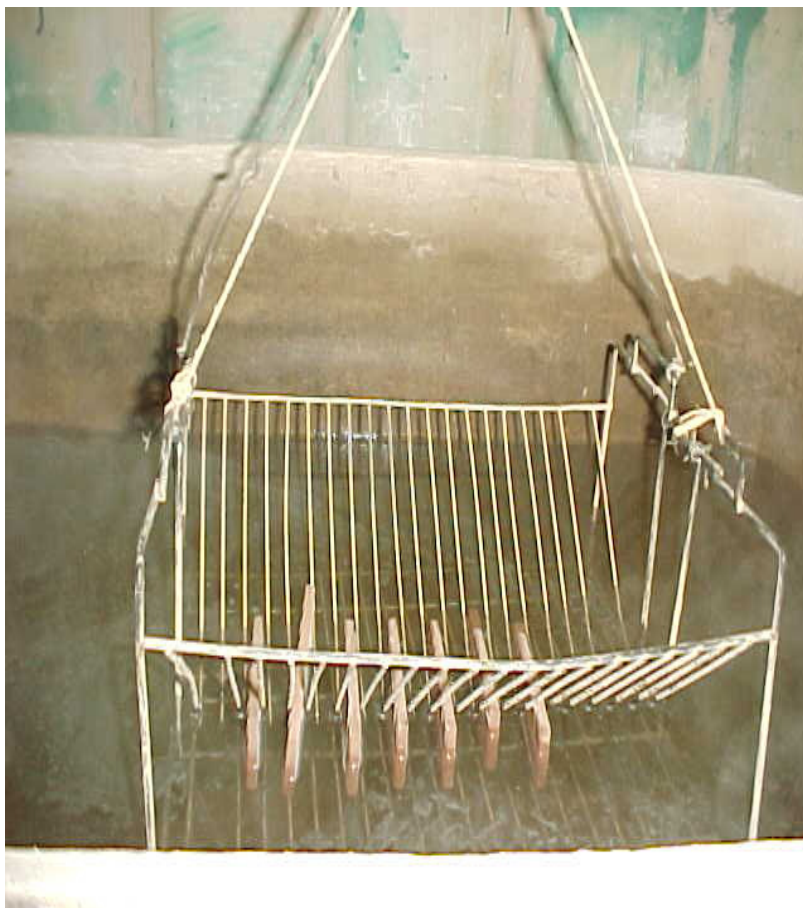
O relatório deve conter as seguintes informações:

- a) descrição da placa cerâmica ensaiada com sua referência comercial;
- b) marca ou nome do fabricante;
- c) referência a esta Norma;
- d) dimensões dos corpos-de-prova, somente quando forem cortados;
- e) dimensões nominais e de trabalho, assim como a espessura indicada pelo fabricante;

procedência do material quanto a :

- placas novas, materiais recém produzidas (idade de fabricação menor que quatro meses);
 - placas sem uso usadas e corpos-de-prova ensaiados;
- g) resultados obtidos nos cinco corpos-de-prova ensaiados.”

Segue adiante algumas fotografias que ilustram o procedimento do ensaio:



Fotografia 62 –Imersão em água



Fotografia 63 – Mufla utilizada para o ensaio de expansão por umidade



Fotografia 64 – Aparelho de precisão para medir a cerâmica

8 CONCLUSÃO

Tendo em vista todo o tratamento dispensado ao sistema de revestimento cerâmico, não só no que diz respeito aos seus aspectos construtivos, dos elementos que compõe os sistemas de revestimento, mas também no que diz respeito às patologias apresentadas.

Verifica-se que muito do que é hoje gasto com a recuperação e refazimento de fachadas, poderia ser evitado pela implementação de projeto adequado, quando da execução das obras ou projetos específicos, quando de sua recuperação, que contemplasse a estrutura como um todo.

Empregando-se a técnica adequada, materiais adequados a cada situação e mão de obra treinada e qualificada, assim sendo, poder-se-ia afirmar que o percentual de patologias ligadas a utilização destes revestimentos seria declinante, e ascendente, crescente seria a sua utilização.

Percebe-se também, a necessidade da continuidade e aprofundamento de estudos que contemplem este tema tão relevante e com tantas variáveis a tratar.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Revestimentos de paredes e Tetos com Argamassas, Materiais, Preparo, Aplicação e Manutenção – Procedimento. NBR 7200 / 1982.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Argamassas e Concreto Endurecidos – Determinação da Absorção de Água por Capilaridade - Método de Ensaio. NBR 9779 / 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Argamassa e Concreto – Determinação da Resistência à Tração por Compressão Diametral de Corpos-de-Prova Cilíndricos - Método de Ensaio. NBR 7222 / 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Execução de Piso com Revestimento Cerâmico – Procedimento. NBR 9817 / 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Revestimentos de Paredes Internas com Placas Cerâmicas e com Utilização de Argamassa Colante – Procedimento. NBR 13754 /1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Revestimentos de Paredes Externas com Placas Cerâmicas e com Utilização de Argamassa Colante – Procedimento. NBR 13755 /1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Argamassa Colante Industrializada para Assentamento de Placas Cerâmica – Especificação. NBR 14081 /1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Argamassa Colante Industrializada para Assentamento de Placas Cerâmica – Execução do Substrato Padrão e Aplicação de Argamassa para Ensaios. NBR 14082 /1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Argamassa Colante Industrializada para Assentamento de Placas Cerâmica – Determinação do tempo em Aberto. NBR 14083 /1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Argamassa Colante Industrializada para Assentamento de Placas Cerâmicas – Determinação da Resistência de Aderência. NBR 14084 /1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Argamassa Colante Industrializada para Assentamento de Placas Cerâmicas – Determinação do Deslizamento. NBR 14085 /1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Argamassa Colante Industrializada para Assentamento de Placas Cerâmica – Ensaio de Caracterização no Estado Anidro. NBR 14086 /1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Revestimentos de Paredes e Tetos de Argamassas Inorgânicas – Terminologia. NBR 13529 /1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Argamassa para Assentamento em Paredes e Revestimentos de Paredes e Tetos - Determinação do Teor de Água para Obtenção do Índice de Consistência-Padrão – Método de Ensaio. NBR 13276 /1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Argamassa para Assentamento em Paredes e Revestimentos de Paredes e Tetos - Determinação da Retenção de Água – Método de Ensaio. NBR 13277/1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Argamassa para Assentamento em Paredes e Revestimentos de Paredes e Tetos - Determinação da Densidade de Massa e do Teor de Ar Incorporado – Método de Ensaio. NBR 13278/1995

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Argamassa para Assentamento em Paredes e Revestimentos de Paredes e Tetos - Determinação da Resistência Compressão – Método de Ensaio. NBR 13279/1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Argamassa para Assentamento em Paredes e Revestimentos de Paredes e Tetos - Determinação da Densidade de Massa Aparente no Estado Endurecido – Método de Ensaio. NBR 13280/1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Argamassa Industrializada para Assentamento de Paredes e Revestimentos de Paredes e Tetos – Especificação. NBR 132781/1995.

BUCHER, H.R.E.; MULLER, M.S.K. Argamassas colantes semi prontas para assentamento de placas cerâmicas em revestimentos. In: SEMINÁRIO DE ARGAMASSAS INDUSTRIALIZADAS – Usos e Desempenhos, São Paulo, 1993.

CANDIA, MARIO COLLANTES; FRANCO, LUIZ SÉRGIO - Contribuição ao Estudo das Técnicas de preparo da base no Desempenho dos Revestimentos de Argamassa. Boletim Técnico nº 223 da Escola politécnica da USP. São Paulo, 1998.

CARVALHO JR, ANTÔNIO NEVES - Descolamentos de revestimentos Cerâmicos em Fachadas. Informativo do Instituto Mineiro de Avaliações e Perícias em Engenharia. Ano XI nº 29. Belo Horizonte, 1997.

CARASEK, HELENA; PAES, ISAURA N. L.; SCARTEZINI, LUIS MAURICIO B. O preparo da base para o revestimento Cerâmico. Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, 1998.

CINCOTTO, MARIA ALBA. Patologia das Argamassas de Revestimentos Análise e Recomendações. Artigo do Livro Tecnologia das Edificações. Editora Pini. São Paulo, 1991.

FIORITO, A.J.I. Manual de Argamassas e Revestimentos. Estudos e Procedimentos de Execução. São Paulo. 1994.

GOLBERG, RICHARD P. Revestimientos Exteriores Con Adherencia Directa de Azulejos Cerámicos, Piedra Y Ladrillos Caravista. Laticrete Internanational, 1998.

MAIA NETO, FRANCISCO. Perícias em Patologias de Revestimentos em Fachadas. Belo Horizonte, 1997.

MENDONÇA, MARCELO CORRÊA. Engenharia Legal. Teoria e Pratica Profissional. Editora Pini. São Paulo.

NASCIMENTO, OTÁVIO LUIS. Apostila de Patologia em Edificações I. Faculdade de Engenharia e Arquitetura da FUMEC. Belo Horizonte, 2001.

RIPPER, ERNESTO. Como Evitar Erros na Construção. Editora Pini. São Paulo 1996.

SABBATINI, FERNANDO HENRIQUE - Argamassas - Notas de Aula da Escola Politécnica da USP. São Paulo, 1980 .

SABBATINI, FERNANDO HENRIQUE; MEDEIROS, JONAS SILVESTRE. Tecnologia e projeto de revestimentos Cerâmicos de fachadas de Edifícios. Boletim Técnico nº 246 da Escola Politécnica da USP. São Paulo, 1999.

THOMAZ, ERCIO. Trincas em Edifícios - Causas, Prevenção e Recuperação. Editora Pini 5ª Edição. São Paulo 2000.

VIEIRA, ANA CLÁUDIA. Destacamento de Placas Cerâmicas: Estudo de Algumas Variáveis. Tese de Mestrado Universidade Mackenzie. São Paulo, 1998.

ZANDONADI, A.R. Cerâmica da Revestimento. In: CURSO INTERNACIONAL DE TREINAMENTO EM GRUPO EM TECNOLOGIA CERÂMICA, São Paulo, 1995.