

## ESTUDO DA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA DE ARGAMASSA COLANTE EXPOSTA A CICLOS HIGROTÉRMICOS

Samira Lunardi (1), Fernando Pelisser (2)

UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense  
(1)samira@ceusa.com.br, (2) fep@unesc.net

### RESUMO

O estudo apresentado é sobre argamassas colantes, para determinar a variação de resistência de aderência quando exposta a ciclos higrotérmicos, com o objetivo de reproduzir a ação das intempéries a que ficam expostos os revestimentos cerâmicos em fachadas. Foram analisadas no estudo três variáveis: a) concentração do polímero de EVA (acetato de vanila/etileno) em concentração de 5 e 10%; b) dois tipos de placas cerâmicas, uma classificada como porcelanato e outra como semi-grês; c) e dois tipos de cura, uma em ambiente normal de laboratório e outra cura com ciclos de higrotérmicos, adotando dois dias de imersão em água e dois dias em estufa a  $58^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  (temperatura medida na peça cerâmica) durante 20 dias. Os resultados mostram que para cura normal, quanto maior o percentual de polímero na composição, e maior a absorção de água da placa cerâmica, maior será a resistência do sistema de revestimento. Para cura em ciclos higrotérmicos, foi observado uma redução significativa da resistência de aderência, atingindo valores próximos a zero, levando ao descolamento em alguns casos. Apesar dos resultados serem preocupantes, consideramos que o ciclo escolhido foi agressivo, pois as tensões geradas foram elevadas, principalmente nas trocas de ciclo de estufa para ciclo submerso, onde as placas foram submersas antes do resfriamento, surgindo outra interferência: a do choque térmico. Dessa forma, para resultados complementares, é necessário refazer os ensaios com ciclos higrotérmicos menos agressivos.

*Palavras-Chave:* argamassa colante, aderência, ciclos higrotérmicos.

### 1. INTRODUÇÃO

Devido às inúmeras vantagens apresentadas pelos revestimentos cerâmicos, como durabilidade e facilidade de manutenção, o uso nas construções é cada vez maior, tanto nos ambientes internos quanto externos e fachadas. Para o assentamento em fachadas, é preciso que o sistema construtivo e os materiais utilizados estejam de acordo para que não ocorram patologias, pois as fachadas ficam expostas as intempéries, que fatalmente geram tensões que influenciam negativamente na aderência das placas. A incompatibilidade de expansão entre os materiais é um dos principais fatores que deterioram a estrutura externa de uma parede. (MAHABOONPACHAI, et al, 2007). A presença de água no sistema influencia na flexibilidade do mesmo. Infiltrações e

permeabilidade de água podem ser a causa de destacamentos. (MARANHÃO e JOHN, 2008). Umidade acima de 6% é suficiente para reduzir em 50% a deformabilidade de argamassas. (MARANHÃO e JOHN, 2010). O processo de secagem permite recuperar a um valor semelhante ao anterior processo de saturação. (MARANHÃO e JOHN, 2010).

A temperatura também influencia na resistência de aderência. Quanto maior o coeficiente de absorção térmica da placa cerâmica, maiores as tensões entre argamassa e revestimentos cerâmicos, sendo que placas cerâmicas escuras geram tensões até 60% maiores em relação as placas cerâmicas claras. (SARAIVA et al, 2001).

O que motivou o estudo apresentado é saber o quanto as variações de umidade e temperatura influenciam na aderência da argamassa e também qual a diferença da aderência apresentada entre placas de diferentes grupos de absorção de água para a mesma argamassa colante.

A norma técnica NBR 14084/2004 indica para avaliação da resistência de aderência de argamassas colantes a cura normal, ou submersa ou em estufa. Essas curas não refletem a realidade de exposição das argamassas colantes nas fachadas de edifícios, que estão expostas a chuva e sol, umidade e temperatura, saturação e secagem. A influencia desses fatores simultaneamente foi pouco estudado, sendo que pode ser a explicação de muitos casos de destacamento de placas cerâmicas aplicadas em fachadas.

A motivação da presente pesquisa foi simular a realidade da exposição de fachadas cerâmicas, avaliando a influencia de ciclos higrotérmicos na resistência de aderência de argamassas colantes.

Para isso foram utilizadas duas composições de argamassas preparadas em laboratório com concentrações de aditivo EVA de 5 e 10%; dois tipos de placas cerâmicas, uma classificada como porcelanato e outra como semi-gres; e dois tipos de cura, cura em ambiente de laboratório e cura com ciclos higrotérmicos.

## **2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL**

Para realização do estudo, foram utilizadas placas padrão, argamassas colantes preparadas em laboratório com aditivo EVA em percentual de 5% e 10%, e dois tipos de

placas cerâmicas, sendo uma classificada de acordo com o grupo de absorção de água como porcelanato e outra como semi-gres. O conjunto placa cerâmica assentado em placa padrão com as argamassas preparadas foi submetido a ciclos higrótérmicos.

### 3.1 Substrato Padrão

O substrato padrão foi adquirido da ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland), apresentando as características informadas no laudo técnico fornecido de acordo com indicações da norma técnica NBR 14082/04, conforme descrito na tabela 1.

Tabela 1 – Característica do Substrato Padrão

Parâmetros	Volume de água absorvido em 4 horas	Resistência de aderência à tração superficial (MPa)
Especificação da NBR 14082/04	<0,5 cm <sup>3</sup>	≥2MPa
Valor médio	0,45 cm <sup>3</sup>	2,0 MPa

Fonte: NBR 14082/04 e Laudo ABCP

### 3.2 Argamassas

As argamassas foram produzidas em laboratório, pela mistura de cimento CPV (tabela 2), areia (tabela 3) e aditivo EVA (tabela 4), com composições apresentadas na tabela 5.

Tabela 2 – Caracterização do Cimento tipo CP V

Ensaio Físicos e Mecânicos									
Tempo de Pega (min)		Água de Consistência (%)	Área Específica Blaine (cm <sup>2</sup> /g)	Resíduo # 200 (%)	Resíduo # 325 (%)	Exp. a quente (mm)	Resistência a compressão (Mpa)		
Inicial	Final						1 dia	3 dias	7 dias
227,00	669,00	30,01	4843	0,1	1,54	0,29	21,53	34,3	38,53
Ensaio Químicos									
PF			MgO	SO3			RI		
3,42			5,62	3,04			10,96		

Fonte: Boletim Votorantin

Tabela 3 – Caracterização Areia

Peneiras (mm)	Material Retido		% Material Passante
	% Amostra	% Acumulado	
0.6	0,32	0,32	99,68
0.3	35,26	35,58	64,42
0.15	61,44	97,02	2,98
0.075	2,11	99,13	0,87
Fundo	0,87	100	0,0
Módulo de Finura	2,32		

Fonte: Da Pesquisa, 2011

Tabela 4 - Caracterização do Copolímero Acetato de Vanila/etileno - EVA

	Dados do Produto	Valor
Especificações	Teor de sólidos	98 - 100%
	Teor de cinzas	9 - 13%
	Densidade	490 - 590 kg/m <sup>3</sup>
Caraterísticas gerais típicas	Aparência	Pó branco
	Colóide protetor	Álcool polivinílico(PVA)
	Tamanho da partícula	Max. 4% acima de 400µm
	Tamanho de partícula predominante	0,5 - 8µm
	Temperatura mín. de formação do filme	4°C

Fonte: Catálogo da fabricante, Wacker

Tabela 5 – Composição das Argamassas

	Argamassa 1	Argamassa 2
Traço (cimento : areia)	1:3	1:3
Relação Água/Cimento	0,7	0,7
Aditivo EVA	5%	10%

Fonte: Da Pesquisa, 2011

### 3.3 Placas Cerâmicas

Foram usadas duas placas cerâmicas, uma com massa de porcelanato e outra classificada como semi gres, classificação adotada pelas indústrias cerâmicas em função do percentual de absorção de água. As características das mesmas estão apresentadas na tabela 6.

Tabela 6 – Característica das Placas Cerâmicas

Tipo de Placa	Absorção de Água (%)	Espessura (mm)	Resistência Mecânica a Flexão (N/mm <sup>2</sup> )	Expansão por Umidade (mm/m)
Porcelanato	0,45	5,5	32	0,003
Semi Gres	5,7	12	45	0,0015

Fonte: Ceusa Revestimentos Cerâmicos

### 3.4 Preparo das Argamassas

O preparo das argamassas seguiu procedimento adotado pela norma técnica NBR 14082/04.

As condições do laboratório durante a mistura das argamassas eram de temperatura de 23° C e umidade relativa do ar de 65 %.

Para a mistura, após pesados os componentes, foi colocada a água no misturador e em seguida o material seco (cimento + areia + aditivo) adicionado em 30 s. O misturador foi ligado em velocidade baixa para mistura dos componentes por mais 30 s. O aparelho foi desligado e foi feita a raspagem da pá do misturador e do seu recipiente no intervalo de tempo de 60s. O recipiente foi colocado novamente no misturador por mais 30s. A mistura foi deixada em tempo de maturação por 15 minutos, com pano úmido em cima, sendo que antes da aplicação da argamassa deve ser feito a mistura por mais 15s.

Foi determinado o índice de consistência de acordo com a norma NBR 13276/2005, com a argamassa preparada de acordo com a norma 14082/04. Para a argamassa 1 o índice de consistência foi de 31 cm e para argamassa 2 foi de 30 cm.

### 3.6 Assentamento das Placas

As placas cerâmicas com dimensões de 5 cm x 5 cm foram assentadas em placas padrão conforme determinação da norma técnica NBR 14084/04 que determina que sejam posicionadas dez placas cerâmicas limpas e secas sobre a argamassa estendida em cordões de modo que fique uma distância de 5 cm entre elas e de 2,5 cm entre as arestas das placas e a borda mais próxima do substrato padrão. Cada placa foi carregada e centralizada com peso padrão de 2 kg durante 30s.

### 3.7 Condições de Cura

Durante 7 dias após o assentamento das placas, os substratos ficaram em cura em laboratório, com temperatura média de 24° C e 65 % umidade relativa do ar.

Após esse período foram feitas as condições de cura indicadas abaixo:

- cura normal;
- cura com ciclos higrotérmicos, sendo intercalados com 2 dias de cura em estufa a 58°C +2° C e 2 dias de cura submersa, ciclos realizados em um período de 20 dias.

Essas condições de cura foram determinadas baseadas em leituras de trabalhos realizados na área, sendo que o objetivo nesse trabalho foi realizar uma condição de cura diferente das já realizadas, tentando reproduzir em poucos dias as condições que ficam submetidos os produtos assentados em fachadas, que sofrem ação direta de chuva e calor do sol.

### 3.8 Ensaio de Resistência de Aderência à Tração

O ensaio foi realizado de acordo com a norma técnica NBR 14084/04. Em cada placa cerâmica foi colada com adesivo epóxi uma placa metálica com a mesma dimensão da placa cerâmica. Com a utilização de um dinamômetro capacidade de 5 KN e velocidade de 250 ± 50 N/s foi realizado o ensaio de arrancamento por tração. É indicado no ensaio o valor da força de tração exercida para arrancar a placa. A tensão de aderência  $f_t$  é obtida mediante a expressão:



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

onde:

$f_t$  é a tensão de aderência em  $N/mm^2$ ;

T é a força de tração máxima em N;

A é a área de ruptura da placa cerâmica, em  $mm^2$ .

Durante o ensaio também foi avaliado o tipo de ruptura, que é classificada de acordo com a norma técnica NBR 14084/04 como:

S – ruptura no substrato;

S/A – ruptura na interface argamassa e substrato;

A – ruptura na camada de argamassa colante;

A/P – ruptura na interface argamassa e placa cerâmica;

F – falha na colagem da peça metálica.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

As rupturas obtidas nos ensaios estão indicadas na tabela 7. Como pode ser observado, grande parte da ruptura no ciclo normal aconteceu na interface argamassa substrato, para os dois tipos de placas e argamassas. Na cura em ciclos higrotérmicos, a ruptura chegou a ser até 100% na camada de argamassa, indicando que a cura em ciclos realmente interferiu nas propriedades da mesma. Em alguns casos ocorreu o destacamento antes mesmo do ensaio, indicando aderência zero. Esse destacamento ocorreu na interface da argamassa e placa cerâmica.

Tabela 7 – Tipo de ruptura avaliada no ensaio

Tipo de Placa	Argamassa	Cura	Ruptura	
			% amostras	Tipo
Porcelanato	1	Normal	100	argamassa/substrato
		Ciclos higrorotérmicos	100	na argamassa
	2	Normal	57	argamassa/substrato
			29	argamassa/placa
		Ciclos higrorotérmicos	14	na argamassa
			12,5	argamassa/placa
Semi-grês	1	Normal	87,5	argamassa/substrato
			25	na argamassa
		Ciclos higrorotérmicos	37,5	argamassa/substrato
	2	Normal	37,5	na cola
			25	argamassa/substrato
		Ciclos higrorotérmicos	75	argamassa/placa
2	Normal	12,5	argamassa/substrato	
		37,5	na argamassa	
	Ciclos higrorotérmicos	50	na cola	
			100	na argamassa

Fonte: Da Pesquisa, 2011

Em relação à placa cerâmica, a resistência de aderência foi maior para a placa semi-grês, conforme observado na figura 3, nas duas composições de argamassas. Isso se deve ao fato de a placa cerâmica semi-grês apresentar maior absorção de água e consequentemente, maior porosidade aberta na interface garantindo maior aderência. Como a diferença de absorção de água entre as duas placas é de 5,25%, conforme mostrado na tabela 6, a diferença de aderência não foi muito significativa. Essa diferença pode aumentar na prática, considerando que a absorção de água entre os tipos de placas cerâmicas pode ser maior que 10%, no caso de comparação entre placas do grupo BIa ( $AA \leq 0,5\%$ ) e BIII ( $AA > 10\%$ ), classificação da norma técnica NBR 13818/97.

Pode ser observado também que para a argamassa com maior concentração de polímero a aderência é maior, cerca de 20%. Esse acréscimo de resistência não é proporcional ao aumento de aditivo, pois a argamassa 2 tem o dobro de aditivo em relação a argamassa 1. Os polímeros conferem as argamassas maior flexibilidade, aderência, expansão e

contração. (JENNI et al, 2005). Nesse estudo o polímero usado foi o EVA, que é um copolímero formado pelos monômeros etileno e acetato de vinila. (OLIVEIRA, 2004).

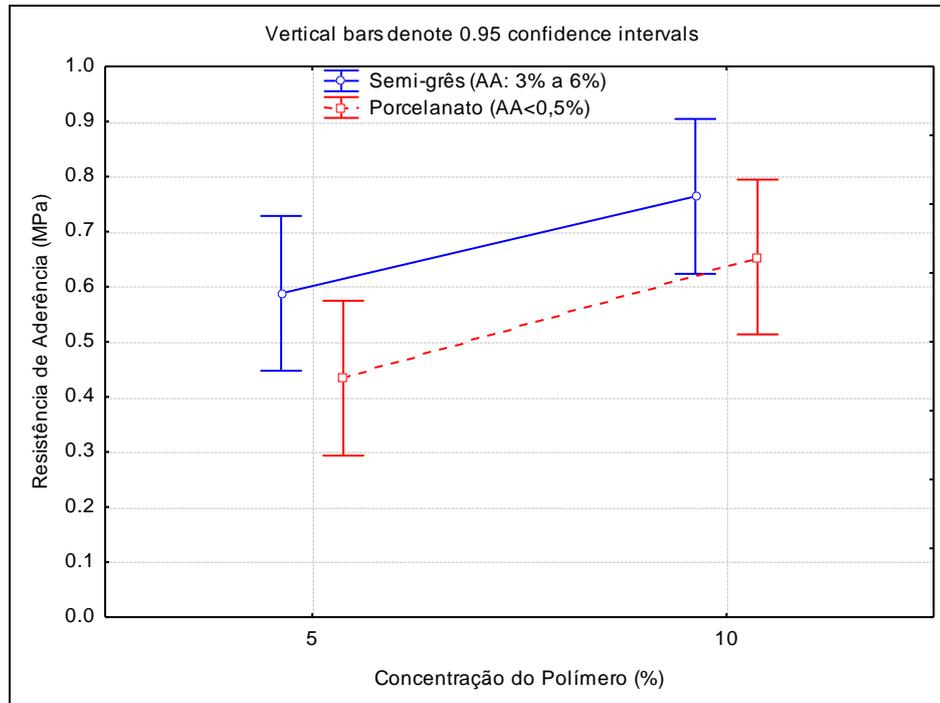


Figura 1 - Resistência de aderência em função da placa cerâmica e concentração de polímero. (Da Pesquisa, 2011)

Para os dois tipos de placas a cura influenciou fortemente na resistência de aderência (tabela 8), que chegou a diminuir 700%, conforme observado na figura 4 para cura em ciclo higrotérmico em relação a cura normal, mesmo para a placa cerâmica semi-grês que apresentava uma maior aderência na cura normal. Na exposição a umidade, o fato da placa cerâmica apresentar porosidade aberta na interface com a argamassa prejudica a aderência, pois a placa tende a expandir mais com a absorção de água gerando tensões que prejudicam a aderência. Enquanto em cura normal, que representa um produto cerâmico assentado em ambiente interno, a resistência de aderência é maior para placas cerâmicas com maior absorção de água; em cura com exposição a água, que representa o produto cerâmico aplicado em fachadas a resistência de aderência não aumenta,

podendo até diminuir dependendo da exposição, levando a concluir que a placa cerâmica porcelanato é melhor para o uso em fachadas. Por outro lado, necessita de argamassas mais eficientes, e maiores cuidados na execução para garantir a capacidade de aderência satisfatória.

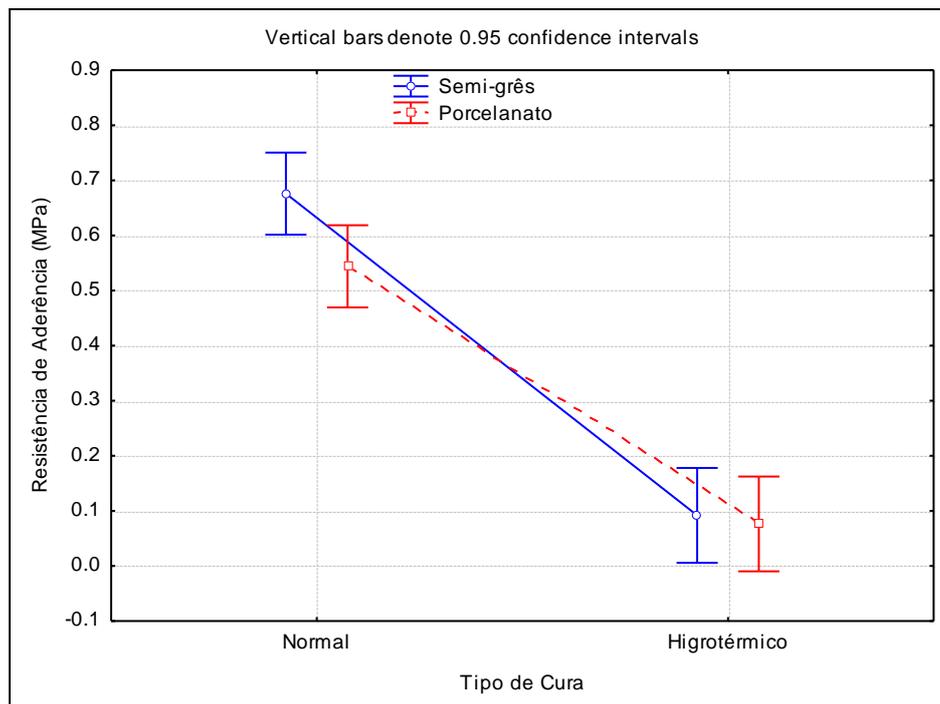


Figura 2 - Resistência de aderência em função da placa cerâmica e cura. (Da Pesquisa, 2011)

Tabela 8 - Análise estatística das variáveis do estudo (ANOVA)

Fonte	SQ	GL	MQ	Significância - P	Resultado
Argamassa	0.196020	1	8.9191	0.008722	Significativo
Placa Cerâmica	0.087120	1	3.9641	0.063842	Não Significativo
Erro	0.351640	1			

SQ = soma dos quadrados; MQ = média dos quadrados; F = parâmetro de Fischer para o teste de significância dos efeitos.

Com base nos gráficos da figura 5, podemos observar que o tipo de placa não contribuiu para a resistência no caso da cura em ciclo higrotérmico. A resistência de aderência caiu

para valores baixos, que, em situação real, podem levar ao destacamento da placa cerâmica mesmo sem esforço de arranchamento. Estudos realizados comprovaram que as resistências mecânicas (especialmente a resistência à tração na flexão e aderência) das argamassas são afetadas pela absorção de água, entretanto o fenômeno parece ser parcial ou totalmente reversível. (OLIVEIRA, 2004). Porém, como nesse estudo a exposição foi a ciclos higrotérmicos, a recuperação de aderência parece pouco provável, sendo necessário ensaios para comprovação.

Considerando a perda de aderência, podemos concluir que o ciclo escolhido foi agressivo, ou a forma de exposição do conjunto ao mesmo, pois, na realidade, fachadas ficam expostas as variações de temperatura ao longo do dia e eventuais choques térmicos causados por chuvas e ventos, e essas ações, combinadas com as características físicas e mecânicas dos revestimentos, produzem estados de tensões nas fachadas ainda pouco conhecidos e raramente pesquisados. (UCHÔA, 2007). Apesar de não ser apontado nas estatísticas como a causa de destacamento de placas cerâmicas, a perda de aderência da argamassa devido a exposição as intempéries pode ser a causa desses destacamentos, ou ter grande influencia quando um dos requisitos do correto assentamento não foram atendidos (descuidos no preparo da argamassa, utilização após excedido tempo em aberto, ausência de juntas, por exemplo).

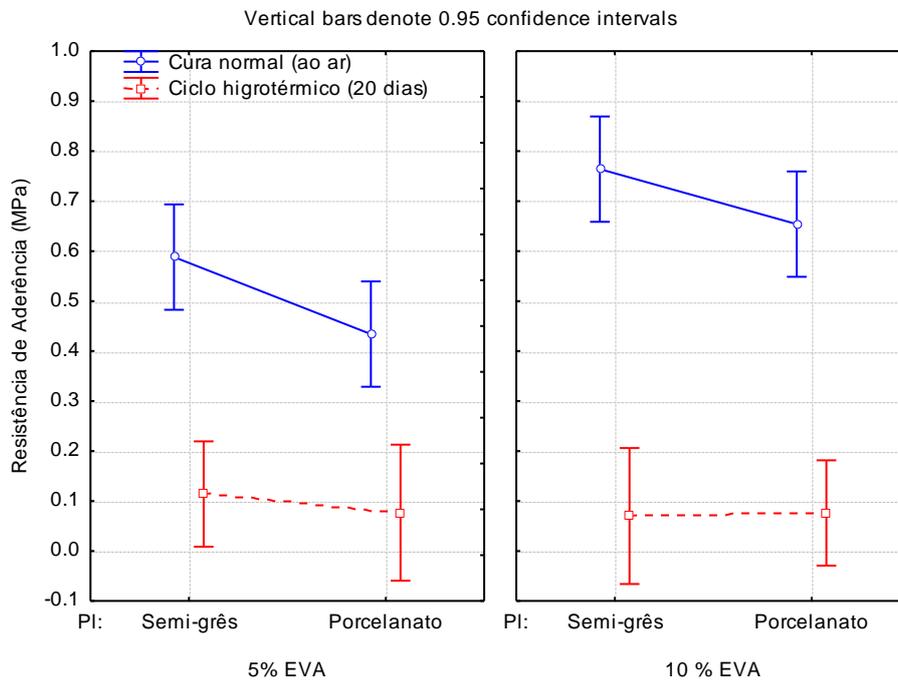


Figura 3 - Resistência de aderência em função da cura. (Da Pesquisa, 2011)

#### 4. CONCLUSÕES

Quanto as variáveis estudadas, através da análise dos resultados concluímos que:

- A concentração do aditivo melhorou a resistência de aderência, para a cura normal, para cura em ciclos higrotérmicos a maior concentração do aditivo não contribuiu para resistência de aderência da argamassa.
- A placa cerâmica com maior absorção de água confere maior resistência de aderência ao sistema em cura normal, sendo que em cura submersa, a aderência foi tão baixa quanto para a placa com absorção de água menor.
- A cura em ciclos higrotérmicos praticamente anulou a resistência de aderência das argamassas estudadas. Em situação real de exposição de uma fachada, em que a argamassa chegou a índice de resistências abaixo de 0,15 Mpa, as placas cerâmicas sofreriam sério risco de descolamento.
- Presença de água e temperatura na argamassa afetam muito a resistência de aderência, porém o ciclo adotado, devido ao grande impacto causado na resistência de aderência das argamassas pode ser considerado agressivo.

Assim, estudos complementares com exposição a ciclos higrotérmicos diferentes podem proporcionar resultados mais conclusivos.

## 5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Argamassa para Assentamento de Paredes e Tetos: Preparo da mistura e Determinação do Índice de Consistência.**

NBR 13276. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas: Especificação.** NBR 14081

Rio de Janeiro, 1998

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas – execução do substrato padrão e aplicação de argamassa para ensaios:** NBR 14082 Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA. **Argamassa Colante Industrializada para Assentamento de Placas Cerâmicas – Determinação da resitência de aderência:** NBR 14084 Rio de Janeiro, 1998

MAHABOONPACHAI, Tithi, KUROMIYA, Yusuke, MATSUMOTO, Takashi. **Experimental investigation of adhesion failure of the interface btween concrete and polymer-cement mortar in an external wall tile structure under a thermal load.** Construction and Building Materials. p. 2001-2006, 2008.

MARANHÃO, Flavio L, JOHN, Vanderley M. **Bond strength and transversal deformation aging on cement-polymer adhesive mortar.** Construction and Building Materials. p. 1022-1027, 2009.

MARANHÃO, Flavio L, JOHN, Vanderley M, LOH Kai. **The influence of moisture on the deformability of cement–polymer adhesive mortar.** Construction and Building Materials. p. 2948-2954, 2011.

OLIVEIRA, Juliana. **Estudo das propriedades de argamassas colantes submetidas a saturação e secagem**. 2004. 180p. Tese (Mestrado em Engenharia Civil). Curso de Pós Graduação em Engenharia Civil, Univ. Fed. Santa Catarina, Florianópolis.

ROSCOE, Marcia Taveira. **Patologia em Revestimentos Cerâmicos de Fachadas**. 2008. 81p. Monografia (Curso de Especialização em Construção Civil). Escola de Engenharia da UFMG.

SARAIVA, Ana G. BAUER, Elton. BEZERRA, Luciano M. **Análise das Tensões entre Argamassa Colante e Placas Cerâmicas Submetidas a Esforços de Natureza Térmica**. Ambiente Construído. Porto Alegre. v.2, n.2, p. 47-56, abr./jun. 2002.

SILVA, Denise A. **Caracterização microestrutural de pastas de cimentos aditivadas com polímeros HEC e EVA**. Ambiente Construído. Porto Alegre. v.2, n.2, p. 31-46, abr./jun. 2002.

UCHÔA, João Carlos B. **Procedimento Numérico e Experimental para Avaliação da Resistência a Fadiga de Sistemas de Revestimentos Cerâmicos**. 2007. 181p. Tese (Mestrado em Estruturas e Construção Civil). Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília.