

Seu Tijolo Está Manchado? Conheça a Influência do Cimento sobre a Formação da Eflorescência

Eduardo dos Santos^{a*}, Antônia Patrícia de Queiroz^a

^a Escola SENAI Mario Amato, São Bernardo do Campo, SP, Brasil

*e-mail: eduardo-santos.eduardo@hotmail.com

Resumo

A proposta desse trabalho é demonstrar que o problema de eflorescência não é decorrente apenas de formulações e de produtos cerâmicos com teores elevados de sais solúveis, e que o problema pode vir de uma fonte externa utilizada como objeto de estudo para este trabalho: o cimento usado no assentamento dos blocos na construção civil. Devido à eflorescência ser visivelmente nítida em produtos cerâmicos por causa da sua coloração avermelhada em contraste com as manchas esbranquiçadas desta patologia, após o surgimento deste defeito, o consumidor sem conhecimento técnico, identificará este como sendo um problema exclusivo da indústria cerâmica, desconsiderando outros fatores, como a interação da mistura do cimento com o material cerâmico. Este possível equívoco acarretará para a indústria cerâmica desde a devolução dos produtos por parte dos consumidores, até a insatisfação e a perda de credibilidade no mercado quanto à qualidade de seus produtos, por motivos estéticos e em casos mais severos por trincas e/ou quebra dos tijolos, devido à baixa resistência mecânica que a eflorescência pode ocasionar. Neste trabalho será demonstrado através de um teste simples realizado em laboratório, que é possível identificar quando a origem da eflorescência está correlacionada aos sais solúveis provenientes do cimento.

Palavras-chave: eflorescência, cerâmica, cimento.

1. Introdução

A eflorescência é caracterizada pelo surgimento de manchas esbranquiçadas na superfície de produtos cerâmicos, formadas a partir de depósitos de sais solúveis que migram para as paredes destes produtos através da sua solubilização em água. Este problema pode diminuir a resistência mecânica do produto, além de diversos prejuízos também relacionados à estética do mesmo.

A eflorescência se forma de acordo com as seguintes etapas:

- ✓ Os sais se solubilizam em contato com a água que pode ser proveniente da mistura da massa cerâmica ou de fatores externos, como a mistura do cimento utilizado para assentamento, ou até mesmo de umidade a qual o produto é exposto após sua aplicação;
- ✓ A água presente na massa do produto cerâmico evapora, “carregando” estes sais para a superfície do corpo cerâmico onde se cristalizam, ficando visíveis e formando a eflorescência.

Segundo Verduch e Solana¹, as eflorescências mais comuns nos produtos cerâmicos são as provocadas por sais solúveis, como carbonatos, sulfatos, cloretos e nitratos que contenham os cátions de metais alcalinos e alcalinos terrosos, como Na⁺, K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺.

O objetivo deste trabalho é demonstrar que a eflorescência não é um problema exclusivo da indústria

de cerâmica vermelha, pois podem se formar depósitos de sais solúveis através da migração destes originados das massas preparadas para assentar os blocos na construção civil. Através da própria mistura do cimento ou concreto, é possível visualizar a migração dos sais solúveis para o tijolo devido à solução composta da própria mistura do cimento, levando assim à formação da eflorescência mesmo que a composição do tijolo seja isenta de sais solúveis, como visto na Figura 1.

Para demonstrar a influência do surgimento de eflorescência provocada através de cimentos com alto teor de sais solúveis em paredes, foi realizado um teste com o objetivo de simular o efeito intempérico da umidade em exposição à radiação (aquecimento) na superfície exposta, de uma forma simples que pode facilmente ser executada em indústrias do setor.

Na Tabela 1, são indicadas as fontes prováveis dos sais solúveis que dão origem a eflorescência incluindo a ação do cimento:

2. Materiais e Métodos

Para este estudo foram utilizados tijolinhos (6,5 cm × 6,0 cm × 3,5 cm), que foram confeccionados com uma argila da região de Itu, e esta argila foi escolhida como objeto de estudo por não ter apresentado problemas relacionados à formação de eflorescência.

Tabela 1. Sais comuns em eflorescência.

Composição Química	Solubilidade em Água	Fonte Provável
Carbonato de cálcio	Pouco solúvel	Carbonatação do hidróxido de cálcio do cimento ; Cal não carbonatada.
Carbonato de magnésio	Pouco solúvel	Carbonatação do hidróxido de cálcio do cimento ; Cal não carbonatada.
Carbonato de potássio	Muito solúvel	Carbonatação de hidróxidos alcalinos de cimentos de elevado teor de álcalis.
Carbonato de sódio	Muito solúvel	Carbonatação de hidróxidos alcalinos de cimentos de elevado teor de álcalis.
Hidróxido de cálcio	Solúvel	Cal liberada na hidratação do cimento .
Sulfato de potássio	Muito solúvel	Tijolo água de amassamento e cimento .
Sulfato de sódio	Muito solúvel	Tijolo água de amassamento e cimento .

Fonte: Bauer².



Figura 1. Parede com formação de eflorescência.

Na primeira etapa deste estudo, os tijolinhos foram capeados com cimento Portland tipo CPII, que apresentava teor de sais solúveis suficiente para a formação da eflorescência.

A proposta do ensaio aplicado foi de construir paredes assentadas com cimento Portland (CPII), e simular as ações naturais às quais uma parede é exposta. Para isso, a parede foi construída com oito tijolos assentados com 5 mm de espessura de cimento entre eles, aguardado-se o tempo de cura do cimento.

A parede foi parcialmente imersa em uma badeja com água deionizada (sem submergi-la totalmente, apenas 4 mm da base inferior dos tijolos) para simular o processo de intemperismo causado pela umidade, e esta foi exposta a luz de uma lâmpada de infravermelho para simular o aquecimento, onde a temperatura incidente sobre os tijolos foi de aproximadamente 38 °C, com isso ocorreu à evaporação da água migrada para a superfície dos tijolos, e a cristalização dos sais solúveis, durante um tempo de exposição de aproximadamente 96 horas dentro destas condições.

A Figura 2 representa a simulação do teste realizado em laboratório.

Este teste foi simplificado, quanto à preparação dos tijolos para a sua execução, onde foram capeados individualmente 12 tijolinhos com espessura de 5 mm de cimento em todas as paredes externas do tijolo, como visto na Figura 3.

Para garantir a confirmação de que a eflorescência ocorreu devido à ação do cimento, o mesmo teste foi



Figura 2. Simulação de intemperismo em teste com tijolos.

realizado em tijolos sem cimento, para possibilitar a comparação entre os efeitos deste teste em ambos os casos.

Além deste teste, para confirmar e identificar os tipos de sais solúveis responsáveis pelo surgimento da eflorescência, também foram realizados paralelamente os seguintes ensaios e análises:

- Análises químicas por espectrometria de fluorescência de raios x no cimento e na massa dos tijolos;
- Análise química de sais solúveis no cimento, realizada através das técnicas de gravimetria, titrimetria e fotometria de chama;
- Análise química semi quantitativa realizada através da espectrometria de fluorescência de raios x no sal cristalizado na superfície dos tijolos após a realização do teste em lâmpada de infravermelho;
- Microscopia eletrônica de varredura (MEV) e espectroscopia dispersiva de energia (EDS) dos tijolos com o sal cristalizado na superfície, após a realização do teste em lâmpada de infravermelho.

3. Resultados e Discussão

Á partir dos resultados dos testes, análises e ensaios realizados durante a execução deste trabalho, foi possível evidenciar que o cimento teve ação única sobre a formação da eflorescência nos tijolos.

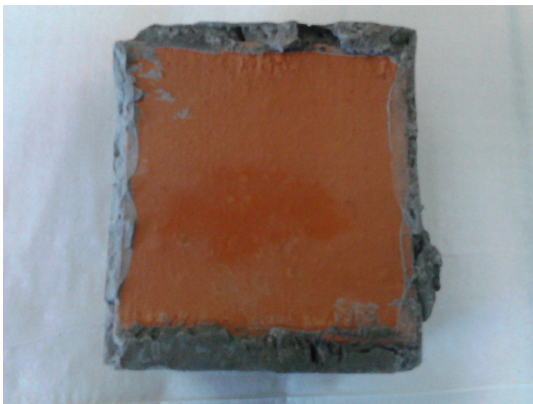


Figura 3. Tijolo capeado individualmente.

As análises químicas do cimento e da massa da composição do tijolo são apresentadas na Tabela 2.

Sobre a comparação entre a composição química do tijolo (basicamente formada de silicato de alumínio) em comparação com a composição química do cimento (basicamente um silicato tricálcico), destaca-se o teor de sulfato encontrado no cimento, o que corresponde à quase 4% de sua composição, e indica a presença de sulfatos solúveis neste material, um dos sais formadores da eflorescência.

A análise química de sais solúveis do cimento é apresentada na Tabela 3.

A análise de sais solúveis do cimento mostra além de um alto teor de sais totais, uma concentração considerável de sulfatos e do íon potássio, o que indica que a eflorescência, neste caso, pode ser derivada basicamente de sulfato de potássio (além de outros sais solúveis) presente no cimento, que como indicado na Tabela 1, referente às principais fontes de sais solúveis que contribuem para a formação de eflorescência pode surgir tanto do tijolo, da água de amassamento quanto do próprio cimento.

Segundo Budavaris et al.³, um grama de sulfato de potássio dissolve-se em 8,3 ml de água à temperatura ambiente, o que indica que este é um sal de alta solubilidade em água, e potencialmente favorável a formação de eflorescência.

Após a realização do teste simulando intemperismo a partir da ação de umidade e temperatura, foi constatado o depósito de sais na superfície dos tijolos expostos à radiação da lâmpada, como verificado na Figura 4.

Além do depósito de sais na superfície dos tijolos submetidos ao teste, também foi possível visualizar este mesmo aspecto esbranquiçado na superfície do cimento utilizado para capeamento dos mesmos, como pode ser visto na Figura 5.

Os tijolos cerâmicos também foram submetidos ao mesmo procedimento de teste na lâmpada de infravermelho sem o capeamento com o cimento, e a Figura 6 ilustra o resultado obtido, que demonstra que não houve a formação de eflorescência, e que esta foi formada exclusivamente

Tabela 2. Análises químicas do tijolo e do cimento.

Ensaio (%)	P.F.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	Cl	P ₂ O ₅	SO ₃
Cimento	6,38	17,99	4,19	2,61	0,14	57,41	5,56	---	0,81	0,09	0,10	3,74
Massa do Tijolo	1,90	68,17	17,7	7,60	0,94	0,56	0,76	---	2,12	---	0,16	----

Tabela 3. Análise química de sais solúveis do cimento.

ENSAIOS	RESULTADOS (%)	METODOLOGIAS UTILIZADAS
SAIS TOTAIS	7,15	Gravimetria
SULFATOS (SO ₄) ⁻²	0,45	Gravimetria
CLORETOS	0,01	Titrimetria
SÓDIO (Na ⁺)	0,01	Fotometria de Chama
POTÁSSIO (K ⁺)	0,65	Fotometria de Chama

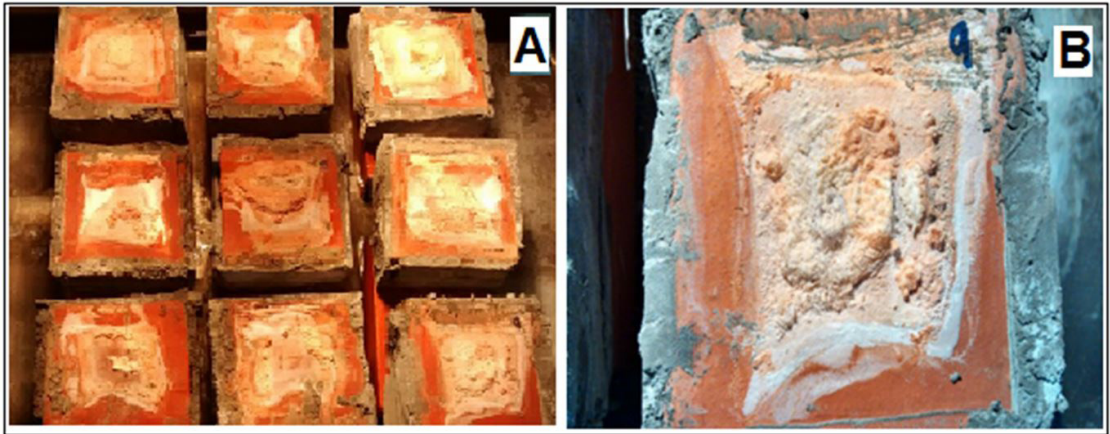


Figura 4. Tijolos após teste com lâmpada de infravermelho. (A) Tijolos imersos em água com aquecimento; (B) Imagem aproximada de sais cristalizados na superfície do tijolo.



Figura 5. Cimento com sais cristalizados na superfície.

por conta do cimento utilizado para capeamento no teste anterior, indicando que neste caso, houve a migração da água por toda a superfície dos tijolos, e não foram

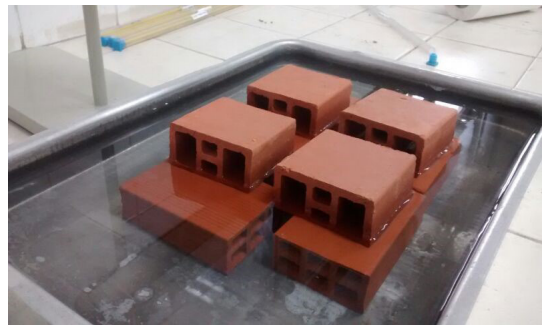


Figura 6. Tijolos imersos em água e irradiados com lâmpada de infravermelho.

formando os depósitos salinos, o que confirma que a massa utilizada para confecção dos tijolos para o teste é isenta de sais solúveis.

A análise química apresentada na Tabela 4, realizada no sal cristalizado na superfície dos tijolos, indicou teores elevados de sulfatos e de potássio, reforçando os resultados das Tabelas 2 e 3, e confirmando que a formação da eflorescência tem como causa principal o sulfato de potássio do cimento.

Nas imagens de MEV representadas na Figura 7 do sal depositado na superfície dos tijolos, é demonstrada a concentração dos elementos dispersos no material analisado. O espectro de EDS representado na Figura 8 mostra picos dos elementos encontrados na composição química desta amostra.

A partir das análises de MEV e EDS, confirma-se a alta concentração dos elementos K, O, e S dispersos na superfície do tijolo com sais cristalizados na superfície, onde o restante dos elementos são provenientes da formulação do tijolo utilizado como base, o que confirma mais uma vez as informações mostradas nas Tabelas 2, 3 e 4, de que a formação de eflorescência neste caso pode ser proveniente do sulfato de potássio decorrente do cimento.

Tabela 4. Análise química do sal cristalizado na superfície dos tijolos.

Ensaio	SO ₃	K ₂ O	MgO	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
Resultado	43,36%	35,97%	7,87%	6,06%	2,72%	2,20%	0,78%

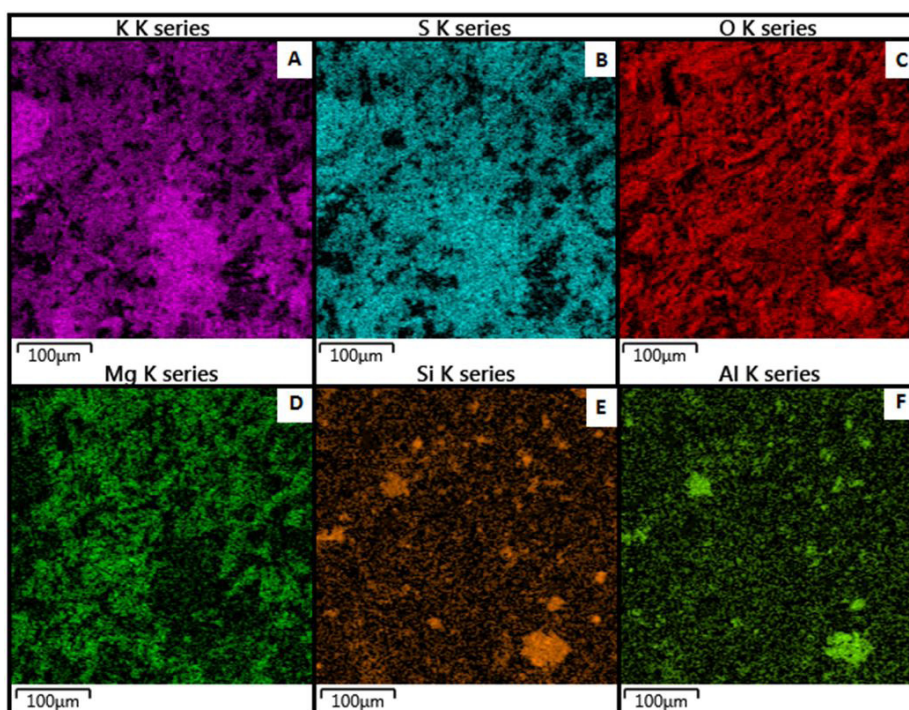


Figura 7. Imagens de MEV (Microscopia Eletrônica de Varredura) da superfície do tijolo com sais cristalizados. Concentração de K na superfície do tijolo; (A) Concentração de S na superfície do tijolo; (B) Concentração de O na superfície do tijolo; (C) Concentração de Mg na superfície do tijolo; (D) Concentração de Si na superfície do tijolo; (E) Concentração de Al na superfície do tijolo; (F) Porcentagem de Al na massa.

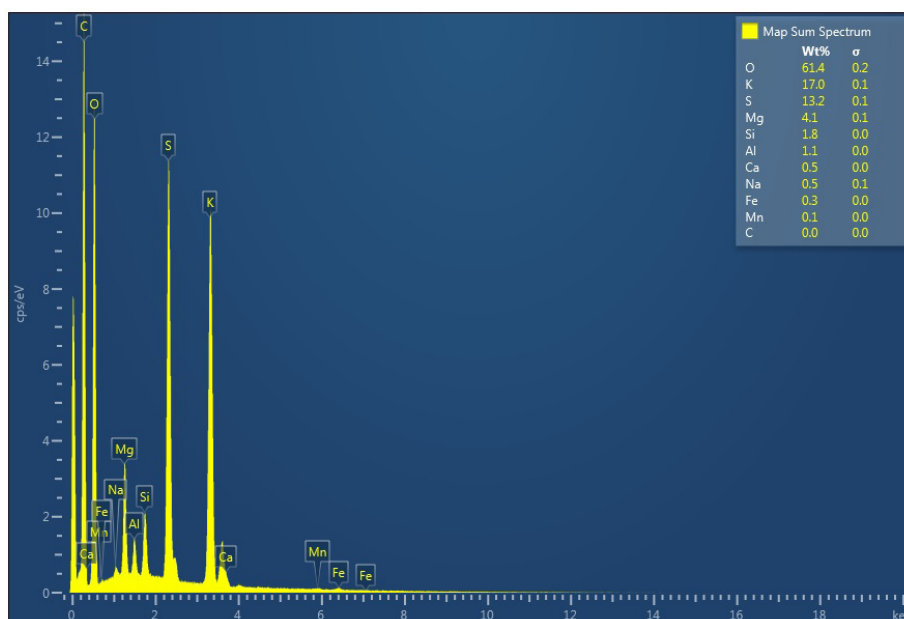


Figura 8. EDS da superfície do tijolo com sais cristalizados na superfície.

4. Conclusão

Com base nas informações apresentadas neste trabalho, pode-se concluir que, o cimento usado na construção civil, em alguns casos pode ser o grande vilão se tratando de eflorescência, devido aos seguintes motivos:

- Nos ensaios acima foi mostrado que os tijolos usados como amostra apresentavam ausência de sais solúveis.
- A formulação básica do cimento apresenta em sua constituição sais solúveis tais como carbonatos e sulfatos.
- Os tijolos que foram submetidos ao teste (simulando a ação de umidade e temperatura sobre o material) não apresentaram formação de eflorescência.
- Os tijolos capeados com cimento que foram submetidos ao teste (simulando a ação de umidade e temperatura sobre o material) apresentaram formação de eflorescência.
- Nas análises realizadas (química, sais solúveis, MEV e EDS), foi constatado um alto teor de sulfato de potássio.

O teste de simulação de intemperismo a partir da ação da umidade e temperatura, utilizado neste trabalho pode ser facilmente aplicado em indústrias do segmento de cerâmica vermelha, devido ao seu baixo custo, rapidez e fácil execução.

As análises complementares para a confirmação dos resultados e caracterização dos materiais podem ser

avaliadas juntamente com este teste, para uma confirmação mais precisa de seus resultados.

Agradecimentos

À Escola SENAI Mario Amato por possibilitar o desenvolvimento deste trabalho, à direção, coordenação técnica e funcionários dos laboratórios de prestação de serviços da rede SENAI-SP pelo apoio e pelo fornecimento de algumas análises e ensaios apresentados neste trabalho e, em especial aos alunos do curso técnico em cerâmica Rodrigo Rubia Cronhal, Lucas Lica Miguellone e Diego de Jesus pela ajuda durante a execução deste trabalho.

Referências

1. VERDUCH, A. G., & SOLANA, V. S., **Velos, florescencias y manchas en obras de ladrillo**. Madri: Faenza Editrice Ibérica, 1999.
2. BAUER, L. A., **Materiais de Construção**. Rio de Janeiro: LTC, 2001.
3. BUDAVARIS, S. et al. **The Merck Index** Eleventh Edition. Centennial Edition, 1989.
4. MORENO, M. M. T. et al. **Formação de Eflorescência em Materiais de Construção**, Revista de Geologia, Fortaleza, 2010, v. 23, n. 22, 163- 170p.
5. RINCON, J. M., & ROMERO, M., **Prevencion y Eliminacion de Eflorescencias en la Restauracion de Ladrillos de Construcccion**. 2001.
6. SILVA, I. T. S. **Identificação Dos Fatores Que Provocam Eflorescência Nas Construções Em Angicos/Rn**, Angicos, 2011.