

## **Envelhecimento acelerado dos sistemas de revestimento cerâmico compostos por placas cerâmicas com diferentes coeficientes de expansão por umidade**

**(Accelerated aging of ceramic coating systems composed of ceramic plates with different expansion coefficients by moisture)**

A. C. Cardozo<sup>1</sup>; L. M. Motta<sup>2</sup>, E. G. P. Antunes<sup>3</sup>; H. R. Roman<sup>4</sup>  
<sup>123</sup> UNESC-Universidade do Extremo Sul Catarinense  
Av. Universitária, 1105 - Universitário, Criciúma - SC, 88806-000  
<sup>4</sup> UFSCC-Universidade Federal de Santa Catarina  
eelainegpa@gmail.com

### **Resumo**

*A ocorrência de deslocamento no Sistema de Revestimento Cerâmico, tornou-se uma das patologias mais frequentes e uma das causas possíveis é a expansão pela umidade das placas cerâmicas. O objetivo desta investigação foi analisar a influência da expansão da umidade das placas cerâmicas na durabilidade do sistema de revestimento. Para este efeito, as placas cerâmicas com diferentes valores de expansão de umidade foram colocadas sobre suportes standard e, após 28 dias, expostas a ciclos de envelhecimento acelerado para posteriormente verificar a resistência à tração da ligação. As placas cerâmicas utilizadas foram do grupo de absorção BIIb e a argamassa colante industrializada. Os conjuntos, placas cerâmicas e substrato padrão, foram expostos a 50 ciclos, com duração de 3 horas cada com variação de temperatura (15 a 60 °C), teor de umidade e presença de raios ultravioleta e spray de água. Os resultados mostraram que não houve diferença significativa na resistência de ligação entre os conjuntos assentados com as placas de diferentes expansões e que em ambos houve um aumento da resistência após o período de ciclos.*

*Palavras chave: expansão por umidade, durabilidade dos revestimentos cerâmicos, envelhecimento acelerado, ciclos higrotérmicos, tensão de aderência*

### **Abstract**

*The occurrence of debarking in the Ceramic Coating System has become one of the most frequent pathologies and one of the possible causes is the expansion by the humidity of the ceramic plates. The objective of this investigation was to analyze the influence of the expansion of the humidity of the ceramic plates on the durability of the coating system. For this purpose, the ceramic tiles with different moisture expansion values were placed on standard supports and, after 28 days, exposed to accelerated aging cycles to later check the bond's tensile strength. The ceramic plates used were from the absorption group BIIb and the industrialized adhesive mortar. The sets, ceramic plates and standard substrate, were exposed to 50 cycles, lasting 3 hours each with temperature variation (15 to 60 °C), moisture content and the presence of ultraviolet rays and water spray. The results showed that there was no significant difference in the bond strength between the assemblies set with the plates of different expansions and that in both there was an increase in the strength after the cycle period.*

*Keywords: expansion by humidity, durability of ceramic tiles, accelerated aging, hygrothermal cycles, adhesion stress*

## INTRODUÇÃO

Atualmente, o setor da construção está vivendo uma tomada de consciência mais ampla sobre o conteúdo da Norma de Desempenho e se adequando às suas especificidades, demonstrando a preocupação do meio em tentar adequar-se a essas novas exigências, e assim, proporcionar habitações de melhor qualidade aos seus usuários. Um dos parâmetros trazidos pela Norma de Desempenho que gera maior temeridade pela construção civil diz respeito à durabilidade e, neste seguimento, destaca-se o elemento construtivo com a função de revestir as fachadas.

Os revestimentos de fachadas proporcionam inúmeras vantagens relacionadas ao conforto funcional e estético oferecido, desde o aumento da durabilidade até a facilidade de manutenção do imóvel [1]. Um bom desempenho das fachadas é muito importante não só do ponto de vista estético, mas também do ponto de vista técnico, pois manifestações patológicas desses revestimentos podem ser um grande problema para os usuários no que diz respeito a custos e insatisfação [2].

O surgimento de manifestações patológicas nas construções atesta perda de desempenho a essa edificação e, conseqüentemente, a necessidade de reparo das mesmas [3]. Uma das patologias mais frequentes e que se tornou alvo de discussões no setor é a ocorrência de casos de descolamentos de placas [4], na qual uma das possíveis causas desse destacamento pode ser a expansão por umidade (EPU) das placas cerâmicas.

No sistema de revestimentos cerâmicos as placas cerâmicas são colocadas lado a lado e quando uma delas se expande ocasiona tensões que, acaso superior a um determinado limite, pode comprometer a estabilidade do sistema e, conseqüentemente, gerar o destacamento das placas [5].

A expansão por umidade (EPU) trata-se do aumento de tamanho da placa cerâmica na presença de umidade [6]. Tal característica é decisiva para avaliar a qualidade da massa cerâmica já que costuma ser a maior responsável pelo descolamento das peças [7]. Essa expansão normalmente ocorre lentamente e é relativamente pequena, no entanto, pode comprometer a aderência das placas ao substrato e dessa forma, levar ao destacamento. Portanto, são estabelecidos limites aceitáveis de EPU para as placas cerâmicas e que juntamente com os outros componentes do assentamento (juntas, rejuntas, argamassas colantes) e com o correto assentamento não mais haverá problemas de destacamento [8].

A presente pesquisa tem como motivação simular a realidade da exposição de fachadas cerâmicas, avaliando a influência de ciclos higrotérmicos na resistência de aderência das placas cerâmicas com diferentes valores de EPU. Os referidos sistemas após executados serão expostos a ciclos higrotérmicos que buscam simular as condições de exposição dos sistemas de revestimentos em fachadas e, posteriormente, serão avaliados através do ensaio de resistência de aderência à tração.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A presente pesquisa dividiu-se em etapas, na qual a primeira consistiu em um levantamento bibliográfico a respeito dos assuntos relacionados a argamassas colantes, placas cerâmicas, deslocamento das mesmas e suas causas, em especial a expansão por umidade. Na segunda etapa, iniciaram-se os ensaios de caracterização dos materiais utilizados para a pesquisa.

Para realização dos ensaios, utilizaram-se três tipos de placas cerâmicas para revestimento de diferentes marcas, desde que pertencentes ao grupo BIIb, na qual atendem as normas [9] [10]. Conforme as duas últimas normas, a primeira letra de BIIb indica o processo de fabricação da placa e as restantes representam o grupo de absorção a que pertencem. Logo, o “B” indica

que o processo de fabricação da placa acontece por meio de prensagem e o “IIB”, que a absorção da placa cerâmica pode variar de 6 a 10%. As placas foram nomeadas como A, B e C, e submetidas ao ensaio de Expansão por Umidade (EPU) [11]. O ensaio de EPU foi executado em 5 placas de cada marca, na qual foram cortadas com disco de corte com tamanhos de 150 mm x 35 mm. Posteriormente, para eliminação da umidade natural dos corpos de prova, as amostras foram inseridas em estufa a  $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ , durante 24 h, e passadas pelo processo de requeima, que trata-se do aumento da temperatura à razão de  $150 ^\circ\text{C}$  por hora, até atingir a temperatura de  $(550 \pm 15) ^\circ\text{C}$ , e manteve-se as placas durante 2 h nesta temperatura. Após o resfriamento, dentro do forno, realizou-se a medição do comprimento inicial (L0) de cada peça, posteriormente, as placas foram em água fervente por 24 horas. As mesmas foram resfriadas novamente, até atingirem a temperatura ambiente, e refeitas as medições, para obtenção dos novos comprimentos (L1). As dimensões de comprimento foram mensuradas com paquímetro digital, com resolução de 0,01 mm. A partir dos dados obtidos escolheu-se duas das três placas, uma de maior EPU e outra de menor EPU para prosseguir com os ensaios.

A argamassa colante utilizada era industrializada, do tipo AC-II, utilizada tanto em ambientes internos como externos. Disponibilizada em pacotes de 20 kg, a argamassa foi preparada conforme indicado pelo fabricante, na embalagem, bastando adicionar água na quantidade especificada. A preparação dos corpos de prova foi realizada conforme estabelecido em norma [12] e após a cura de 28 dias, foram submetidos aos ensaios de capilaridade [13] e ensaio de tração na flexão e compressão [14].

Após as caracterizações dos componentes fez-se os sistemas de revestimentos cerâmicos, que foram compostos por um substrato padrão, com tamanho de 250 mm X 500 mm e espessura de 25 mm, sendo que a composição, absorção de água e resistência cumpriam os requisitos indicados por norma [15]. A argamassa foi estendida na longitudinal com a ajuda de uma desempenadeira de aço com dentes retangulares sobre o substrato padrão e aplicou-se 10 placas de 100 mm X 100 mm para cada substrato.

Após 28 dias de finalização da execução do sistema de revestimento cerâmico, os mesmos foram submetidos aos ensaios climáticos de envelhecimento acelerado em câmara climática. A câmara climática utilizada foi a Fitoclima 1500EDTU20, com dimensões externas de 120 cm x 193 cm x 220 cm (largura x altura x comprimento). Com base em estudos relacionados ao tema [16] os valores máximos e mínimos de temperatura foram de  $60 ^\circ\text{C}$  e a duração (tempo) de cada ciclo, ficou determinado em 3 horas, o número de ciclos totais a serem executados, 50. Inicialmente, as temperaturas, mínima e máxima, definidas foram de  $20 ^\circ\text{C}$  e  $60 ^\circ\text{C}$  (Figura 1). Os sistemas foram colocados no equipamento nas posições horizontal e vertical, sendo dois em cada direção, ao qual recebiam oscilações entre aspersão de água e variações térmicas conforme o ciclo apresentado na Figura 2. O ciclo utilizado foi baseado no ciclo de [16].

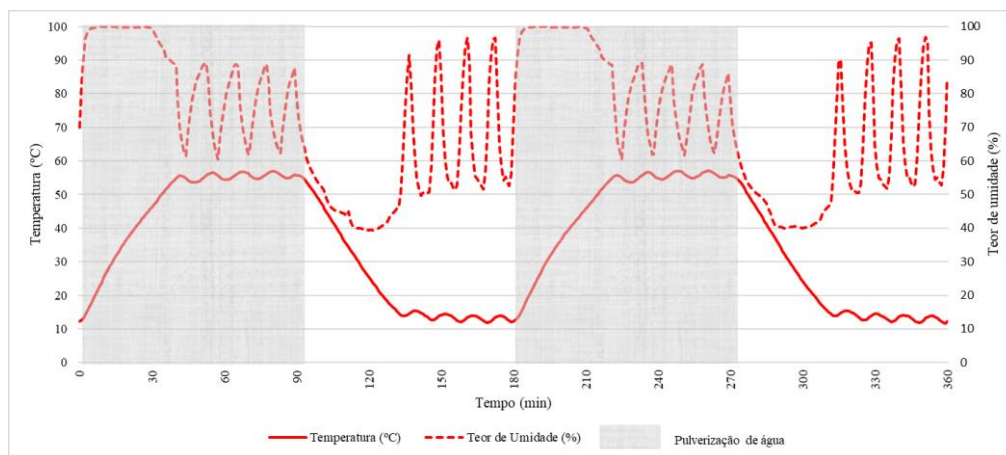


Figura 1- Programa de ciclagem de envelhecimento acelerado [16].



Figura 2- Programa de ciclagem de envelhecimento acelerado.

Posteriormente, os sistemas foram submetidos ao ensaio de resistência à tração [15].

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Varição da expansão por umidade (EPU) das placas

Para ensaio de expansão por umidade realizado [11] obteve-se como resultado os valores mostrados na Tabela I.

Tabela I- Resultados do ensaio de expansão por umidade.

<b>Identificação Placa</b>	<b>Média EPU (mm/m)</b>	<b>Desvio Padrão</b>
A	0,01625291	0,03088
B	0,030481121	0,02021
C	0,02848794	0,00845

Para análise dos resultados, realizou-se a média dos corpos de prova ensaiados e verificou-se se os mesmos estavam dentro do parâmetro recomendados por norma. A partir da verificação dos resultados observou-se que os resultados da média junto ao desvio padrão atendem os requisitos da norma [11], que apresentam o valor máximo recomendado de 0,60mm/m. Por meio da análise ainda pode-se destacar que a placa A foi a de menor expansão e a placa B foi a que obteve maior expansão.

Determinação da absorção de água por capilaridade e coeficiente de capilaridade da argamassa colante industrializada

Para obtenção dos valores, foi necessário medir em gramas cada corpo de prova dividido em três etapas [13], primeiro a massa inicial ( $m_0$ ), aos 10 min ( $m_{10}$ ) e aos 90 min ( $m_{90}$ ), conforme mostra a Tabela II.

Tabela II- Resultados obtidos para determinação de absorção de água e coeficiente de capilaridade da argamassa colante.

CP	Massa (g) 0 min	Massa (g) 10 min	Massa (g) 90 min	Coefficiente de Capilaridade ( $\text{gdm}^2 \cdot \text{min}^{-1/2}$ )
Média	382,99	386,45	389,94	3,49
Desvio Padrão	0,3536	0,5345	0,3639	0,01343

Conforme resultados expressos na tabela pode-se observar que todos os corpos de prova tiveram uma absorção padrão, menor ao longo dos 10 primeiros minutos, e maior durante os 80 minutos restante.

O coeficiente de capilaridade por sua vez (Tabela II), tem relação direta com o índice de vazios e a ligação dos poros entre si, o que facilita a absorção e consequente ascensão da água no corpo-de-prova [17]. Quanto mais porosa for a argamassa no estado endurecido, maior será o seu coeficiente de capilaridade. Desta maneira, quanto maior a capilaridade maior a facilidade na penetração de eventuais agentes agressivos do ambiente para o interior da mesma, e consequente deterioração mais elevada.

#### Ensaio de resistência de aderência à tração do sistema

A análise para os valores obtidos a partir do ensaio de aderência à tração [18] indica que é necessário o descarte dos resultados distanciados em mais de 20% das médias acima de 0,30 MPa e para os valores inferiores a 0,30 MPa faz-se necessário descartar valores que se distanciem 0,06MPa da média. Segundo a norma, também devem ser descartadas amostras que apresentarem tipos de ruptura S, P e F.

Os valores de resistências de aderência à tração estão dispostos na Figura 3. Os corpos-de-prova estão nomeados conforme a placa utilizada e argamassa para confecção dos corpos-de-prova. Para cada corpo-de-prova analisado existe o seu respectivo valor sem ciclagem e com ciclagem exposto tanto horizontalmente como verticalmente ao ciclo higrotérmico.

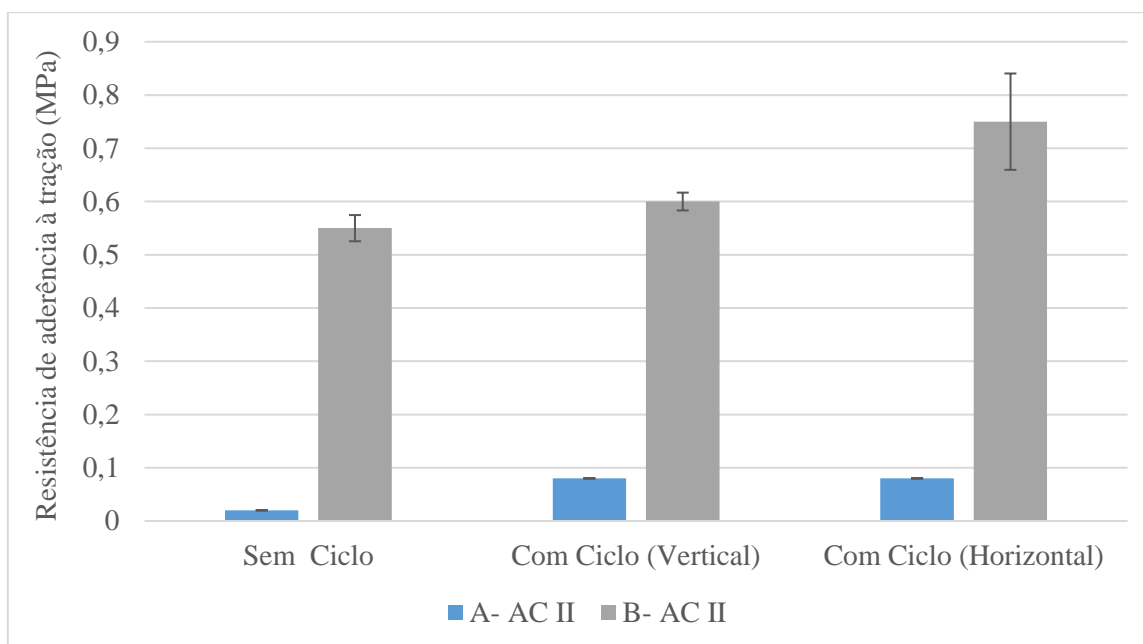


Figura 3- Gráfico dos resultados obtidos para resistência de aderência à tração dos sistemas de revestimento cerâmico.

Baseada nas exigências da [19], as argamassas do tipo AC-II devem apresentar resistência mínima de 0,5 MPa aos 28 dias com cura simples. No entanto, conforme descrito na tabela, as amostras feitas com a placa A nomeadas na tabela como A-ACII, não atingiram o valor prescrito por norma, porém tiveram um aumento de sua resistência submetidas aos ciclos. Já as amostras confeccionadas com placas do tipo B, nomeadas na tabela como B-ACII, atingiram em todas as situações a resistência prescrita por norma, e também se obteve um aumento em sua resistência a partir da exposição do ciclo higrotérmico, principalmente a amostra disposta horizontalmente no equipamento.

Como a argamassa utilizada foi a mesma para todas as amostras e a variação de cada amostra está na placa que compõe o corpo-de-prova, conclui-se que a falta de resistência nas amostras A- ACII podem estar relacionadas as placas utilizadas nas mesmas. Para tal, é importante analisar também o tipo de ruptura geral para cada amostra ensaiada. A análise de forma de ruptura foi feita utilizando as rupturas que apresentaram maior frequência de ocorrência, que foram do tipo A (Ruptura da camada de argamassa colante) Figura 4 e A/P (Ruptura na interface argamassa e placa cerâmica) Figura 5, conforme expressas na Tabela III.



Figura 4- Ruptura da camada de argamassa



Figura 5- Ruptura na interface argamassa/placa

Tabela III - Rupturas frequentes.

<b>Amostras</b>	<b>Sem Ciclo</b>	<b>Com Ciclo (Vertical)</b>	<b>Com Ciclo (Horizontal)</b>
A- AC II	A/P	A/P	A/P
B- AC II	A	A	A

Após verificação dos resultados, conclui-se que as amostras ensaiadas com a placa do tipo A tiveram sua ruptura na interface placa cerâmica e argamassa, revelando uma aderência menor que a placa do tipo B, que teve sua ruptura na argamassa colante, logo, a argamassa teve uma aderência adequada tanto no substrato como na placa cerâmica. Este fato pode ser comprovado através da resistência de aderência que foi obtida, que no caso B-ACII teve resistência mínima 0,50MPa especificada em norma [18], conforme mencionado anteriormente. O EPU da placa B, também pode ter sido um fator relevante para a boa aderência da placa e argamassa, já que deu maior, indicando uma porosidade também maior por conta de sua expansão, que superou a placa A.

Por meio dos resultados obtidos para a argamassa e placas, a má aderência da placa A pode estar vinculada ao baixo resultado de EPU, o que pode gerar consequentemente uma aderência menor. Logo a ruptura interface argamassa e placa cerâmica, pode ocorrer devido ao substrato ter maior porosidade e absorção que a placa cerâmica, portanto, a argamassa colante teve maior aderência ao substrato e por isso a ruptura do tipo A/P (argamassa e placa cerâmica).

Por meio dos resultados, ainda se observou um aumento da resistência das amostras quando submetidas ao ciclo higrotérmico. Normalmente as referências indicam uma diminuição de resistência já que o ciclo está simulando a exposição do revestimento a ação da água, tanto na forma líquida como de vapor e temperatura. No entanto, os resultados apresentados revelam um aumento e não diminuição da resistência. Tal resultado pode estar ligado a uma cura retardatória da argamassa, já que no ciclo a argamassa é exposta a água e ao calor, simulando uma cura por aspersão. Estudos revelam [20] um aumento significativo de desempenho através dos ensaios da argamassa industrializada com cura coberta com aspersão, o que pode estar relacionado ao aumento de resistência da argamassa no presente estudo.

## CONCLUSÕES

Através da pesquisa pode-se notar que as placas com maior e menor expansão por umidade (EPU), foram B e A, respectivamente. A argamassa colante industrializada por sua vez, apresentou uma absorção por capilaridade padrão e coeficiente de capilaridade de 3,49 gdm<sup>2</sup>.min<sup>1/2</sup>.

Os sistemas de revestimentos cerâmicos, expostos ao envelhecimento acelerado por meio de ciclos, apresentaram um aumento de resistência de aderência à tração se comparados aos sistemas não expostos. Os sistemas do tipo A-ACII, não atingiram o valor prescrito por norma, porém tiveram um aumento de sua resistência submetidas aos ciclos. Já as amostras confeccionadas com placas do tipo B, nomeadas na tabela como B-ACII, atingiram em todas as situações a resistência prescrita por norma, e também se obteve um aumento em sua resistência a partir da exposição do ciclo higrotérmico, em especial a amostra disposta horizontalmente no equipamento.

## REFERÊNCIAS

- [1] SOUTO, Bárbara Paniuar. Manifestações patológicas durante a revitalização de uma fachada de 60 anos. 2017
- [2] GROFF, Cristiane. Revestimentos em fachadas: análise das manifestações patológicas nos empreendimentos de construtora em Porto Alegre. 2011. 72 f. - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.
- [3] FARIA, Felipe. A construção civil em direção à sustentabilidade. Construir Mais, Goiás, n. 67, p.8-8, abr. 2016. Mensal.
- [4] Revista Técnica. Editora Pini. nº116, pag. 44 – 50, 2006. Disponível em: <http://revistatechne.com.br>. Acesso em: 20 ago. 2015.
- [5] NASTRI, Suelen. EXPANSÃO POR UMIDADE DE REVESTIMENTOS CERÂMICOS: MÉTODOS DE MEDIDA E VARIÁVEIS ENVOLVIDAS. 2015. 132 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência e Engenharia de Materiais, Programa de Pós-graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2015.
- [6] BAUER, R.J.F.; RAGO, F. Expansão por umidade de placas cerâmicas para revestimento. Revista Cerâmica Industrial. São Paulo, v.5, n.3, p. 41-45, maio/junho 2000.
- [7] GUIA DE REVESTIMENTOS CERÂMICOS - Escola de Engenharia de São Carlos - EESC-USP. 2014
- [8] CHIARI, L. C. et al. Expansão por Umidade Parte I: O Fenômeno. Cerâmica Industrial, v. 1, nº 1, p. 06-13, 1996.
- [9] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13817**: Placas cerâmicas para revestimento - Classificação. 1 ed. Rio de Janeiro: Moderna, 1997. 3 p.
- [10] ISO. ISO 13006: ceramic tiles: definitions, classification, characteristics and marking. 2018.
- [11] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13818**: Placas cerâmicas para revestimento - Especificação e métodos de ensaios. 3 ed. Rio de Janeiro: Moderna, 1997. 78 p.
- [12] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13276**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação do índice de consistência. 1 ed. Rio de Janeiro: Moderna, 2016. 2 p.
- [13] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15259: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade. Rio de Janeiro, 2005.
- [14] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13279: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005.
- [15] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14081-2**: Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas Parte 2: Execução do substrato-padrão e aplicação da argamassa para ensaios. 2 ed. Rio de Janeiro: Moderna, 2015. 9 p.



- [16] ANTUNES, E. G.P.; Avaliação do efeitos da expansão por umidade (EPU) da placas cerâmicas na durabilidade dos sistemas de revestimentos cerâmicos internos. Florianópolis, 2019.
- [17] SOUZA, I. C. de; LIMA, L. F. A.; MONTE JÚNIOR, I. V.. Avaliação de argamassas industrializadas no mercado do rio grande do norte. 2016.
- [18] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. **NBR 14081-4**: Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas Parte 4: Determinação da resistência de aderência à tração 4 ed. Rio de Janeiro: Moderna, 2012. 8 p.
- [19] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. **NBR 14081-1**: Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas Parte 1: Requisitos 4 ed. Rio de Janeiro: Moderna, 2012. 8 p.
- [20] UNGERICHT, Ana Júlia; PIOVESAN, Angela Zamboni. Influência da cura da argamassa em relação às propriedades mecânicas e absorção de água. 2011. 12 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Oeste de Santa Catarina, Joaçaba, 2011.