

DESEMPENHO DAS ARGAMASSAS DE REJUNTAMENTO E DA JUNTA DE ASSENTAMENTO NO COMPORTAMENTO TÉRMICO DO SISTEMA DE REVESTIMENTO CERÂMICO

LOBATO PAES, Isaura N. (1); CARASEK, Helena (2)

- (1) Eng^a. Civil. Doutoranda do PECC da Universidade de Brasília-UnB.
QE 12 Bl. H Entrada C APT. 109 – Guará I – DF CEP: 71010-380
E-mail: ilpaes@unb.br
- (2) Eng^a.Civil. Professora Doutora da Escola de Engenharia Civil da UFG.
E-mail: hcarasek@cultura.com.br

Palavras-chave: Argamassa de rejuntamento, juntas de assentamento, sistema de revestimento cerâmico, gradiente térmico.

RESUMO

Este trabalho expõe os resultados de uma pesquisa experimental, realizada para estudar a influência da junta de assentamento no comportamento térmico do sistema de revestimento cerâmico, avaliando especificamente a variação de sua espessura, bem como do material de seu preenchimento (argamassa de rejunte flexível, argamassa de rejunte comum e pasta de cimento). Para tanto, foram confeccionados quatro painéis verticais de revestimento cerâmico, executado sobre um único tipo de substrato, emboço de argamassa aplicado sobre alvenaria de bloco cerâmico. Os referidos painéis foram submetidos a 20 ciclos de aquecimento e resfriamento, com temperatura variando de 23-33°C (ambiente) a 60-70°C. Após o aquecimento e também o resfriamento, foram feitas medições das movimentações. Ao final dos vinte ciclos, foram realizadas observações visuais, teste de percussão nos revestimentos e de resistência de aderência à tração das placas cerâmicas além, de uma completa caracterização dos materiais que compunham o sistema de revestimento. Os principais resultados obtidos nesta pesquisa mostram que as dimensões das juntas de assentamento e o tipo de argamassa de rejuntamento influenciam no desempenho dos revestimentos cerâmicos, quando estes são submetidos a gradientes de temperatura.

1. INTRODUÇÃO

A utilização de revestimentos cerâmicos encontra-se em crescente expansão na construção civil e, embora haja diversas razões que estimulem a utilização deste tipo de revestimento, ainda são encontradas algumas manifestações patológicas neste sistema. Neste sentido, há necessidade do entendimento das causas e mecanismos dos eventuais fenômenos patológicos atuantes, em virtude, principalmente, das diferentes características dos materiais utilizados e das condições de exposição. Isto requer suficiente conhecimento científico e tecnológico do

conjunto, fazendo-se necessário, estudos e pesquisas nesta área. Sendo assim, esta pesquisa experimental visa estudar a influência de diferentes tipos de argamassas de rejuntamento, bem como a variação da sua espessura sobre o sistema de revestimento cerâmico quando submetido a variações de temperatura.

2. DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO, MATERIAIS E MÉTODOS

A seguir estão descritas as variáveis do estudo, bem como a caracterização completa dos materiais constituintes, além das metodologias adotadas para a preparação, execução e ensaios do sistema de revestimento cerâmico.

2.1 Variáveis estudadas

Foram estabelecidas as seguintes variáveis principais:

- 3 materiais de rejuntamento: pasta de cimento, rejunte comercial comum e rejunte comercial flexível;
- 3 espessuras de junta de assentamento: 0-1 mm, 2 mm e 5mm.

Assim, resultaram quatro painéis para estudo conforme está mostrado na Tabela 1.

Tabela 1- Espessura e materiais utilizados para o preenchimento das juntas de assentamento, dos painéis de revestimento cerâmico em estudo.

PAINEL	LARGURA DAS JUNTAS (mm)	MATERIAL DE PREENCHIMENTO
1	0-1	Pasta de cimento
2	2	Argamassa de rejunte “comum”
3	2	Argamassa de rejunte “flexível”
4	5	Argamassa de rejunte “comum”

2.2 Materiais

2.2.1 Placa cerâmica

Nesta pesquisa foi escolhida uma placa cerâmica de (10x10)cm esmaltada, com absorção compreendida entre $6\% < \text{Abs.} \leq 10\%$ e classe de abrasão superficial (P.E.I.) igual a três, na cor vermelho carmim. A caracterização das placas cerâmicas está apresentada na Tabela 2.

Tabela 2- Resultados médios dos ensaios de caracterização das placas cerâmicas.

ENSAIOS	MÉTODO DE ENSAIO	CP's	RESULTADOS
Dimensões	NBR 13818 (1997)	10	Dimensão nominal – 10x10 cm Dimensão de fabricação – 95,0 mm Espessura das placas (e) – 6,6 mm
Absorção de água	NBR 13818 (1997) Anexo B	10	5,0 %
Resistência ao gretamento	NBR 13818 (1997) Anexo F	5	Os corpos-de-prova da cerâmica ensaiada não apresentaram gretamento após autoclavagem
Expansão por umidade	NBR 13818 (1997) Anexo J	5	0,21 mm/m
Coeficiente de dilatação térmica	NBR 13818 (1997) Anexo K	2	54×10^{-6}

2.2.2 Argamassa de Rejuntamento

Foram empregados 3 materiais para preenchimento das juntas de assentamento, a saber: pasta de cimento (com relação água/cimento igual a 1:0,37, em volume); rejunte comercializado no Brasil como comum, na cor grafite, e rejunte comercializado como flexível (contendo polímero) também na cor grafite. A caracterização desses materiais encontra-se nas Tabelas 3, 4, 5 e 6.

Tabela 3- Argamassas de rejuntamento industrializadas no estado plástico – Determinação do índice de consistência e retenção de água, segundo o Projeto de Norma Brasileiro para Argamassa de Rejuntamento.

ARGAMASSAS DE REJUNTAMENTO INDUSTRIALIZADAS					
Índice de Consistência (mm)			Retenção de Água (mm)		
Rejunte comum	Rejunte flexível	Pasta de cimento	Rejunte comum	Rejunte flexível	Pasta de cimento
290,0	264,0	375,0	112,0	58,0	106,0

Tabela 4- Valores médios obtidos no ensaio de retração linear das argamassas de rejuntamento comum (AR_c) e flexível (AR_f); segundo o Anexo D do Projeto de Norma Brasileiro de argamassa de rejuntamento.

RETRAÇÃO LINEAR (%)					
IDADE	1 DIA	3 DIAS	7 DIAS	14 DIAS	21 DIAS
Média AR_c	-0,009	- 0,023	- 0,051	- 0,088	- 0,106
Média AR_f	- 0,009	- 0,034	- 0,080	- 0,125	- 0,132
Obs.: Sinal negativo (-) = retração ; Sinal positivo (+) = expansão					

Tabela 5- Valores médios obtidos nos ensaios de dilatação térmica linear para os rejantes industrializados e para a pasta de cimento.

MATERIAL	IDADE (DIAS)		
	7	28	64
Rejunte comum	5,68	4,86	5,12
Rejunte “flexível”	1,20	0,59	0,64
Pasta de cimento	9,18	11,51	12,33

Tabela 6- Resultados médios dos ensaios de caracterização dos materiais de rejuntamento no estado endurecido, aos 28 dias.

ENSAIOS	Método de ensaio	CP's	Rejunte comum	Rejunte flexível	Pasta de cimento
Resistência à compressão (MPa)	NBR 7215 (1996)	3	19,50	20,00	50,00
Resistência à tração por compressão diametral (MPa)	NBR 7222 (1983)	3	2,40	2,00	4,20
Módulo de elasticidade (GPa)	ASTM C 469 (1994)	6	13,50	9,00	17,00
Resistência à tração na flexão (MPa)	NBR 12142 (1991)	6	3,40	4,00	-
Coeficiente de Poisson	ASTM D 3148 (1994)	3	0,18	0,22	0,20

2.2.3- Argamassa Colante

Para o assentamento das placas cerâmicas foi empregado um único tipo de argamassa colante industrializada, caracterizada nas Tabelas 7 a 10.

Tabela 7- Valores médios obtidos nos ensaios de caracterização dos corpos-de-prova de argamassa colante, aos 28 dias.

Ensaios	Método de ensaio	CP's	Média
Resistência à compressão (MPa)	NBR 7215 (1996)	3	5,70
Módulo de elasticidade (GPa)	ASTM C 469 (1994)	6	4,50
Resistência à tração na flexão (MPa)	NBR 12142 (1991)	6	3,00

Tabela 8- Valores médios do tempo em aberto da argamassa colante, aos 28 dias de idade.

TEMPO EM ABERTO DA ARGAMASSA COLANTE - NBR 14083 (1998)				
Tempo (minutos)	Tensão de aderência (N/mm ²)	Tipo de Ruptura (%)		
		AS	AP	AC
10	0,50	5	10	85
15	0,30	5	40	55
20	0,25	-	60	40

AS- interface argamassa e substrato; **AP**- interface argamassa e placa cerâmica;
AC- camada da argamassa colante.

Tabela 9- Valores médios de resistência de aderência da argamassa colante, aos 28 dias.

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA DA ARGAMASSA COLANTE - NBR 14084 (1998)				
Cura	Tensão de aderência (N/mm ²)	Tipo de Ruptura (%)		
		AS	AP	CA
Normal	0,60	20	10	70
Imersa em água	0,52	-	30	70

AS- interface argamassa e substrato; **AP**- interface argamassa e placa cerâmica;
CA- camada da argamassa colante.

Tabela 10- Valores médios obtidos no ensaio de determinação do coeficiente de dilatação térmica linear da argamassa colante, nas idades de 7 e 28 dias.

COEFICIENTE DE DILATAÇÃO TÉRMICA LINEAR – NBR 12815 (1993)		
(cm/cm)ºC x 10 ⁻⁶		
MATERIAL	IDADE (DIAS)	
	7	28
Argamassa colante	10,12	11,28

2.3 Metodologia

2.3.1 Preparo da base para o assentamento das placas cerâmicas

Foi empregado um único tipo de base para o assentamento das placas cerâmicas, alvenaria de blocos cerâmicos chapiscada e revestida com emboço. Em todos os painéis foi aplicado chapisco (com traço 1:3, em volume). Para a argamassa de emboço, foi utilizado um traço convencional de obra (1:1:6, em volume), tendo sido preparada, com cimento CP II-F-32, cal hidratada tipo CH-I e areia natural média lavada. A caracterização da argamassa de emboço é apresentada na Tabela 11.

Tabela 11- Valores médios de caracterização da argamassa de emboço, aos 28 dias de idade.

ENSAIOS	MÉTODO DE ENSAIO	CP's	MÉDIA
Módulo de elasticidade (GPa)	ASTM C 469 (1994)	3	4,70
Resistência à compressão (MPa)	NBR 7215 (1996)	3	4,20
Resistência à tração por compressão diametral (MPa)	NBR 7222 (1983)	3	0,22

2.3.2- Preparação e Instrumentação dos Painéis de Revestimento Cerâmico

Após 14 dias da execução do emboço, as peças cerâmicas foram assentadas, através de argamassa colante, mantendo-se para cada painel a junta de assentamento pré-definida. Ao redor de cada painel foi então executada uma moldura em argamassa com traço rico em cimento (1:3, em volume), visando restringir as movimentações verticais e horizontais nas extremidades. Os painéis foram então rejuntados com os materiais já mencionados na Tabela 1, estando assim prontos para o ensaio. Após um período de aproximadamente 3 meses do assentamento e rejuntamento das placas cerâmicas nos painéis, foram coladas pequenas pastilhas metálicas para viabilizar as leituras das movimentações através de extensômetro mecânico de 20cm de comprimento. Estas pastilhas foram fixadas na parte superior, central e inferior dos painéis, conforme mostrado na Figura 1.

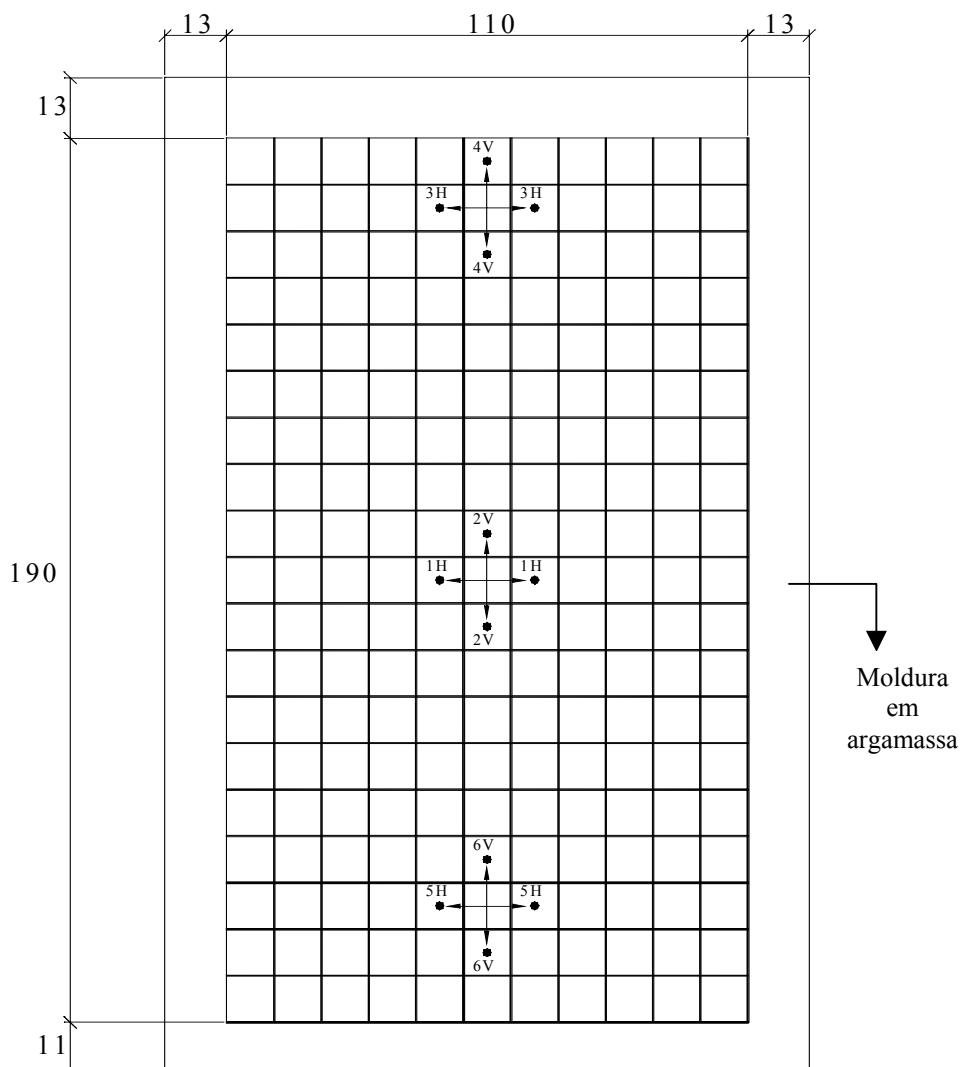


Figura 1- Instrumentação dos painéis de revestimento cerâmico – Posição das pastilhas para as leituras das movimentações com o extensômetro de 20 cm – Dimensões do painel em centímetros (cm).

2.3.3 Ciclos Térmicos

Em cada painel foram realizados 20 ciclos de aquecimento e resfriamento. Cada ciclo teve a duração de 3 horas, sendo uma hora de aquecimento, com temperatura máxima variando de 60°C a 70°C, e duas horas de resfriamento, o que garantia o retorno à temperatura, entre 23°C e 33°C, na superfície do painel. Apesar de terem sido realizados 20 ciclos em cada painel, as medidas das movimentações foram realizadas nos ciclos 1, 2, 5, 10, 15 e 20, fazendo-se uma leitura inicial, uma leitura após 1 hora de aquecimento e uma ao final do resfriamento.

O equipamento desenvolvido para a execução dos ciclos de aquecimento consta de um painel de 98 lâmpadas incandescentes de 100W, com dimensões de (1,10 x 2,00)m, já o resfriamento foi feito através de ventiladores. A temperatura na superfície das placas cerâmicas foi controlada com o auxílio de um termômetro digital de superfície com mira laser.

A etapa de aquecimento foi idealizada para que o painel, inicialmente com a temperatura da superfície da cerâmica igual a ambiente, atingisse a temperatura máxima e então tivesse esta mantida até o término de uma hora. Após esse período foram medidas as temperaturas em diversos pontos, através de termopares embutidos nas camadas dos materiais constituintes da parede revestida e de termômetro de superfície nas faces expostas. Cabe salientar que já após 30 minutos do início do aquecimento as temperaturas estavam totalmente estabilizadas em todas as camadas do painel.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Leituras das Movimentações

A título de exemplo, os resultados das leituras das movimentações, em milímetro, em alguns dos pontos avaliados dos painéis de revestimento, nos diversos ciclos, após 1 hora de aquecimento, são apresentados nos gráficos das Figuras 2 e 3. Já a Figura 4, ilustra o comportamento dos painéis após o resfriamento, tendo sido muito semelhante ao do aquecimento, mostrando movimentações praticamente iguais.

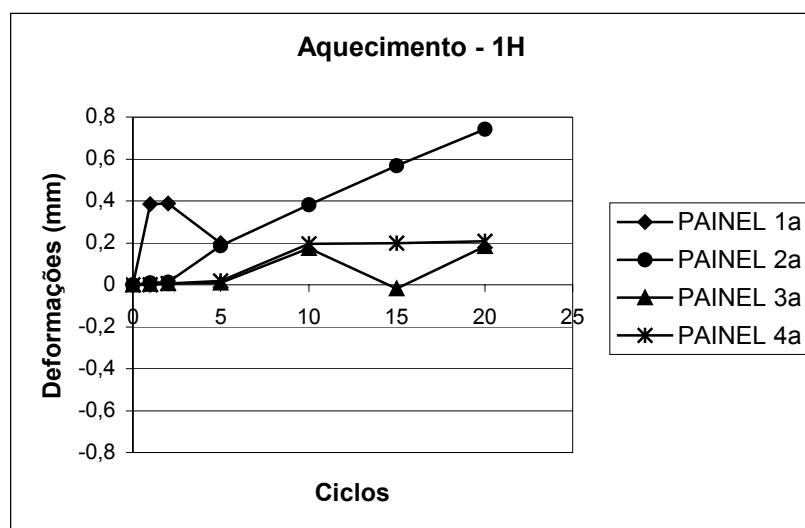


Figura 2 - Movimentações medidas após aquecimento dos painéis na posição 1H, extensômetro horizontal na região central.

Observação: Ocorreu um descolamento das pastilhas de medição do painel 1, na região central, após o 5º ciclo de aquecimento e resfriamento a que o referido painel estava

submetido, em decorrência, provavelmente, devido a sua maior rigidez, já que este foi executado com juntas de 0-1mm e preenchidas com pasta de cimento.

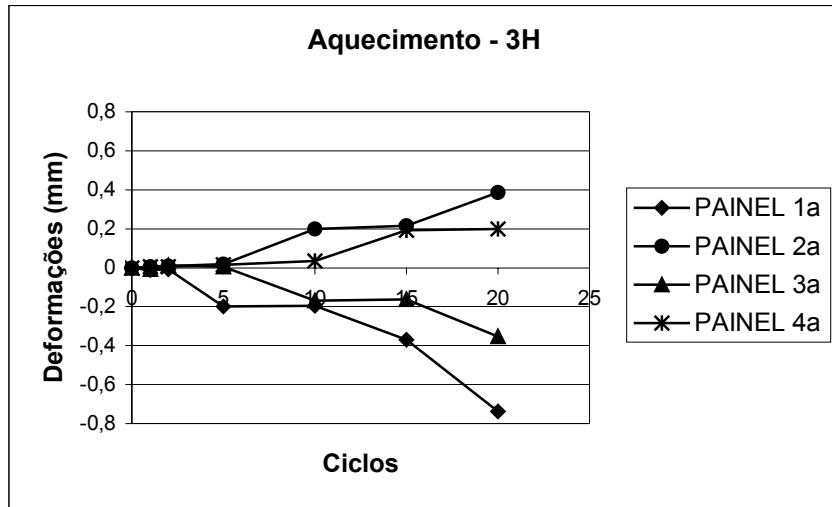


Figura 3 - Movimentações medidas após aquecimento dos painéis na posição 3H, extensômetro horizontal na região superior.

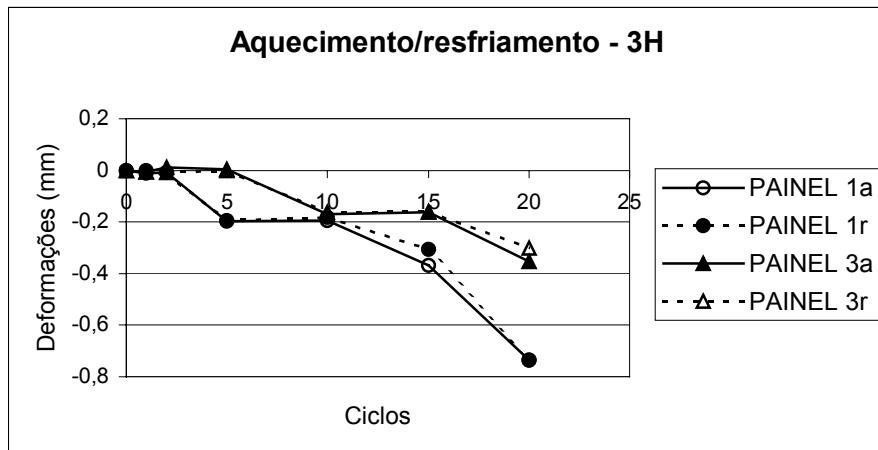


Figura 4 - Movimentações medidas após 1 hora de aquecimento (a) e após 2 horas de resfriamento (r), na posição 3H dos painéis 1 e 3, extensômetro horizontal na região superior.

De uma forma geral, notou-se que os primeiros ciclos não produziram movimentações significativas quando estas são comparadas com os valores finais, observados após a realização dos 20 ciclos. Quanto às variações dimensionais, observou-se comportamentos bastante diferenciados entre os painéis. Em diversos casos medidos as movimentações foram apenas de expansão ou de retração, sendo cumulativas e em alguns casos mostrando estabilização após alguns ciclos. Apenas nas regiões centrais e inferiores dos painéis 1 e 3 é que ocorreu alternância de expansão com retração ao longo dos diversos ciclos.

O painel 4, assentado com juntas largas preenchidas com rejunte convencional, apresentou as menores movimentações, sempre de expansão, e com tendência a estabilizar em 0,2 mm, indicando uma possível maior estabilidade desse revestimento quando comparado aos demais. As maiores movimentações finais de expansão ocorreram na região central do painel 2, em que se utilizou rejunte mais deformável. Quanto às movimentações de retração, as maiores foram observadas na parte superior do painel 1, que possuía uma maior rigidez.

3.2 Aspecto Visual e Ensaio de Percussão

Após a conclusão do vigésimo ciclo foi observada nos Painéis 1 e 3, a presença de fissuras na superfície do esmalte das peças cerâmicas. A Figura 5 ilustra a configuração típica dessas fissuras.

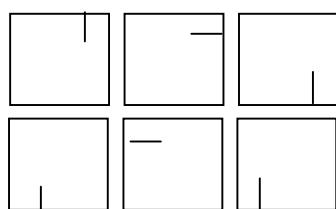


Figura 5- Ilustração da fissura ocorrida no esmalte das placas cerâmicas dos painéis 1 e 3 após 20 ciclos de aquecimento.

No Painel 1 foram contadas 14 fissuras, no Painel 3 surgiram 21 fissuras, enquanto que nos demais painéis, 2 e 4, não foi constatada fissuração. As fissuras sempre apresentaram a mesma configuração, surgindo nos cantos das peças cerâmicas e com 1 a 2 cm de comprimento. A partir dessa observação supõe-se que essas fissuras são provenientes de um pequeno defeito na fabricação. Esse defeito não é visível normalmente e apenas ficou aparente após o esmalte sofrer tensões de tração pelo efeito da temperatura.

A percussão das superfícies dos painéis também mostrou diferença entre eles. O painel 1 apresentou diversas regiões ao longo de toda a sua superfície com som cavo, indicando prováveis áreas de descolamento. O painel 3 também apresentou algumas regiões de possível baixa aderência. Os painéis 2 e 4 parecem não ter sido afetados, pois não apresentaram regiões com som cavo. A fissuração e o som cavo constatado nos painéis 1 e 3, e também com as maiores movimentações de retração, indicam uma possível falha na aderência das placas cerâmicas, tornando evidente que a falta de junta ou material de rejunte rígido, pode inibir a expansão do revestimento, sujeitando-o a elevadas tensões de compressão. Conforme FIORITO (1994) apenas quando as peças cerâmicas são solicitadas à compressão é que existe o risco de colapso e consequentemente o descolamento.

3.3 Resistência de Aderência à Tração Direta das Placas Cerâmicas

A Figura 6 apresenta graficamente os resultados médios obtidos no ensaio de resistência de aderência à tração direta das placas cerâmicas, para os quatro painéis testados.

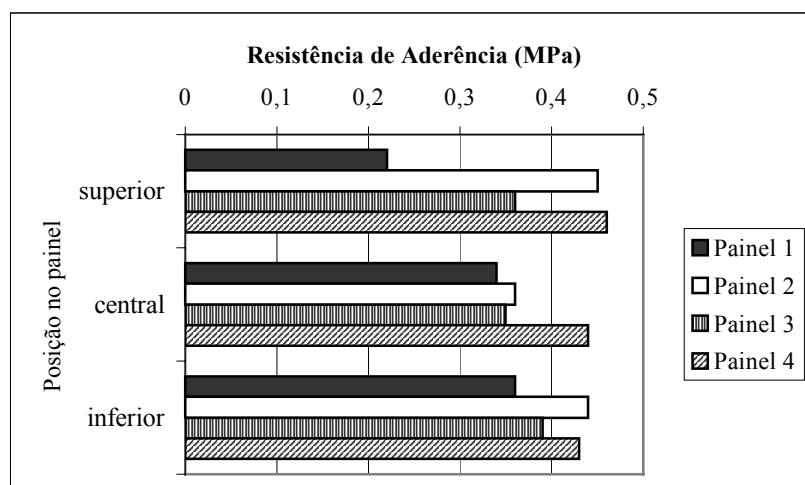


Figura 6- Representação gráfica dos resultados médios de resistência de aderência à tração direta das placas cerâmicas – NBR 13754 (1996).

Os resultados apresentados mostram que a aplicação do gradiente de temperatura influenciou diretamente sobre as diferentes condições em que os painéis foram executados. Notou-se que o painel 1, com maior rigidez, foi o mais afetado, principalmente, a região superior onde foram observadas as maiores movimentações de retração. O referido painel foi o que apresentou os menores valores de resistência de aderência e forma predominante de ruptura dos CP's ocorridas no interior da argamassa colante. Em contrapartida, o painel 4, em que as peças cerâmicas foram assentadas com juntas largas e rejunte convencional, foi o que apresentou melhores resultados de resistência de aderência e com valores mais uniformes. Com relação ao tipo de ruptura ocorridas neste painel, houve basicamente arrancamento das placas cerâmicas também no interior da argamassa colante.

No painel 2, a região mais prejudicada foi a central, a qual, vale lembrar, foi a que apresentou as maiores movimentações de expansão ao final dos 20 ciclos. Este painel apresentou o segundo melhor resultado de resistência de aderência, com valores inferiores apenas ao painel 4. A forma de ruptura apresentadas pelos CP's foi no interior da argamassa colante e na argamassa de emboço. Com relação ao painel 3, este apresentou valores de resistência de aderência maiores que a do painel 1, porém, menores que a dos painéis 2 e 4. Os tipos de ruptura foram quase que totalmente no interior da argamassa colante.

4. CONCLUSÕES

Os efeitos causados pelas variações térmicas são prejudiciais ao desempenho dos sistema de revestimento cerâmico. Na prática, a ocorrência de tensões cíclicas aliada a outras tensões a que o revestimento está exposto, pode levá-lo, ao longo do tempo, a um mecanismo de fadiga.

As diferentes condições em que os painéis foram executados mostraram ser determinantes no desempenho destes. No entanto, de uma forma geral, notou-se algumas semelhanças no comportamento entre os painéis 1 e 3 e também entre os painéis 2 e 4. Cabe ressaltar, que os painéis 2 e 4 foram os que apresentaram melhor desempenho, tendo sido registrados para estes painéis somente valores de expansão no decorrer dos 20 ciclos realizados.

O comportamento observado para os quatro painéis testados permite afirmar que o assentamento das placas cerâmicas com juntas secas, ou seja, peças cerâmicas encostadasumas às outras, deve ser severamente evitado.

A determinação do módulo de elasticidade dos materiais utilizados para o preenchimento das juntas de assentamento dos painéis de revestimento cerâmico, juntamente com o módulo de elasticidade da argamassa colante e argamassa de emboço, demonstrou ser uma propriedade fundamental no comportamento e avaliação dos resultados desta pesquisa. Denotando assim, a necessidade na elaboração de pesquisas que visem difundir a importância do estudo sistemático dessa propriedade nas argamassas além, da uniformidade do método de ensaio.

A partir dos resultados parciais desta pesquisa evidencia-se o melhor desempenho dos revestimentos cerâmicos executados com juntas de assentamento com material flexível ou aqueles assentados com maiores espessuras de junta, já que os painéis executados desta forma não apresentaram sintomas de falhas na aderência cerâmica/substrato (som cavo) e nem fissuração. Sendo assim, principalmente para o caso de revestimento de fachadas ensolaradas, é imprescindível que sejam garantidas maiores espessuras das juntas de assentamento ou então que seja empregada uma argamassa de rejuntamento de baixo módulo de elasticidade.

BIBLIOGRAFIAS

- BENSDORF, P.; JERAN, A.; GRIMM, H.; SCHERB, R.; SIEBEL, V. Putzmörtel – Mechanische kenwerte. Bautenschutz und Bausanierung, V. 11, p. 46-53, jah. 1988.
- BOWMAN, R.; BANKS, P. Theoretical Modeling of External Wall Tiling Systems. <http://www.infotile.com.au/techpapers/33icbest.html>.
- FIORITO, A. J. S. L. **Manual de argamassas e revestimentos: Estudos e procedimentos de execução** – São Paulo: Pini, 1994.
- CHEW, M. Y. L. The Study of Failure of Wall Tiles. In: **Building and Environmental**, V. 27, Nº 4, p. 493-499, 1992. Printed in Great Britain.
- DA SILVA, D.; ROMAM, L.; ROMAN, H. Tensões térmicas em revestimentos cerâmicos. In: SEMINÁRIO CAPIXABA SOBRE REVESTIMENTOS CERÂMICOS. Espírito Santo, 1998. **Anais**. Vitória – Espírito Santo, 1998. p. 16-33.
- FALCÃO BAUER, R.; RAGO, F. Argamassas de rejuntamento: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 1., Goiânia, 1995. **Anais**. Goiânia, 1995. p. 193-202.
- HAYASHI, Y.; AOYAMA, T.; MATSUYAMA, M. Technique of Materials to Exterior Ceramic Wall Tiling. **Durability of Building Materials and Components**. Edited by S. Nagataki, T. Nireki and F. Tomosawa. 1993 E & FN Spon.
- LOBATO PAES, Isaura N. **Influência da junta de assentamento no comportamento térmico do sistema de revestimento cerâmico**. Goiânia, 2000, Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Goiás – UFG.

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem a colaboração das seguintes empresas:

Colatex Importação e Exportação, Indústria e Comércio de Argamassas Ltda., que viabilizou parte desta pesquisa, através de apoio financeiro e doação de materiais;

TRAÇO – Serviços de Engenharia Ltda., pelo apoio na viabilização deste trabalho e nas diversas sugestões apresentadas ao longo do mesmo;

Carlos Campos Consultoria e Construções Limitada, que possibilitou através de seu laboratório a realização de vários ensaios relevantes para a realização desta pesquisa;

Centro Tecnológico de Engenharia Civil de Furnas Centrais Elétricas S.A., também pela possibilidade na realização de vários ensaios;

CECRISA – Revestimentos cerâmicos S.A., Cimento Tocantins e a ICAL – Indústria de Calcinação Ltda. – pela presteza na doação de materiais.