

# Análise da Resistência de Aderência em Sistemas de Revestimento Cerâmico Submetidos à Ciclos Higrotérmicos

**ROMAN, Leslie M. F. (1); SAGAVE, André (2); ROMAN, H. R. (3);  
ALARCON, Orestes E. (4)**

(1) Engenheira Civil, Mestre em Engenharia, doutoranda da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC 88040-900 Florianópolis SC Brasil  
e-mail: [leslie@npc.ufsc.br](mailto:leslie@npc.ufsc.br)

(2) Engenheiro Civil, mestrando da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC 88040-900 Florianópolis SC Brasil

(3) Engenheiro Civil, PhD, professor da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC 88040-900 Florianópolis SC Brasil

(4) Engenheiro Metalúrgico, Dr., professor da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC 88040-900 Florianópolis SC Brasil

## RESUMO

Este trabalho descreve estudo sobre a influência das variações de temperatura e umidade na resistência de aderência em sistemas de revestimento em paredes externas. Para tanto foram moldados dois painéis em alvenaria de blocos cerâmicos, sobre os quais assentadas peças quadradas de 45 cm de lado. Um dos painéis foi submetido a ciclos climáticos, enquanto o outro painel, denominado painel de referência, foi deixado nas condições climáticas do laboratório. Ensaios de arrancamento foram realizados em vários pontos das peças cerâmicas assentadas nos painéis ciclado e de referência. Os valores obtidos nos ensaios foram comparados entre si.

## ABSTRACT

This work describes the influence of cycles of temperature and humidity on the tensile strength of ceramic tile systems. Two small brickwork walls, covered with 45-cm square tiles, were built to simulate an external wall covered with ceramic tile. To study the weathering effect, accelerated weathering test was performed on one of the small wall, while the other was kept under laboratory conditions. Pull-off tests were carried out in different points of the tiles installed on both cycled and non cycled small walls. The results obtained were analyzed and compared.

## 1. INTRODUÇÃO

O sistema de revestimento cerâmico utilizado na grande maioria das construções nacionais consiste dos seguintes elementos: *substrato ou base* (alvenaria ou concreto), *emboço*, *argamassa cola* e *revestimento cerâmico*, como mostra a Figura 1. Estes elementos são dispostos em camadas, cuja aderência entre as mesmas é fundamental para que as condições estéticas e de segurança sejam atendidas durante toda a vida útil da edificação. O fenômeno de aderência se caracteriza como um processo químico,

físico e mecânico que se instala entre os diversos materiais empregados na construção das paredes revestidas. A aderência depende fundamentalmente da natureza dos materiais e da área de contato real entre eles, entre outros fatores. Com o passar do tempo devido aos esforços a que estiver submetido o sistema, as forças de aderência podem perder intensidade ou mesmo deixar de existir, provocando o descolamento das camadas. Este descolamento pode comprometer a segurança do local, uma vez que ao cair podem atingir objetos ou até mesmo pessoas que estiverem nas proximidades.

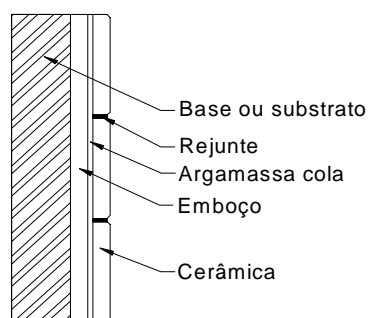


Figura 1. Sistema de Revestimento Cerâmico.

A perda de aderência pode ser originada por uma sobrecarga ou por um processo de fadiga lenta e gradual que se processa nas diversas camadas devido a esforços de natureza cíclica. Sabe-se que os ciclos de temperatura e umidade a que estão submetidas, especialmente as paredes de fachada, são responsáveis pela diminuição ou perda de aderência. Portanto, é de fundamental importância determinar, ou estimar, a resistência dos materiais para um dado número de ciclos.

Na bibliografia consultada não foram encontradas referências a ensaios normatizados para a caracterização da resistência em paredes expostas a ciclos de temperatura e umidade, a não ser para o caso de congelamento e o descongelamento (RILEM, 1977). Alguns pesquisadores desenvolverem métodos de ensaio que possibilitaram o estudo da durabilidade nestas condições de carregamento. TAM et al. (1993), utilizaram ensaios de compressão mecânica com controle de deformação, para simular o fenômeno cíclico. Peças cerâmicas de dimensões 19 cm x 9 cm foram assentadas sobre um painel de concreto. GUAN et al. (1997) utilizaram uma câmara climática para estudar o efeito de ciclos de temperatura e umidade em sistemas cerâmicos constituídos por uma base de concreto sobre a qual foram, usando diferentes argamassas, coladas peças cerâmicas. Os painéis foram colocados totalmente dentro da câmara, ficando ambas as fachadas revestidas e não revestidas em contato com ar a mesma temperatura e umidade.

A resistência de aderência ao arrancamento é normalmente determinada por ensaios de tração normal. Estes ensaios são denominados de ensaios de arrancamento e estabelecidos pela NBR 14084:1998. A norma recomenda ensaio de laboratório para determinação de resistência de aderência para argamassa colante destinada ao assentamento de peças cerâmicas em pisos e paredes. A norma estabelece que seja moldado um substrato padrão em concreto armado, de espessura mínima de 1,5 cm e dimensões mínimas de 25 cm por 50 cm. Sobre este substrato deverão ser aplicadas as peças cerâmicas. Estas peças devem ser cortadas em placas de seção quadrada de 5 ( $\pm$

0,5) cm de aresta, e deverão estar espaçadas de no mínimo 5 cm uma das outras ou 2,5 cm de qualquer extremidade do painel.

Sabe-se que o comportamento do sistema como um todo e dos materiais que o compõe é função, além do carregamento a que estiver exposto, do comportamento de cada parte. Desta forma, o substrato padrão poderá vir a representar satisfatoriamente o revestimento em lajes, porém em paredes onde a base poderá ser de alvenaria de blocos de concreto ou cerâmicos este poderá não representar precisamente o comportamento do sistema. Além disto, as peças cerâmicas assentadas estão sujeitas a tensões provenientes da movimentação daquelas que lhes são adjacentes, conseqüentemente o espaçamento exigido pela norma brasileira poderá produzir resultados mais elevados do que aqueles obtidos na situação de trabalho.

## **2. OBJETIVOS**

O objetivo do trabalho foi estudar o efeito variações higrotérmicas cíclicas na resistência de aderência ao arrancamento de um sistema de revestimento, estando apenas a fachada cerâmica em contato com o meio onde se processam as variações climáticas, enquanto a outra fachada está exposta a um meio higrotermicamente mais estável (comparado com o interior da câmara), ambiente interno da edificação.

## **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **3.1. Materiais**

Painéis de 91 x 91 cm, revestidos com peças cerâmicas de dimensões 45 cm x 45 cm foram definidos para simular o comportamento de paredes revestidas, como mostra a Figura 2. Estes painéis foram executados em alvenaria de blocos cerâmicos de vedação de dimensões 19,5 cm x 14 cm x 10 cm. Sobre a alvenaria foi aplicada uma camada de argamassa de emboço, com espessura média de 2 cm e traço em volume de areia seca de 1:2:6. As peças cerâmicas foram coladas no painel utilizando argamassa do tipo AC-II (NBR 14081:1998). O painel foi rejuntado com argamassa de rejunte industrializado flexível para fachada, na espessura de 6 mm.

### **3.2. Ensaio de Durabilidade**

Transcorrido um período mínimo de 28 dias do assentamento, o painel, a ser ciclado, foi colocado em um caixilho metálico encaixado na porta de uma câmara de ensaios climáticos e submetido a ciclos de variação de temperatura e umidade. A câmara utilizada (FITOCLIMA 1500EDTU20 da Aralab) permite a simulação de ciclos controlados de temperatura e umidade.

A colocação dos painéis permitiu que uma das faces estivesse em contato com a temperatura e umidade oriundas da câmara, enquanto a outra face ficou sujeita às variações climáticas do laboratório da Materiais de Construção Civil da UFSC. Desta forma, foi possível simular as condições reais de funcionamento de uma parede. Foram executados 120 ciclos de 3 horas de duração cada. A duração de cada ciclo foi estabelecida em função do tempo necessário para que a temperatura máxima na superfície do revestimento fosse atingida (68°C). O valor desta temperatura foi definido com base na temperatura calculada por Rivero (RIVERO, 1986) para superfícies verticais na cidade de Porto Alegre, considerando um dia quente de verão. A temperatura mínima foi aquela atingida no final das 3 horas, em média 18°C. A variação cíclica da temperatura pode ser vista na Figura 3.

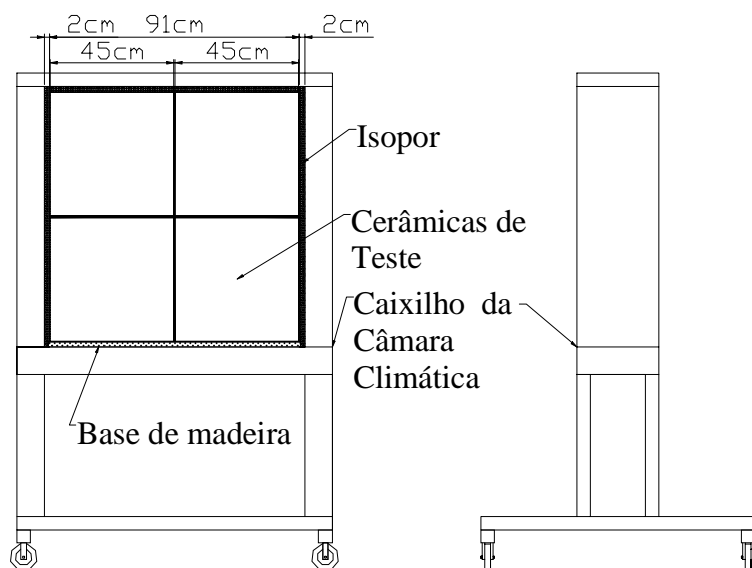


Figura 2. Painel de alvenaria revestido com peças cerâmicas.

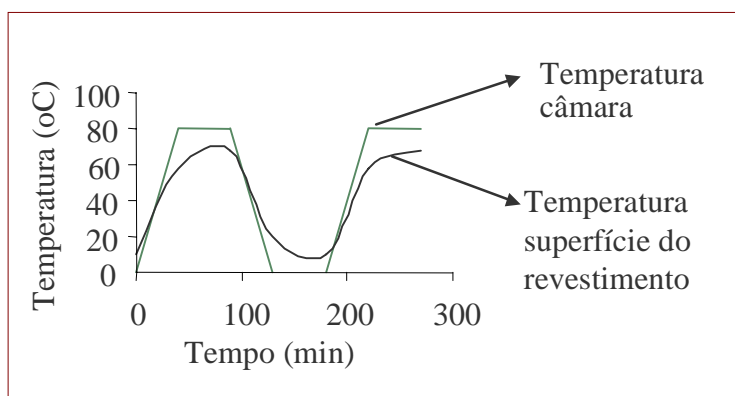


Figura 3. Variação da temperatura no interior da câmara de ensaio e na superfície do revestimento cerâmico, durante programa de ciclagem.

A câmara climática foi programada para os valores máximos e mínimos para a umidade de 60% e 98%, como mostra a Figura 4. Os valores limites foram estabelecidos de forma a simular condições de clima úmido, para temperaturas máximas, e seco, para as temperaturas mínimas, estabelecendo assim as piores condições de expansão e retração respectivamente.

### 3.3. Ensaio de Arrancamento

O ensaio de arrancamento consiste na aplicação de uma carga normal de tração no sentido revestimento-substrato. Para este ensaio utilizou-se um equipamento automático, composto por um tripé regulável, ligado a uma célula de carga através de um pistão automático. Este equipamento permite a regulação da velocidade de aplicação de carga, minimizando o efeito desta variável. A taxa de carga aplicada foi de 0,25 kN/s, conforme recomendação da NBR 14084/98.

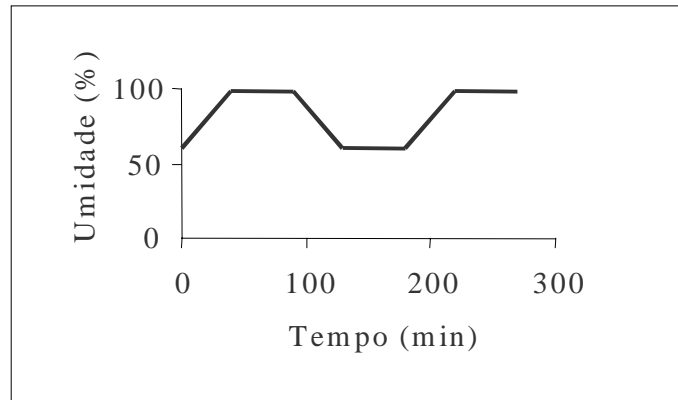


Figura 4. Variação da umidade relativa do ar no interior da câmara de ensaio, durante programa de ciclagem.

Com uma serra copo diamantada, foram feitos furos circulares de 5 cm de diâmetro e com profundidade equivalente ao encontro da interface tardez/argamassa colante. Os furos foram dispostos ao longo de cada peça assentada, perfazendo um total de 13 furos por peça e 52 furos por painel, como mostra a Figura 5.

O arrancamento ocorria quando a resistência à tração do corpo de prova era atingida. O valor máximo era então registrado.

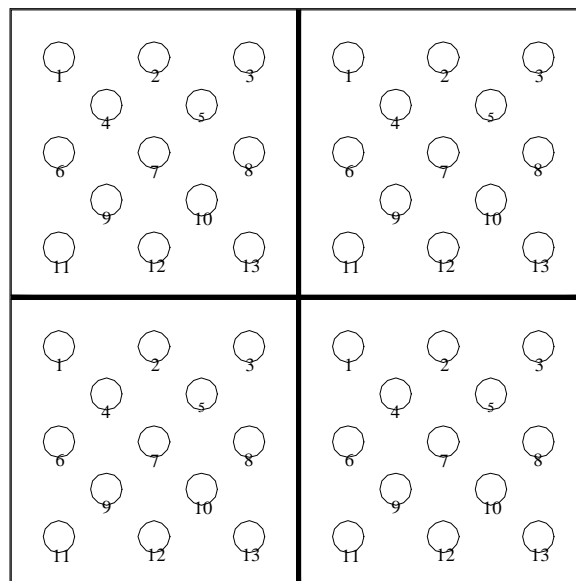


Figura 5. Posição dos furos nos painéis ensaiados.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados mostraram não haver variação significativa na resistência de aderência para o painel ciclado e o de referência, como mostra a Tabela 1. A pequena variação

observada pode ser devida ao pequeno número de ciclos utilizados. Sendo o sistema cerâmico considerado um compósito de baixa ciclagem, seriam necessários mais ciclos para que se pudesse observar uma diminuição significativa das condições e aderência.

Em ambos os painéis verificou-se que não houve total aderência entre a peça cerâmica e o emboço. Nos pontos analisados, observou-se a não homogeneidade das condições de aderência para uma mesma peça. Enquanto em alguns pontos percebia-se um total esmagamento dos cordões de cola, em outros estes eram visíveis ou, mesmo estavam ainda intactos (contato apenas superficial). A variação no valor da força imprimida pelo assentador aliada ao empenamento da peça pode ser responsável pela heterogeneidade nas condições de aderência ao longo do painel.

Tabela 1. Resultados dos ensaios de arrancamento nos painéis ciclados e de referência.

	Painel	
	Referência	Ciclado
Média (MPa)	1,14	1,04
Desvio padrão (MPa)	0,24	0,29
Coefficiente de Variação (%)	21,55	28,40

No painel de referência houve predominância da ruptura, em forma de cunha, na interface entre o emboço e a argamassa colante, como pode se ver na Figura 6. Já para a maioria dos corpos de prova testados após os 120 ciclos, a ruptura se deu nos cordões de cola, ou no interior da camada de cola, como mostra a Figura 7.

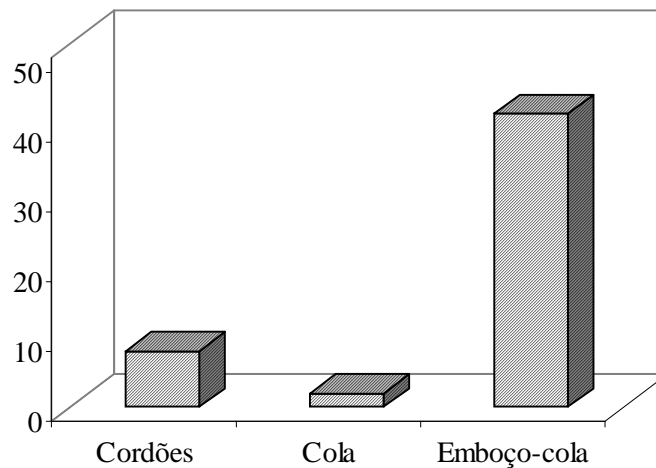


Figura 6. Ruptura no painel de referência.

## 5. CONCLUSÃO

- A resistência de aderência ao arrancamento do sistema cerâmico testado não apresentou degradação significativa após 120 ciclos de temperatura e umidade;
- A ruptura nos corpos de prova do painel de referência concentrou-se na interface emboço e argamassa cola;
- Para os corpos de prova do painel ciclado, a ruptura concentrou-se nos cordões de cola, não esmagados, ou dentro da camada de argamassa

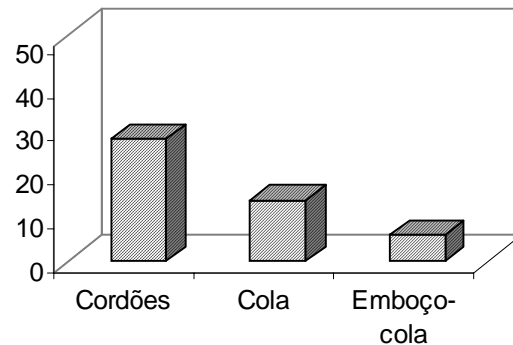


Figura 7. Ruptura por tração no painel ciclado.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Argamassa Colante Industrializada para Assentamento de Placas de Cerâmica – Especificação. NBR 14081.** Rio de Janeiro, 1998.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Argamassa Colante Industrializada para Assentamento de Placas de Cerâmica – Determinação da Resistência de Aderência. NBR 14084.** Rio de Janeiro, 1998.

GUAN, W. L.; ALUM, J.; LIU, Z.J.; YANG, T. *Performance of External Tiled-Wall Systems under Tropical Weathering Conditions. Journal of Performance of Constructed Facilities*, ASCE, v. 11, nº 1, 1997, p. 24-34.

RILEM TECHNICAL RECOMMENDATIONS FOR THE TESTING AND USE OF CONSTRUCTION MATERIALS. **Methods of Carrying out and Reporting Freeze/Thaw Tests on Concrete Without De-icing Chemicals. TC4-CDC.** Londres, 1977.

RIVERO, R. **Arquitetura e Clima: condicionamento térmico natural.** Porto Alegre: D.C. Luzzato Editores, 2.ed, 1986, 240 p.

TAM, C-T; LOO, Y-H; QUEK, S-T; SAW, W-H. *Simulated Thermal Fatigue Testing of Wall-to-Tile Bond. Durability of Building Materials and Components.* 1993, p. 715-723.