

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**

**Programa de Pós Graduação em Construção Civil**

**Dissertação de Mestrado**

**INFLUÊNCIA DA PIGMENTAÇÃO E/OU DA QUANTIDADE  
DE ADITIVO HIDROREPELENTE NA PATOLOGIA DE  
DESAGREGAÇÃO DA ARGAMASSA DE REJUNTAMENTO.**

Tereza Cristina Miranda de Magalhães

Belo Horizonte

2008

**TEREZA CRISTINA MIRANDA DE MAGALHÃES**

**INFLUÊNCIA DA PIGMENTAÇÃO E/OU DA QUANTIDADE  
DE ADITIVO HIDROREPELENTE NA PATOLOGIA DE  
DESAGREGAÇÃO DA ARGAMASSA DE REJUNTAMENTO.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Construção Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Construção Civil.

Área de Concentração: Materiais de Construção Civil.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Neves de Carvalho Júnior.

Belo Horizonte

2008

# **UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**

## **Escola de Engenharia**

### **Programa de Pós Graduação em Construção Civil**

Dissertação intitulada: “Influência da pigmentação e/ou da quantidade de aditivo hidrorrepelente na patologia de desagregação da argamassa de rejuntamento”, de autoria da mestranda Tereza Cristina Miranda de Magalhães, defendida em 05 de dezembro de 2008 e submetida à banca examinadora constituída pelos professores:

---

Prof. Dr. Antônio Neves de Carvalho Júnior  
Orientador – Escola de Engenharia/UFMG

---

Prof. Dr. Abdias Magalhães Gomes  
Escola de Engenharia/UFMG

---

Prof. M. Sc. Luiz Antônio Melgaço Nunes Branco  
FEA - FUMEC

---

Prof. Dr. Eduardo Chahud  
FEA – FUMEC

Belo Horizonte, 05 de dezembro de 2008.

***Dedico ao meu marido,  
Daniel e,  
ao meu filho,  
Rafael...  
Anjos da minha vida!***

## AGRADECIMENTOS.

Esta é a parte mais difícil e traiçoeira de todo este trabalho, pois, ao mesmo tempo em que só tenho o que agradecer, corre o risco de em meio a tanto agradecimento esquecer de algo ou alguém que direta ou indiretamente contribuiu para a realização deste trabalho.

Começo então por Deus que apesar de jamais ser esquecido por mim não poderia deixar de colocá-lo em primeiro lugar na lista. Apesar de parecer “jargão”, agradecer a Ele é imprescindível, pois sem a presença d’Ele na minha vida nada seria possível!

Entrar na lista em segundo lugar logo após Deus é responsabilidade de nível elevadíssimo e, por isto, este segundo lugar é merecidamente do meu marido – Daniel – que tanto me apoiou nesta etapa desde a época das disciplinas isoladas, passando pela euforia, felicidade e orgulho que sentiu quando eu passei na prova do mestrado da UFMG (ele vibrava e se emocionava muito mais que eu!) e agora, nos “finalmentes”, quando precisava ficar com o Laptop ligado ao invés de ficarmos abraçados, conversando, namorando, curtindo... Além de não reclamar, ajudou a organizar meu tempo de forma que colocasse metas e prazos para terminar a dissertação. Esta conquista, meu amor, é mais sua do que minha!

Continuando a lista (que é grande!) agradeço ao meu filhote, meu anjo Rafael, que é nossa razão de vida, de concretização de sonhos, nosso modelo de amor, de vida, de tudo! Agradeço aos meus pais por também curtirem tanto, vibrarem e se orgulharem o tempo todo da profissional que sou. A toda minha “grande família” em especial a Fá, minha irmã, alma gêmea, cúmplice, amiga... que em todos os momentos está ao meu lado, para o que der e vier! Obrigada por ser tudo o que é pra mim e para o meu filho!

Em seqüência, agradeço ao Ciro por todo o aprendizado durante os anos de trabalhos juntos que o tornaram meu professor, confidente, amigo e “segundo pai”. Ao Assis, pelo aprendizado prático da assistência técnica em obras me dando a oportunidade de falar com conhecimento de causa os comentários feitos neste

trabalho. Ao Adilso pelas aplicações dos testes nos painéis e nas placas. À Débora, Jorge, Machado e Ricardo pelos ensaios laboratoriais.

À IMAR, antiga Indústria Mineira de Argamassa, agradeço na pessoa do Sr. Antônio Carlos Pena Pereira por disponibilizar algumas tardes de trabalho para as aulas do Mestrado. À IMAR, atual Argamassas Contagem Ltda, agradeço em nome do meu Diretor, Paul Houang, e do Gerente de Fábrica, Silvio F. Silva, por não impedirem que concluísse estas aulas e este trabalho. Em nome também da Isabella S. Moraes, minha Supervisora, que tão bem me recebeu e ao Gláucio R. Santos que tanto tem me ensinado em tão pouco tempo!

À Tânia R. Moreno (Technical Service – Lanxess Energizing Chemistry) e ao Klaus Raske, (Gerente de Mercado - Makeni Chemicals) pela presteza em ajudar-me na reta final deste trabalho.

À minha querida amiga Estânia Passos por me apoiar emocionalmente e me dar crédito no momento em que eu mais precisei. Assim como também ao Alfredo Palmer que acreditou na minha competência e me deu oportunidade e liberdade de definir minha atual caminhada profissional.

Não poderia deixar de lembrar do João Marcelo Couri e agradecer pela insistência em me apresentar o curso de Mestrado em Construção Civil (na época, recém lançado pela UFMG em 2005) e pelo incentivo em fazer a prova, compartilhando da minha tristeza quando não passei na minha primeira tentativa porque perdi a prova de inglês pois, passei mal minutos antes de sair de casa (estava grávida e tive mal estar!).

Por fim, e não menos importante, agradeço ao meu Orientador, Antônio Jr., pela confiança, pelos constantes elogios, pela simplicidade, humildade e respeito profissional com que sempre me tratou desde a época da conclusão do seu Doutorado, das disciplinas isoladas enfim, desde sempre! Agradeço por me acolher como Orientada num ambiente de muita disputa para tê-lo como Orientador. Agradeço pelo exemplo de bom profissional que é, sem esquecer o lado humano, de princípios, caráter, educação e respeito com o próximo! Muito obrigada por tudo!

## RESUMO.

A crescente necessidade da industrialização das argamassas vem contribuindo para a quase anulação da produção em obra, da Argamassa de Rejuntamento (A.R.). Observa-se também que ainda um grande número de patologias continua ocorrendo mesmo se tratando de um produto industrializado. Nos últimos anos a reclamação de desagregação (esfarelamento) do rejunte vem crescendo no índice de reclamação/satisfação dos fabricantes de argamassas, merecendo atenção especial. O presente trabalho apresenta estudo realizado em quatro amostras de A.R. que diferem entre si quanto à pigmentação e/ou quantidade de aditivo hidrorrepelente em cada formulação. Estas amostras foram desenvolvidas com o objetivo de analisar a influência que estas matérias primas exercem na patologia de desagregação (esfarelamento) da A.R. Ao final deste trabalho é apresentada análise comparativa dos resultados encontrados nos ensaios laboratoriais, observações visuais e testes empíricos. Os resultados demonstram influência na resistência à compressão dos ensaios laboratoriais das amostras pigmentadas e propensão à desagregação do rejunte das amostras com excesso de aditivo hidrorrepelente.

**Palavras-chave:** Argamassas de rejuntamento, desagregação, pigmentação, aditivo hidrorrepelente.

## **ABSTRACT.**

The increasing necessity of the industrialization of grout has been contributing for its almost stopped production in workmanship. Nevertheless, can still be observed a large number of pathologies, even if dealing with an industrialized product. In recent years the claim of grout disaggregation (“chalking”) has been growing among the manufacturers of mortar, deserving our special attention. This work presents study carried through in four samples of grout that differ between itself by how much the pigmentation and/or amount from hidro-repell additive is used in each one. These samples had been developed with the objective to analyze the influence that these substances exert in the grout disaggregation pathology, popularly known as grout “chalking”. Finally, comparative analysis of the results found in the laboratory tests, visual comments and empirical tests are presented. The results show the influence in the compression strength in pigmented samples and propensity to the disaggregation of grout in samples with excess of hidro-repell additive.

**Key-words:** grout, disaggregation, pigmentation, hidro-repell additive.



## SUMÁRIO.

<b>Lista de Figuras .....</b>	<b>11</b>
<b>Lista de Tabelas .....</b>	<b>15</b>
<b>Lista de Siglas/Abreviações .....</b>	<b>16</b>
<b>Lista de Unidades .....</b>	<b>17</b>
<b>Capítulo 1 – INTRODUÇÃO .....</b>	<b>18</b>
<b>Capítulo 2 – OBJETIVOS .....</b>	<b>19</b>
<b>Capítulo 3 – RELEVÂNCIA E JUSTIFICATIVA DO TEMA .....</b>	<b>20</b>
<b>Capítulo 4 – ARGAMASSA DE REJUNTAMENTO .....</b>	<b>21</b>
4.1 – História das Argamassas Industrializadas.....	21
4.2 – Argamassas de Rejuntamento.....	24
4.2.1 – Tipos de Rejuntas .....	24
4.2.2 – Funções dos Rejuntas .....	27
4.2.3 – Tipos de Juntas .....	29
4.2.4 – Rejunte Cimentício .....	34
4.2.4.1 – Componentes do Rejunte .....	36
4.2.4.2 – Rejunte Cimentício para Cerâmica .....	40
4.2.5 – Aplicações Corretas – Boas Práticas .....	44
4.2.6 – Patologias Comuns Ocorridas no Rejuntamento.....	47
4.2.7 – Patologia de Desagregação do Rejunte .....	51
<b>Capítulo 5 – TRABALHO EXPERIMENTAL .....</b>	<b>56</b>
5.1 – Materiais .....	56
5.1.1 – Amostras de A.R. ....	56
5.1.2 – Cerâmicas .....	58

5.2 – Execução dos Ensaios .....	60
5.2.1 – Ensaios de Caracterização – Laboratoriais .....	60
5.2.2 – Ensaios de Campo .....	66
5.2.3 – Ensaios Extras .....	69
5.3 – Resultados e Avaliação dos Ensaios .....	74
5.3.1 – Ensaios Laboratoriais .....	74
5.3.2 – Ensaios de Campo .....	74
5.3.3 – Ensaios Extras .....	75
5.4 – Análise Comparativa dos Resultados .....	76
<b>Capítulo 6 – CONCLUSÕES .....</b>	<b>80</b>
<b>Capítulo 7 – SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>82</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>83</b>
<b>ANEXO A – SUGESTÃO DE FERRAMENTAS E METODOLOGIA DE RISCAMENTO DA A.R. PARA ANÁLISE DA DESAGREGAÇÃO. ....</b>	<b>87</b>

## LISTA DE FIGURAS.

Figura 4.1 – Condições para rejuntamento, conforme largura das juntas (JUNGINGER,2003).....	28
Figura 4.2 – Esquema de juntas em área interna (O Guia Weber Digital, 2008).....	29
Figura 4.3 – Esquema de juntas em área externa (O Guia Weber Digital, 2008).....	30
Figura 4.4 – Acabamento plano de uma junta de assentamento (JUNGINGER, 2003).....	31
Figura 4.5 – Exemplo de estufamento cerâmico típico de revestimento com largura insuficiente das juntas de assentamento (THOMAS,1989).....	31
Figura 4.6 – Detalhe de execução de juntas de movimentação (O Guia Weber Digital, 2008) .....	32
Figura 4.7 – Detalhe da junta de dessolidarização executada no encontro de piso e parede (THOMAS, 1989) .....	33
Figura 4.8 – Detalhe da junta de dessolidarização executada em piso (THOMAS, 1989) .....	33
Figura 4.9 – Detalhes de juntas de dessolidarização (O Guia Weber Digital, 2008).....	34
Figura 4.10 – Junta estrutural (O Guia Weber Digital, 2008) .....	34
Figura 4.11 - Filme polimérico formado com pós redispersíveis (polímeros), construindo uma “ponte adesiva” entre argamassa cimentícia (lado esquerdo) e a	

cerâmica (azulejo de porcelana, lado direito) (Fonte: Catálogo VINNAPAS - Wacker, 2001) .....	37
Figura 4.12 – Efeito da expansão provocando o gretamento do esmalte de uma louça de mesa após alguns anos de uso (FIORITO,1994) .....	43
Figura 4.13 – Expansão das peças cerâmicas a partir da exposição às intempéries (FIORITO, 1994).....	43
Figura 4.14 – Etapas do rejuntamento .....	47
Figura 5.15 – Curva granulométrica típica para uma dolomita de malha 100 (#100).....	57
Figura 5.16 – Ensaio de retenção de água.....	62
Figura 5.17 – Etapas do capeamento dos CP's, feito com enxofre.....	64
Figura 5.18 – CP desformado e capeado.....	64
Figura 5.19 – Rompimento do CP.....	64
Figura 5.20 – Confeção das fôrmas para realização do ensaio de permeabilidade aos 240 minutos.....	65
Figura 5.21 – Detalhe da finalização do teste de permeabilidade aos 240 minutos, com a fixação da coluna de vidro sobre os CP's.....	66
Figura 5.22 – Vista dos 4 painéis executados ao ar livre.....	67
Figura 5.23 – Detalhes da execução do teste do cachimbo .....	68
Figura 5.24 – Placas de substrato padrão assentadas com cerâmica 10x10cm, rejuntadas com cada uma das amostras.....	69

Figura 5.25 – Câmara Climática (Laboratório do Departamento de Engenharia de Materiais e Construção da UFMG).....	70
Figura 5.26 – Gráfico da Umidade Relativa do ar do mês de janeiro de 2007 - Mês com maior umidade do ano – 95%, 13/01/07 (INMET, 2007).....	71
Figura 5.27 – Gráfico das temperaturas mínimas, médias e máximas do mês de janeiro de 2007 (INMET, 2007) .....	71
Figura 5.28 – Gráfico da Umidade Relativa do ar do mês de setembro de 2007 - Mês com menor umidade do ano – 26%, 24/09/07 (INMET,2007).....	72
Figura 5.29 – Gráfico das temperaturas mínimas, médias e máximas do mês de setembro de 2007 (INMET,2007).....	72
Figura 5.30 – Ensaio empírico do teste de permeabilidade sobre as placas submetidas à Câmara Climática.....	73
Figura 5.31 – Diferença de tonalidade do rejuntamento da amostra H60P8, após 12 meses da aplicação.....	77
Figura 5.32 – Detalhe da rigidez do rejuntamento com a amostra H35P0, submetido à Câmara Climática, após análise de percussão com objeto pontiagudo.....	79
Figura 5.33 – Detalhe da desagregação do rejuntamento com a amostra H60P0, submetido à Câmara Climática, após análise de percussão com objeto pontiagudo.....	79
Figura A.1 – Riscador de laminado .....	87
Figura A.2 – Estiletes para corte de materiais diversos. ....	88

Figura A.3 – Raspador de rejunte. ....	88
Figura A.4 – Estilete compasso para corte de materiais diversos. ....	89
Figura A.5 – Removedor elétrico de rejunte. ....	89
Figura A.6 – Croquis do Modelo 1 do riscador “tipo cortador de azulejo”. ....	90
Figura A.7 – Croquis do Modelo 2 do riscador “tipo pêndulo”. ....	90

## LISTA DE TABELAS.

Tabela 4.1 – Tipos de Argamassas de Revestimento (A.R.) e requisitos mínimos.....	25
Tabela 4.2 – Grupos de absorção de água (NBR13817:1997) .....	40
Tabela 4.3 – Codificação dos grupos de absorção de água em função dos métodos de fabricação (NBR13817,1997).....	41
Tabela 4.4 – Classificação das cerâmicas pelo grupo de absorção (ANFACER,2000).....	41
Tabela 5.5 – Classificação da cerâmica usada no trabalho.....	59
Tabela 5.6 – Composição básica das amostras estudadas.....	60
Tabela 5.7 – Tipos de ensaios (e respectivas referências) realizados nas amostras estudadas.....	61
Tabela 5.8 – Resultados dos ensaios laboratoriais nas 4 amostras de rejuntas.....	74
Tabela 5.9 – Resultados do ensaio empírico de permeabilidade (teste do cachimbo) aos 240min.....	74
Tabela 5.10 – Resultados dos testes de permeabilidade nas placas submetidas à Câmara Climática.....	75
Tabela 5.11 – Análise comparativa dos resultados.....	76
Tabela A.1 – Sugestão de Metodologia para uso dos modelos de riscadores. ....	92

## LISTA DE SIGLAS/ABREVIações.

- ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- Abs.: Absorção.
- a/c: (relação) água/cimento.
- ANFACER: Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmicas.
- A.R.: Argamassa de Rejuntamento.
- AS: Australian Standards.
- ASTM: American Society for Testing and Materials.
- CP: Corpo de Prova.
- CPV ARI: Cimento Portland de Alta Resistência Inicial.
- EPU: Expansão por Umidade.
- Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>: óxido de ferro.
- INMET: Instituto Nacional de Meteorologia.
- MEV: Microscópio Eletrônico de Varredura.
- NBR: Norma Brasileira.
- UVA: Ultra Violeta A.
- UVB: Ultra Violeta B.
- U.R: Umidade Relativa (%).
- #: malha.



## LISTA DE UNIDADES.

- $\text{cm}^3$ : centímetro cúbico.
- $\text{g/cm}^2$ : grama por centímetro quadrado.
- $\text{g/cm}^3$ : grama por centímetro cúbico.
- mm: milímetro.
- mm/m: milímetro por metro.
- min: minuto.
- MPa: Megapascal.
- $\mu\text{m}$ : micrometro.

## **CAPITULO 1 – INTRODUÇÃO.**

Há alguns anos, deparar-se com argamassas industrializadas no canteiro de obras era feito quase inédito e, substituir o tradicional cimento e areia “virado” em obra era quase um ato de insanidade. Com o passar do tempo, este quadro mudou devido a diversos fatores tais como a qualidade das argamassas existentes no mercado, a necessidade de materiais mais elaborados para executar projetos cada vez mais inovadores, introdução de treinamento de mão de obra entre outros.

Atualmente, muito tem-se falado das argamassas industrializadas porém, as A.R.'s são extremamente menosprezadas tanto pelo usuário quanto pelos pesquisadores que se atém apenas às argamassas colantes, de revestimento e assentamento. Por ser basicamente a única argamassa que fica exposta às intempéries e, conseqüentemente, sofre as maiores tensões ocasionadas pelos fatores chuva, sol, frio, calor, umidade do ar etc, deveria também ser mais estudada uma vez que poderão ocorrer sérias patologias que podem danificar a estrutura (aparecimento de fissuras e posterior infiltração) e/ou a estética da edificação (perda de cor do rejunte).

Dentre algumas dessas patologias existe uma que vem ocorrendo com maior freqüência, sendo causa de diversas reclamações e insatisfação dos construtores junto aos fabricantes deste material que é a desagregação do rejunte, popularmente chamada de “esfarelamento”. Esta patologia que, a priori, é conseqüência da baixa resistência do rejunte, pode ser ocasionada por diversos fatores os quais deverão ser estudados até que se tenha alguma certeza sobre o mesmo. Em virtude da importância do rejuntamento e da complexidade desta(s) patologia(s), é extremamente relevante à realização de trabalhos voltados para esta argamassa visando respostas mais adequadas para questionamentos ainda sem fundamentos.

## **CAPITULO 2 – OBJETIVOS.**

### **OBJETIVOS GERAIS:**

- Aprofundar o conhecimento sobre Argamassa de Rejuntamento (A.R.);
- Avaliar de modo geral as patologias encontradas na A.R.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Analisar a patologia de desagregação do rejunte através de 4 (quatro) diferentes formulações de rejuntas de base cimentícias;
- Avaliar a influência que a quantidade de aditivo hidrorrepelente e/ou a quantidade de pigmento podem ter nesta patologia;
- Propor ferramentas e/ou metodologia de análise e inspeção para avaliação da desagregação de rejuntas.

### **CAPÍTULO 3 – RELEVÂNCIA E JUSTIFICATIVA DO TEMA.**

Realizar estudos a cerca de argamassas de revestimento e argamassas colantes é tarefa muito mais fácil, pois a bibliografia existente sobre o assunto é vasta e de qualidade. Por outro lado, estudar sobre A.R. já não é tarefa tão fácil assim, pois a bibliografia sobre o assunto é escassa e, quando encontrada, muitas vezes é deficiente ou superficial e pouco enriquecedora.

A A.R. é a camada de revestimento de base cimentícia que fica exposta às intempéries, sofrendo as maiores tensões e esforços causados por diversos fatores, em especial a dilatação higrotérmica, contato com chuva, poeira, fuligem etc. Todos estes fatores tornam o rejuntamento alvo de diversas patologias que podem danificar não só o rejuntamento, mas também a camada de revestimento.

A patologia de desagregação do rejunte (popularmente conhecida como “esfarelamento”), tema deste trabalho, torna-se uma das mais relevantes, atualmente, devido ao elevado índice de reclamações advindas desta patologia<sup>1</sup>.

Dessa forma, estudar a A.R. e, em especial, sobre a principal patologia que cerca esta argamassa, torna-se extremamente relevante.

---

<sup>1</sup> Informação obtida através da Assistência Técnica da IMAR – Argamassas Contagem, referente aos últimos três anos.

## CAPÍTULO 4 – ARGAMASSA DE REJUNTAMENTO.

### 4.1 - HISTÓRIA DAS ARGAMASSAS INDUSTRIALIZADAS<sup>2</sup>

Neste item será comentada a história das argamassas descrita no Catálogo da Wacker Polymer Systems (2001), adotado na íntegra neste trabalho.

*“Há milhares de anos que a arquitetura e a construção civil estão intimamente ligadas à aplicação de argamassas minerais. O reboco de cal é conhecido há mais de 8000 anos; a argamassa de gesso já era usada pelos babilônicos há aproximadamente mais de 6000 anos. Até as argamassas hidráulicas à base de pozolana (cinzas vulcânicas pulverizadas) eram empregadas há mais de três milênios, sendo utilizadas em grande escala pelos fenícios, gregos e romanos. Já na Antiguidade e na Idade Média eram misturados aos aglutinantes e agregados minerais aditivos como sabões, resinas, proteínas e cinzas para aumento do desempenho técnico das argamassas produzidas.*

*Até a década de 50, as argamassas eram preparadas e aplicadas exclusivamente no canteiro de obras, enquanto que os aglutinantes minerais (principalmente o cimento) e os agregados (principalmente a areia de quartzo) eram transportados separadamente para o canteiro de obras. Depois os agregados e os aglutinantes minerais eram misturados manualmente na proporção adequada e misturados com água para obtenção da argamassa pronta para a aplicação.*

*Nas décadas de 50 e 60 começou a surgir na indústria de construção civil, na Europa Ocidental, Estados Unidos e principalmente na Alemanha, uma crescente demanda por novos materiais e técnicas de construção. Tal demanda era justificada por vários fatores, como por exemplo, a falta de mão-de-obra especializada, a necessidade de períodos curtos de construção e assim a redução dos custos envolvidos, aumento de custos de mão-de-obra, a variedade crescente de materiais de construção desenvolvidos para aplicações específicas, como também o surgimento de novos materiais de construção e a exigência de um alto padrão de qualidade.*

---

<sup>2</sup> Texto completo obtido do Catálogo “Argamassas Industriais Poliméricas como Modernos Materiais de Construção”, da Wacker Polymer Systems (2001).

*A técnica de preparo da argamassa no canteiro de obras não conseguia atender a todas essas exigências satisfatoriamente. Em consequência disso, o desenvolvimento da indústria moderna de construção civil e produtos químicos no ocidente, passou a ser influenciada, a partir da década de 60, principalmente por duas tendências importantes que ainda hoje são observadas internacionalmente: (a) a substituição da argamassa preparada no canteiro de obras pela argamassa seca pré-fabricada e embalada cuja aplicação, através de máquinas, vem aumentando gradualmente e, (b) a modificação das argamassas com aglutinante poliméricos para melhoria da qualidade do produto e atendimento dos requisitos da indústria moderna de construção. Conseqüentemente, o chamado sistema de dois componentes (argamassa + dispersão líquida) foi gradativamente sendo substituído pelas argamassas poliméricas (pós redispersíveis) pré-misturadas e embaladas. Uma tendência adicional pode ser observada na substituição de produtos em forma líquida ou pastosa por argamassas poliméricas pré-fabricadas qualitativamente superiores.*

*A maior parte das argamassas preparadas nos canteiros de obras tem o cimento como aglutinante mineral e a areia de quartzo como agregado, os quais são transportados separadamente para o canteiro de obras. A cada aplicação, o cimento e o agregado são misturados em uma proporção especial e misturados com água para obtenção da argamassa fresca. A qualidade de tais argamassas depende da qualidade das matérias primas, como também da proporção correta da mistura dos componentes utilizados, da homogeneidade da mistura, da consistência da argamassa fresca e da adição correta dos aditivos, que são utilizados em determinadas aplicações especiais. Sob essas circunstâncias e condições, não há garantias da qualidade e desempenho das argamassas preparadas segundo a técnica de mistura no canteiro de obras.*

*Ao contrário das argamassas preparadas no canteiro de obras, as argamassas industriais são produzidas em uma fábrica especializada através da mistura dos ingredientes necessários, como aglutinantes, agregados e, no caso de produtos especiais, também de aditivos químicos. Entre esses dois tipos de preparo de argamassa, de um lado (a) a argamassa preparada no canteiro de obras e de outro (b) como argamassa pronta pré-fabricada, existem grandes diferenças de manuseio e produtividade:*

**a) Utilização de argamassas preparadas no canteiro de obras** – método totalmente manual: transporte separado do aglutinante mineral (cimento) e agregado (areia) para o canteiro de obras; mistura manual do aglutinante mineral e agregado no canteiro de obras; aplicação manual da argamassa preparada no canteiro de obras.

b) **Utilização de argamassas pré-fabricadas com mistura e aplicação manual:** argamassa misturada e embalada na fábrica; entrega da argamassa pré-fabricada em sacos; preparo manual da argamassa pronta com água no canteiro de obras, aplicação manual da argamassa fresca.

c) **Utilização de argamassas pré-fabricadas com mistura automatizada e aplicação mecânica:** argamassa misturada na fábrica; entrega da argamassa pré-fabricada em silos; preparo mecânico da argamassa pronta com água; aplicação mecânica da argamassa fresca no canteiro de obras.

*A utilização de argamassas secas pré-fabricadas e embaladas não apenas aumenta significativamente o desempenho da produção e a produtividade no canteiro de obras, como também garante ainda um alto nível de segurança na aplicação e precisão da mistura. As argamassas industriais asseguram uma maior exatidão na mistura de aglutinantes, agregados e aditivos, garantindo o alto padrão de qualidade constante da argamassa. Além disso, com as argamassas pré-fabricadas, pode-se resolver problemas de forma individual para determinados tipos de especificações de materiais e construção.*

*As conseqüências destes desenvolvimentos foram fenomenais na Europa Ocidental. Durante as últimas três ou quatro décadas, tem surgido um grande numero de fábricas modernas de argamassas industrializadas, cuja capacidade total alcança milhões de toneladas. Na Alemanha, por exemplo, existem atualmente mais de 250 fábricas de argamassas industrializadas, produzindo anualmente 10 milhões de toneladas (comparadas a uma produção de cimento de cerca de 35 milhões de toneladas por ano)".*

## 4.2 - ARGAMASSAS DE REJUNTAMENTO.

Segundo RIBEIRO (2000), argamassa é o nome genérico atribuído a uma mistura de aglomerante, agregado miúdo e água. Após a leitura do texto do item acima, percebe-se que além destes três componentes básicos ainda compõe as argamassas industrializadas os polímeros e outros aditivos tais como retentores de água, hidrorrepelentes etc. Quando se fala em argamassas cimentícias, sejam elas industrializadas ou “viradas” em obra, logo pensa-se em argamassas colantes e argamassas para assentamento entretanto, com o passar dos anos, as A.R.’s foram roubando a atenção dos construtores e ocupando espaço no mercado das argamassas industrializadas.

Com base nas afirmações acima, conclui-se que rejunte nada mais é que uma argamassa – de rejuntamento – ideal para aplicações em juntas de assentamento, movimentação ou de dessolidarização dependendo das características de cada material, conforme observado mais adiante.

### 4.2.1 – TIPOS DE REJUNTES.

Existem no mercado diversos tipos de rejuntes compostos por diferentes aglomerantes e agregados, que podem ser classificados basicamente, segundo JUNGINGER (2003), como:

- **rejuntes cimentícios monocomponentes:** apresentam-se como uma parte em pó que necessita apenas de adição de água imediatamente antes da aplicação. Como este é o tipo de rejunte mais comum, o termo monocomponente não acompanha sua especificação. Embora não recebam aditivos líquidos durante o preparo, podem incorporar aditivos em pó na sua formulação;
- **rejuntes cimentícios bicomponentes:** apresentam-se como duas partes distintas, com uma fração granular seca e outra na forma de emulsão aquosa (aditivo líquido), bastando efetuar a mistura na hora da aplicação;



- **rejuntas de base orgânica:** são materiais geralmente compostos por dois ou mais componentes pré-dosados que, quando misturados, formam uma pasta homogênea pronta para a aplicação. Como exemplos mais comuns existem os selantes elastoméricos, as resinas epóxi e as resinas furânicas.

Como o tema deste trabalho refere-se à patologia em rejuntas monocomponentes à base de cimento, as citações dos demais tipos de rejuntas se restringirão apenas nas menções acima.

A NBR 14992 – A.R – Argamassa à base de cimento Portland para rejuntamento de placas cerâmicas – Requisitos e métodos de ensaios (ABNT, 2003) faz referência aos rejuntas de base cimentícia definindo-os como “*mistura industrializada de cimento Portland e outros componentes homogêneos e uniformes, para aplicação nas juntas de assentamento de placas cerâmicas, classificadas segundo o ambiente de aplicação e requisitos mínimos conforme a Tabela 1*”<sup>3</sup>.

Tabela 4.1 – Tipos de Argamassa de Revestimento (A.R.) e requisitos mínimos (NBR14992: 2003).

Anexos	Método/propriedade	Unidade	Idade de ensaio	Tipo I	Tipo II
B	Retenção de água	Milímetro (mm)	10 min	≤ 75	≤ 65
C	Variação dimensional	Milímetro por metro (mm/m)	7 dias	≤  2,00	≤  2,00
D	Resistência à compressão	Megapascal (MPa)	14 dias	≥ 8,0	≥ 10,0
E	Resistência à tração na flexão	Megapascal (MPa)	7 dias	≥ 2,0	≥ 3,0
F	Absorção de água por capilaridade aos 300 min	Gramas por centímetro quadrado (g/cm <sup>2</sup> )	28 dias	≤ 0,60	≤ 0,30
G	Permeabilidade aos 240 min	Centímetros cúbicos (cm <sup>3</sup> )	28 dias	≤ 2,0	≤ 1,0

<sup>3</sup> Transcrita nesse trabalho como Tabela 4.1.

As argamassas de rejuntamento são classificadas apenas como Tipo I e Tipo II e são assim definidas:

- **Rejuntamento tipo I:** Argamassa à base de cimento Portland para rejuntamento de placas cerâmicas para uso em ambientes internos e externos, desde que observadas as seguintes condições: (a) aplicação restrita aos locais de trânsito de pedestres transeuntes, não intenso; (b) aplicação restrita a placas cerâmicas com absorção de água acima de 3% (grupos II e III – segundo NBR13817); (c) aplicação em ambientes externos, piso ou paredes, desde que não excedam 20m<sup>2</sup> e 18m<sup>2</sup>, respectivamente, limite a partir do qual são exigidas as juntas de movimentação, segundo NBR13753 e NBR13755.
- **Rejuntamento tipo II:** Argamassa à base de cimento Portland para rejuntamento de placas cerâmicas, para uso em ambientes internos e externos, desde que observadas as seguintes condições: (a) todas as condições do tipo I; (b) aplicação em locais de trânsito intenso de pedestres/transeuntes; (c) aplicação em placas cerâmicas com absorção de água inferior a 3% (grupo I – segundo NBR13817); (d) aplicação em ambientes externos, piso ou parede, de qualquer dimensão, ou sempre que se exijam as juntas de movimentação; (e) ambientes internos ou externos com presença de água estancada (piscinas, espelhos d'água etc).<sup>4</sup>

Os rejuntas Tipo I estão praticamente banidos do mercado por terem diversas restrições e, ainda, não serem tão completos quanto os rejuntas Tipo II que, por serem flexíveis e suportarem maiores tensões, são os mais comumente utilizados. Entretanto, os rejuntas comuns ainda podem ser encontrados quando são dosados em obra com mistura de cimento e areia ou nata de cimento. Todavia, esses rejuntas devem ser aplicados apenas em cerâmicas e juntas adequadas devido à rigidez característica das suas propriedades. PAES e CARASEK (2001) observaram que o preenchimento de juntas com rejunte rígido pode inibir a expansão do revestimento, sujeitando-o a elevadas tensões de compressão, ocasionando fissuração e som cavo no revestimento.

---

<sup>4</sup> Para ambientes agressivos quimicamente ou mecanicamente e outros tipos de revestimentos, assim como ambientes com temperaturas acima de 70°C ou abaixo de 0°C (estufas ou câmaras frigoríficas), a NBR14992:2003 recomenda consultar o fabricante do rejunte para esclarecer qual o produto adequado.

Os rejuntas industrializados possuem diversas vantagens frente aos dosados em obra. De acordo com JUNGINGER (2003), o controle de produção e a qualidade de matéria prima, resultando em boa garantia de homogeneidade, tanto em termos estéticos quanto em propriedades mecânicas, após a aplicação, são algumas dessas vantagens. Ainda segundo o mesmo autor, os rejuntas industrializados são compostos basicamente por cimento, corantes, retentores de água, agregados miúdos selecionados e polímeros em forma de pó redispersível, além de cargas minerais específicas de cada fabricante. GOLDBERG (1998 *apud* JUNGINGER 2003) relata que, embora haja grande variação nas fórmulas de diferentes fabricantes, elas pouco contribuem para a flexibilidade e resistência de aderência, propriedades fundamentais para rejuntas externos.

Quanto maiores as solicitações a que o revestimento cerâmico está exposto, maiores também são os esforços que atuam sobre o rejunte. Por exemplo, a capacidade de deformação do rejunte é muito mais importante numa fachada que recebe insolação e está sujeita a ciclos higrotérmicos do que na maioria dos revestimentos internos, que sofrem variações dimensionais menos intensas (JUNGINGER, 2003).

#### **4.2.2 – FUNÇÕES DOS REJUNTES.**

Apesar de ser considerado praticamente sem muita função pela maioria do consumidor leigo, a A.R. possui diversas funções que são relatadas, segundo JUNGINGER (2003), da seguinte forma:

- Auxiliar no desempenho estético do revestimento;
- Estabelecer regularidade superficial;
- Compensar variação de bitola e facilitar assentamento das placas;
- Vedar o revestimento cerâmico;
- Permitir difusão de vapor de água;
- Proporcionar alívio de tensões;
- Otimizar aderência das placas.

Este mesmo autor ainda comenta que uma determinada função pode não ter relevância em alguns casos e que, nenhuma ordem de importância é dada às funções, pois determinada função pode ser mais importante que outra dependendo da situação.

Das funções citadas por JUNGINGER (2003) uma delas tem fundamental importância na ocorrência da patologia de desagregação (“esfarelamento”) do rejunte que é tema deste trabalho: vedar o revestimento cerâmico. Esta é detalhada, pelo mesmo autor, como sendo função do rejunte, como material de enchimento, vedar a passagem de agentes deletérios para trás do revestimento ou, em outras palavras, tem a função de vedar o revestimento cerâmico, impedindo a passagem de água líquida que pode levar ao surgimento de manchas provenientes de lixiviação, danos por ciclos de secagem/umedecimento entres outros, como juntas não preenchidas ou mal preenchidas. Quanto a este último fato JUNGINGER (2003) relata que podem ocorrer juntas preenchidas apenas superficialmente, formando uma capa frágil que pode desagregar-se após alguns meses da entrega da obra, conforme demonstrado na Figura 4.1:

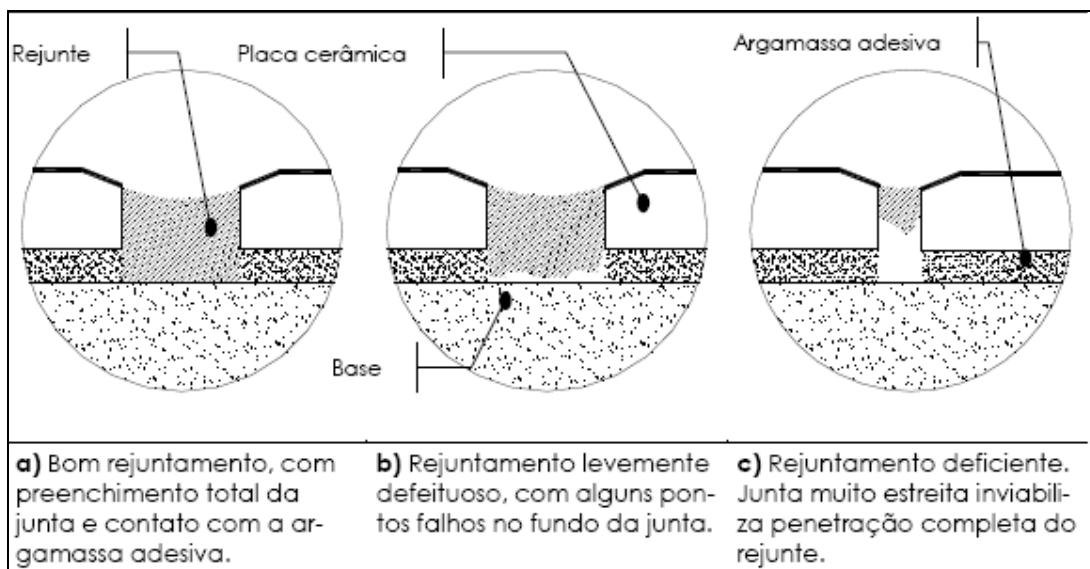


Figura 4.1 – Condições para rejuntamento, conforme largura das juntas (JUNGINGER,2003).

JUNGINGER (2003) ressalta ainda que esta situação pode ser agravada pela adição de água ao rejunte cimentício com o objetivo de deixá-lo mais fluído facilitando sua penetração, o que pode ocasionar aumento de porosidade, queda de resistência e desagregação prematura por fissuras entre o rejunte e a placa cerâmica, por fissuras no rejunte ou através do corpo do rejunte quando o mesmo não apresenta compacidade suficiente para evitar que a água transpasse.

De acordo com JUNGINGER (2003), o rejunte é um componente do revestimento cerâmico tão essencial quanto qualquer outro para o desempenho do conjunto. BRITO *et al* (2003) relatam que a durabilidade do sistema de revestimento cerâmico não é eterna e está diretamente ligada ao estado de degradação do rejunte, bem como da sua concepção, execução e manutenção. Caso o comportamento do rejunte, ou melhor, seu desempenho, seja prejudicado por falha de aplicação ou especificação, a vida útil do revestimento pode ficar comprometida (JUNGINGER, 2003).

#### 4.2.3 – TIPOS DE JUNTAS

São vários os tipos de juntas que podem ser executadas no revestimento. Cada uma delas tem função distinta e devem ser preenchidas por materiais diferentes.

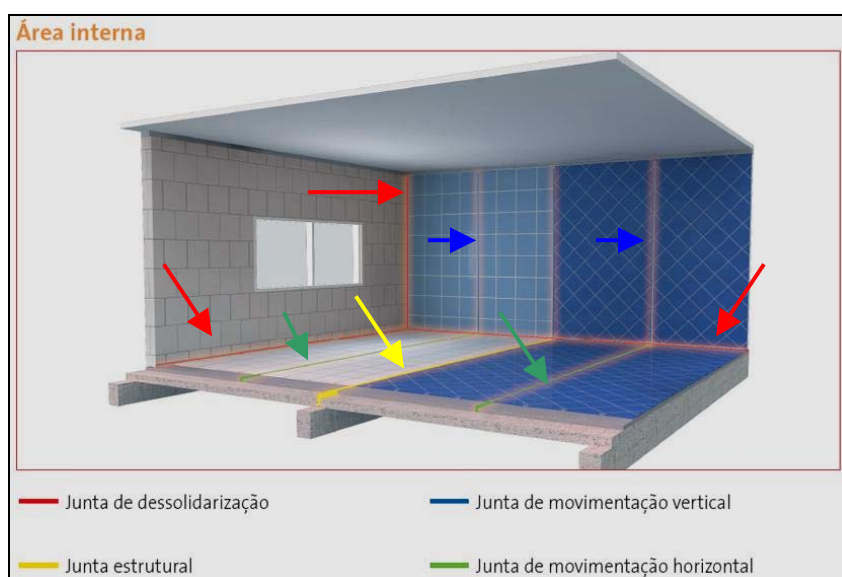


Figura 4.2 – Esquema de juntas em área interna (O Guia Weber Digital, 2008).

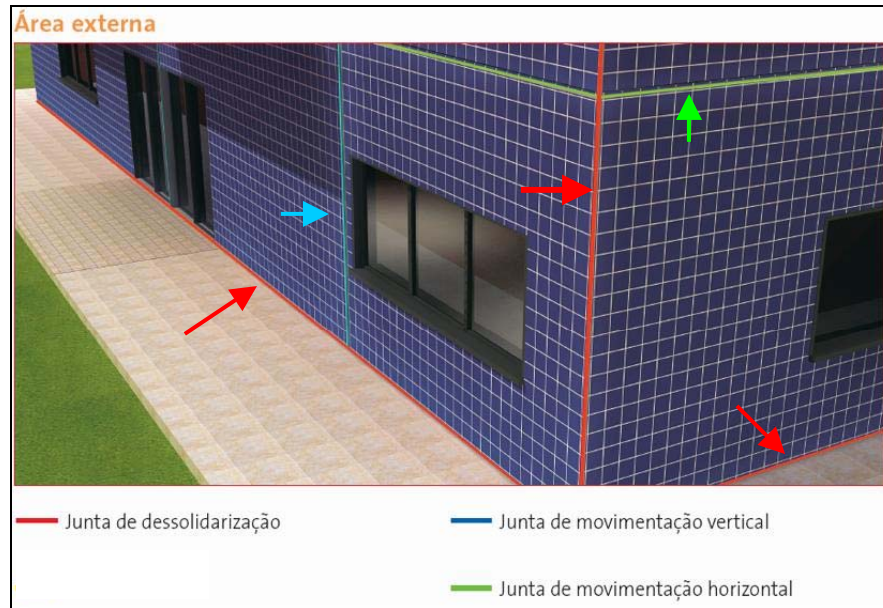


Figura 4.3 – Esquema de juntas em área externa (O Guia Weber Digital, 2008)

**a) Juntas de assentamento:** espaço regular entre duas placas cerâmicas adjacentes. Segundo as NBR's 13753, 13754 e 13755 (ABNT, 1996) ao executar o assentamento das placas cerâmicas, devem-se manter espaçamentos ou juntas entre elas, para preencher as seguintes funções:

- Compensar a variação de bitola das placas cerâmicas, facilitando o alinhamento;
- Atender a estética, harmonizando o tamanho das placas e as dimensões do pano a revestir com a largura das juntas entre as placas cerâmicas;
- Oferecer relativo poder de acomodação às movimentações da base e das placas cerâmicas;
- Facilitar o perfeito preenchimento, garantindo a completa vedação da junta;
- Facilitar a troca de placas cerâmicas.

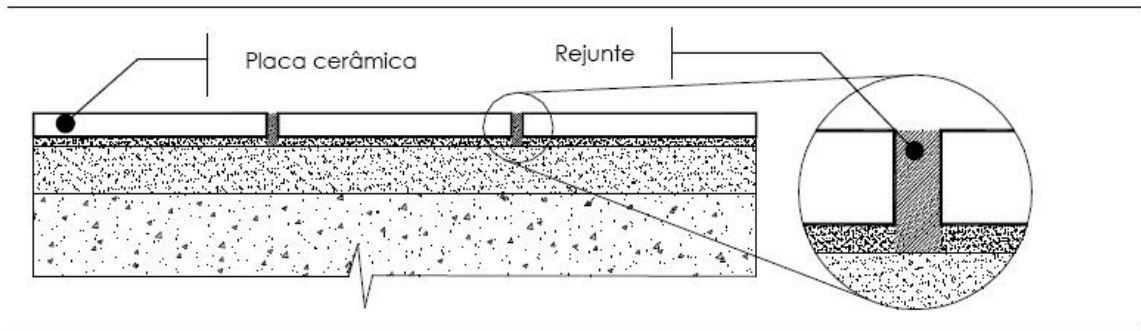


Figura 4.4 – Acabamento plano de uma junta de assentamento (JUNGINGER, 2003).

As juntas de assentamento podem ser preenchidas por produtos de base cimentícia, epóxi ou resinas furânicas. Devem ter largura suficiente para suportar as movimentações dos revestimentos. Juntas muito estreitas podem ser insuficientes para acomodar as dilatações sofridas pelos revestimentos, ocasionando no destacamento das peças uma vez que as mesmas não têm espaço suficiente para expandir-se acabando por estufar as peças (Figura 4.5).

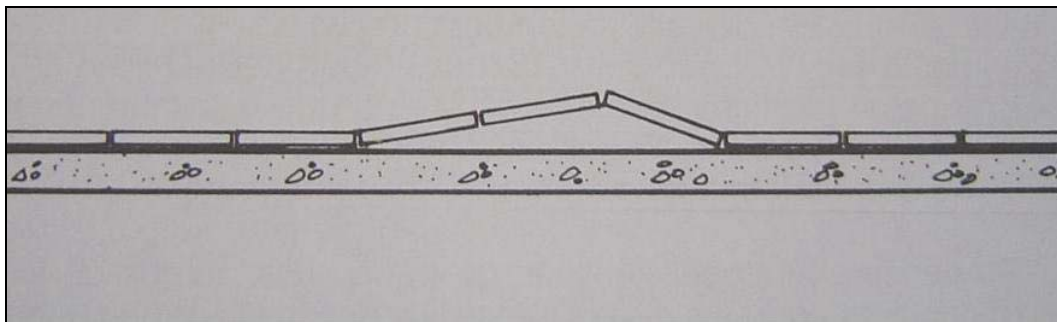


Figura 4.5 – Exemplo de estufamento cerâmico típico de revestimento com largura insuficiente das juntas de assentamento (THOMAS, 1989).

A largura ideal a ser utilizada deve estar indicada na caixa do revestimento, pois o fabricante deve garantir que a largura é suficiente para suportar as dilatações sofridas pelo revestimento tais como a Expansão Por Umidade (EPU).

Juntas secas (< 2mm) são ainda muito utilizadas mas, devem ser repensadas e evitadas. Teoricamente, revestimentos com absorção de água quase nulo, como os porcelanatos, poderiam aceitar este tipo de junta uma vez que sua expansão,

provavelmente, também será nula. Entretanto, diversos autores concluem que mesmo para este tipo de revestimento é extremamente importante dimensionar juntas de aproximadamente 5mm, principalmente em fachadas.

**b) Juntas de movimentação:** espaço regular, normalmente mais largo que as juntas de assentamento, cuja função é subdividir o revestimento para aliviar tensões provocadas pela movimentação da base ou do próprio revestimento. Em pisos e paredes internas (NBR13753 e 13754, respectivamente) é recomendada a execução de juntas de movimentação sempre que a área for igual ou maior que 32m<sup>2</sup> ou sempre que uma das dimensões do revestimento for maior que 8m. Já em exteriores ou locais sujeitos à insolação e/ou umidade, as normas se divergem quando, a primeira (NBR13753), diz que as juntas de movimentação devem ser executadas sempre que a área for igual ou maior a 20m<sup>2</sup> ou uma das dimensões for maior que 4m e, a segunda (NBR13754), diz que as juntas de movimentação devem ser feitas sempre que a área for igual ou maior a 24m<sup>2</sup> ou uma das dimensões for maior que 6m.



Figura 4.6 – Detalhe de execução de juntas de movimentação (O Guia Weber Digital, 2008).

**c) Juntas de dessolidarização:** espaço regular cuja função é separar o revestimento da base para aliviar tensões provocadas pela movimentação da base ou do próprio revestimento. As juntas de dessolidarização devem ser executadas no perímetro da área revestida, no encontro da área revestida com pisos e forros, colunas, vigas, ou com outros tipos de revestimentos, e onde há mudança de materiais. A largura “L” dessas juntas (Figuras 4.7, 4.8, e 4.9) deve ser dimensionada em função das movimentações previstas para o revestimento e em função da deformabilidade admissível do selante. A junta deve aprofundar-se até a



base, ou até a camada de impermeabilização quando existir, devendo ser preenchida com material deformável, sendo em seguida vedada com selante flexível.

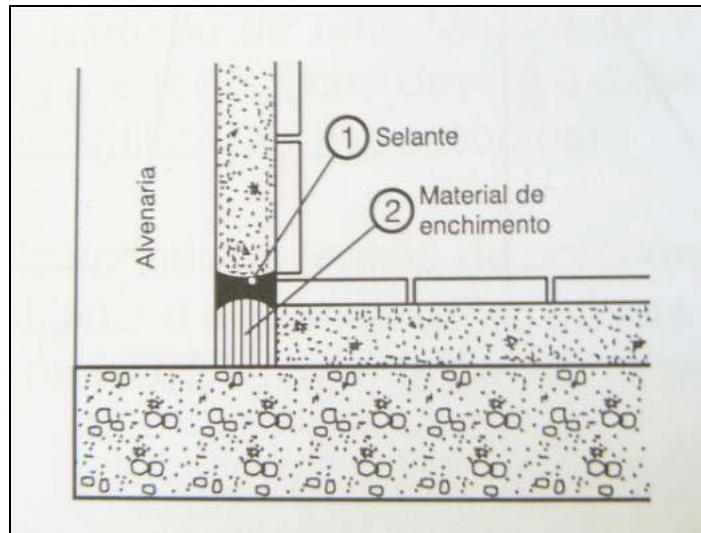


Figura 4.7 – Detalhe da junta de dessolidarização executada no encontro de piso e parede (THOMAS, 1989)

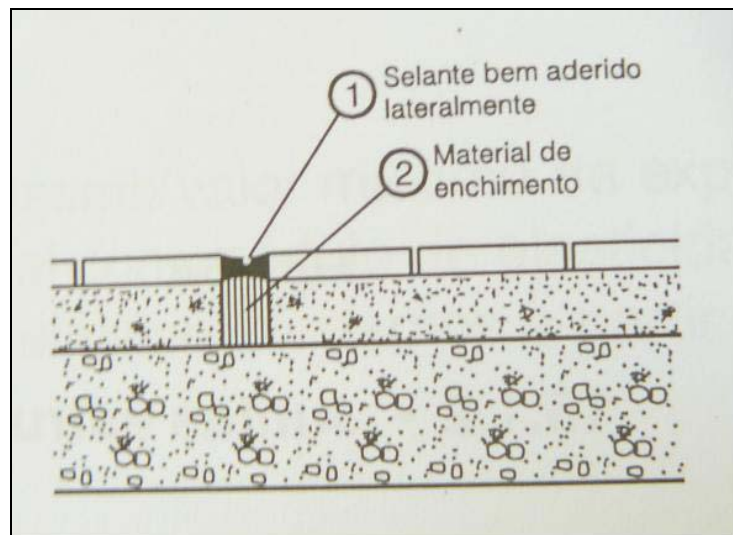


Figura 4.8 – Detalhe da junta de dessolidarização executada em piso (THOMAS, 1989).

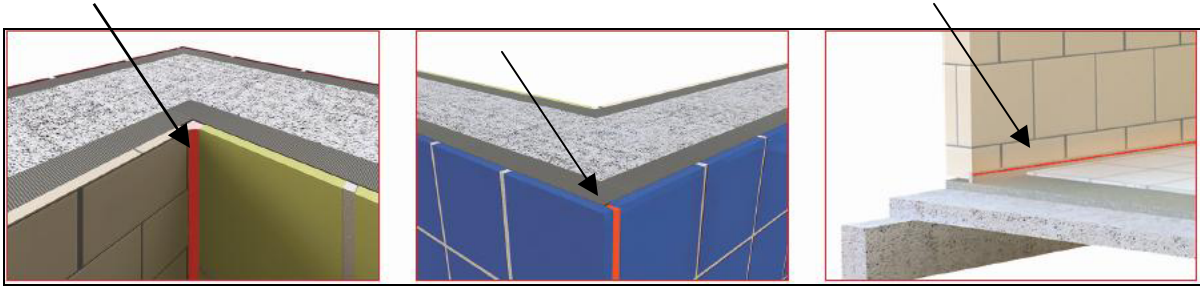


Figura 4.9 – Detalhes de juntas de dessolidarização (O Guia Weber Digital, 2008)

- d) **Juntas estruturais:** espaço regular cuja função é aliviar tensões provocadas pela movimentação da base onde é aplicado o revestimento ou pela própria expansão das placas cerâmicas (O Guia Weber Digital, 2008). Devem ser respeitadas em posição e largura, em toda a espessura do revestimento.



Figura 4.10 – Junta estrutural (O Guia Weber Digital, 2008)

No enchimento das juntas de movimentação, de dessolidarização e estruturais, devem ser empregados materiais altamente deformáveis como borracha alveolar, espuma de poliuretano, manta de algodão para calafetação, cortiça entre outros. Para vedação dessas juntas, deve-se empregar selantes à base de elastômeros, tais como poliuretano, polissulfeto, silicone, etc.

#### 4.2.4 – REJUNTE CIMENTÍCIO.

Como pôde ser visto anteriormente, existem no mercado alguns tipos de rejuntas, entretanto, o objetivo central deste trabalho é baseado nos rejuntas de base cimentícia e monocomponentes. Estes rejuntas são basicamente compostos de

aglomerante (geralmente cimento portland), agregado, pigmentos, polímeros e aditivos. A proporção entre o aglomerante e o agregado gira em torno de 25-30% e 75-70% respectivamente. Os aditivos (retentor de água, hidrorrepelente, incorporador de ar e outros) costumam ter a mesma proporção independente do tipo e indicação do rejunte, diferentemente dos polímeros que tendem a variar de acordo com a especificação do rejunte e utilização do mesmo. O que certamente altera é a quantidade e cor dos pigmentos utilizados e a granulometria do agregado que vai variar se houver indicação distinta para juntas finas, médias e largas<sup>5</sup>.

Além da largura das juntas é comum encontrar no mercado atual rejuntas indicados para diversas finalidades como piscinas, fachadas, porcelanatos ou pedras em geral apesar da norma NBR14992 (ABNT, 2003) fazer menção apenas a dois tipos de rejuntas (Tipo I e Tipo II) conforme já comentado anteriormente. De certo modo estas diferenciações tendem a facilitar a vida do consumidor, entretanto, se o fabricante não for idôneo, podem apenas significar uma estratégia de marketing não existindo, de fato, ajustes na composição capaz de proporcionar efeitos para os quais estão sendo indicados. Como a Norma não é abrangente, cada fabricante vai ditando suas regras baseados apenas nos limites mínimos preconizados por ela.

Independentemente do fabricante, da sua linha de produtos ou da sua estratégia de marketing, é extremamente importante que sejam seguidas atentamente suas orientações e que o rejunte seja adquirido com bastante conhecimento de causa. Uma junta preenchida por um tipo de rejunte escolhido erroneamente, pode ocasionar diversas patologias. Como exemplo simples e corriqueiro pode ser citado o preenchimento de juntas finas (aproximadamente 2mm) com rejunte indicado para juntas médias (aproximadamente de 4 a 10mm) ocasionando patologias tais como a desagregação do rejunte uma vez que o mesmo possui granulometria grossa para a junta em questão, não penetrando suficientemente até a profundidade ideal para um bom rejuntamento. Este mesmo exemplo pode ser também esclarecido pela passagem já comentada anteriormente no item 4.2.2 onde o profissional acaba por adicionar excesso de água de amassamento da pasta a fim de deixá-lo mais fluido,

---

<sup>5</sup> Atualmente, alguns fabricantes optaram por comercializar um único tipo de rejunte para juntas que variam de 2 a 10mm, apesar de ainda existir no mercado rejuntas específicos para cada finalidade.

facilitando sua penetração ocasionando, conseqüentemente, perda da sua resistência.

#### **4.2.4.1 – COMPONENTES DO REJUNTE.**

Vale a pena caracterizar aqui, mesmo que brevemente, cada matéria prima que compõe as argamassas de rejuntamento (de base cimentícia).

- **Aglomerante:**

Aglomerantes são materiais pulverulentos que se hidratam em presença de água formando uma pasta resistente capaz de aglutinar agregados, dando origem às argamassas e concretos (RIBEIRO, 2000).

- **Agregado:**

Segundo RIBEIRO (2000), agregado é a denominação genérica dada aos materiais para se obterem as argamassas e concretos. Os agregados apresentam-se em forma de grãos, tais como areias e britas, sendo que devem ser inertes, ou seja, não devem provocar reações indesejáveis. Os agregados constituem da ordem de 70% do volume total dos produtos em que são utilizados, desempenhando, em conseqüência, um importante papel do ponto de vista do custo total dos mesmos. Além disto, propiciam uma menor retração das pastas formadas por cimento e água e aumentam a resistência ao desgaste superficial das argamassas e concretos.

- **Polímeros**

Denominados também como pós redispersíveis, os polímeros atuam nas argamassas pré-fabricadas como aglutinante polimérico seco e são os principais responsáveis por uma boa aderência entre o substrato e o revestimento. Isso assume uma importância decisiva quando são utilizados materiais de baixa porosidade, onde não é possível uma fixação mecânica ou cimentação da argamassa cimentícia necessitando da colagem química através da formação do filme polimérico colante que pode ser visto pela Figura 4.11 (WACKER, 2001). Nas A.R.'s esta colagem torna-se extremamente importante no rejuntamento de revestimentos de baixa absorção tais como pastilhas de porcelana, pastilhas de

vidro, porcelanatos entre outros , assim como também é de extrema importância na melhora da aderência do rejuntamento de revestimentos que, infelizmente, possuem as laterais esmaltadas<sup>6</sup>.

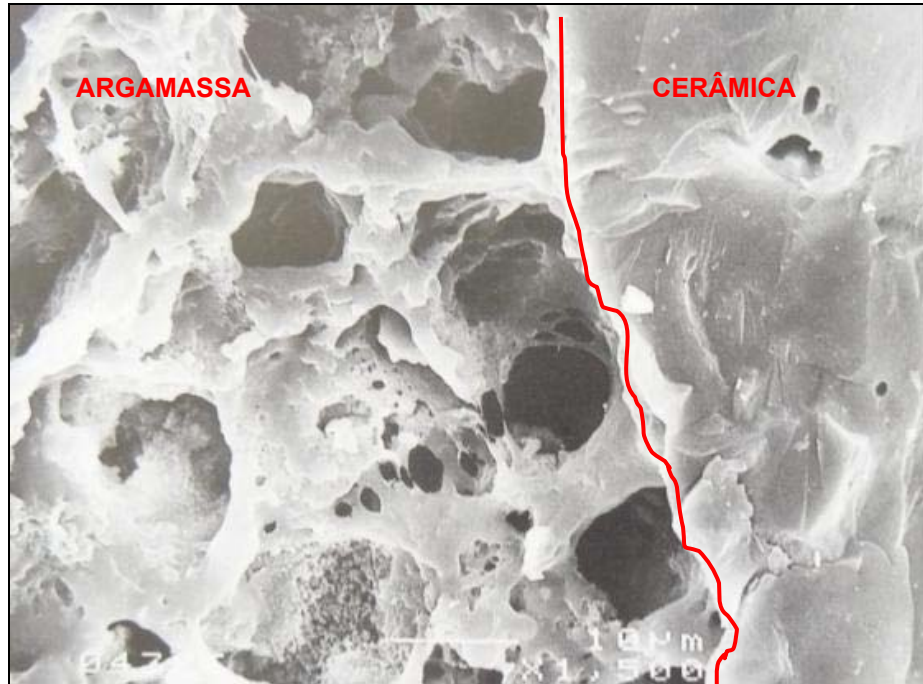


Figura 4.11 - Filme polimérico formado com pós redispersíveis (polímeros), construindo uma “ponte adesiva” entre argamassa cimentícia (lado esquerdo) e a cerâmica (azulejo de porcelana, lado direito) (Fonte: Catálogo VINNAPAS - Wacker, 2001).

Os dois sistemas de aglutinantes, ou seja, o aglutinante mineral cimento e o aglutinante polimérico constituem complementos ideais. A combinação desses dois elementos dentro de uma argamassa pré-fabricada proporciona propriedades e características sinérgicas excelentes que não seriam conseguidas por nenhum deles sozinhos (WACKER, 2001).

#### ▪ Aditivos

MEHTA e MONTEIRO (1994) citam que a ASTM C 125 define o aditivo como um material, além da água, agregados, cimentos hidráulicos e fibras, empregado como

<sup>6</sup> O esmalte que escorre nas laterais das cerâmicas é extremamente prejudicial ao desempenho do rejuntamento, pois caso o rejunte não possua grande carga polimérica, ele irá desprender das laterais da cerâmica à medida que a estrutura movimentar, ou através da própria dilatação e/ou expansão da cerâmica.

um constituinte do concreto ou argamassa e adicionado na betoneira imediatamente antes ou durante a mistura. Os autores relatam que o Comitê ACI 212 lista algumas finalidades importantes para os quais os aditivos são empregados, por exemplo, aumentar a plasticidade do concreto sem aumentar o teor de água, reduzir a exsudação e a segregação, retardar ou acelerar o tempo de pega, acelerar a velocidade de desenvolvimento da resistência nas primeiras idades, entre outras.

Vale ressaltar que, nas argamassas industrializadas (revestimento, assentamento, colantes e rejuntamento), geralmente o aditivo é adicionado e misturado no momento da fabricação das argamassas, não sendo adicionado na betoneira ou argamassadeira instantes antes ou durante a mistura no local. As argamassas industrializadas, assim como o rejunte utilizado neste trabalho, são geralmente ensacadas já com todas as matérias primas misturadas na fábrica, bastando adicionar água no momento da sua utilização.

#### ▪ Pigmentos

OLIVEIRA *et al* (1998) definem pigmento um particulado sólido, orgânico ou inorgânico, branco, preto, colorido ou fluorescente insolúvel no substrato no qual venha a ser incorporado, que não reaja quimicamente ou fisicamente com este. Ainda segundo estes autores, a classificação dos pigmentos pode ser de vários modos: com base na origem, cor, constituição química, método de preparação e uso. Todavia, a classificação basicamente é aquela que divide os pigmentos em dois grupos muito gerais: pigmentos orgânicos e pigmentos inorgânicos<sup>7</sup>. Cada grupo pode, por sua vez, ser subdividido em pigmentos naturais, encontrados na natureza, e sintéticos, produzidos através de processos químicos. Os pigmentos orgânicos se diferenciam dos inorgânicos, principalmente pela vasta gama de tons muito brilhantes e pelo elevado poder de coloração. Por outro lado, os pigmentos inorgânicos apresentam, sobretudo, uma excelente estabilidade química e térmica e também, em geral, uma menor toxicidade para o homem e para o ambiente.

Entre os possíveis métodos de classificação dos pigmentos inorgânicos, historicamente utilizados, mas não completamente satisfatórios, é a subdivisão dos

---

<sup>7</sup> Vale ressaltar que o pigmento usado neste trabalho é caracterizado como inorgânico.

pigmentos inorgânicos em naturais e sintéticos. Os pigmentos naturais são aqueles encontrados na natureza e, por um período muito longo, estes foram os únicos pigmentos conhecidos e utilizados. Entre os pigmentos naturais mais utilizados pode-se mencionar os óxidos simples e em particular os óxidos de ferro, já que dão origem a diversas colorações, do amarelo ao marrom e os espinelos contendo metais de transição. Os pigmentos inorgânicos sintéticos apresentam as seguintes características:

- Podem ser produzidos com um elevado grau de pureza química e uniformidade;
- Podem ser estudados e formulados para originarem colorações dificilmente obtidas com pigmentos inorgânicos naturais;
- Apresentam maior estabilidade térmica e química o que permite a coloração de materiais obtidos a elevadas temperaturas;
- São mais caros que os pigmentos naturais.

De fato, as propriedades mais importantes a serem consideradas são, a capacidade do pigmento de desenvolver cor (capacidade pigmentante) e render opaca a matriz na qual são dispersos. Outros numerosos fatores devem ser levados em consideração na seleção de um pigmento para uma aplicação específica entre estes, os mais restritivos são os requisitos de estabilidade química impostos pelo processo industrial. A tendência de um pigmento a solubilizar-se na matriz durante a aplicação industrial depende da área superficial específica, e, portanto, da distribuição granulométrica, do pigmento. Quanto mais fino é o pigmento, tanto maior é a sua tendência a solubilizar-se na matriz. A determinação da distribuição granulométrica ótima torna-se, portanto um compromisso entre as considerações de velocidade de dissolução e capacidade pigmentante. Para a maior parte das aplicações industriais, as partículas de pigmentos devem ter dimensões compreendidas entre 0,1 e 10  $\mu\text{m}$  (OLIVEIRA *et al*, 1998).

#### 4.2.4.2 – REJUNTE CIMENTICIO PARA CERAMICAS.

A NBR14992 (ABNT, 2003) define algumas diferenças para as A.R.'s Tipo I e Tipo II quanto à classificação das cerâmicas. O Tipo I é recomendado para cerâmicas do grupo de absorção II e III e o Tipo II para o grupo de absorção I, II e III. Para entender melhor esta separação é importante comentar sobre a classificação cerâmica.

A NBR13817 (ABNT, 1997) classifica as cerâmicas segundo critérios do tipo: esmaltadas e não esmaltadas, métodos de fabricação, grupos de absorção de água, classes de resistência à abrasão superficial, de resistência ao manchamento, de resistência ao ataque de agentes químicos e aspecto superficial ou análise visual. Os critérios que mais influenciam quanto à definição do rejunte são descritos a seguir:

Tabela 4.2 – Grupos de absorção de água (NBR 13817:1997).

<b>Grupos</b>	<b>Absorção de água (%)</b>
la	$0 < \text{Abs} \leq 0,5$
lb	$0,5 < \text{Abs} \leq 3,0$
Ila	$3,0 < \text{Abs} \leq 6,0$
Ilb	$6,0 < \text{Abs} \leq 10,0$
III	Abs acima de 10,0



Tabela 4.3 – Codificação dos grupos de absorção de água em função dos métodos de fabricação (NBR 13817:1997).

Absorção de água (%)	Métodos de Fabricação		
	Extrudado (A)	Prensado (B)	Outros (C)
Abs ≤ 0,5	AI	Bla	CI
0,5 < Abs ≤ 3,0		Blb	
3,0 < Abs ≤ 6,0	Alla	BIIa	CIIa
6,0 < Abs ≤ 10,0	Allb	BIIb	CIIb
Abs > 10,0	Alll	BIII	CIII

A ANFACER (Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmicas) completa a Tabela 4.3, classificando as cerâmicas da seguinte maneira:

Tabela 4.4 – Classificação das cerâmicas pelo grupo de absorção (ANFACER, 2000)

Absorção de água (%)	ISO-DIS 13.006	Produto	Grupo de absorção
Abs ≤ 0,5	Bla	Porcelanato	Quase nula
0,5 < Abs ≤ 3,0	BIIb	Grês	Baixa
3,0 < Abs ≤ 6,0	BIIa	Semi-Grês	Média
6,0 < Abs ≤ 10,0	BIIb	Semi-Poroso	Média Alta
Abs > 10,0	BIII	Poroso	Alta

No caso da indicação do rejunte, a característica da cerâmica que mais deve ser levada em consideração<sup>8</sup> é a absorção de água uma vez que a mesma representa a capacidade que as cerâmicas têm de absorver a A.R. através da aderência mecânica proporcionada pelo agulhamento da pasta de cimento ou da colagem química que depende muito mais da aderência devido à carga polimérica do rejunte.

<sup>8</sup> As demais características como, entre outras, resistência ao manchamento também são de extrema importância uma vez que poderão ocorrer patologias ocasionadas por impregnação do rejunte no esmalte, afetando a estética do revestimento. A característica de absorção de água mais se relaciona a este trabalho pelo fato de afetar diretamente a patologia de desagregação (“esfarelamento”).

Trocando em miúdos, as cerâmicas que possuem alta absorção de água são capazes de absorverem o rejunte através da aderência mecânica (agulhamento), ao contrário das cerâmicas que possuem baixa absorção que dependem da colagem química através de grande quantidade de polímeros em sua composição. Este é um dos motivos que torna a A.R. Tipo I escassa do mercado uma vez que a mesma não pode ser aplicada em todo tipo de cerâmica, limitando seu uso não só para ambientes internos como também para o tipo de cerâmica utilizada<sup>9</sup>.

O grau de absorção de uma cerâmica é uma característica extremamente relevante, pois quanto maior ele for, maior será a probabilidade dela absorver rapidamente a água de amassamento não só da argamassa colante como também da A.R. Caso isto aconteça, poderá ocorrer forte desidratação das argamassas, ocasionando excessiva retração das mesmas e, conseqüentemente, possíveis descolamentos cerâmicos, fissuras e desagregação do rejunte.

Entretanto, mais relevante ainda que o grau de absorção é a Expansão Por Umidade (EPU) que, conforme FIORITO (1994) é o nome dado ao inchamento que ocorre quando os revestimentos cerâmicos entram em contato com o meio ambiente logo após a saída do forno, prosseguindo após terem sido assentados podendo ser de importância para a estabilidade do mesmo quando em serviço. Este fenômeno é conhecido entre os ceramistas por "*moisture expansion*", dilatação higroscópica ou expansão por umidade. Esta elevada EPU ocasiona micro fissuras no esmalte cerâmico, pois, inicialmente o mesmo está sob ligeira compressão. O inchamento do corpo cerâmico introduz gradativamente tensões de tração no esmalte compensando as de compressão. A partir do instante em que as tensões se anulam pode se iniciar o gretamento (Figura 4.12).

---

<sup>9</sup> Apenas para reforçar, o rejunte apresentado e estudado neste trabalho é classificado como Tipo II, podendo ser aplicado em cerâmicas de qualquer grupo de absorção.



Figura 4.12 – Efeito da expansão provocando o gretamento do esmalte de uma louça de mesa após alguns anos de uso (FIORITO, 1994).

A causa desta expansão é atribuída à reidratação dos minerais argilosos que compõem o corpo cerâmico, A ordem de grandeza dessa deformação é de 0,0003 a 0,0007 mm/mm após dois anos de exposição ao ar. Entretanto, quando da instalação do revestimento, uma pequena parte dessa expansão (avalia-se no máximo 10% de seu valor final) já ocorreu. O remanescente ocorrerá com o revestimento já assentado (FIORITO, 1994).

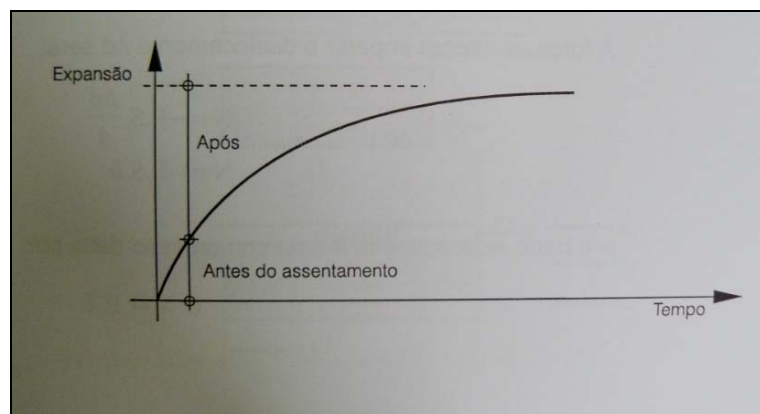


Figura 4.13 – Expansão das peças cerâmicas a partir da exposição às intempéries (FIORITO, 1994).

Caso a EPU seja elevada ( $>0,6\text{mm/m}$ ) poderá ocasionar dilatação (crescimento) da peça cerâmica, provocando rompimento do agulhamento da pasta de cimento, diminuindo a resistência de aderência da argamassa, provocando futuros

descolamentos cerâmicos e fissuração e/ou desagregação do rejunte, nos casos mais graves. FIORITO (1994) comenta que o aumento de dimensões das peças cerâmicas, qualquer que seja seu valor, implica compressão gradativa e indesejável no revestimento, pois a argamassa de fixação e o substrato tendem a impedir a expansão. O problema se agrava quando as peças cerâmicas são erroneamente assentadas sem juntas (juntas secas) ou encostadas umas às outras por meio do artifício, não recomendado, de espaçadores agregados à própria peça cerâmica com a intenção de que isso possa facilitar o assentamento. JUNGINGER (2003) relata que a EPU tem pouca influência no surgimento de manifestações patológicas e que, quando adquire importância significativa está associada a vários outros fatores que culminam por ocasionar o surgimento de algum tipo de problema. Apesar de JUNGINGER (2003) ter deduzido após leitura de vários trabalhos, a autora discorda da afirmação acreditando que a EPU influencia, e muito, em diversas manifestações patológicas, baseadas nas diversas ocorrências encontradas em revestimentos onde houve o gretamento cerâmico, sinal de elevada EPU.

#### **4.2.5 – APLICAÇÕES CORRETAS – BOAS PRÁTICAS.**

Diversas são as patologias ocorridas no rejuntamento cerâmico, porém, as aplicações incorretas e a falta de conhecimento e treinamento para a utilização desta argamassa são as maiores causas destas patologias.

Algumas regras devem ser obedecidas assim como: a) respeito ao prazo de 72 horas do assentamento para posterior rejuntamento, b) correta dosagem do produto e da água de amassamento, c) utilização de ferramentas adequadas, d) escolha ideal do rejunte para cada situação de revestimento etc. Serão descritas e detalhadas aqui algumas dessas regras:

- Escolher o rejunte adequado para cada tipo, largura e função de junta;
- Adquirir quantidade de um mesmo lote de rejunte para toda a obra ou pelo menos para mesmo panos de fachadas ou cômodos, evitando a diferença de tonalidade comum encontradas em lotes diferentes de produtos pigmentados;

- Utilizar ferramentas adequadas para o trabalho de rejuntamento, tais como caixote plástico, desempenadeira de base de borracha<sup>10</sup>, estopas e/ou esponjas limpas e de boa qualidade;
- O rejunte deve ser preparado em um recipiente que não absorva água e que seja inerte, isto é, que não solte partículas, corantes ou outros compostos que a ele possam misturar-se. Em suma, pode ser de metal que não sofra corrosão ou plástico resistente; caixotes de madeira são inadequados porque podem absorver a água de amassamento (JUNGINGER, 2003);
- Preparar a massa seguindo orientações do fabricante, atentando para a quantidade de água de amassamento, tempo de descanso (caso houver) e prazo para utilização da massa já preparada<sup>11</sup>;
- Antes de iniciar a aplicação do rejunte deve-se certificar que as juntas encontram-se limpas, livres do excesso de argamassa colante, de poeira e qualquer sujidade que possa impedir a boa aderência do rejunte;
- Após a limpeza é necessário que seja realizada a umedificação das juntas<sup>12</sup> para evitar a excessiva absorção do substrato e/ou do revestimento, a evaporação da água de amassamento devido à exposição a ventos intensos e baixa umidade relativa do ar, além de garantir a limpeza total das mesmas;
- Aplicar o rejunte usando desempenadeira emborrachada fazendo movimentos cruzados, formando um ângulo de aproximadamente 60° entre a desempenadeira e a superfície;
- Dar acabamento “frisando” o rejuntamento com haste de plástico<sup>13</sup>, no instante em que o rejunte já estiver começando a secar, mas, ainda não tiver secado por completo<sup>14</sup>;

---

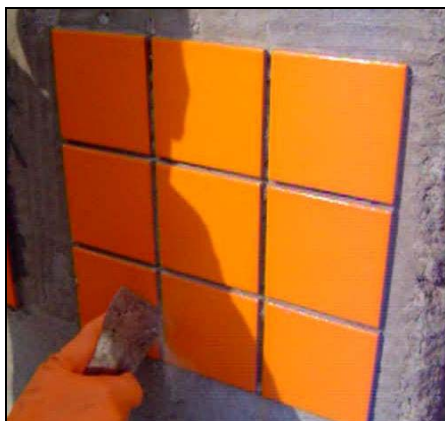
<sup>10</sup> Alguns aplicadores, fabricantes e até as NBR's 13753,13754 e 13755 indicam rodo de borracha para a aplicação do rejunte, prática condenada por esta autora uma vez que induz à adição excessiva de água de amassamento a fim de deixar a massa mais fluida, facilitando sua penetração na junta através da base frágil e flexível do rodo. Cabe ressaltar que, diferentemente dos rejuntas monocomponentes de base cimentícia, existem no mercado rejuntas fluidos e extremamente resinados para aplicação específica com rodo.

<sup>11</sup> De maneira geral, o pó deve ser adicionado aos poucos sobre a água e não o contrário, evitando a formação de partes secas no fundo do recipiente e facilitando a mistura. Após esta mistura inicial, podem ser adicionadas pequenas quantidades de água para ajuste da consistência final.

<sup>12</sup> Apesar desta orientação de umedificação das juntas ser preconizada pelas NBR's 13753:96, 13754:96 e 13755:96 (respectivamente pelos itens 5.8.4, 5.5.3 e 5.5.3), alguns fabricantes não recomendam esta prática ou simplesmente não fazem menção a mesma.

- Fazer limpeza inicial após um prazo que normalmente varia entre 15 e 30 minutos evitando assim que o rejunte seque sobre o revestimento, dificultando limpezas futuras;
- Em dias muito quentes, com ventos incidentes e/ou baixa U.R. do ar, é importante molhar a área já rejuntada após 2 horas da aplicação, a fim de ajudar na cura e hidratação do produto.

Além dessas orientações vale ressaltar que o rejuntamento seja feito por profissional qualificado, de fino acabamento e não pelo servente menos qualificado da obra com o objetivo de evitar “perda de tempo” com esta fase.



a) limpeza do excesso de argamassa colante presente nas juntas.



b) limpeza do pó e demais pulverulências.

---

<sup>13</sup> As NBR's 13753, 13754 e 13755 recomendam frisar as juntas com haste de madeira macia ou de plástico. É importante ressaltar que, além da haste de plástico ser facilmente encontrada, pois é a mesma mangueira de nível usada na obra, evita o aparecimento de manchas amareladas que podem ocorrer quando utilizado madeira ainda verde que libera uma “nódua” provocando manchas amareladas no rejunte.

<sup>14</sup> Frisar o rejuntamento ainda muito molhado pode provocar uma espécie de migração dos finos do rejunte assim como do pigmento para a superfície do rejuntamento deixando-o pulverulento, além de deixá-lo com aparência áspera, “arrepitada”.



c) umedificação das juntas.



d) aplicação do rejunte com desempenadeira emborrachada.



e) frisamento das juntas com haste de plástico.



f) limpeza final da cerâmica com estopa limpa e seca.

Figura 4.14 – Etapas do rejuntamento.

#### 4.2.6 – PATOLOGIAS COMUNS OCORRIDAS NO REJUNTAMENTO

Os inúmeros casos de manifestações patológicas espalhados pelo Brasil e pelo mundo, muitas vezes são corrigidos sem que se estabeleçam claramente as causas do fenômeno, tornando-os crônicos. Alguns desses defeitos estão relacionados ao rejuntamento, que é relegado a um plano de menor importância do que o assentamento das placas e é executado sem preocupação com os aspectos técnicos. A habilidade do aplicador, representada muitas vezes pela experiência prática obtida sem qualquer treinamento, acaba prevalecendo sobre a técnica correta de aplicação, relata JUNGINGER (2003).

BOWMAN e WESTGATE (1992 *apud* JUNGINGER, 2003) enfatizam que o surgimento de manifestações patológicas não está relacionado a uma única causa, mas, é uma somatória de fatores que, quando adicionados, culminam com o surgimento de manifestações patológicas. Estes fatores podem ser externos ou internos ao edifício, ou seja, podem ter origem no meio ambiente ou no próprio comportamento complexo da edificação e de todos os seus subsistemas. Assim, como fatores externos, citam-se: choque térmico, chuva, vento, gases, organismos biológicos etc, e, como fatores internos: deformação lenta da estrutura, deformações diferenciais entre elementos distintos, ciclos de contração e expansão do edifício, decorrentes de acomodações higrotérmicas. Todos estes agentes agressivos acabam por ter grande impacto sobre a camada de revestimento (placas cerâmicas e rejunte), mas o rejunte cimentício, pelas suas próprias características físico-químicas, é menos resistente às agressões do que as placas cerâmicas esmaltadas sendo necessário que o mesmo seja aplicado em obediência aos mínimos padrões técnicos que garantam seu desempenho, fato esse que não foi observado em várias obras visitadas pelo autor (JUNGINGER, 2003).

BRITO *et al* (2003) relatam que grande parte das patologias verificadas em revestimentos cerâmicos externos em Portugal, deve-se à definição incorreta ou omissa dos tipos, dimensões e materiais do rejunte, desde o projeto de execução. Estes autores ainda relatam que o rejunte é considerado como o componente de mais rápida degradação, especialmente em exteriores e que, estudos recentes realizados em Israel indicam que a vida útil de um revestimento cerâmico externo pode ser 3 a 4 vezes menor do que o esperado quando as juntas não são devidamente concebidas.

Das patologias que podem ser identificadas no revestimento cerâmico, existe um grupo que corresponde à deterioração do material de preenchimento das juntas de assentamento. Neste grupo são incluídas as patologias de ordem estética, uma vez que, uma simples alteração de cor pode representar uma diminuição das características iniciais do rejunte. Esta relação de casualidade direta é justificada pelo fato de uma anomalia neste elemento do sistema de revestimento permitir uma entrada pontual de água na camada de assentamento (a qual pode ocorrer em qualquer altura no revestimento), dando início à degradação do elemento de



solidarização do revestimento, ficando a durabilidade restante do sistema de revestimento dependendo apenas do grau de agressividade do ambiente em que está aplicado. As origens das patologias ocorridas no rejunte podem ser variadas, tais como erros de projeto, falhas na execução do sistema do revestimento, ações de origens mecânicas externas ao sistema, ações ambientais e falhas de manutenção (BRITO *et al*, 2003).

Ainda segundo estes mesmos autores, no que dizem respeito à fase de projeto, as patologias podem ocorrer devido à incorreta prescrição do rejunte adequado, considerando a estereotomia do revestimento, incluindo o dimensionamento e localização das juntas em função das ações atuantes, podendo colocar em risco a durabilidade do revestimento. O rejunte deve possuir baixa capilaridade, a fim de impedir o transporte de sais solúveis do tardo das cerâmicas até a superfície das juntas ocasionando a eflorescência além de, como já mencionado anteriormente, proporcionar a liberação do vapor d'água contidos no sistema (argamassas de revestimento e colante) uma vez que as cerâmicas são impermeáveis.

Quanto aos erros de execução BRITO *et al* (2003) ressaltam o uso de produtos e/ou equipamentos inadequados para o preenchimento das juntas sem pressionar suficientemente o rejunte, ou mesmo da utilização de um rejunte com alto teor de cimento cuja retração elevada leva à ocorrência de fissuras nas juntas.

Já sobre as patologias ocasionadas pelas ações ambientais, os mesmos autores relatam que as juntas, por serem um dos componentes da camada exterior do revestimento, encontram-se expostas de forma direta às ações agressivas dos agentes ambientais externos. Nestes agentes podem ser incluídos: a Umidade Relativa do ar (U.R) no momento da aplicação das cerâmicas que pode levar não só ao descolamento precoce do revestimento, como também à ocorrência de eflorescências devidas à umedificação dos sais solúveis presentes principalmente no material de assentamento ou revestimento da alvenaria. Outra origem de eflorescência corresponde à lixiviação do hidróxido de cálcio contido nos materiais de assentamento ou de rejuntamento que contém cimento que carbonata à superfície dos ladrilhos, devido ao contato com o dióxido de carbono atmosférico. Também a formação de microrganismos (colonização biológica com algas, líquenes

e musgos), principalmente em juntas de assentamento externos em zonas úmidas e pouco soalheiras, e, mais raramente, de macrorganismos (vegetação, com raízes incrustadas sob o próprio revestimento), pode levar à degradação do rejuntamento.

Principalmente para estas patologias provenientes de agentes ambientais BRITO *et al* (2003) ressaltam que a manutenção do sistema de revestimento influencia diretamente sua durabilidade. Operações de limpeza e conservação permitem não só avaliar o estado de degradação dos componentes do revestimento (cerâmicas e rejunte) como também eliminar microrganismos e outras substâncias e assegurar a necessária permeabilidade ao vapor de água das juntas, eliminando dos poros a sujidade que dificulta as trocas gasosas no revestimento. Os autores salientam que existem casos em que os revestimentos são limpos com materiais inadequados como ácidos e bases fortes ou produtos de limpeza contendo sulfatos, provocando a deterioração dos elementos que os constituem principalmente os que possuem menor resistência às agressões, como os rejuntas.

Além dos casos mencionados, patologias tais como eflorescência, fissuras, “desplacamento”, desagregação e perda de cor são patologias comumente encontradas nos rejuntas. A eflorescência é descrita, de forma sucinta, como presença de sais solúveis que afloram à superfície na presença de água ou até mesmo em contato com o dióxido de carbono presente na atmosfera como já citado. Mas, falar sobre esta patologia daria um capítulo à parte, pois suas definições, causas e ocorrências são vastas e não há necessidade de serem relatadas aqui uma vez que não é o objetivo central deste trabalho.

A ocorrência de fissuras também é assunto vasto, pois podem ocorrer devido a vários fatores tais como: a) excesso de água de amassamento que enfraquecem a massa, diminuindo a resistência do rejunte devido à relação água /cimento (a/c), b) largura de junta incompatível com a indicação do rejunte, c) excessiva retração do cimento, d) movimentação estrutural, e) alto índice de EPU como mencionado anteriormente, entre outros. Caso o comportamento cíclico de expansão e retração térmica não seja suportado pelo rejunte e cause fissuração, a penetração de água pode contribuir para o aparecimento de simples manchas até problemas mais graves como o destacamento de placas (JUNGINGER, 2003).

A perda de cor ocorre, principalmente, pelo uso de pigmentos orgânicos que não têm resistência às intempéries (especialmente à insolação), ou pela despigmentação do rejunte ocasionada pela migração dos finos do pigmento à superfície do rejuntamento, sendo facilmente carregados por chuva e/ou limpeza das juntas.

O deslocamento ocorre principalmente pela má aderência do rejunte às laterais das cerâmicas que, normalmente, têm presença de esmalte escorrido na sua fabricação. JUNGINGER (2003) relata que a aderência do rejunte às placas pode ser mecânica e/ou química e é influenciada pela compatibilidade dos materiais utilizados, técnica de aplicação e limpeza das juntas. A falta de aderência rejunte/placa pode abrir precedentes para a entrada de diversos agentes nocivos ao revestimento, sendo essa preocupação particularmente importante para o caso do assentamento em fachadas. Além da aderência à lateral das placas, o rejunte deve estar também em contato com o fundo das juntas, aumentando indiretamente a área de contato das placas com o substrato o que proporciona um aumento de aderência tanto maior quanto maior a área das juntas em relação à área total (ITC,1987). O deslocamento pode ocorrer também quando o rejunte não penetra totalmente à profundidade da junta, formando apenas uma “capa” superficial que se desprende facilmente ao longo do tempo (demonstrado na Figura 4.1, na página 28).

A patologia de desagregação será tratada separadamente no próximo item.

#### **4.2.7 – PATOLOGIA DE DESAGREGAÇÃO DO REJUNTE.**

Alguns trabalhos sobre rejuntas já foram realizados mas, nenhum deles faz menção à patologia de desagregação. Este termo, conhecido popularmente como “esfarelamento” significa, do Michaelis<sup>15</sup>, ato ou efeito de desagregar-se; separação de partes agregadas, desunião. Introduzindo esta definição no contexto deste trabalho, o termo desagregação poderia ser entendido como: a) falta de coesão interna no estado endurecido, b) falta de ação dos aglomerantes no sentido de

---

<sup>15</sup> Michaelis – Moderno Dicionário da Língua Portuguesa. Site <http://michaelis.uol.com.br>, visitado em outubro de 2008.

consolidar a ligação com os agregados, c) instabilidade na matriz cimentícia que envolve os agregados seja por traço inadequado ou por deficiência de hidratação desta fase.

O presente trabalho visa conhecer e estudar esta patologia no sentido amplo da palavra “esfarelamento”, uma vez que é o que de fato ocorre ao rejunte quando o mesmo, após algum tempo de aplicado, desagrega-se facilmente da junta, apresentando-se pulverulento, como se fosse de fato uma farinha ou farofa.

Alguns fatores foram identificados como possíveis agentes causadores da patologia, no decorrer da coleta de dados para este trabalho. São eles:

- **Falta de umedificação das juntas de assentamento antes da aplicação do rejunte:** este procedimento resulta na rápida evaporação da água de amassamento do rejunte através da excessiva absorção do substrato e/ou do revestimento e, até mesmo, através da exposição a ventos fortes, sol incidente ou locais de baixa U.R.<sup>16</sup>.
- **Baixa quantidade de cimento:** este fator ocasiona a diminuição da resistência mecânica do rejunte uma vez que seu “traço” torna-se rico em agregado e não em aglomerante. Com a quantidade menor de cimento a propriedade física de resistência à compressão tende a diminuir tornando o rejunte fraco, com baixa capacidade de aglomerar-se, friável e de fácil desagregação.
- **Ausência e/ou excesso de aditivo hidrorrepelente:** estes dois fatores, apesar de se contrastarem, tendem a obter um mesmo resultado. Este aditivo é responsável pela melhora da impermeabilidade do rejunte que por ser à base de cimento, não é 100% impermeável. A ausência dele propicia uma elevada absorção de água do rejunte, tornando-o fraco, permitindo a passagem de água líquida podendo levar ao enfraquecimento da massa e à desagregação da mesma. Já o excesso deste aditivo, apesar da ausência de

---

<sup>16</sup> Fabricantes de argamassas dizem serem comuns as reclamações de rejuntas em cidades onde o clima é mais seco.

estudos e dados teóricos, parece propiciar e favorecer o “esfarelamento”, de acordo com verificações realizadas pelo Departamento de Controle de Qualidade de um determinado fabricante de A.R. o que será visto ao longo deste trabalho. De maneira geral, uma dosagem muito baixa ou muito alta de aditivo hidrorrepelente leva à mudanças das características e desempenho técnico da argamassa e pode, dessa forma, causar sérios danos nos diversos materiais de construção, seja através de uma aderência insuficiente ou por diminuição da flexibilidade e/ou durabilidade.

- **Excesso de pigmento:** quanto maior for a quantidade de pigmento no “traço” de uma argamassa colorida, maiores as chances de enfraquecimento da mesma. Apesar de não ser preconizado por Norma, fabricantes de pigmentos recomendam limite máximo de 0,05% de pigmento comparado ao total da formulação<sup>17</sup>, o que nem sempre é respeitado pelos fabricantes de argamassas que acabam por ultrapassar esse limite a fim de satisfazer as necessidades dos clientes que almejam cada vez mais produtos coloridos com cores fortes e exóticas. Vale ressaltar que, em rejuntas com alto índice de pigmentação é importante compensar a fragilidade causada por este alto índice com quantidade maior de cimento na sua formulação, evitando o enfraquecimento da massa.
  
- **Excesso de água de amassamento:** como todo produto cimentício, as propriedades do rejunte também estão intimamente ligadas à relação a/c, motivo pelo qual a quantidade de água deve seguir rigorosamente as recomendações do fabricante. Embora uma maior quantidade de água facilite a aplicação por tornar o rejunte mais trabalhável e fluido, ela pode prejudicar a coloração, diminuir a aderência, aumentar a porosidade e a retração; enfim, pode prejudicar as propriedades do rejunte endurecido (JUNGINGER, 2003).
  
- **Falhas de mão de obra:** ocasionam a desagregação do rejunte devido aos vários fatores já mencionados anteriormente como utilização de inadequadas ferramentas de aplicação, falta de leitura e compreensão das indicações dos

---

<sup>17</sup> Dados encontrados no site <<http://www.lanxess.com.br>> , visitado em outubro de 2008.

fabricantes contidas nas embalagens, excesso de água de amassamento conforme comentado no item anterior, além da escolha inadequada do funcionário responsável pelo rejuntamento.

- **Produto inadequado:** a utilização de rejunte inadequado para cada finalidade de rejuntamento é assunto vasto e complexo. Hoje em dia, os fabricantes de argamassas têm seu Portfólio individualizado, ou seja, desde que estejam em conformidade com a NBR14992 (ABNT, 2003), cada um indica seu produto para determinado fim. Por exemplo, um rejunte indicado apenas para cerâmicas, poderá desagregar-se caso seja aplicado num porcelanato, pois não irá aderir-se suficientemente às bordas do revestimento que requer maior quantidade de polímeros em sua formulação. Da mesma forma, um rejunte que não for indicado para piscinas for aplicado em uma, poderá enfraquecer e desagregar-se quando submetido ao regime submerso.

A falta de umedificação das juntas é, entre esses fatores, a mais plausível e concreta causa de esfrelamento, pois é fisicamente comprovada por situações ocorridas em locais onde a absorção do substrato ou a evaporação da água de amassamento foram excessivas. Esta afirmação foi feita pelo setor de Assistência Técnica de um determinado fabricante de A.R. que completa dizendo que, no inverno, quando todo o País sofre com as baixas umidades relativas do ar, as reclamações aumentavam até dado momento em que foi realizado forte trabalho de pós venda com os clientes, proporcionando orientações “*in loco*” além de informativos referentes à necessidade de umedificação das juntas antes do rejuntamento. Nem todos os fabricantes de rejuntas indicam a umedificação das juntas como método de aplicação. A AS 3958.2 (1992 *apud* JUNGINGER, 2003) cita que é necessário o umedecimento das juntas antes da aplicação para placas com absorção a partir de 10% entretanto, as NBR's 13753, 13754 e 13755 em seus itens 5.8.4, 5.5.3 e 5.5.3, respectivamente, orientam o umedecimento das juntas, sem mencionar grupo de absorção das cerâmicas.

O excesso de água de amassamento é comum ao canteiro de obras, pois facilita a mistura do rejunte, tornando-o mais leve e fácil de aplicar. JUNGINGER (2003) relata que esta foi a explicação dada pela mão de obra na maioria das obras visitadas

quando o questionamento era o motivo do excesso de água. Quanto a isto, este autor ressalta que o excesso de água de amassamento pode prejudicar a aderência e a cura do rejunte, deixando-o mais friável, poroso e com menor resistência mecânica.

Os demais fatores são ainda questionáveis e requerem diversos estudos específicos sobre os mesmos. O excesso de aditivo hidrorrepelente e/ou pigmento são dois dos que serão estudados neste trabalho.

## **CAPÍTULO 5 – TRABALHO EXPERIMENTAL.**

### **5.1 - MATERIAIS.**

Para a realização deste trabalho foram fabricados quatro tipos de rejuntas com uma mesma matriz (aglomerante + agregado), variando apenas a adição ou não de pigmento e/ou quantidade excessiva de aditivo hidrorrepelente. Estas amostras serão detalhadas posteriormente. Além das amostras de A.R. foram utilizadas cerâmicas 10x10cm para os ensaios de campo e ensaios extras.

Neste item, serão definidas, sucintamente, cada uma das matérias primas que compõem as amostras das A.R's além de caracterizar as cerâmicas utilizadas.

#### **5.1.1 – AMOSTRAS DE A.R.**

##### **a) *Aglomerante.***

Para a execução das amostras de rejuntas deste trabalho, foi utilizado como aglomerante o Cimento Portland de Alta Resistência Inicial (CPV-ARI). Segundo a NBR 5733 (1991), o cimento CP V - ARI é definido como o *“aglomerante hidráulico que atende às exigências de alta resistência inicial, obtido pela moagem de clínquer Portland, constituído em sua maior parte de silicatos de cálcio hidráulicos, ao qual se adiciona, durante a operação, a quantidade necessária de uma ou mais formas de sulfato de cálcio. Durante a moagem é permitido adicionar a esta mistura materiais carbonáticos, no teor especificado”*.



## b) Agregado.

Como agregado das amostras de rejunte utilizou-se o calcário dolomítico (malha 100), cuja curva granulométrica ideal é demonstrada na Figura 5.15. Segundo MEHTA e MONTEIRO (1994), dolomita consiste de um mineral (dolomita) advindo do dolomito puro que são rochas carbonáticas de maior variedade, denominadas calcários.

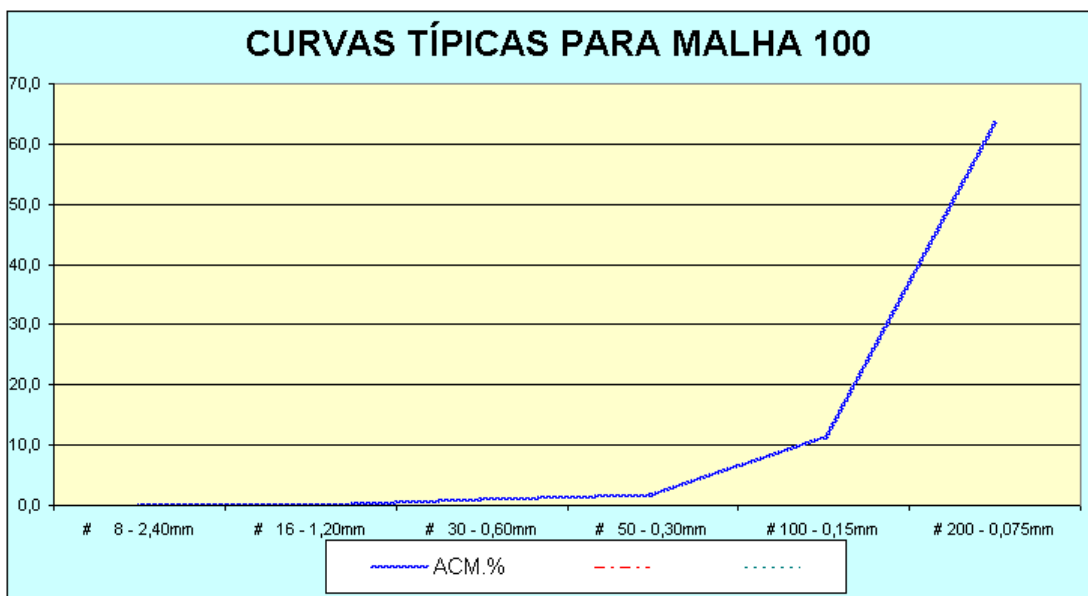


Figura 5.15 – Curva granulométrica típica para uma dolomita de malha 100 (#100).

## c) Aditivos.

### c.1 – Aditivo Hidrorepelente:

Aditivo à base de ésteres (ácidos graxos), conhecidos comercialmente por oleato de sódio. O Oleato de Sódio possui característica de não migrar do sistema (argamassa) após a cura, dando repelência duradoura, diferentemente de outras bases de aditivos hidrorepelentes, tais como os estearatos<sup>18</sup>.

<sup>18</sup> Dados obtidos de estudos da Makeni Chemicals (2008).

**c.2 – Aditivo Retentor de água:**

Aditivos à base de éteres celulósicos modificados, com viscosidade entre 40000 e 45000, responsáveis pelo aumento da trabalhabilidade, plasticidade e da retenção de água.

**c.3 – Aditivo incorporador de ar:**

Incorporador de ar a base de laurilsulfato, melhora, além da incorporação de ar, a trabalhabilidade da argamassa.

**d) Polímero.**

Pó redispersível responsável pelo aumento da aderência, resistência mecânica e flexibilidade das argamassas.

**e) Pigmento.**

Óxido de ferro sintético preto com teor de  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  entre 85% e 95%, densidade aparente entre 1,0 e 1,4 g/ml, densidade específica entre 4,2 e 4,6 g/cm<sup>3</sup> e, umidade de no máximo 3,5% .

**5.1.2 – CERÂMICAS:**

As cerâmicas 10x10cm usadas neste trabalho são classificadas pela ANFACER como semi-grês, possibilitando que a mesma fosse rejuntada por qualquer um dos tipos de rejuntas (Tipo I e Tipo II) classificados pela NBR14992 (ABNT, 2003). Quanto à EPU, elas encontram-se dentro da especificação da Norma 13818:1997, ou seja,  $\leq 0,6\text{mm/m}$ . Esta característica é extremamente importante neste trabalho, pois se a mesma possuísse alta EPU, poderia influenciar nos resultados uma vez que o rejunte poderia sofrer excessivas tensões provocadas pela expansão da cerâmica, falseando os resultados.

Tabela 5.5 – Classificação da cerâmica usada no trabalho.

<b>Características da cerâmica usada no trabalho</b>	
Tamanho	10x10cm
EPU	0,01mm/m
Absorção de água	4%
Grupo	Média Absorção
Classificação NBR13817 e ISO-DIS 13.006	BIIa
Classificação ANFACER	Semi Porosa

O material possui superfície esmaltada, propiciando fácil remoção do excesso de rejunte impregnado sobre ele, entretanto, passível de criar situações inconvenientes de existência de esmalte na lateral das cerâmicas, prejudicando a aderência da argamassa.

## 5.2 - EXECUÇÃO DOS ENSAIOS

### 5.2.1 – ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO - LABORATORIAIS.

Para realização deste trabalho foram produzidas quatro amostras de rejunte flexível Tipo II. Como o objetivo foi avaliar a influência que a pigmentação e/ou o excesso de aditivo hidrorrepelente exerce sobre o rejunte, as amostras foram produzidas com as seguintes variáveis:

- **AMOSTRA 1:** matriz<sup>19</sup> e aditivos, **sem pigmento**;
- **AMOSTRA 2:** matriz e aditivos, **com pigmento**;
- **AMOSTRA 3:** matriz e aditivos, **sem pigmento e com quantidade elevada<sup>20</sup> de aditivo hidrorrepelente**;
- **AMOSTRA 4:** matriz e aditivos, **com pigmento e com quantidade elevada de aditivo hidrorrepelente**, conforme demonstrado na Tabela 5.6.

Tabela 5.6 – Composição básica das amostras estudadas.

<b>Componentes</b>	<b>AMOSTRA 1</b>	<b>AMOSTRA 2</b>	<b>AMOSTRA 3</b>	<b>AMOSTRA 4</b>
Cimento Portland CPV – ARI	25%	25%	25%	25%
Dolomita #100	75%	75%	75%	75%
Aditivo Hidrorrepelente	0,35%	0,35%	0,60%	0,60%
Pigmento preto óxido de ferro	-	0,8%	-	0,8%
Demais aditivos em quantidades iguais para todas as amostras.				

<sup>19</sup> Matriz = cimento CPV ARI + dolomita #100.

<sup>20</sup> Com base na experiência profissional da autora, considera-se quantidade usual do aditivo hidrorrepelente a quantidade de 0,35% referente ao total da matriz (cimento + dolomita). Porcentagens superiores são consideradas elevadas. Foi definido usar como “quantidade elevada”, porcentagem bem superior aos 0,35% a fim de evitar resultados duvidosos e/ou questionáveis.

É importante salientar que, as amostras foram fabricadas com o mesmo lote de cada matéria prima a fim de eliminar variáveis provenientes de alterações ocorridas em lotes diferentes.

A fim de facilitar a compreensão e a correlação entre o nome das amostras e suas formulações, a nomenclatura utilizada a partir deste ponto será:

- Amostra 1 = **H35P0**: 0,35% de Hidrorepelente e 0% de Pigmento;
- Amostra 2 = **H35P8**: 0,35% de Hidrorepelente e 0,08% de Pigmento;
- Amostra 3 = **H60P0**: 0,60% de Hidrorepelente e 0% de Pigmento;
- Amostra 4 = **H60P8**: 0,60% de Hidrorepelente e 0,08% de Pigmento.

Foram fabricados 20kg de cada amostra. Destes, 6kg foram retirados para executar os testes de laboratório e de campo. Para os testes de laboratório foi definido realizar apenas alguns dos ensaios preconizados pela NBR14992 (ABNT, 2003) já descritos na Tabela 4.1. A definição da escolha destes ensaios baseou-se na importância que cada um exerce na análise e verificação da patologia de desagregação (“esfarelamento”) do rejunte. Os testes realizados e suas respectivas referências estão relacionados na Tabela 5.7.

Tabela 5.7 – Tipos de ensaios (e respectivas referências) realizados nas amostras estudadas.

<b>Anexos (NBR14992)</b>	<b>Método/Propriedade</b>	<b>Unidade</b>	<b>Idade de Ensaio</b>	<b>Tipo II</b>
B	Retenção de água	Milímetro (mm)	10 min	≤ 65
D	Resistência à compressão	Megapascal (MPa)	14 dias	≥ 10,0
G	Permeabilidade aos 240min	Centímetros cúbicos (cm <sup>3</sup> )	28 dias	≤ 1,0

Todos os ensaios descritos nesta tabela foram realizados em laboratório climatizado com umidade e temperatura ideais ( $60 \pm 5\%$  e  $23 \pm 2^\circ\text{C}$ , respectivamente) e, com

todos os equipamentos necessários devidamente calibrados conforme exigências das Normas Técnicas Brasileiras.

As execuções dos ensaios consistiram em:

**a) Ensaio de Retenção de Água.**

Após a mistura da A.R., moldou-se um corpo de prova cilíndrico e metálico, com diâmetro interno de  $(42 \pm 0,5)\text{mm}$ , com  $(12 \pm 0,5)\text{mm}$  de altura e espessura de parede de  $(2 \pm 1)\text{mm}$  com a mistura e rasou-se o copo. Colocou-se o mesmo com a boca voltada para baixo sobre um papel filtro sobre uma placa de vidro. Acionou-se o cronômetro imediatamente e, após 10 minutos, delimitou-se a mancha de umidade retida no papel, obtendo a média aritmética entre quatro medidas de diâmetros ortogonais encontrados (Figura 5.16, a, b e c).



a) copo cilíndrico moldado com a mistura do rejunte.



b) copo cilíndrico colocado com a boca voltada para baixo, em contato com o papel filtro.



c) média aritmética entre quatro medidas de diâmetros ortogonais registradas na mancha de umidade retida no papel filtro.

Figura 5.16 – Ensaio de retenção de água.

**b) Ensaio de Resistência à Compressão.**

Para este ensaio foram necessários quatro corpos de prova (CP's) cilíndricos, com diâmetro interno de  $(50 \pm 0,1)$ mm e altura de  $(100 \pm 0,2)$ mm. Após o preparo destes CP's com aplicação de fina camada de óleo mineral nas faces internas, moldou-os com a mistura do rejunte introduzida suavemente com colher, em porções de misturas formando três camadas de alturas aproximadamente iguais. Em cada camada aplicou-se 25 golpes com a colher na posição vertical, ao longo do perímetro da argamassa. Após o golpeamento da última camada, aplicou-se 5 golpes com um soquete metálico, a intervalos distribuídos ao redor da parede externa das fôrmas. Posteriormente levantou-se as fôrmas a uma altura aproximada de 3cm e soltou-as por dez quedas.

Após esta etapa, os CP's permaneceram, durante as primeiras 48 horas, sob condições de umidade  $(60 \pm 5)\%$  e temperatura  $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ . Passado este período os CP's foram desformados e mantidos por 12 dias em cura sob as mesmas condições de temperatura e ambiente anteriormente mencionadas. Após totalizados os 14 dias, fez-se o capeamento dos CP's conforme a NBR 7215 e realizou-se a ruptura dos mesmos, registrando as cargas de rupturas. O resultado final foi a média das resistências obtidas.



a) derretimento do enxofre



b) enxofre derretido sendo lançado na base da fôrma



c) modelagem da superfície do CP



d) CP capeado.

Figura 5.17 – Etapas do capeamento dos CP's, feito com enxofre.



Figura 5.18 – CP desformado e capeado.

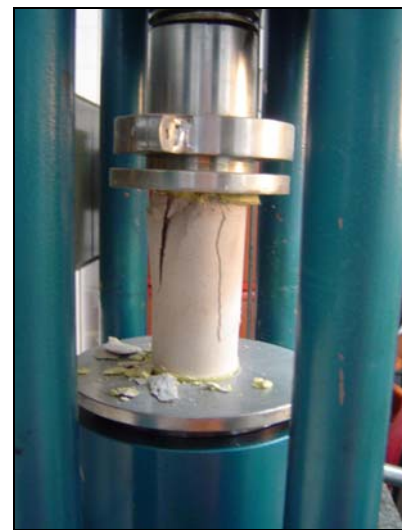


Figura 5.19 – Rompimento do CP.



**c) Ensaio de Permeabilidade aos 240 minutos.**

Para este ensaio foram necessários 3 CP's moldados em fôrmas cúbicas de metal não corrosivo de 50mm de aresta. Antes de inserir a mistura aplicou-se uma fina camada de óleo mineral nas faces internas das fôrmas. Estas foram colocadas sobre uma base nivelada e, suavemente, introduzida a mistura com colher em porções formadas por duas camadas de alturas aproximadamente iguais. Aplicou-se 25 golpes com a colher, em 15 segundos, ao longo de todo o perímetro da argamassa. Após o golpeamento da última camada aplicou-se 5 golpes em cada face com um soquete metálico. Rasou-se os moldes e, após levantá-los a uma altura aproximadamente de 3cm, soltou-os em queda por dez vezes.

Os CP's ficaram mantidos nas fôrmas durante as primeiras 48 horas em ambiente sob condições de umidade  $(60 \pm 5)\%$  e temperatura de  $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$  e, após estas primeiras 48 horas, fez-se a desfôrma mantendo-os sob as mesmas condições climáticas até completar os 28 dias. Passado este período, afixou-se uma coluna de vidro sobre a parte lisa (rasada) com um selante apropriado. Após introduzir água até a graduação zero da coluna, registrou-se a altura da água ao passar os 240 minutos.



Figura 5.20 - Confeção das fôrmas para realização do ensaio de permeabilidade aos 240 minutos.



Figura 5.21 – Detalhe da finalização do teste de permeabilidade aos 240 minutos, com a fixação da coluna de vidro sobre os CP's.

### 5.2.2 – ENSAIOS DE CAMPO.

Além dos testes preconizados por Norma foram também realizados testes em campo onde foram preparados quatro pequenos painéis de cerâmicas 10x10cm, assentadas com argamassa colante tipo ACII sobre emboço curado há mais de 14 dias (conforme recomendações da NBR 7200:2005), com juntas de assentamento de 5mm. Os painéis foram executados pelo mesmo profissional, sobre mesma base (alvenaria e emboço) evitando variáveis provenientes de mão de obra e bases diferentes.

Estes painéis foram executados ao ar livre, sob todos os efeitos das intempéries, passando por períodos de umidades baixas e períodos de muita chuva, durante o período de 12 meses. As análises realizadas foram descritas como observações visuais, avaliando sua resistência através de riscamento<sup>21</sup> sobre o rejuntamento com material pontiagudo<sup>22</sup> (ex.:prego) a fim de verificar sua textura e capacidade de

<sup>21</sup> Riscamento: ato ou efeito de riscar (Moderno Dicionário da Língua portuguesa – Michaelis, site <http://michaelis.uol.com.br>. Acesso em 14 de janeiro de 2009)

<sup>22</sup> A fim de evitar variáveis encontradas nesse procedimento tais como diferença do material utilizado, força e pressão exercidas, será sugerido no ANEXO 1 desse trabalho, ferramentas e metodologias para avaliação da desagregação da A.R., através da análise de riscamento da mesma.

desagregação (“esfarelamento”). Pela observação visual também foi possível avaliar a estética do rejuntamento verificando a presença de manchas ou diferença de tonalidade, ocorridas no decorrer do tempo em que os painéis rejuntados estiveram expostos às intempéries.



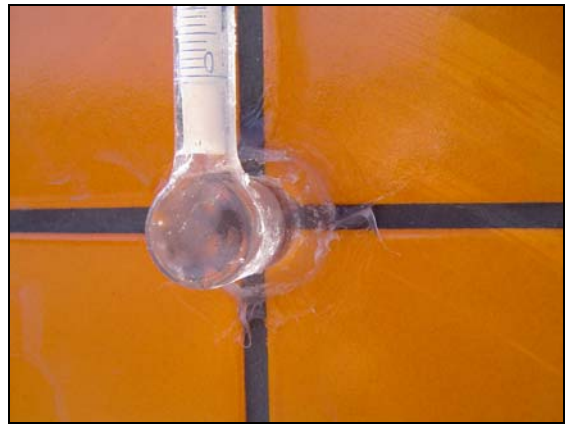
Figura 5.22 – Vista dos 4 painéis executados ao ar livre.

Um ensaio mais elaborado, porém empírico, foi realizado nos painéis simulando o teste de permeabilidade aos 240 minutos realizado em laboratório, conhecido como “teste do cachimbo”. Como a Norma Brasileira somente referencia testes laboratoriais, qualquer teste realizado em campo, sem as condições de umidade e temperatura ideais, deve ser considerado somente como teste empírico ou de

referência. Este teste consiste em afixar à superfície analisada, um tubo de vidro (cachimbo) em forma de “L”, graduado em décimos de milímetro, com uma borda plana e circular no fundo, preenchido com água até o nível de referência. A água colocada neste tubo exerce uma pressão inicial sobre uma pequena área da amostra da superfície ( $5,31\text{cm}^2$ ). Essa pressão inicial, de 92mm de coluna d’água, equivale à ação estática de um vento com velocidade de aproximadamente 140km/h. A diminuição na altura da água ao longo do tempo, é usada como indicação da vulnerabilidade do material à penetração da água (DIAS e CARASEK, 2003). A Figura 5.23 mostra a realização deste ensaio que consistiu em três medições em cada amostra/painel.



a) Detalhe da fixação do cachimbo



b) Preenchimento com água até a marca de referência



c) Registro da medida obtida após 240 minutos do preenchimento com água.

Figura 5.23 - Detalhes da execução do teste do cachimbo.

### 5.2.3 – ENSAIOS EXTRAS.

A variável Umidade Relativa do ar (U.R.) deve ser levada em conta uma vez que, baixas umidades podem ocasionar uma rápida evaporação da água de amassamento do rejunte, ocasionando sua desidratação e, conseqüentemente a sua desagregação.

Para avaliar esta situação, foram executados 8 painéis de cerâmicas 10x10cm<sup>23</sup> assentadas com argamassa colante tipo ACII sobre placas de substrato padrão especificadas pela NBR14082 (ABNT, 2005), com juntas de assentamento de largura de 5mm para serem colocadas dentro de uma Câmara Climática também conhecida como “Câmara de Intemperismo Acelerado”. Esta câmara reproduz danos causados pela luz solar, chuva e orvalho, realizando teste em ciclos alternados de luz e umidade em temperaturas controladas. Simula a ação da luz solar com lâmpadas UV fluorescente (UVA, UVB etc) e reproduz em poucos dias , ou semanas, os danos causados em meses ou anos de operação externa, especialmente para cor, brilho e redução de intensidade e força corante (dados obtidos do folder explicativo da Q-PANEL e LAMEDID).



Figura 5.24 – Placas de substrato padrão assentadas com cerâmica 10x10cm, rejuntadas com cada uma das amostras.

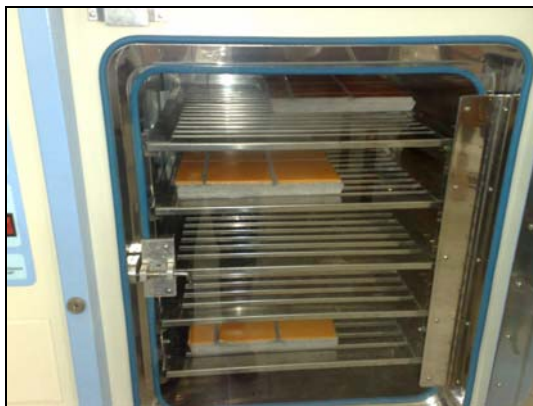
<sup>23</sup> As mesmas cerâmicas usadas nos testes de campo.



a) Vista da Câmara fechada



b) Vista da Câmara aberta



c) Placas de testes dentro da Câmara.



d) Detalhe da U.R. máxima utilizada.

Figura 5.25 – Câmara Climática (Laboratório do Departamento de Engenharia de Materiais e Construção da UFMG).

As placas foram submetidas, cada uma separadamente, às variações das intempéries simuladas pela câmara, por um período de 7 dias, com U.R.'s de 30 e 70% e temperatura de 28 e 24°C respectivamente. Estes dados foram obtidos através da menor e maior U.R. medida na cidade de Belo Horizonte no ano de 2007 (INMET, 2007) e as temperaturas médias encontradas no mesmo período.

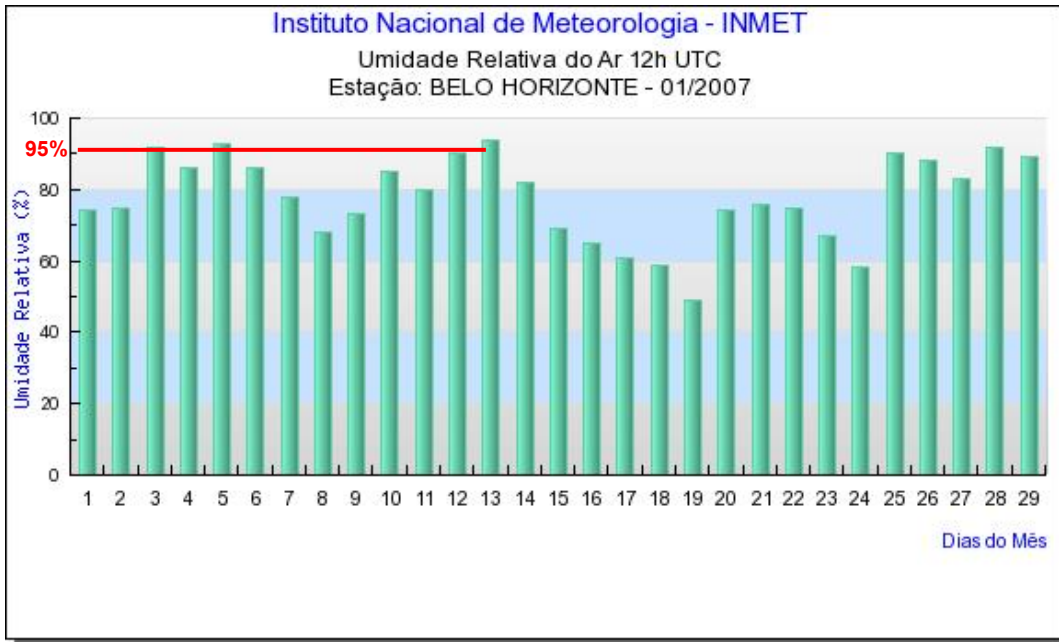


Figura 5.26 – Gráfico da Umidade Relativa do ar do mês de janeiro de 2007 - Mês com maior umidade do ano – 95%, 13/01/07 (INMET, 2007).

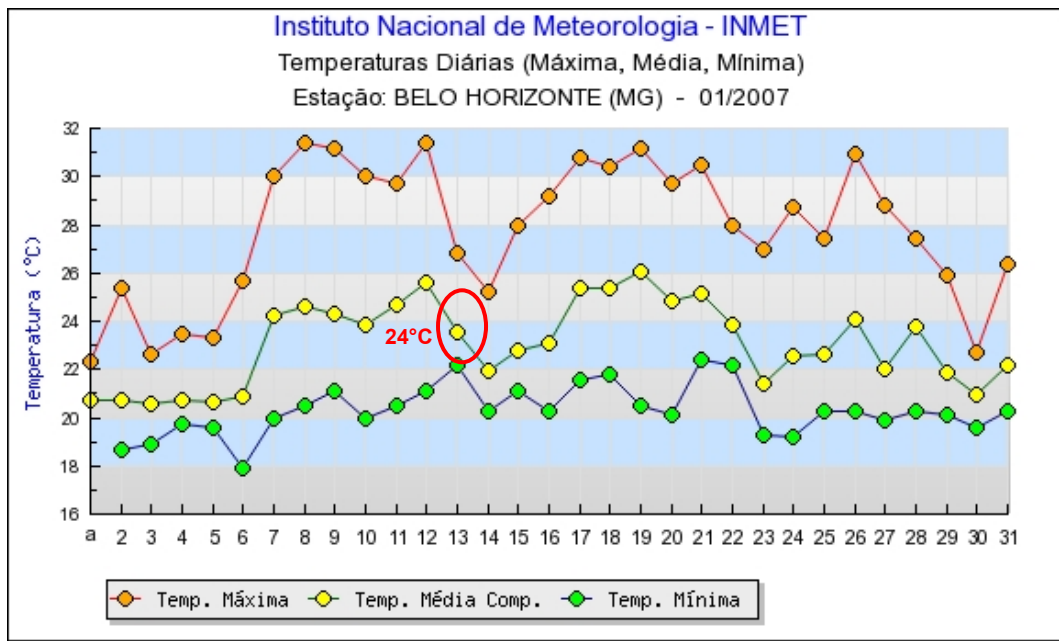


Figura 5.27 – Gráfico das temperaturas mínimas, médias e máximas do mês de janeiro de 2007 (INMET, 2007).

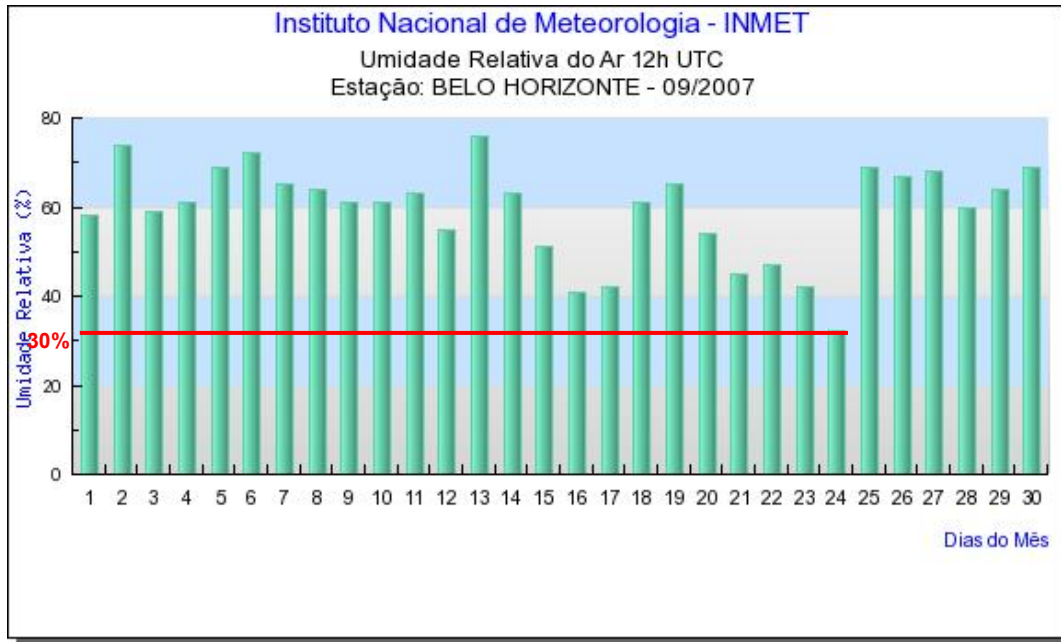


Figura 5.28 – Gráfico da Umidade Relativa do ar do mês de setembro de 2007 - Mês com menor umidade do ano – 26%, 24/09/07 (INMET,2007).

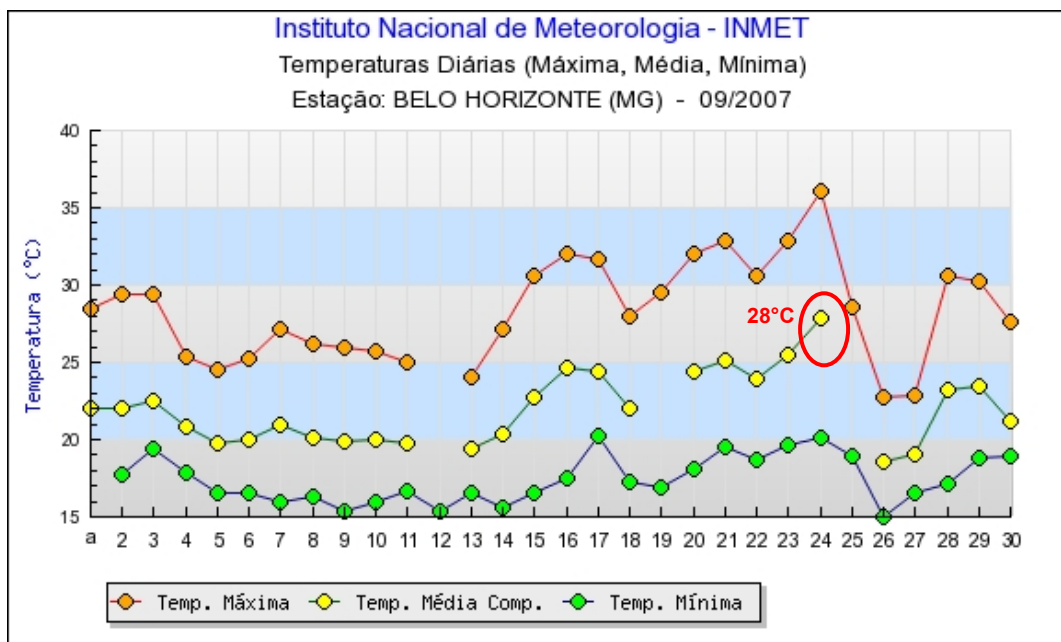


Figura 5.29 – Gráfico das temperaturas mínimas, médias e máximas do mês de setembro de 2007 (INMET, 2007).



Cabe ressaltar que a maior U.R. encontrada em BH no ano de 2007 foi de 95% entretanto, o limite máximo atingido pela Câmara Climática usada no teste foi de 70%, forçando a autora a usar esta U.R. como sendo a máxima.

Após o período dentro da Câmara, as placas foram avaliadas visualmente quanto à cor, resistência ao riscamento de objeto pontiagudo e através do ensaio empírico de permeabilidade aos 240 minutos (Figura 5.30, a, b e c).



a) Fixação do cachimbo sobre as placas.



b) Preenchimento com água até a marca de referência.



c) Marcação da absorção de água após 240 minutos.

Figura 5.30 – Ensaio empírico do teste de permeabilidade sobre as placas submetidas à Câmara Climática.

## 5.3 RESULTADOS E AVALIAÇÃO DOS ENSAIOS.

### 5.3.1 – ENSAIOS LABORATORIAIS.

Os resultados obtidos nos ensaios laboratoriais realizados nas amostras foram os descritos na Tabela 5.8:

Tabela 5.8 – Resultados dos ensaios laboratoriais nas 4 amostras de rejuntas.

ENSAIOS	H35P0	H35P8	H60P0	H60P8	Referência NBR14992
Retenção de água (mm).	63,3	60,9	68,3	70,0	≤ 65
Resistência à compressão (MPa).	10,38	10,08	8,80	7,70	≥ 10,0
Permeabilidade aos 240min (cm <sup>3</sup> ).	0,47	0,43	0,50	0,60	≤ 1,0

### 5.3.2 – ENSAIOS DE CAMPO.

Os ensaios empíricos de permeabilidade (teste do cachimbo) nos painéis obtiveram os seguintes resultados:

Tabela 5.9 – Resultados do ensaio empírico de permeabilidade aos 240min (teste do cachimbo).

ENSAIOS	H35P0			H35P8			H60P0			H60P8		
Permeabilidade aos 240 min (cm <sup>3</sup> ) Teste de campo	0,2	0,4	0,1	2,6	3,7	2,9	0,6	0,6	0,5	0,1	0,9	0,9

### 5.3.3 – ENSAIOS EXTRAS.

Os ensaios empíricos de permeabilidade aos 240 minutos sobre o rejuntamento das placas submetidas à Câmara Climática, obtiveram os seguintes resultados:

Tabela 5.10 – Resultados dos testes de permeabilidade nas placas submetidas à Câmara Climática.

<b>Placas H35P0</b>		<b>Placas H35P8</b>		<b>Placas H60P0</b>		<b>Placas H60P8</b>	
U.R. 30%	U.R. 70%	U.R. 30%	U.R. 70%	U.R. 30%	U.R. 70%	U.R.30%	U.R.70%
2,5	0,4	2,0	0,4	0,4	0,1	0,2	0,1

## 5.4 – ANÁLISE COMPARATIVA DOS RESULTADOS.

Tabela 5.11 – Análise comparativa dos resultados

Ensaio		H35P0		H35P8		H60P0		H60P8	
Ensaio Laboratoriais	Resist. Compressão	↑		↑		↓		↓	
	Retenção de água	↑		↑		↓		↓	
	Permeabilidade aos 240min.	↑		↑		↑		↑	
Ensaio de Campo	Permeabilidade aos 240min.	↑		↓		↑		↑	
	Despigmentação	↑		↔		↑		↓	
	Desagregação	↑		↑		↑		↑	
Ensaio Extra (Câmara)	Permeabilidade aos 240min.	30%	70%	30%	70%	30%	70%	30%	70%
		↓	↑	↓	↑	↑	↑	↑	↑
	Despigmentação	↑		↑		↑		↑	
	Desagregação	↑		↑		↓		↑	

### Legenda (resultados):

↑ Bom      ↔ Médio      ↓ Ruim

Através dos ensaios laboratoriais realizados foi possível analisar que as amostras H35P0 e H35P8, que possuem menor quantidade de aditivo hidrorrepelente, obtiveram melhores resultados. Comparando os resultados destas duas amostras não observou-se grandes diferenças, apenas um ganho de 3% na resistência à compressão do rejunte sem pigmentação (H35P0) comparado ao rejunte pigmentado (H35P8). Esta diferença não foi considerada conclusiva devido ao número reduzido de amostras produzidas para os ensaios.

Um determinado fabricante de aditivo hidrorrepelente informa que, elevados<sup>24</sup> índices de adição deste produto, na fabricação das argamassas, pode obter efeito reverso e prejudicial, sendo capaz de, provavelmente, ser causa da desagregação do rejunte. Curiosamente, ou não, pode-se observar que as amostras H35P0 e H35P8, que possuem quantidade menor do aditivo hidrorrepelente, obtiveram melhores resultados de permeabilidade que as amostras H60P0 e H60P8 que possuem aproximadamente 70% a mais do aditivo em suas composições.

Visualmente e através de teste de riscamento, pôde-se observar que as quatro amostras apresentaram, em 12 meses, pouca alteração quanto à pulverulência e fragilidade da massa, entretanto, foi nitidamente constatada a despigmentação ocorrida na amostra H60P8 onde a quantidade de pigmento é elevada.

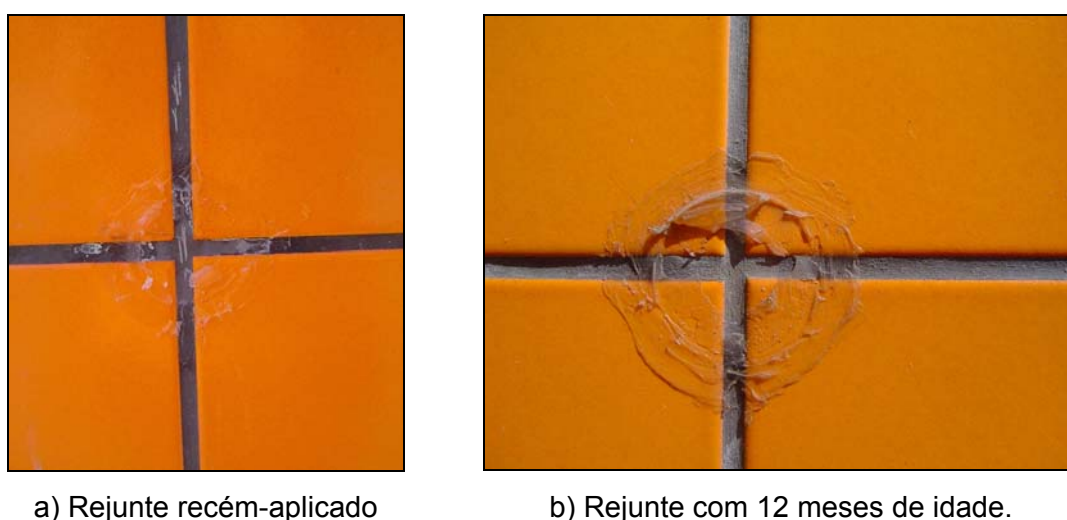


Figura 5.31 – Diferença de tonalidade do rejuntamento da amostra H60P8, após 12 meses da aplicação.

No ensaio empírico de permeabilidade aos 240min (teste do cachimbo) observou-se que o resultado da amostra H35P8 diferiu muito dos demais. Como as medições foram repetidas e os resultados permaneceram elevados, pôde-se deduzir que, quando a quantidade de aditivo hidrorrepelente é menor (0,35%), o pigmento influi negativamente no resultado, diminuindo seu potencial de repelir a água. Como a

<sup>24</sup> Ver nota 20 na página 60.

amostra H60P8 possui a mesma quantidade de pigmento (0,8%), mas, a quantidade do aditivo é maior (0,6%), a pigmentação não influenciou na sua permeabilidade. Entretanto, essas são apenas suposições que deverão ser avaliadas tomando-se como base um maior número de amostras, uma vez que os demais resultados da amostra H35P8 foram satisfatórios.

No ensaio extra de exposição das placas dentro da Câmara Climática, observou-se que:

- A permeabilidade aos 240min realizada através do teste empírico do cachimbo obteve pior resultado nas amostras que ficaram submetidas à umidade mais baixa (30%), em todas as amostras;
- Quanto à perda de tonalidade, não foi observada diferença significativa entre as amostras submetidas às diferentes temperatura e umidade;
- Realizando testes de riscamento com material pontiagudo sobre os rejuntamentos, percebeu-se nitidamente uma maior desagregação da amostra H60P0, que possui maior quantidade de aditivo hidrorrepelente, comparada à amostra H35P0 que possui menor quantidade de aditivo e, ambas, sem pigmentação. As figuras 5.32 e 5.33 mostram que o rejunte da amostra H35P0 encontra-se extremamente firme, não sofrendo nenhuma desagregação mesmo sendo submetido à força e movimentos de vai e vem do objeto pontiagudo. Por outro lado, a amostra H60P0 foi facilmente desagregada à medida que se exerceu os movimentos de vai e vem, dando aparência de “esfarelamento”.

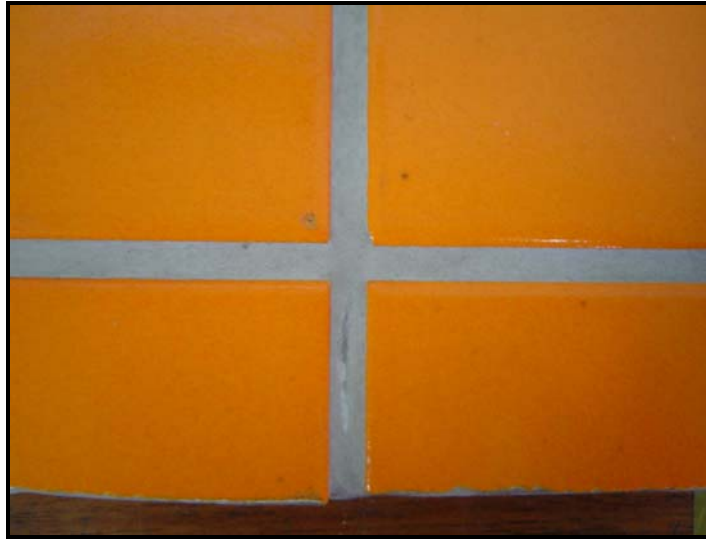


Figura 5.32 – Detalhe da rigidez do rejuntamento com a amostra H35P0, submetido à Câmara Climática, após riscamento com objeto pontiagudo.



Figura 5.33 – Detalhe da desagregação do rejuntamento com a amostra H60P0, submetido à Câmara Climática, após riscamento com objeto pontiagudo.

## CAPÍTULO 6 – CONCLUSÕES

Pôde-se comprovar que o excesso de pigmento e/ou aditivo hidrorrepelente na formulação do rejunte é fator relevante para desencadear enfraquecimento da massa e posterior desagregação da mesma, devido, principalmente, à maior pulverulência observada. Apesar de não ter apresentado diferença significativa entre a resistência à compressão da amostra pigmentada (H35P8) e a não pigmentada (H35P0), devido ao pequeno número de amostras, a diferença de 3% confirmou a forte relação entre o excesso de pigmento *versus* baixa resistência da A.R. *versus* desagregação da mesma uma vez que a autora, em sua experiência, sua experiência profissional comprovou diversas vezes o fato de que rejuntas mais pigmentadas apresentaram maior propensão à desagregação que rejuntas menos pigmentadas ou com ausência de pigmentos.

Apesar de não ser taxativo o uso de umedificação das juntas, a autora acredita e defende esta prática em virtude dos piores resultados de permeabilidade encontrados nos rejuntamentos das placas submetidas à umidade mais baixa, acarretando à desagregação do rejunte mais aditivado demonstrando a ligação entre a baixa umidade e a desidratação do rejunte através da evaporação da água de amassamento. Este fato, também observado durante os anos de experiência da autora na área, é extremamente relevante uma vez que diversas comprovações foram detectadas através da desagregação da A.R. em obras cujas juntas não foram previamente umedificadas, desidratando a A.R. e deixando-a propensa ao esfarelamento. Esta desidratação muitas vezes fora sanada após umedificação do rejunte já aplicado, comprovando que a falta de água fora causadora da desidratação do rejunte. Após algumas molhagens<sup>25</sup>, o rejunte re-hidratou, adquirindo resistência ideal.

Concluiu-se ainda que, apesar de todas as variáveis envolvidas e da importância que cada uma detém, a aplicação do rejunte dentro dos padrões de normas técnicas brasileira e indicações de cada fabricante, é fator primordial para o bom

---

<sup>25</sup> Esta molhagem é normalmente realizada com água em abundância, jogada preferencialmente com mangueira, de 2 a 3 vezes ao dia durante um período aproximado de 3 dias.



desempenho do rejuntamento e ausência de “esfarelamento” da massa. Adotar apenas parte ou partes das boas práticas e/ou indicações corretas dos fabricantes/Normas Técnicas, não é suficiente para obter bom desempenho do rejuntamento.

## CAPÍTULO 7 - SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Diversas são as dificuldades, entraves e surpresas encontradas durante a escolha das amostras, definição e realização dos ensaios que ao final do trabalho levam a autora a novos questionamentos. Estes questionamentos podem ser transformados em sugestões para trabalhos futuros a fim de evitar erros já ocorridos e encontrar resultados mais consistentes.

Algumas destas sugestões são relatadas a seguir:

- Executar testes com amostras feitas com cimento branco para avaliar a possibilidade de aumento de resistência;
- Para os ensaios de campo, fazer painéis com diferente mão de obra, a fim de avaliar o quanto este quesito influencia no desempenho do rejuntamento. Além da mão de obra, comparar o desempenho dos painéis umedificados ou não;
- Realizar os mesmos ensaios, porém, com juntas de larguras variadas (ex.: 3mm, 5mm e 10mm);
- Realizar amostras com a mesma quantidade de pigmento em cada, variando apenas a quantidade de aditivo hidrorrepelente a fim de melhor avaliar e diagnosticar a grande diferença encontrada no teste do cachimbo da amostra H35P8 (pigmentada e com quantidade convencional de aditivo);
- Executar maior número de amostras para serem analisadas a fim de melhor caracterizar a diferença entre os resultados laboratoriais;
- Realizar ensaios em Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) e Difração de raio-X nas amostras endurecidas, a fim de promover caracterização microestrutural e mineralógica, avaliando assim de maneira qualitativa, a influência da presença do aditivo hidrorrepelente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR5733**: Cimento Portland de alta resistência inicial. Rio de Janeiro, 1991.

\_\_\_\_\_. **NBR7200**: Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Procedimento. Rio de Janeiro, 1998.

\_\_\_\_\_. **NBR7215**: Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1996.

\_\_\_\_\_. **NBR8214**: Assentamento de azulejos. Rio de Janeiro, 1983.

\_\_\_\_\_. **NBR 13281**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR13753**: Revestimento de piso interno ou externo com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante – Procedimento. Rio de Janeiro, 1996.

\_\_\_\_\_. **NBR13754**: Revestimento de paredes internas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante – Procedimento. Rio de Janeiro, 1996.

\_\_\_\_\_. **NBR13755**: Revestimento de paredes externas e fachadas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante – Procedimento. Rio de Janeiro, 1996.

\_\_\_\_\_. **NBR13816**: Placas cerâmicas para revestimento – Terminologia. Rio de Janeiro, 1997.

\_\_\_\_\_. **NBR13817**: Placas cerâmicas para revestimento – Classificação. Rio de Janeiro, 1997.

\_\_\_\_\_. **NBR13818**: Placas cerâmicas para revestimento – Especificação e métodos de ensaios. Rio de Janeiro, 1997.

\_\_\_\_\_. **NBR14082**: Argamassa colante industrializada para assentamento de laças cerâmicas – Execução do substrato-padrão e aplicação de argamassa para ensaios. Rio de Janeiro, 2004.

\_\_\_\_\_. **NBR14992**: A.R. – Argamassa à base de cimento Portland para rejuntamento de placas cerâmicas – Requisitos e métodos de ensaios. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE CERÂMICA PARA REVESTIMENTO – ANFACER. **Guia de assentamento de revestimento cerâmico: especificador**. 3.ed. São Paulo, 2000.

\_\_\_\_\_. **Guia de assentamento de revestimento cerâmico: assentador**. 2.ed. São Paulo, 2000.

AUSTRALIAN STANDARDS (AS). **Ceramic tiles – guide to the selection of a ceramic tiling system** – AS 3958 2. Australia: 1992. Apud JUNGINGER, M. Rejuntamento de revestimentos cerâmicos: influência das juntas de assentamento na estabilidade de painéis. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

BAUER, L.A.F. **Materiais de Construção**, 5ª Edição, V.1. Editora LTC. Rio de Janeiro, 1994.

BOWMAN, R.; WESTGATE, P. **Moisture expansion kinetics as a function of conditioning**. Austrália, 1992. Disponível em <http://www.infotile.com>. Acesso em: Jul.2002. Apud JUNGINGER, M. Rejuntamento de revestimentos cerâmicos: influência das juntas de assentamento na estabilidade de painéis. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

BRASIL, SAINT-GOBAIN QUARTZOLIT LTDA. **O Guia Weber – Digital**. São Paulo, 2008.

BRITO, J., COLEN, I.F., SILVESTRE, J.D, **Estratégia de Manutenção Pró-ativa para Juntas de Revestimentos Cerâmicos Aderentes (RCA)**. 3º ENCORE, no LNCE, Portugal, 2003.

CHEMISTRY, L.E. **Pigmentos Inorgânicos**. Catálogo Técnico LANXESS. São Paulo, SP. [s.n] 2008.

DIAS, L.A., CARASEK, H. **Avaliação da permeabilidade e da absorção de água de revestimentos de argamassa pelo método do cachimbo**. Anais do V Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas (SBTA). São Paulo, 2003.

GOLDBERG, R.P. **Direct adhered ceramic tile, stone and thin brick facades. Technical Design Manual**. USA: Laticrete International, 1998. 200p. Apud JUNGINGER, M. Rejuntamento de revestimentos cerâmicos: influência das juntas de assentamento na estabilidade de painéis. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

FIORITO, J. S. I. **Manual de Argamassas e Revestimentos**. 1.ed. 5ª tiragem. São Paulo: Ed. PINI, 1994.

INMET – **Instituto Nacional de Meteorologia**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br>. Acesso em: jan/08.

JUNGINGER, M. **Rejuntamento de revestimentos cerâmicos: influência das juntas de assentamento na estabilidade de painéis**. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

MEHTA, P.K., MONTEIRO, P.J.M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais**. 1. ed. Editora PINI. São Paulo, 1994.

MICHAELIS – **Moderno Dicionário da Língua Portuguesa**. Disponível em <<http://michaelis.uol.com.br>>. Acesso em: out/08 e jan/09.

OLIVEIRA, A.P.N; BONDIOLI, F. e MANFREDINI, T. **Pigmentos Inorgânicos: Projeto, Produção e Aplicação Industrial**. Santa Catarina, 1998.

PAES, I.N.L., CARASEK, H., SCARTEZINI, L.M.B. **O preparo da base para o revestimento cerâmico**. Seminário Capixaba sobre Revestimentos Cerâmicos. PPGEC – UFES. Vitória-ES, 1998.

PAES, I.N.L., CARASEK, H. **Desempenho das argamassas de rejuntamento no sistema de revestimento cerâmico**. Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído – ANTAC. Porto Alegre, 2002.

RIBEIRO, C. C. **Materiais de Construção Civil**, 1ª edição. Belo Horizonte, 2000.

THOMAS, E. **Trincas em Edifícios**. 1.ed. 5ª tiragem. São Paulo: Ed. PINI, 1989.

WACKER POLYMERS SYSTEMS - **Argamassas Industriais Poliméricas como Modernos Materiais de Construção**. 3.ed. São Paulo, SP. [s.n], 2001.

SITE, **As Maquinas**. Disponível em <http://www.asmaquinas.com.br>. Acesso em jan/09.

SITE, **Drimar Comercial Ltda**. Disponível em <http://www.madeleinet.com.br>. Acesso em jan/09.

SITE, **Madelei Net**. Disponível em <http://www.madeleinet.com.br> . Acesso em jan/09.

## **ANEXO A - SUGESTÕES DE FERRAMENTAS E METODOLOGIA DE RISCAMENTO DA A.R. PARA ANÁLISE DA DESAGREGAÇÃO.**

A análise da desagregação da A.R. através de riscamento com material pontiagudo pode conter diversas variáveis que afetam o resultado e a análise visual da mesma. Apesar de ter sido usado no trabalho objetos pontiagudos tais como prego e clips de metal, serão sugeridos neste anexo algumas ferramentas e metodologia para melhor definir e padronizar este ensaio. Para evitar que variáveis tais como: diferença do objeto pontiagudo utilizado, força e/ou pressão exercida, movimentos de vai e vem etc influenciem nos resultados de análise da desagregação da A.R., é importante utilizar um objeto que anule ou minimize essas variáveis.

Atualmente no mercado, existem ferramentas utilizadas para riscar laminados que são semelhantes a uma chave de fendas, com a ponta voltada para baixo. Essa ferramenta, conhecida como “riscador de fórmica”<sup>26</sup>, é a mais comumente usada em reformas onde se deseja retirar rejuntamentos antigos. Entretanto, como a utilização da mesma depende do profissional que for utilizá-la, da força exercida sobre o mesmo e da maneira como serão realizados os movimentos de vai e vem, não é o mais indicado para o ensaio de riscamento uma vez que as variáveis continuarão influenciando.



Figura A.1 – Riscador de laminado (Fonte: site <http://www.madeleinet.com.br> – acesso em janeiro de 2009).

<sup>26</sup> Fórmica é o nome popular dado ao material laminado melamínico.

Similares aos riscadores de laminado, existem no mercado estiletes para corte de diversos tipos de materiais que também poderiam ser usados para o riscamento da A.R. além do próprio raspador de rejunte.



Figura A.2 – Estiletes para corte de materiais diversos (Fonte: site <http://www.drimar.com.br> - acesso em janeiro de 2009)..



Figura A.3 – Raspador de rejunte (Fonte: O Guia Weber Digital, 2008).

Uma boa opção seria algo tipo um estilete-compasso. A lâmina, atrelada à uma espécie de “volante” (indicado pela seta na figura abaixo), desliza suavemente minimizando a variável força mas, mesmo assim, envolvem as variáveis pressão e movimento de vai e vem.



“volante”



Figura A.4 – Estilete compasso para corte de materiais diversos (Fonte: site <http://www.drimar.com.br> - acesso em janeiro de 2009).

Uma opção interessante disponível no mercado é o removedor elétrico de rejunte, ajustável quanto à profundidade de penetração da lâmina podendo ser usado no sentido vertical e horizontal. Entretanto, sua eficiência poderia dificultar a análise uma vez que, provavelmente, cortará facilmente a amostra de A.R. com ou sem anomalia. Adotar um parâmetro para definir se a A.R. está ou não desagregando seria tarefa complicada.



Figura A.5 – Removedor elétrico de rejunte (Fonte: <http://www.asmaquinas.com.br> - acesso em janeiro de 2009).

Analisando as opções encontradas, a autora definiu que um equipamento que funcione e, ao mesmo tempo não interfira nas variáveis força, pressão e movimentos de vai e vem, deveria ser criado aos moldes dos croquis<sup>27</sup> abaixo:

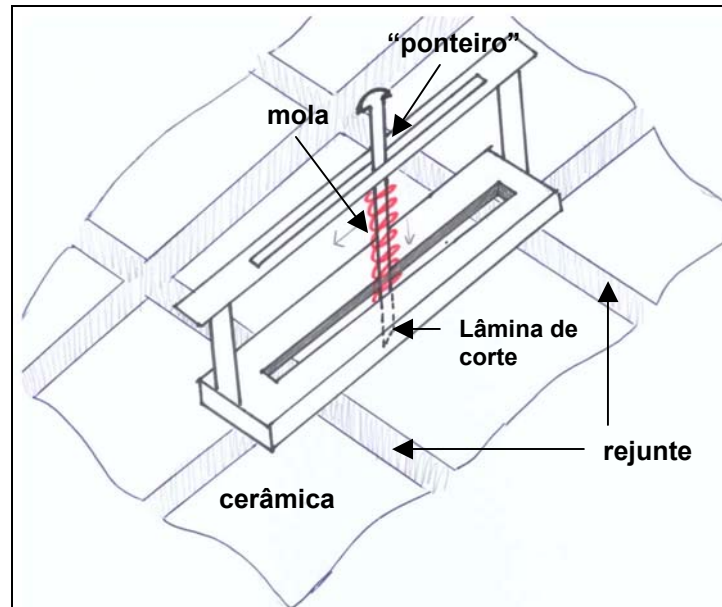


Figura A.6 – Croquis do Modelo 1 do riscador “tipo cortador de azulejo” (desenho da autora).

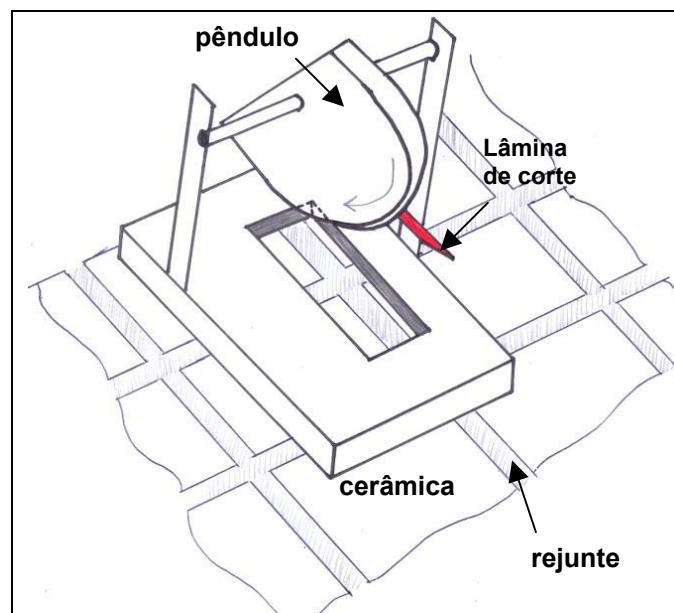


Figura A.7 – Croquis do Modelo 2 do riscador “tipo pêndulo” (desenho da autora).

<sup>27</sup> Os Croquis foram feitos sem escala e proporções adequadas. Devem ser considerados como rascunho ou Croquis, propriamente dito.

O Modelo 1 é eficaz na utilização nos sentidos vertical e horizontal. Tem funcionamento similar ao de um cortador de azulejo. Um “ponteiro” com lâmina de corte na extremidade e inserido numa base metálica<sup>28</sup>, deslizaria sobre uma espécie de trilho, passando a lâmina sobre o rejuntamento analisado. A mola, acoplada à haste, tornaria a pressão e força constantes.

O Modelo 2 apresenta uma lâmina acoplada à uma espécie de pêndulo, sobre um chapa metálica com abertura no meio. Ao elevar e soltar o pêndulo, a lâmina risca o rejuntamento. Esse modelo tem a desvantagem de poder ser usado apenas na horizontal.

Uma vez escolhido um desses Modelos, a metodologia adotada deve ser a sugerida na tabela A.1.

---

<sup>28</sup> Como estes Croquis são apenas sugestivos e não foram executados e testados, os materiais também são sugestivos e não foram definidos. O ideal, entretanto, é que sejam executados com material leve porém resistente para que fique fácil o manuseio do mesmo principalmente quando o ensaio for na vertical.

Tabela A.1 – Sugestão de Metodologia para uso dos modelos de riscadores.

<b>SUGESTÃO DE METODOLOGIA PARA OS MODELOS APRESENTADOS.</b>	
<b>MODELO 1</b>	<b>MODELO 2</b>
1) Apoiar a placa sobre as cerâmicas, deixando a abertura sobre o rejuntamento a ser avaliado.	1) Apoiar a placa sobre as cerâmicas, deixando a abertura sobre o rejuntamento a ser avaliado.
2) Colocar o ponteiro na posição inicial, ou seja, numa das extremidades.	2) Levantar o pêndulo até que sua base fique perpendicular à haste onde o mesmo está preso.
3) Arrastar o ponteiro até a outra extremidade.	3) Soltar levemente o pêndulo e deixar que ele realize seu movimento natural de ir e vir, riscando o rejuntamento.
4) Repetir o movimento até a outra extremidade totalizando quatro <sup>29</sup> idas e vindas.	4) Repetir o movimento quatro <sup>30</sup> vezes.
5) Analisar visualmente <sup>31</sup> a desagregação sofrida ou não pela A.R.	5) Analisar visualmente <sup>32</sup> a desagregação sofrida ou não pela A.R.
6) Fazer uma comparação/analogia com a capacidade de penetração da lâmina e a desagregação da A.R. Comparar os resultados das diferentes formulações estudadas.	6) Fazer uma comparação/analogia com a capacidade de penetração da lâmina e a desagregação da A.R. Comparar os resultados das diferentes formulações estudadas.

É extremamente necessário relevar que esses modelos foram pensados pela autora de forma a tentar minimizar as variáveis envolvidas na análise da desagregação da A.R., entretanto, foram apenas desenhados no papel e não foram de fato executados. Essa metodologia foi elaborada baseada na expectativa e eficiência esperada dos modelos, porém, o desempenho dos mesmos talvez não seja satisfatório ao executá-los e/ou a metodologia tenha que ser repensada ao colocar os protótipos em uso.

<sup>29, 30</sup> Como os Modelos não foram executados, esse número de repetição (quatro) é apenas sugestivo, não tendo sido baseado em nenhum cálculo ou estudo que chegasse a ele.

<sup>31, 32</sup> A análise poderá ser feita, além de visualmente, através de medição com paquímetro de boa qualidade e precisão. Dessa forma, a comparação da desagregação entre as A.R.'s analisadas será mais consistente e precisa.