

Desempenho das argamassas de rejuntamento no sistema de revestimento cerâmico

Isaura Nazaré Lobato Paes

Universidade de Brasília, Brasília, DF
ilpaes@unb.br

Helena Carasek

Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO
hcarasek@cultura.com.br

Recebido em 08/09/2001; aceito em 26/12/01

Este trabalho expõe os resultados de uma pesquisa experimental realizada para estudar os efeitos do gradiente térmico no sistema de revestimento cerâmico, avaliando especificamente a influência da argamassa de rejuntamento, bem como da variação na espessura das juntas de assentamento. Para tanto, foram confeccionados quatro painéis verticais de revestimento cerâmico executados 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 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 o tipo de argamassa de rejuntamento e as dimensões das juntas de assentamento influenciam no desempenho dos revestimentos cerâmicos quando estes são submetidos a gradientes de temperatura.

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

This paper presents the results of an experimental research conducted to investigate the effects of temperature gradients on the wall tiling system and in particular on grouts, as well as thickness variations of the setting joint. Four vertical wall tiling panels were manufactured and applied on a single type of substrate: mortar roughcast on ceramic block masonry. The aforementioned panels were submitted to 20 cycles of heating and cooling, with temperature variations of 23-33 °C to 60-70 °C. The displacement was measured both before heating and cooling. Additional procedures at the end of every cycle included visual observations, tiling percussion tests, tensile bond strength tests on the ceramic tiles, as well as a thorough characterization of the tiling system materials. The main results of this research show that the type of grout and the thickness of the setting joints influence the performance of wall tiling when it undergoes temperature gradients.

Keywords: grout, joints setting, wall tiling systems, thermal gradient.

Introdução

A utilização de revestimentos cerâmicos encontra-se em crescente expansão na construção civil, havendo diversas razões que estimulam a utilização deste tipo de revestimento, como, por exemplo, a redução de muitas manifestações patológicas ocorridas em outros tipos de revestimento, tais como trincas, bolores e empolamentos, freqüentes em revestimentos de argamassa com pintura, além de problemas de fixação, geralmente observados em revestimentos com pedras naturais e outros. Porém, 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 de sua espessura sobre o sistema de revestimento cerâmico, quando submetido a alterações de temperatura.

Descrição do experimento, materiais e métodos

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

Variáveis estudadas

Foram estabelecidas as seguintes variáveis principais:

(a) 3 materiais de rejuntamento: pasta de cimento, rejunte comercial denominado “comum” e rejunte comercial denominado “flexível”;

(b) 3 espessuras de junta de assentamento: 0-1 mm, 2 mm e 5mm.

Assim, resultaram quatro painéis para estudo, conforme mostrado no item *Preparação dos painéis de revestimento cerâmico* (Tabela 11).

Materiais

Placa cerâmica

Nesta pesquisa foi escolhida uma placa cerâmica de 10 x 10 cm esmaltada e classe de abrasão superficial (P.E.I.) igual a três, na cor vermelho carmim. A caracterização das placas cerâmicas está apresentada na Tabela 1.

Argamassa de rejuntamento

Foram empregados 3 materiais para preenchimento das juntas de assentamento, a saber: pasta de cimento (com relação água/cimento igual a 0,137 em massa); rejunte comercializado no Brasil como comum, na cor grafite, e rejunte comercializado como flexível (contendo polímero), também na cor grafite. A caracterização desses materiais no estado fresco encontra-se na Tabela 2 e, no estado endurecido, nas Tabelas 3, 4 e 5.

A Tabela 3 mostra os resultados médios do ensaio de retração linear realizado com a argamassa de rejuntamento comum e a argamassa de rejuntamento flexível em diferentes idades

Argamassa colante

Para o assentamento das placas cerâmicas foi empregado um único tipo de argamassa colante industrializada, caracterizada nas Tabelas 6 a 9.

A Tabela 9 mostra os resultados médios obtidos no ensaio de coeficiente de dilatação térmica linear realizados com a argamassa colante em diferentes idades.

Metodologia

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 4 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 10.

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

Tabela 1 - Resultados médios dos ensaios de caracterização das placas cerâmicas

ARGAMASSAS DE REJUNTAMENTO					
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 2 - Caracterização das argamassas de rejuntamento industrializadas no estado plástico – determinação do índice de consistência e retenção de água, segundo o Projeto de Norma Brasileira para 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

Notas: Sinal negativo (-) = retração ; sinal positivo (+) = expansão

Tabela 3 - Valores médios obtidos no ensaio de retração linear das argamasas de rejuntamento comum (AR_c) e flexível (AR_f), segundo o Anexo D do Projeto de Norma Brasileira para argamassa de rejuntamento

COEFICIENTE DE DILATAÇÃO TÉRMICA LINEAR – NBR 12815 (ABNT, 1993) (cm/cm)/°C x 10 ⁻⁶			
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 4 - Valores médios obtidos nos ensaios de dilatação térmica linear para os rejuntas industrializados e para a pasta de cimento

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

Tabela 5 - Resultados médios dos ensaios de caracterização dos materiais de rejuntamento no estado endurecido, aos 28 dias de idade

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

Tabela 6 - Valores médios obtidos nos ensaios de caracterização dos corpos-de-prova de argamassa colante, aos 28 dias de idade

TEMPO EM ABERTO DA ARGAMASSA COLANTE - NBR 14083 (ABNT, 1998a)				
Tempo (minuto)	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

Nota: AS- interface argamassa/substrato; AP- interface argamassa/placa cerâmica; AC- camada da argamassa colante

Tabela 7 - Valores médios do tempo em aberto da argamassa colante, aos 28 dias de idade

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA DA ARGAMASSA COLANTE - NBR 14084 (ABNT, 1998b)				
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

Nota: AS- interface argamassa/substrato; AP- interface argamassa/placa cerâmica; AC- camada da argamassa colante

Tabela 8 - Valores médios de resistência de aderência da argamassa colante, aos 28 dias de idade

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

Tabela 9 - Valores médios obtidos no ensaio de determinação do coeficiente de dilatação térmica linear da argamassa colante, nas idades de 7 e 28 dias

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

Tabela 10 - Valores médios de caracterização das argamassas de emboço endurecidas, aos 28 dias de idade

Preparação dos painéis de revestimento cerâmico

Após 14 dias da execução do emboço, as peças cerâmicas foram assentadas com 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 dois tipos de argamassa de rejuntamento industrializada. A diferença entre elas consta de uma ter características de uma argamassa de rejuntamento “comum” e a outra “flexível”, segundo características apresentadas na própria embalagem dos produtos. Com o objetivo de dificultar as movimentações das peças cerâmicas em um dos painéis (painel 1), utilizou-se um terceiro tipo de material de preenchimento das juntas de assentamento, uma pasta de cimento e água. Cabe ressaltar que, neste painel, as peças cerâmicas foram assentadas com juntas “secas”, porém, em função da variação de bitola das placas cerâmicas de 10cmx10cm, houve a necessidade de se preencher as irregularidades com pasta de cimento, fazendo com que o painel se tornasse menos propenso a absorver as

movimentações sofridas em decorrência do gradiente térmico.

No segundo e terceiro painéis, utilizou-se uma mesma espessura de junta, 2 mm, dimensionada em função da placa cerâmica, 10 cm x 10 cm, porém, os materiais de preenchimento das juntas de assentamento foram rejuntas “flexível” e “comum”, respectivamente.

Finalmente, o quarto painel foi executado com rejunte “comum” e espessura de junta de 5 mm, de modo a permitir um maior alívio das tensões atuantes neste. A Tabela 11 mostra a espessura de junta de assentamento utilizada em cada um dos 4 painéis, bem como os materiais utilizados para preenchimento destas.

Instrumentação dos painéis de revestimento cerâmico

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 20 cm de comprimento. Estas pastilhas foram fixadas na parte superior, central e inferior dos painéis, conforme mostrado na Figura 1.

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

Tabela 11 - Espessura das juntas de assentamento e materiais utilizados para o preenchimento dos painéis

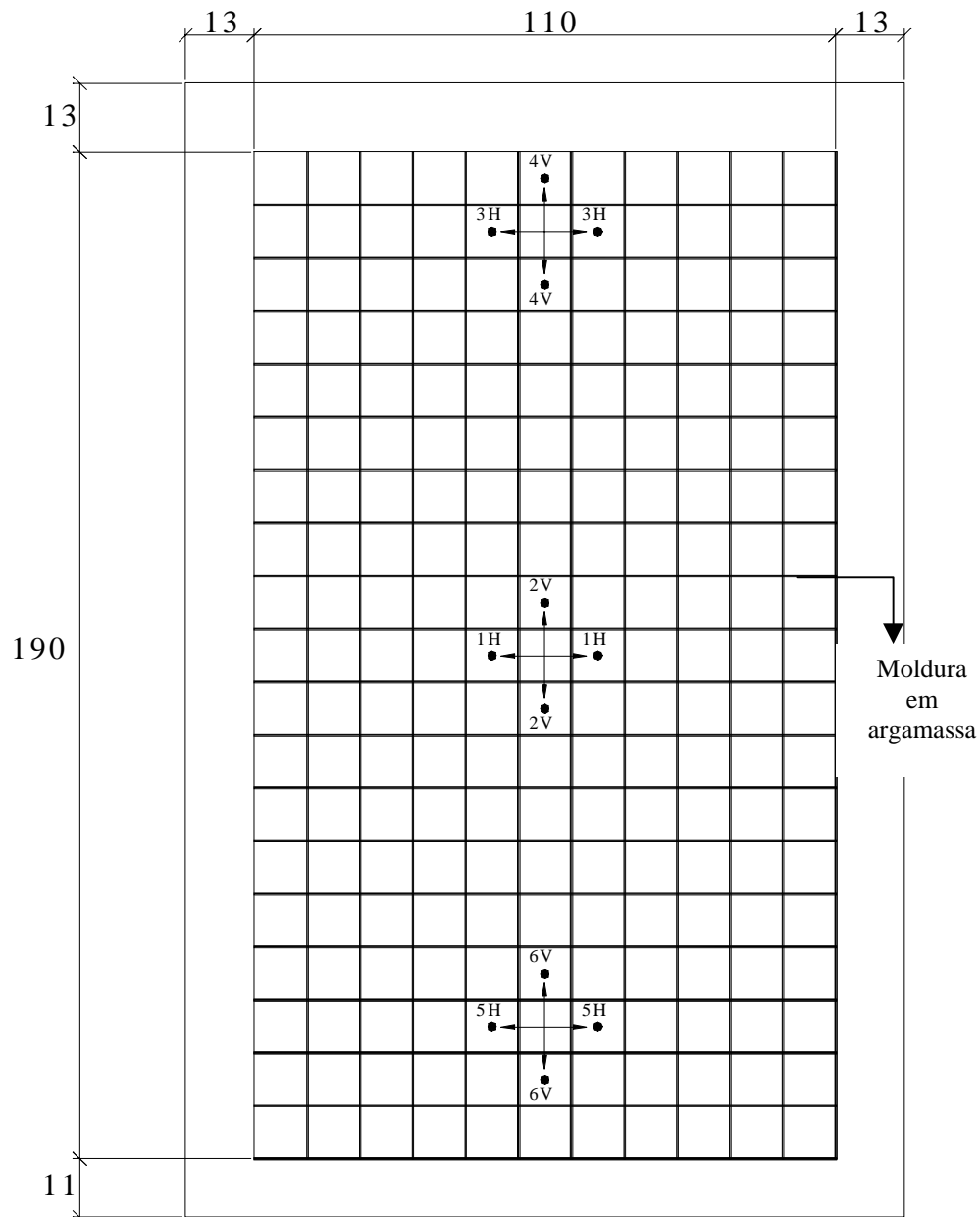


Figura 1 - Instrumentação de um painel de revestimento cerâmico – Posição das pastilhas para as leituras das movimentações – dimensões do painel em centímetros

Ciclos térmicos

Cada painel foi submetido a 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 m 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.

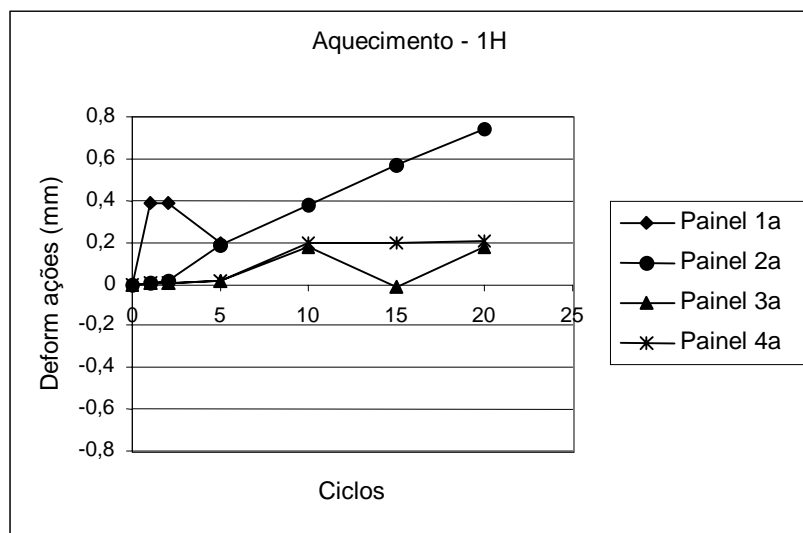
Acoplado ao painel de aquecimento, havia um sensor de temperatura que realizava a média das leituras feitas por três termopares fixados na região central, superior e inferior da camada de emboço dos painéis. Estas posições foram escolhidas de modo a serem correspondentes às posições em que foram realizadas as leituras das movimentações na superfície das placas cerâmicas.

A etapa de aquecimento foi idealizada para que o painel, inicialmente com a temperatura da superfície da cerâmica igual à ambiente, atingisse a temperatura máxima e, então, tivesse esta mantida até o término de uma hora. Após este 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. Os quatro pontos ao longo da seção transversal do painel onde foram medidas as temperaturas estão mostrados na Figura 5, no item *Resultados*. Cabe salientar que, já após 30 minutos do início do aquecimento, as temperaturas estavam totalmente estabilizadas em todas as camadas do painel.

Resultados e discussão

Leituras das movimentações

A título de exemplo, os resultados das leituras das movimentações, em milímetros, 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 de dois dos painéis após o aquecimento e também o resfriamento mostrando movimentações praticamente iguais.



Nota: 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, provavelmente devido a sua maior rigidez, já que este foi executado com juntas de 0-1mm e preenchidas com pasta de cimento

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

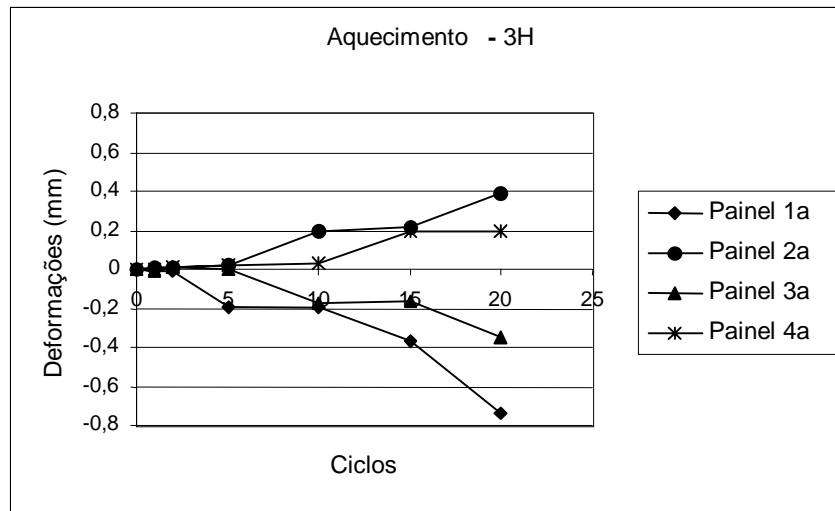


Figura 3 - Movimentações medidas após aquecimento dos painéis na posição 3H, extensômetro horizontal na região superior

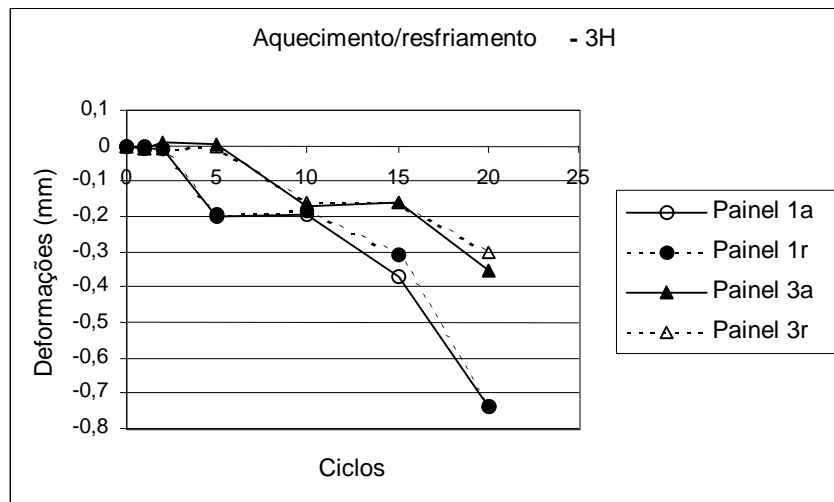


Figura 4 - Movimentações medidas após 1 hora de aquecimento (a) e após 2 horas de resfriamento (r), na posição 3H dos painéis 1 e 3, extensômetro horizontal na região superior

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 algumas situações, mostrando estabilização após alguns ciclos. Apenas nas regiões centrais e inferiores dos painéis 1 e 3, ou seja, os mais rígidos, é que ocorreu alternância de expansão e retração ao longo dos diversos ciclos realizados.

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 estabilidade maior 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 rigidez maior.

Perfil de temperatura ao longo da seção transversal da parede

A Figura 5 apresenta o perfil de temperatura média ao longo da parede após 1 hora de aquecimento.

Observou-se um gradiente de temperatura nas superfícies opostas do painel de 31 °C, já entre a superfície da peça cerâmica e o emboço (base de assentamento da cerâmica) o gradiente foi bem menor, apenas 10 °C. Confirma-se assim, a capacidade isolante das camadas de ar existentes nos blocos cerâmicos de alvenaria.

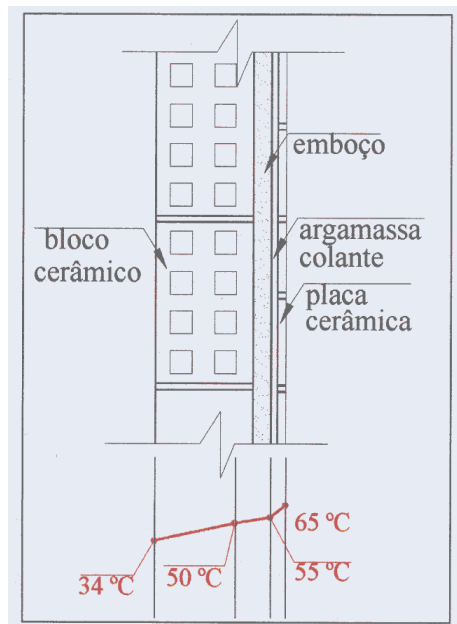


Figura 5 - Corte transversal representativo da parede – avaliação das temperaturas após 1 hora de aquecimento

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 6 ilustra a configuração típica dessas fissuras.

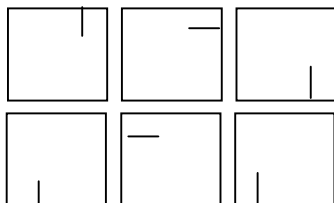


Figura 6 - Ilustração da fissura ocorrida no esmalte das placas cerâmicas dos painéis 1 e 3 após 20 ciclos de aquecimento

No painel 1 foram contadas 14 fissuras, no 3 surgiram 21 fissuras, enquanto que nos painéis 2 e 4 não foi constatada fissuração. As fissuras sempre apresentaram a mesma configuração, surgindo nos cantos das peças cerâmicas e tendo de 1 a 2 cm de comprimento. A partir dessa observação, supõe-se que essas fissuras sejam 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. Sendo todas as peças cerâmicas do mesmo lote e de boa qualidade (Tipo A), conclui-se que os defeitos apenas ficaram visíveis quando estas sofreram compressão nos painéis 1 e 3, ou seja, os mais rígidos.

O comportamento anteriormente mencionado das peças cerâmicas submetidas à compressão também foi observado por Saraiva (1998). A referida autora notou que, após ter submetido o modelo teórico estudado a um gradiente de temperatura, as placas cerâmicas se deformaram com maior

intensidade quando afastadas do rejunte, devido principalmente à rigidez relativa entre os materiais, especialmente entre o rejunte e a argamassa colante. Isto mostra que a elevada rigidez do material utilizado como rejunte não permite maiores deformações em sua vizinhança, conseqüentemente, esta região (vizinha ao rejunte) deve apresentar elevadas concentrações de tensões.

A percussão das superfícies dos painéis também mostrou diferença entre eles. O painel 1, assentado com juntas “secas” e preenchidas com pasta de cimento, apresentou diversas regiões ao longo de toda a sua superfície com som cavo, indicando áreas prováveis de descolamento. O painel 3, assentado com junta de 2 mm e rejunte “comum”, também apresentou algumas regiões de possível baixa aderência. Os painéis 2 e 4, assentados com juntas de 2 mm e 4 mm e rejuntes “flexível” e “comum”, respectivamente, parecem não ter sido afetados, pois não apresentaram regiões com som cavo.

A fissuração e o som cavo constatados nos painéis 1 e 3, além das maiores movimentações de retração, indicam que a falta de junta, ou o seu preenchimento com 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, conseqüentemente, o descolamento.

Resistência de aderência à tração das placas cerâmicas

As Tabelas 12 a 15 apresentam os resultados obtidos nos ensaios para determinação de resistência de aderência à tração das placas cerâmicas para os quatro painéis testados. A Figura 7 representa graficamente os resultados médios obtidos também para este ensaio.

CP's	PAINEL 1			TIPO DE RUPTURA (%)			
	Tensão de aderência (N/mm ²)			Região superior		Região central	Região inferior
	Região superior	Região central	Região inferior	AC	AE	AC	AC
1	0,21	0,35	0,33		100	100	100
2	0,22	0,34	0,36	100		100	100
3	0,21	0,32	0,38	100		100	100
4	0,23	0,34	0,38	100		100	100
5	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-
Média	0,22	0,34	0,36				

Nota: AC – Interior da argamassa colante; AE – Argamassa de emboço

Tabela 12 - Resultados do ensaio de resistência de aderência das placas cerâmicas, segundo a NBR 13754 (ABNT, 1996b) – painel 1

CP's	PAINEL 2			TIPO DE RUPTURA (%)				
	Tensão de aderência (N/mm ²)			Região superior		Região central	Região inferior	
	Região superior	Região central	Região inferior	AC	AE	AC	AC	AE
1	0,46	0,36	0,43	100		100	100	
2	0,44	0,35	0,45	100		100		100
3	0,45	0,38	0,43	85	15	100	100	
4	0,44	0,36	0,44	100		100	90	10
5	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-
Média	0,45	0,36	0,44					

Nota: AC – Interior da argamassa colante; AE – Argamassa de emboço

Tabela 13 - Resultados do ensaio de resistência de aderência das placas cerâmicas, segundo a NBR 13754 (ABNT, 1996b) – painel 2

CP's	PAINEL 3			TIPO DE RUPTURA (%)		
	Tensão de aderência (N/mm ²)			Região superior	Região central	Região inferior
	Região superior	Região central	Região inferior	AC	AC	AC
1	0,38	0,35	0,40	100	100	100
2	0,35	0,37	0,37	100	100	100
3	0,34	0,35	0,39	100	100	100
4	0,37	0,34	0,38	100	100	100
5	0,36	0,38	0,41	100	100	100
6	0,34	0,34	0,38	100	100	Cola/cerâmica
Média	0,36	0,35	0,39			

Nota: AC – Interior da argamassa colante.

Tabela 14 - Resultados do ensaio de resistência de aderência das placas cerâmicas, segundo a NBR 13754 (ABNT, 1996b) – painel 3

CP's	PAINEL 4			TIPO DE RUPTURA (%)		
	Tensão de aderência (N/mm ²)			Região superior	Região central	Região inferior
	Região superior	Região central	Região inferior	AC ⁱ	AC	AC
1	0,40	0,44	0,43	100	100	cola/cerâmica
2	0,49	0,46	0,42	100	100	cola/cerâmica
3	0,43	0,40	0,50	100	100	100
4	0,42	0,40	0,43	100	100	100
5	0,45	0,41	0,42	100	100	100
6	0,57	0,51	0,40	100	100	100
Média	0,46	0,44	0,43			

ⁱAC - Interior da argamassa colante

Nota: A NBR 13754 (ABNT, 1996b) prescreve que as rupturas ocorridas na interface pastilha/cola ou cola/cerâmica devem ser desprezadas quando o valor obtido for menor que 0,3 MPa. No caso dos painéis 3 e 4, os valores de resistência de aderência foram superiores a 0,3 MPa, motivo pelo qual não foram desprezados

Tabela 15 - Resultados do ensaio de resistência de aderência das placas cerâmicas, segundo a NBR 13754 (ABNT, 1996b) – painel 4

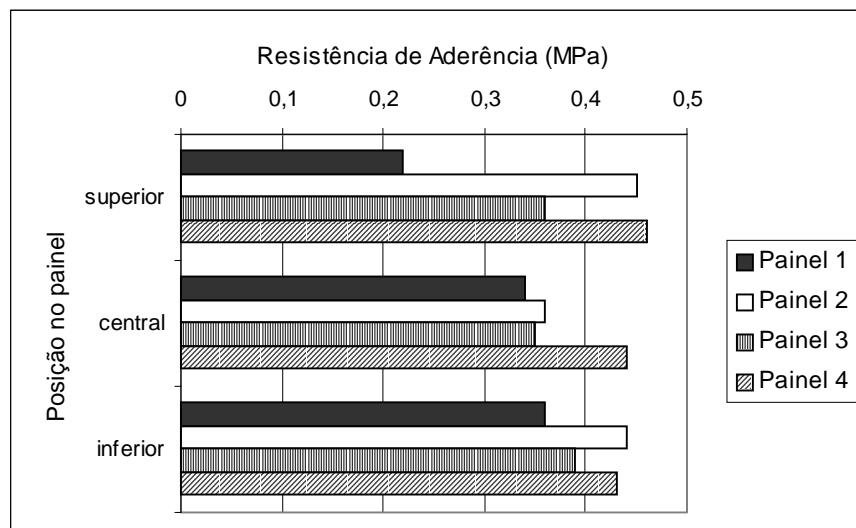


Figura 7 - Representação gráfica dos resultados médios de resistência de aderência à tração direta das placas cerâmicas – NBR 13754 (ABNT, 1996b)

Os resultados apresentados mostram que a aplicação do gradiente de temperatura influenciou diretamente 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.

No painel 2, em que se utilizou rejunte flexível e junta de assentamento de 2 mm, a região mais prejudicada foi a central, região esta 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.

O painel 3, em que se utilizou rejunte comum e junta de 2 mm, apresentou valores de resistência de aderência maiores que a do painel 1, porém menores que a dos painéis 2 e 4, que foram executados com rejunte flexível e maior espessura de junta de assentamento, respectivamente.

Finalmente, o painel 4, em que as peças cerâmicas foram assentadas com juntas largas (5 mm) e rejunte convencional, foi o que apresentou melhores resultados de resistência de aderência e com valores mais uniformes, fato também observado com relação às movimentações térmicas, ratificando assim, que juntas de assentamento com maiores espessuras propiciam maior estabilidade ao revestimento.

Conclusões

As diferentes condições em que os painéis foram executados mostraram ser determinantes no desempenho destes. Comparando-se com os demais painéis, o painel 1, mais rígido, foi o mais afetado pela ação dos ciclos de temperatura, tendo apresentado em sua região superior as maiores movimentações de retração, além dos menores valores de resistência de aderência das placas cerâmicas.

A utilização de juntas com maiores espessuras, mesmo quando preenchidas com rejunte convencional, é sinônimo de uma maior estabilidade para a estrutura do revestimento. O painel 4, que foi executado com este tipo de rejunte e com junta de 5 mm, foi o que apresentou as menores movimentações totais e somente de expansão, possibilitando as menores movimentações diferenciais entre suas camadas e, conseqüentemente, uma maior estabilidade do conjunto. Este efeito resultou nos maiores valores de resistência de aderência à tração das placas cerâmicas após o término dos ciclos.

Uma outra alternativa viável para o preenchimento das juntas de assentamento é o emprego de argamassa de rejuntamento mais deformável, podendo-se assim usar juntas de menor espessura. Esta alternativa corresponde ao painel 2 testado, que apresentou o segundo melhor desempenho, inferior apenas ao painel 4, no qual se tinha juntas mais largas.

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

Referências bibliográficas

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS (ASTM). **ASTM C-469-94**: Standard test method for static modulus of elasticity and poisson's ratio of concrete in compression. West Conshohocken, PA, 1994a.

_____. **ASTM D-3148-02**: Standard test method for elastic moduli of intact rock core specimen in uniaxial compression. West Conshohocken, PA, 1994b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7222**: Argamassas e Concretos: determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos-de-prova cilíndricos: método de ensaio. Rio de Janeiro, 1983.

_____. **NBR 7215**: Cimento Portland: determinação da resistência à compressão: determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 1996a.

_____. **NBR 12142**: Concreto: determinação da resistência à tração na flexão em corpos-de-prova prismáticos. Rio de Janeiro, 1991.

_____. **NBR 12815**: Concreto Endurecido: determinação do coeficiente de dilatação térmica linear: método de ensaio. Rio de Janeiro, 1993

_____. **NBR 13754**: Revestimento de paredes internas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante: procedimento. Rio de Janeiro, 1996b.

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

_____. **NBR 14083**: Argamassa colante industrializada para assentamento de placas de cerâmica: determinação do tempo em aberto. Rio de Janeiro, 1998a.

_____. **NBR 14084**: Argamassa colante industrializada para assentamento de placas de cerâmica: determinação da resistência de aderência. Rio de Janeiro, 1998b.

FIORITO, A.J.S.L. **Manual de argamassas e revestimentos**: estudos e procedimentos de execução. São Paulo: Pini, 1994.

Agradecimentos

As autoras agradecem à empresa Colatex Importação e Exportação, Indústria e Comércio de Argamassa Ltda., que viabilizou parte desta pesquisa; à TRAÇO – Serviços de Engenharia Ltda., pelo apoio na viabilização do trabalho experimental e pelas sugestões apresentadas nas diversas etapas desta pesquisa; à Carlos Campos Consultoria e Construções Limitada, que possibilitou através de seu laboratório a realização de vários ensaios relevantes para este estudo; e ao Centro Tecnológico de Engenharia Civil de Furnas Centrais Elétricas S. A., também pela viabilização de vários ensaios importantes a esta pesquisa.