2020 ENTAC
XVIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído

Futuro da Tecnologia do Ambiente Construído e os Desafios Globais

Porto Alegre, 4 a 6 de novembro de 2020

A INFLUÊNCIA DE POLÍMEROS NA ADERÊNCIA E FLEXIBILIDADE DA ARGAMASSA COLANTE[1]

ZAPPILE, Jonathan (1); RESENDE, Maurício (2)

(1) Universidade São Judas Tadeu, jonathanzappile@gmail.com;
(2) Universidade São Judas Tadeu, mauricio.resende@saojudas.br

RESUMO

As propriedades da argamassa colante dependem da composição mineralógica e química dos materiais que a constituem. O desempenho de cada uma de suas propriedades está basicamente associado aos materiais, à relação polímero/cimento e à relação água/cimento. As propriedades da argamassa colante são de elevada importância para o conferir durabilidade e funcionalidade do sistema de revestimento cerâmico, uma vez que é a principal camada responsável pela ligação da camada de regularização à camada de acabamento. O presente trabalho discute teoricamente a classificação e a caracterização das argamassas colantes e a influência sobre sua capacidade de deformação. Após o estudo teórico, elaborou-se sete traços de argamassa colante com variação do teor de polímero/argamassa e do teor de cimento/argamassa para verificar a influência destas relações nas propriedades de aderência a tração direta e deformação transversal. Com os resultados dos ensaios verificou-se que a relação teor de cimento/argamassa e teor de PVAc/argamassa influenciam na capacidade de deformação (flexibilidade).

Palavras-chave: *Argamassa colante. Argamassa modificada com polímero. Deformação Transversal*

ABSTRACT

The properties of the adhesive mortar depend on the mineralogical and chemical composition of the materials that constitute it. The performance of each of its properties is basically associated with the materials, the Polymer/cement ratio and the water/cement ratio. The properties of the adhesive mortar are of high importance to provide durability and functionality of the ceramic tiles, since it's the main layer responsible for the adhesion of the ceramic tiles in the substrate. The present work theoretically discusses the classification and characterization of adhesive mortars and the influence on their deformation capacity. After the theoretical study, seven traces of adhesive mortar with varying Polymer/mortar ratio and cement/mortar ratio were developed to verify the influence of these relationships on the properties of adhesion to direct traction and transverse deformation. With the results of the tests it was found that the ratio of cement/mortar and PVAc/mortar ratio influence the deformation capacity (flexibility) of the adhesive mortar.

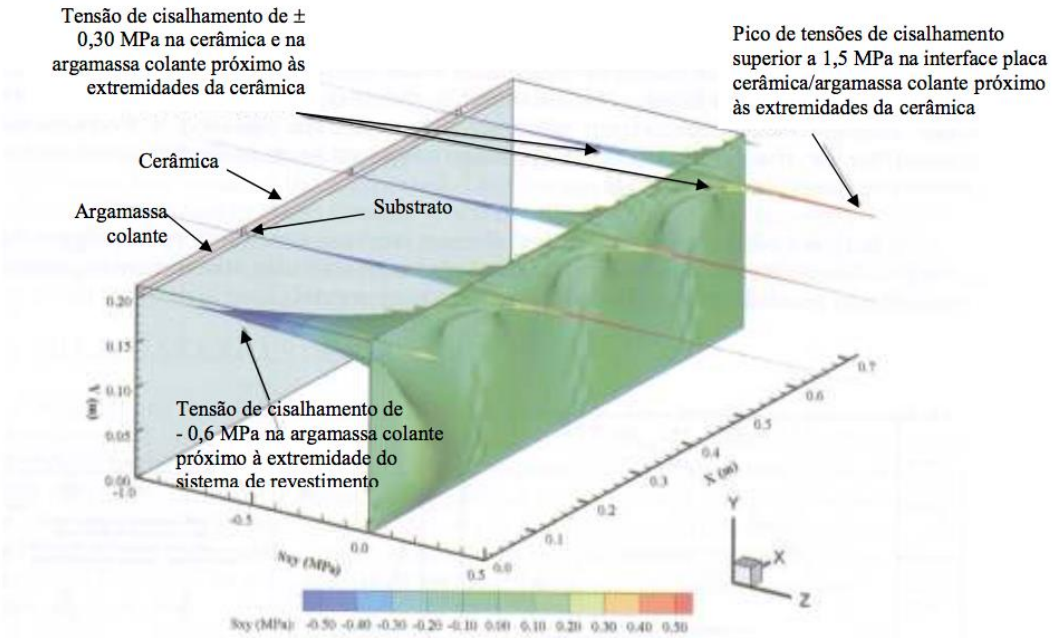
Keywords*: Cimentitious adhesives. Dry set mortar. Transverse deformation.*

[1] ZAPPILE, J.; RESENDE, M. Avaliação da Flexibilidade da Argamassa Colante em função do teor de polímero. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2020.

1 INTRODUÇÃO

O revestimento cerâmico tem como principal finalidade a proteção da base contra agentes agressivos, de natureza química ou não, e fornecer beleza estética a edificação. Para que o revestimento cerâmico possa conferir tais características, deve ocorrer perfeita interação entre as camadas que o compõe. Além disso, o revestimento cerâmico é aplicado em um sistema de maior magnitude, a edificação, que está exposta a variações de temperatura ao longo de ciclos diários ou sazonais, induzindo a expansões e contrações dos materiais da construção (ZURBRIGGEN; HERWEGH, 2016). Abreu et al. (2004) e Saraiva et al. (2001) identificaram que a interface argamassa colante/placa cerâmica é a região do sistema de revestimento mais solicitada por esforços de cisalhamento, quando são considerados efeitos térmicos e de expansão higroscópica das placas cerâmicas, conforme pode ser observado na Figura 1.

Figura 1 – Tensões de Cisalhamento (Sxy) em sistema de revestimento cerâmico devido a 0,1mm/m de expansão da placa cerâmica



Fonte: Abreu et al, 2004

Assim, nota-se que além da importância da resistência mecânica (resistência à aderência à tração e ao cisalhamento) das argamassas colantes, a capacidade de deformação da argamassa colante também possui papel fundamental no desempenho do revestimento cerâmico, pois apresentam uma maior capacidade de dissipação das tensões presentes no sistema (MATSUTATO, 2007). Urban e Tamakura (2005) afirmam que somente desta forma podem ser garantidas a durabilidade e a funcionalidade do sistema de revestimento cerâmico ao longo do tempo. Entretanto, inexiste uma correlação entre a resistência de aderência à tração e a capacidade de deformação transversal (flexibilidade). Desta forma, para as situações mais críticas do revestimento cerâmico torna-se importante especificar a capacidade de deslocamento transversal das argamassas colantes. O presente trabalho tem por objetivo avaliar a aderência e flexibilidade das argamassas colantes em função do teor de polímero e do teor de cimento.

De acordo com a NBR 14081-1 (ABNT, 2012), as argamassas colantes, em função da resistência de aderência e do tempo em aberto, podem ser classificadas em ACI, ACII e ACIII (Tabela 1), sendo que a especificação de cada um destes tipos ocorre em função do local de aplicação do revestimento (interno, externo e situações especiais). Entretanto, esta classificação não abrange sua capacidade de absorver deformações.

Tabela 1 – Requisitos para argamassa colante

Requisito		**Método de Ensaio**	**Unidade**	**Critério**		
				ACI	**ACII**	**ACIII**
Tempo em aberto		NBR 14081-3	min	≥ 15	≥ 20	≥ 20
Resistência de aderência à tração aos 28 dias, em função do tipo de cura	Normal	NBR 14081-4	MPa	≥ 0,5	≥ 0,5	≥ 1,0
	Submersa			≥ 0,5	≥ 0,5	≥ 1,0
	Estufa			-	≥ 0,5	≥ 1,0

Fonte: NBR 14081-1 (ABNT, 2012)

Em vista disto, a norma ISO 13007-1 (ISO, 2014), além de classificar as argamassas colantes em função da resistência de aderência nos diversos tipos de curas e do tempo em aberto (C1 e C2), possibilita a classificação em função da sua capacidade de deformação (Tabela 2). Este ensaio baseia-se na aplicação de uma carga central em uma membrana de argamassa colante com dimensões iguais a (280x45x3)mm biapoiada, conforme apresentado na Figura 2.

Tabela 2 – Características opcionais para argamassa colante

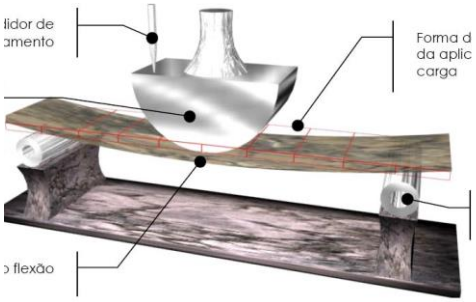
Características especiais – Deformação Transversal (S)		
Característica	**Requisitos**	**Método ISO 13007 Parte 2**
Argamassa deformável – S1	≥ 2,5 mm < 5 mm	Cláusula 4.5
Argamassa altamente deformável – S2	≥ 5 mm	Cláusula 4.5

Fonte: ISO 13007-1 (ISO, 2014)

Ao contrário da ISO 13007 (ISO, 2014), a norma americana, ANSI 118.4 (ANSI, 2019), não apresenta requisitos para capacidade de deformação transversal, porém apresenta o requisito referente a resistência ao cisalhamento. Para a verificação desta propriedade, duas placas cerâmicas são coladas de forma defasada entre elas pela argamassa colante a ser avaliada e, após o período de cura, é realizada compressão nestas placas de tal forma a promover um cisalhamento entre as elas (Figura 3).

Portanto, a seleção da argamassa colante em função das exigências de desempenho deve ser feita sob o ponto de vista técnico, levando-se em conta as características da base, da placa cerâmica e das condições de utilização. Em via disto, é necessário estabelecer critérios de desempenho que atendam as diversas situações de uso do revestimento cerâmico, de forma a aumentar sua durabilidade. Por exemplo, uma argamassa colante C2S2 tem uma excelente resistência à tração e grande capacidade de deformação, que consequentemente, deverá ter uma excelente resistência ao cisalhamento. Por outro lado, se uma argamassa apresentar uma elevada resistência ao cisalhamento nos ensaios da ANSI 118.4, é provável que ela também seja bastante flexível quando ensaiada conforme o ensaio de deformação transversal (flexibilidade) da ISO13007.

Figura 2 – Ilustração do ensaio de flexibilidade da ISO 13007



Fonte: Junginger, 2003

Figura 3 – Ilustração do ensaio de resistência ao cisalhamento da ANSI 118.4



Fonte: ANSI 118.4

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

Foram avaliados sete traços de argamassas colantes para as propriedades de aderência à tração direta conforme a NBR 14081-1 (ABNT, 2012) e deformação transversal conforme a ISO 13007-2 (ISO, 2013). Em todos os traços foram utilizados os mesmos aditivos variando apenas a quantidade do aditivo polimérico (redispersível) e um traço de referência em que não foi adicionado o polímero promovedor de flexibilidade. As argamassas preparadas utilizaram o mesmo cimento composto (CP II F 40) e agregado à base de quartzo. O polímero era um poli acetato de vinila (PVAc), o polímero retentor de água era um éter celulósico e o aditivo acelerador de cura a base de formiato de cálcio. Todo o conteúdo e suas respectivas dosagens se encontram na Tabela 3.

2.2 Métodos

Foram realizados os ensaios de aderência à tração direta (Figura 4) conforme a NBR14081-4 (ABNT, 2012) e o ensaio de determinação da deformação transversal (Figura 5) conforme a norma ISO 13007-2 (ISO, 2013). Para análise dos resultados do ensaio de deformação transversal foi realizada uma análise de variância (ANOVA) de fator único. Para esta análise foi estabelecida que a hipótese nula é aquela na qual o teor de cimento e/ou polímero não causa influência nas propriedades da argamassa colante.

Tabela 3 – Traços das Argamassas Colantes Avaliadas

Argamassa	Cimento	Agregado miúdo	Retentor de água	Acelerador de cura	PVAc	Relação água/materiais secos
Traço C40	40,00%	59,40%	0,20%	0,40%	0,00%	22,00%
Traço C40P02	40,00%	57,40%	0,20%	0,40%	2,00%	22,00%
Traço C40P04	40,00%	55,40%	0,20%	0,40%	4,00%	22,00%
Traço C35P05	35,00%	59,47%	0,18%	0,35%	5,00%	22,00%
Traço C35P10	35,00%	54,47%	0,18%	0,35%	10,00%	22,00%
Traço C30P05	30,00%	64,55%	0,15%	0,30%	5,00%	22,00%
Traço C30P10	30,00%	59,55%	0,15%	0,30%	10,00%	22,00%

Figura 4 - Ensaio de aderência à tração conforme NBR 14081



Fonte: Os autores

Figura 5 - ensaio de flexibilidade da ISO 13007



Fonte: Os autores

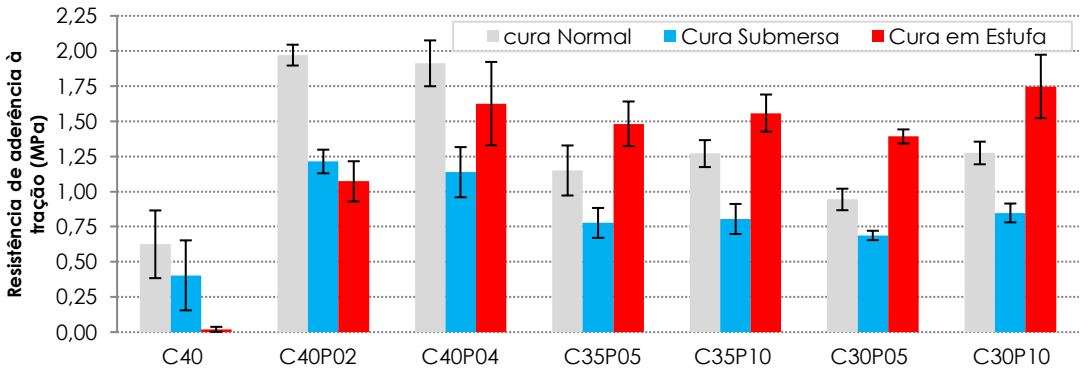
3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A Tabela 4 apresenta a classificação dos traços de argamassa colante dosados conforme o requisito de resistência de aderência à tração especificado pela NBR 14081-1 (ABNT, 2012). O Gráfico 1 apresenta os resultados do ensaio de tração direta. Os resultados demonstram que apenas os traços com teor de cimento igual a 40,00% e adição do PVAc atenderam aos requisitos de ACIII e que as argamassas com teores de cimento iguais a 35,00% e 30,00% e adição do PVAc atenderam aos requisitos de ACII. No caso do traço de referência (C40), que não possui PVAc, não atingiu requisito mínimo para ACI. Em via disto, nota-se que à medida que se reduz o teor de cimento, ocorre uma diminuição da resistência de aderência à tração, mesmo que se adicione polímero. Desta forma nota-se a influência direta do teor de cimento na resistência de aderência à tração e da sua necessidade para atuação do polímero.

Tabela 4 – Classificação dos traços conforme a NBR 14081-1 (ABNT, 2012)

Traço	C40	C40P02	C40P04	C35P05	C35P10	C30P05	C30P10
Classificação conforme a NBR 14081-1 (ABNT, 2012)	-	ACIII	ACIII	ACII	ACII	ACII	ACII

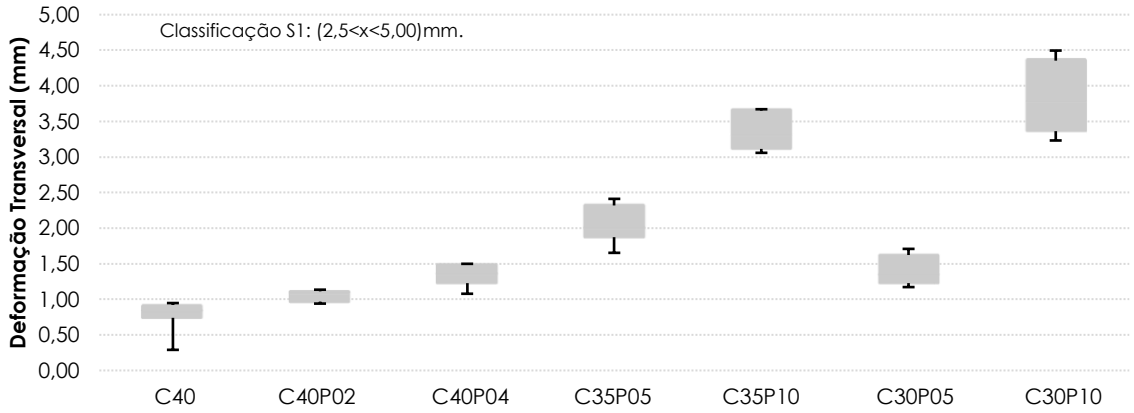
Gráfico 1 – Resultados de resistência de aderência à tração conforme NBR14081 (ABNT, 2012)



O Gráfico 2 apresenta a deformação transversal média das argamassas colantes avaliadas. Por este gráfico, verifica-se que a medida em que aumenta o teor de

polímero PVAc, aumenta-se a deformação transversal da argamassa colante, evidenciando a influência do teor de polímero nesta propriedade. Este comportamento também foi observado por Maranhão et al. (2011). Também por este gráfico, nota-se que a argamassa colante somente consegue atingir deformação transversal superior a 2,5mm (classificação mínima de flexibilidade, S1, pela norma ISO 13007-1 (ISO, 2014)) quando se utiliza 10,00% de teor de aditivo PVAc.

Gráfico 2 – Ensaio de deformação transversal conforme ISO13007-2 (ISO, 2013)



Pelos resultados apresentados na Tabela 5 pode-se concluir, com 95,00% de confiança (valor-P inferior a 0,05 e F >Fcrítico), que o teor de polímero interferiu no valor resistência de aderência à tração para as argamassas colantes com 40,00% e 30,00% de teor de cimento para qualquer tipo de cura. Para as argamassas colantes com 35,00% de teor de cimento pode-se concluir com 95,00% de confiança que para qualquer para tipo de cura que o teor de polímero não interferiu na resistência de aderência à tração das argamassas colantes. Também é possível observar que para a deformação transversal, a hipótese nula é rejeitada em todos os casos, confirmando que o teor de polímero exerce influência nesta propriedade.

Tabela 5 – Análise de variância para teores de cimento fixos e variação do teor de polímero (aderência a tração e deformação transversal)

Teor de cimento	Ensaio	Tipo de cura	F	valor-P	F crítico
40,00%	Aderência à tração	Cura Normal	192,605	1,0455E-16	3,354
		Cura Submersa	59,512	1,2697E-10	3,354
		Cura em Estufa	183,520	1,9214E-16	3,354
	Deformação transversal	Cura Normal	17,666	6,0832E-06	3,285
35,00%	Aderência à tração	Cura Normal	3,524	7,6804E-02	4,414
		Cura Submersa	0,345	5,6438E-01	4,414
		Cura em Estufa	1,354	2,5977E-01	4,414
	Deformação transversal	Cura Normal	29,332	1,9365E-05	4,301
30,00%	Aderência à tração	Cura Normal	88,687	2,2313E-08	4,414
		Cura Submersa	45,757	2,4481E-06	4,414
		Cura em Estufa	23,692	1,2380E-04	4,414
	Deformação transversal	Cura Normal	58,353	1,2599E-07	4,301

Ao analisar os dados apresentados na Tabela 6, para o teor de polímero fixo em 5,00%, pode-se afirmar com 95,00% de confiabilidade que o teor de cimento influenciou a aderência em cura normal e submersa, porém não influenciou para a cura em estufa. Já nos traços onde o teor de polímero é fixado em 10,00%, o teor de cimento exerceu influência apenas nas amostras que permaneceram na cura em estufa.

Por fim, para a propriedade de deformação transversal, a ANOVA apresentou que para os traços com teor de polímero fixo em 5,00%, o teor de cimento exerceu influência. No caso dos traços com teor de polímero fixo em 10,00%, verifica-se que o teor de cimento não interfere na deformação transversal da argamassa colante, evidenciando que neste caso a influência do polímero é mais relevante que o cimento.

Tabela 6 – Análise de variância para teores de polímeros fixos e variação do teor de cimento (aderência a tração e deformação transversal)

Teor de Polímero	Ensaio	Tipo de cura	F	valor-P	F crítico
5,00%	Aderência à tração	Cura Normal	11,321	3,4516E-03	4,414
		Cura Submersa	6,390	2,1055E-02	4,414
		Cura em Estufa	2,933	1,0396E-01	4,414
	Deformação transversal	Cura Normal	18,366	3,0036E-04	4,301
10,00%	Aderência à tração	Cura Normal	0,013	9,1187E-01	4,414
		Cura Submersa	1,152	2,9740E-01	4,414
		Cura em Estufa	5,266	3,3984E-02	4,414
	Deformação transversal	Cura Normal	3,139	9,0298E-02	4,301

4 CONCLUSÃO

A aderência, para os três tipos de cura, apresentou resultados fortemente influenciados pelo teor de cimento Portland e pelo teor de PVAc, proporcionando uma variação na classificação normatizada de cada traço estudado. Nota-se que ocorre a diminuição da resistência de aderência à tração, à medida que se reduz o teor de cimento da argamassa colante, mesmo que aumente o teor de polímero. Desta forma nota-se a influência direta do teor de cimento na resistência de aderência à tração e da sua necessidade para atuação do polímero. Além disso, a partir do PVAc estudado nesta pesquisa, o mesmo demonstrou que sofre forte influências na determinação de sua resistência no caso da cura submersa.

Com relação a capacidade de deformação transversal (flexibilidade), nota-se que, para um mesmo teor de cimento, a variação no teor de polímero (PVAc) na argamassa colante confere maior capacidade de deformação transversal (flexibilidade). Apesar de provocar menor influência quando comparado a variação do teor do PVAc, a redução do teor de cimento na argamassa colante também colabora, até um determinado teor, para aumentar a capacidade de deformação transversal da argamassa colante.

Diante deste estudo, conclui-se que a capacidade de deformação de uma argamassa colante é fortemente influenciada pelo teor de polímero PVAc, devendo ser dosada de forma que haja um equilíbrio com o teor de cimento de forma a não prejudicar a resistência de aderência à tração, principalmente na presença de umidade.

REFERÊNCIAS

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14081-1**: Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas – Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro, 2012.

_____. **NBR 14081-4**: Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas – Parte 4: Determinação da resistência de aderência à tração. Rio de Janeiro, 2012.

ABREU, M. et al. Modeling the Behavior of Ceramic Tile Coverings. In: VIII WORLD CONGRESS ON CERAMIC TILE QUALITY – QUALICER 2004, 2004, Castellon, Espanha. **Anais...** Castellon: Logui Impresion, 2004. p. P.GII-3 – P.GII-17.

ANSI. AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE. **A118.4**: American National Standard Specifications for Modified Dry-Set Cement Mortar. New York, 2019.

ISO INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 13007-1 Ceramic tiles -- Grouts and adhesives -- Part 1:** Terms, definitions and specifications for adhesives. Geneva, 2014.

_____. **ISO 13007-2 Ceramic tiles -- Grouts and adhesives -- Part 2:** Test methods for adhesives. Geneva, 2013.

JUNGINGER, M. **Rejuntamento de revestimentos cerâmicos: influência das juntas de assentamento na estabilidade de painéis.** Dissertação (mestrado) apresentado à Escola Politécnica de São Paulo. São Paulo, 2003.

MARANHÃO, F. L.; LOH, K.; JHON, V. M. The influence of moisture on the deformability of cement–polymer adhesive mortar. **Construction and Building Materials.** v. 25, n. 6, p. 2948-2954, 201.

MATSUSATO, M. **Estudo do comportamento de argamassas colantes com aditivação de látex acrílico.** Dissertação (mestrado) apresentada à Escola Politécnica de São Paulo. São Paulo, 2007.

SARAIVA, A. G. et al. Analise das Tensões entre Argamassa Colante e Placas Cerâmicas Submetidas a Esforços de Natureza Térmica. In: IV SIMPOSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS – IV SBTA, 2001, Brasília, Brasil. **Anais...** São Paulo: Paginas & Letras Editora e Gráfica Ltda., 2001. p. 365-376.

URBAN, D.; TAKAMURA K. **Polymer Dispersions and Their Industrial Applica-tions**. USA: WILEY-VCH. 408p. 2005.

ZURBRIGGEN, R.; HERWEGH, M. **Daily and seasonal thermal stresses in tilings: A field survey combined with numeric modeling.** Mater. Struct. Constr. 2016, 49, 1917–1933.