

Deslocamento cerâmico em paredes internas com assentamento vertical em estruturas de concreto autoadensável

Jainara Garcia Fischer¹, Elenize Ferreira Maciel², Francisco Roger Carneiro Ribeiro³, Fernanda Pacheco⁴, Regina Célia Espinosa Modolo⁵

¹ Bacharel em Engenharia Civil, Universidade do Vale do Rio Sinos e Escola Politécnica – UNISINOS, 93.022-750, São Leopoldo, Rio Grande do Sul, Brasil.

² Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - Construção e Infraestrutura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, 90035-190, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.

³ Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade do Vale do Rio Sinos e Escola Politécnica – UNISINOS, 93.022-750, São Leopoldo, Rio Grande do Sul, Brasil.

⁴ Universidade do Vale do Rio Sinos e Escola Politécnica – UNISINOS, 93.022-750, São Leopoldo, Rio Grande do Sul, Brasil.

⁵ Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade do Vale do Rio Sinos e Escola Politécnica – UNISINOS, 93.022-750, São Leopoldo, Rio Grande do Sul, Brasil.

e-mail: jainarafischer@gmail.com, elenizefm@gmail.com, roger.ribeiro_@hotmail.com, fernandapache@unisinos.br, reginaem@unisinos.br

RESUMO

Um dos métodos construtivos de estruturas utilizado pelo mercado é o sistema estrutural em concreto moldado *in loco* com fôrmas de alumínio. Este sistema gera elevada eficiência de execução, porém, por utilizar concreto autoadensável, torna a superfície de acabamento do substrato muito plana que somada a chapa lisa da fôrma metálica e ao desmoldante utilizado, pode causar deslocamento cerâmico pela deficiência de aderência da argamassa colante às paredes de faces lisas. Para avaliar este problema, o objetivo do presente estudo foi analisar o método construtivo de uma empresa, com base em seu procedimento de execução das placas cerâmicas, de um sistema de paredes internas com assentamento vertical. Para isso, foram produzidos 8 sistemas com variações que envolvem o substrato, a argamassa colante e a placa cerâmica, perante ensaios de aderência à tração em 10 amostras para cada sistema, de forma a possibilitar a análise da resistência e o local de ocorrência das rupturas. Com base nos resultados obtidos, foi possível verificar que a limpeza do substrato influenciou de maneira positiva na aderência do material aplicado. A maior frequência de ruptura nos sistemas ocorreu nas argamassas colantes e a placa cerâmica produzida por via úmida desempenhou melhor resistência de aderência. Foi possível verificar também que o sistema executado com a limpeza do substrato, argamassa colante A e placa cerâmica via úmida apresentou o melhor resultado em relação a resistência de aderência à tração.

Palavras-chave: Deslocamento cerâmico; Substrato; Desmoldante; Argamassa colante; Placa cerâmica.

1. INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil tornou-se uma das maiores impulsionadoras para a movimentação dos negócios imobiliários e da economia brasileira. De acordo com a Câmara Brasileira da Indústria da Construção, a participação deste setor alcançou 15,4% de unidades residenciais vendidas no país aliado aos serviços imobiliários, detendo o programa Minha Casa Minha Vida (MCMV) parte desse valor, proporcionando financiamentos de unidades habitacionais mais acessíveis e atrativos (CBIC, 2019).

Diante do déficit habitacional brasileiro, que se encontra aproximadamente em 7,8 milhões de unidades, segundo a FGV (2018), a busca por métodos construtivos mais produtivos e sustentáveis tem despertado interesse nas empresas do setor da construção civil, sendo um destes métodos o sistema de paredes de concreto moldadas *in loco*, que permite executar obras em grande escala de maneira ágil, econômica, produtiva e limpa. Para a execução deste sistema, a fundação é definida de acordo com o local de implantação das unidades habitacionais, sendo na maioria dos casos do tipo radier, as paredes e as lajes são armadas com 10 cm de espessura e com telas metálicas eletrossoldadas de CA-60, onde são fixados os eletrodutos da instalação elétrica e as tubulações da instalação hidráulica, conformadas em fôrmas de alumínio para posterior concretagem da edificação com o uso de concretos autoadensáveis (MASSUDA; MISURELLI, 2009).

Com a finalidade de possibilitar o reaproveitamento das fôrmas metálicas, uma melhor desforma e um melhor acabamento, se utiliza um desmoldante antes da montagem dos elementos estruturais, o que pode ter influência negativa na aderência dos revestimentos utilizados no substrato, sendo mais indicado os óleos sem emulsão de água por proporcionarem uma cobertura mais homogênea (LIBESSART *et. al*, 2020). Segundo a NBR 16055 (ABNT, 2012), este produto deve garantir que o concreto não tenha aderência com a fôrma, não deixe resíduos, não seja de difícil remoção, não altere as características físico-químicas do concreto e não degrade a superfície dos painéis metálicos. Porém, quando o desmoldante é utilizado em excesso pode causar o fenômeno de hidrofugação, impedindo a penetração do líquido do emassamento nos capilares do substrato prejudicando assim a aderência do revestimento cerâmico, na qual a aderência ocorre principalmente através dos poros da estrutura de concreto (WETZEL; ZURBRIGGEN; HERWEGH, 2010). Nestes casos, se indica o uso da escova com cerdas macias para a remoção de pós e sujidades remanescentes como preconiza a NBR 13755 (ABNT, 2017).

De acordo com Carasek (1996), a aderência ocorre por meio de um fenômeno mecânico entre o substrato poroso e a argamassa, em que decorre da transferência de água entre a argamassa e o substrato, possibilitando por meio dos poros do substrato a pasta de cimento hidratar-se e assim, precipitar hidróxidos e silicatos para promoverem a devida ancoragem do revestimento. No caso de substratos com alta porosidade, estes podem absorver maior quantidade de água, provocando uma hidratação inadequada e regiões frágeis com potencial descolamento (BREA, 2011). Como também em substrato pouco poroso, a menor absorção não permite a entrada de água da pasta para promover a ancoragem, o que prejudica a aderência dos materiais (PEREIRA; SILVA; COSTA, 2013).

A argamassa colante tem por finalidade fixar placas cerâmicas ao substrato pretendido. Inicialmente esta argamassa era preparada em obra com um grande teor de cimento Portland formando uma mistura semelhante a uma cola, porém hoje em dia a maior parte desta argamassa é industrializada e chega à obra em pó, para apenas realizar-se a adição de água. A aderência da argamassa ao substrato ao qual é aplicada é uma das propriedades mais importante deste material. O produto precisa ter aderência suficiente para resistir a variações de temperatura, resistência ao impacto e outras diversas movimentações advindas da trabalhabilidade da estrutura da edificação como um todo (RECENA, 2012).

Carasek (2017) complementa que não se pode falar de aderência da argamassa sem considerar o substrato a qual está sendo aplicada, visto que a aderência é formada pela interação entre argamassa-substrato, sendo esta formada por três tipos de propriedades: a resistência de aderência à tração, a resistência de aderência ao cisalhamento e a extensão de aderência (área de contato efetivo/área total possível de ser unida). O mecanismo de aderência ocorre basicamente com a penetração da água de emassamento da argamassa aos canais capilares do substrato. Este processo advém da precipitação dos produtos hidratados do aglomerante que ao atingirem o estado endurecido faz com que haja uma melhor ancoragem entre a argamassa e o substrato através dos canais capilares que a absorveram previamente em seu estado fresco. Segundo Recena (2012), quanto mais lisa a superfície de um substrato, menor será a aderência da argamassa, por melhor que sejam suas características.

Em relação as placas cerâmicas, existem dois tipos de processo de fabricação: por via úmida (adiciona-se água na etapa de moagem do material, em uma proporção aproximada de 35% de matéria-prima sólida e 65% de água) e por via seca (não se utiliza água no processo, somente o teor de água do material é ajustado para que ele fique com uma umidade aproximada de 7 a 10%). Estes processos diferenciam-se apenas na etapa de preparação da massa, enquanto o procedimento de execução da cerâmica segue da mesma forma (MELCHIADES, 2011).

Portanto, neste trabalho foi realizado um estudo de caso na Empresa X, localizada na região metropolitana de Porto Alegre, no Rio Grande do Sul, após se observar uma sequência de deslocamentos cerâmicos, causando prejuízo financeiro devido à falta de aderência entre a argamassa colante e a placa cerâmica, apenas na argamassa colante e/ou entre o substrato e a argamassa colante.

Neste contexto, o objetivo deste estudo foi analisar o método construtivo de uma empresa, com base em seu procedimento de execução das placas cerâmicas, de um sistema de paredes internas com assentamento vertical.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

a) Substrato

O substrato utilizado nesta pesquisa foi produzido em concreto armado utilizando malha de aço (Q-92), concreto autoadensável com resistência à compressão de 20 MPa (após 28 dias), moldado em fôrma de alumínio. Na Tabela 1 é apresentada a formulação do concreto disponibilizada pela concreteira.

Tabela 1: Dosagem do concreto utilizado neste estudo

Materiais	%
Cimento CP II F 40	13,40
Areia fina	19,47
Areia artificial	21,57
Brita zero	37,36
Água	8,08
Aditivo 1	0,03
Aditivo 2	0,01
Aditivo 3	0,07

b) Desmoldante

Para a execução do substrato foi necessária a utilização de desmoldante na fôrma de alumínio. Com o objetivo de analisar a influência do desmoldante no sistema, foi utilizado à base vegetal com massa específica de 0,88 g/cm³ e pH 5,5, conforme dados do fabricante (DESFORMA ECO, 2016).

c) Argamassa colante

Para a realização dos ensaios foram utilizadas duas marcas de argamassa colante industrializada do tipo ACII, denominadas de Argamassa Colante A e Argamassa Colante B.

d) Cerâmica

Com o objetivo de comparar o desempenho das cerâmicas produzidas por via seca e via úmida, optou-se por utilizar nos ensaios placas cerâmicas com tamanho de 25 cm x 35 cm, via seca, com absorção de água entre 6 e 10% e placas cerâmicas de 25 cm x 35 cm, via úmida, com absorção de água acima de 10%.

2.2 Métodos

Para analisar o método construtivo da Empresa X, com base em seu procedimento de execução das placas cerâmicas, de um sistema de paredes internas com assentamento vertical, realizou-se um programa experimental dividido em duas etapas conforme pode-se visualizar na Tabela 2.

Tabela 2: Etapas desenvolvidas no estudo

	Material	Ensaio	Unidade	Norma Regulamentadora	Nº de amostras
Etapa 1: Caracterização das matérias-primas	Argamassa colante A e B	Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas - Parte 5: Determinação do deslizamento	mm	NBR 14081-5 (ABNT, 2012)	3 placas cerâmicas via úmida e 3 placas cerâmicas via seca
	Placas cerâmicas	Placas cerâmicas - Parte 3: Determinação da absorção de água (método de fervura)	%	NBR ISO 10545-3 (ABNT, 2018)	5 placas cerâmicas via úmida e 5 placas cerâmicas via seca
Etapa 2: Construção e caracterização dos sistemas	Construção dos sistemas	Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas Parte 2: Execução do substrato-padrão e aplicação da argamassa para ensaios	cm	NBR 14081-2 (ABNT, 2015)	4 paredes de concreto (aplicação nas duas faces) de 80 x 120 x 10 cm
	Caracterização dos sistemas	Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas Parte 3: Determinação do tempo em aberto	minutos	NBR 14081-3 (ABNT, 2012)	
		Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas Parte 4: Determinação da resistência de aderência à tração	MPa	NBR 14081-4 (ABNT, 2012)	10 placas cerâmicas de 5 x 5 cm e 10 placas cerâmicas de 25 x 35 cm, aplicadas em cada sistema

Para a realização do ensaio de deslizamento da etapa 1 foi utilizado um substrato padrão, as duas diferentes argamassas colante do tipo ACII e a cerâmica - via seca (5 cm x 5 cm), conforme método de execução preconizado pela NBR 14081-5 (ABNT, 2012).

Para a etapa 2, os substratos foram produzidos e concretados no canteiro de obras da Empresa X, utilizando os seus próprios materiais e mão de obra. Segundo a NBR 14081-2 (ABNT, 2015), o substrato padrão para ensaios de aderência deve ter uma espessura mínima de 20 mm e dimensões mínimas de 25 cm x 50 cm. Foram confeccionadas 4 paredes de concreto de dimensões: 80 cm de largura, 120 cm de altura e 10 cm de espessura, visando realizar os testes próximos à realidade do canteiro de obras. Para a determinação do tempo em aberto das argamassas, utilizou-se placas cerâmicas 5 cm x 5 cm (via seca e úmida), conforme exigido pela NBR 14081-3 (ABNT, 2012) e placas cerâmicas no tamanho de 25 cm x 35 cm, conforme exigido pela NBR 13754 (ABNT, 1996), uma vez que esta última dimensão é a utilizada pela empresa em suas unidades habitacionais.

As fôrmas metálicas receberam a aplicação do desmoldante através de um rolo de pintura. Após isso, foram posicionadas as malhas de aço Q-92 com os espaçadores e posteriormente, a fôrma oposta foi inserida, sendo devidamente encaixada e fechada para a realização da concretagem. Após 24 horas, as fôrmas foram retiradas e os substratos foram levados ao Laboratório de Materiais de Construção da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), para uma cura normal (de acordo com as condições ambientais do Laboratório) até os 28 dias de idade. Após isso, foram lavados com água, através de lava jato de alta pressão e limpos com uma escova de cerdas de aço, em que este tratamento teve por finalidade retirar os resíduos do desmoldante utilizado na fôrma de alumínio depositados na superfície das paredes de concretos.

Como as aplicações das placas cerâmicas ocorreram em ambos os lados das paredes de concretos, obteve-se então 8 sistemas como podem ser visualizados na Tabela 3.

Tabela 3: Designação dos sistemas em estudo

Substrato	Argamassa Colante	Placa Cerâmica	Sistema
Sem tratamento	A	Via úmida	Sistema I_AU
Sem tratamento	A	Via seca	Sistema I_AS
Sem tratamento	B	Via úmida	Sistema I_BU
Sem tratamento	B	Via seca	Sistema I_BS
Com tratamento	A	Via úmida	Sistema II_AU
Com tratamento	A	Via seca	Sistema II_AS
Com tratamento	B	Via úmida	Sistema II_BU
Com tratamento	B	Via seca	Sistema II_BS

Os substratos foram colocados em uma estrutura de madeira para facilitar seu manuseio e utilização, visto que cada um possuía em torno de 350 kg. Após 24 horas, com os substratos em temperatura ambiente, iniciou-se a execução da mistura das argamassas e aplicação das cerâmicas.

Primeiramente, foi preparada a mistura da Argamassa Colante A e depois a mistura da Argamassa Colante B conforme indicação do fabricante junto à data de fabricação do produto. A água foi adicionada aos poucos e com o auxílio de uma colher de pedreiro a argamassa foi misturada, da mesma forma como é executada no canteiro de obras da Empresa X. Após obter-se uma mistura homogênea, o material permaneceu em descanso por um tempo aproximado de 15 minutos, coberto por um tecido úmido como preconiza a NBR 14081-2 (ABNT, 2015). O mesmo procedimento foi utilizado para todos os sistemas apresentados na Tabela 3.

Após 28 dias de cura das Argamassas Colante A e B, foi possível finalizar a construção dos sistemas para a realização do ensaio de aderência à tração. Em seguida, as placas cerâmicas 25 cm x 35 cm foram assentadas e as placas metálicas foram coladas com adesivo à base epóxi nas placas cerâmicas para serem realizados os devidos arrancamentos conforme ilustrados na Figura 1.

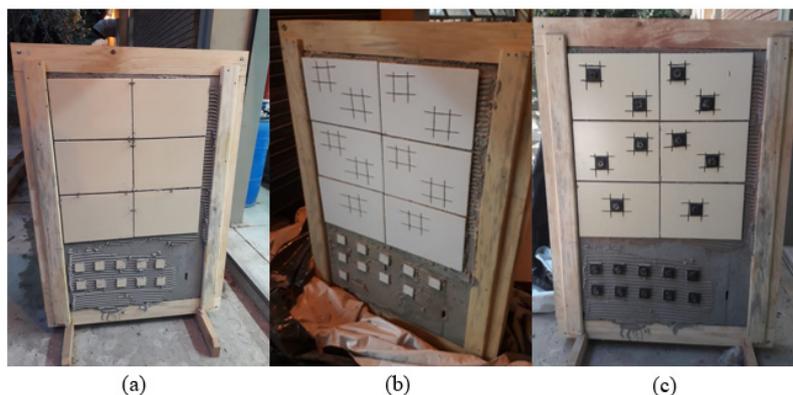


Figura 1: Substrato com aplicação das placas cerâmicas de 25 cm x 35 cm e 5 cm x 5 cm (a), placas cerâmicas com demarcações de 5 cm x 5 cm (b) e placas metálicas coladas nas placas cerâmicas (c)

Por fim, foi realizado o ensaio de determinação da resistência à tração segundo a NBR 14081-4 (ABNT, 2012). Através de um equipamento de arrancamento por tração com velocidade de carregamento uniforme de 250 ± 50 N/s foram realizados 10 arrancamentos nos oito sistemas das amostras de 5 cm x 5 cm e nas amostras de 25 cm x 35 cm. Ainda de acordo com a norma supracitada, as rupturas podem ocorrer no substrato, na interface entre argamassa e substrato, na camada de argamassa colante, na interface argamassa e placa cerâmica, na placa cerâmica ou pela falha na colagem da peça metálica.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Etapa 1: Caracterização das matérias-primas

Segundo a NBR 14081-5 (ABNT, 2012) a distância de deslizamento não pode ultrapassar 2 mm. A Argamassa Colante A não apresentou nenhum deslizamento e a Argamassa Colante B deslizou 0,0033 mm. Sendo assim, ambas as argamassas conferem a tolerância exigida pela norma.

Com base nas massas das placas cerâmicas secas e saturadas obtidas, foi possível identificar níveis de absorção real (em gramas) da cerâmica por via seca e via úmida, conforme apresentado na Tabela 4.

Tabela 4: Absorção de água em placas cerâmicas pela NBR ISO 10545-3 (ABNT, 2018)

Cerâmica - Via Úmida	12,48%
Cerâmica - Via Seca	6,81%

De acordo com a ficha técnica dos fabricantes das placas cerâmicas, a cerâmica - via seca é da Classe BIIb e deve apresentar uma absorção de água de 6% a 10% e a cerâmica - via úmida de Classe BIII, uma absorção de água superior a 10%. Desta forma, pode-se observar que ambas as cerâmicas estão dentro de sua classe de absorção (Tabela 4).

3.2 Etapa 2: Construção e caracterização dos sistemas

Os resultados das cargas de ruptura são apresentados na Tabela 5 e as rupturas na Figura 2.

Tabela 5: Carga de ruptura em MPa dos sistemas em estudo

Sistemas	Placa cerâmica 25x35 cm		Placa cerâmica 5x5 cm	
	Carga de Ruptura (MPa)	Desvio padrão (σ)	Carga de Ruptura (MPa)	Desvio padrão (σ)
Sistema I_AU	0,60	0,21	0,94	0,15
Sistema I_AS	1,00	0,13	1,22	0,25
Sistema I_BU	0,74	0,16	0,67	0,13
Sistema I_BS	1,46	0,23	0,69	0,11
Sistema II_AU	1,23	0,22	1,04	0,08
Sistema II_AS	0,85	0,06	0,85	0,11
Sistema II_BU	0,82	0,22	0,83	0,19
Sistema II_BS	0,64	0,23	1,08	0,10

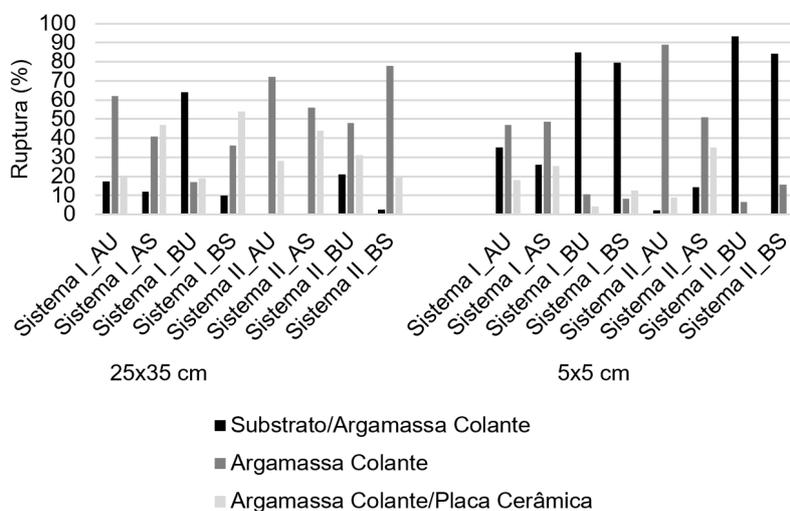


Figura 2: Rupturas dos diferentes sistemas

De acordo com a NBR 14081-4 (ABNT, 2012), a determinação da resistência de aderência, medida através de arrancamentos por tração simples para argamassa colante industrializada, deve ser de no mínimo 0,30 MPa.

No Sistema I_AU (Tabela 5) a média entre as cargas de ruptura das amostras com placas cerâmicas de 25 cm x 35 cm foi de 0,60 MPa e nas placas cerâmicas de 5 cm x 5 cm foi de 0,94 MPa. Apesar das resistências à tração dos sistemas serem superiores ao exigido pela norma, a principal análise a ser feita para esta pesquisa é em relação a forma e local de ruptura em que ocorre o rompimento do sistema (Figura 2). É possível verificar que para o Sistema I_AU nas placas cerâmicas de 25 cm x 35 cm que o principal local de ruptura foi na Argamassa Colante (62%), seguido da Argamassa Colante/Placa Cerâmica (20,5%) e Substrato/Argamassa Colante (17,5%). Já nas placas cerâmicas de 5 cm x 5 cm, o local de ruptura com maior frequência foi na Argamassa Colante (47%), seguido das rupturas na interface Substrato/Argamassa Colante (35%) e por fim, na interface

Argamassa Colante/Placa Cerâmica (18%). Desta forma, pode-se inferir que o fato de o substrato não ter sofrido tratamento não influenciou nos resultados de ruptura, bem como o tipo de placa cerâmica utilizada, já que a maior porcentagem de ruptura foi na Argamassa Colante nos dois tamanhos de placas cerâmicas.

No Sistema I_AS (Tabela 5) a média entre as cargas de ruptura das amostras com placas cerâmicas de 25 cm x 35 cm foi de 1,0 MPa e nas placas cerâmicas de 5 cm x 5 cm foi de 1,22 MPa. Segundo a Figura 2, o maior percentual de ruptura nas placas cerâmicas de 25 cm x 35 cm foi na Argamassa Colante/Placa Cerâmica (47%), seguido da Argamassa Colante (41%) e menor no Substrato/Argamassa Colante (12%). Nas placas cerâmicas de 5 cm x 5 cm o principal local de ruptura foi na Argamassa Colante (48,5%), seguido de valores similares de ruptura no Substrato/Argamassa Colante (26%) e na Argamassa Colante/Placa Cerâmica (25,5%) de acordo com a Figura 2. Assim pode-se inferir que o fato de o substrato não ter sofrido tratamento não influenciou nos resultados de ruptura nos dois tamanhos de placas cerâmicas, já a placa cerâmica utilizada nas dimensões de 25 cm x 35 cm, influenciou, pois obteve maior valor de ruptura. Todavia, acredita-se que neste último caso o defeito de colagem foi o fator preponderante (CARASEK, 2017).

No Sistema I_BU (Tabela 5) a média entre as cargas de ruptura das amostras com placas cerâmicas de 25 cm x 35 cm foi de 0,74 MPa e nas placas cerâmicas de 5 cm x 5 cm foi de 0,67 MPa. Conforme Figura 2, o maior percentual de ruptura nas placas cerâmicas de 25 cm x 35 cm foi no Substrato/Argamassa Colante (64%), seguido da Argamassa Colante/Placa Cerâmica (19%) e menor na Argamassa Colante (17%). Já nas placas cerâmicas de 5 cm x 5 cm, o maior percentual de ruptura também foi no Substrato/Argamassa Colante (85%), seguido de menores percentuais na Argamassa Colante (10,71%) e Argamassa Colante/Placa Cerâmica (4,29%). Desta forma, verifica-se que para o Sistema I_BU o principal motivo do deslocamento foi a falta de aderência entre o substrato e a argamassa colante, apresentando maiores percentuais de ruptura nas diferentes placas cerâmicas.

No Sistema I_BS (Tabela 5) a média entre as cargas de ruptura das amostras com placas cerâmicas de 25 cm x 35 cm foi de 1,46 MPa e nas placas cerâmicas de 5 cm x 5 cm foi de 0,69 MPa. Já na Figura 2, é possível visualizar que o maior percentual de ruptura nas placas cerâmicas de 25 cm x 35 cm foi na Argamassa/Placa Cerâmica (54%), seguido da Argamassa Colante (36%) e Substrato/Argamassa Colante (10%). Nas placas cerâmicas de 5 cm x 5 cm o maior percentual de ruptura foi no Substrato/Argamassa Colante (79,38%), seguido da Argamassa Colante/Placa Cerâmica (12,5%) e Argamassa Colante (8,13%). Com isso, pode-se observar a falta de aderência entre a argamassa colante e placa cerâmica, nas placas de 25 cm x 35 cm e o fato de o substrato não ter sofrido tratamento pode ter influenciado na falta de aderência entre o substrato e argamassa colante nas placas cerâmicas de 5 cm x 5 cm, acreditando-se na presença de pulverulência no substrato.

No Sistema II_AU (Tabela 5) a média entre as cargas de ruptura das amostras com placas cerâmicas de 25 cm x 35 cm foi de 1,23 MPa e nas placas cerâmicas de 5 cm x 5 cm foi de 1,04 MPa. Na Figura 2, pode-se visualizar que o maior percentual de ruptura nas placas cerâmicas de 25 cm x 35 cm foi na Argamassa Colante (72%) e na Argamassa Colante/Placa Cerâmica (28%), sendo que não houve ruptura no Substrato/Argamassa Colante. Nas placas cerâmicas de (5x5) cm, o maior percentual de ruptura foi também na Argamassa Colante (88,89%), seguido da Argamassa Colante/Placa Cerâmica (8,89%) e do Substrato/Argamassa Colante (2,22%). Pode-se assim inferir que o principal fator do deslocamento para as duas dimensões de placas cerâmicas foi a falta de aderência entre a argamassa colante e a placa cerâmica, apresentando um expressivo percentual de ruptura. Neste caso, conforme também observado por Pereira (2013) o fato de o substrato ter passado por um tratamento para retirada dos resíduos do desmoldante foi positivo, visto que não houve nenhum percentual de ruptura no mesmo.

No Sistema II_AS (Tabela 5) a média entre as cargas de ruptura das amostras com placas cerâmicas de 25 cm x 35 cm e 5 cm x 5 cm foram de 0,85 MPa. Na Figura 2, pode-se visualizar que o maior percentual de ruptura nas placas cerâmicas de 25 cm x 35 cm foi na Argamassa Colante (56%) e na Argamassa Colante/Placa Cerâmica (44%), sendo que não houve ruptura no Substrato/Argamassa Colante. Nas placas cerâmicas de 5 cm x 5 cm o maior percentual de ruptura foi também na Argamassa Colante (50,83%), seguido da Argamassa Colante/Placa Cerâmica (35%) e do Substrato/Argamassa Colante (14,17%). Da mesma forma que ocorreu no Sistema II_AU, pode-se inferir que o principal fator do deslocamento para as duas dimensões de placas cerâmicas foi a falta de aderência entre a argamassa colante e a placa cerâmica, apresentando um expressivo percentual de ruptura no Sistema II_AS.

No Sistema II_BU (Tabela 5) a média entre as cargas de ruptura das amostras com placas cerâmicas de 25 cm x 35 cm foi de 0,82 MPa e nas placas cerâmicas de 5 cm x 5 cm foi de 0,83 MPa. Na Figura 2, pode-se visualizar que o maior percentual de ruptura nas placas cerâmicas de 25x35 cm foi na Argamassa Colante (48%), seguido da Argamassa Colante/Placa Cerâmica (31%) e menor no Substrato/Argamassa Colante (21%).

Nas placas cerâmicas de 5 cm x 5 cm, o maior percentual de ruptura foi no Substrato/Argamassa Colante (93,33%), seguido da Argamassa Colante (6,67%), não havendo rompimento na Argamassa Colante/Placa Cerâmica. Através dos percentuais de ruptura é possível verificar que nas placas cerâmicas de 25 cm x 35 cm, a falta de aderência entre a Argamassa Colante e Placa Cerâmica influenciaram no tipo de rompimento do sistema, apresentando um expressivo percentual de ruptura. Já para as placas cerâmicas com dimensões de 5 cm x 5 cm o maior percentual de ruptura foi no Substrato/Argamassa Colante, sendo que se pode inferir que o fato do substrato ter passado por um tratamento para retirada dos resíduos do desmoldante não foi positivo em relação aos outros sistemas que também passaram pelo tratamento. Tendo em vista, a deficiência no processo de colagem das placas cerâmicas.

No Sistema II_BS (Tabela 5) a média entre as cargas de ruptura das amostras com placas cerâmicas de 25 cm x 35 cm foi de 0,64 MPa e nas placas cerâmicas de 5 cm x 5 cm foi de 1,08 MPa. Na Figura 2, pode-se visualizar que o maior percentual de ruptura nas placas cerâmicas de 25 cm x 35 cm foi na Argamassa Colante (78%), seguido da Argamassa Colante/Placa Cerâmica (19,5%) e menor no Substrato/Argamassa Colante (2,5%). Nas placas cerâmicas de 5 cm x 5 cm o maior percentual de ruptura foi no Substrato/Argamassa Colante (84,29%), seguido da Argamassa Colante (15,71%), não havendo rompimento na Argamassa Colante/Placa Cerâmica. O Sistema II_BS apresentou o mesmo comportamento em relação aos resultados de ruptura do Sistema II_BU nas duas dimensões de placas cerâmicas.

Devido a aplicação e execução de força sobre a placa em função de seu tamanho, pode-se observar que os valores e tipos de rupturas variaram bastante. A diferença entre os resultados pode ter sido influenciada pela facilidade de aplicação da força do equipamento nas placas cerâmicas de 5 cm x 5 cm, visto que a placa possui menor dimensão e maior facilidade de aplicação.

3.2.1 Análise dos sistemas com placas cerâmicas de 25 cm x 35 cm

A análise realizada a seguir será apenas para as placas cerâmicas de dimensões de 25 cm x 35 cm, visto que estas estão de acordo com a realidade e as dificuldades de aplicação na execução em escala industrial, ou seja, em obra.

A limpeza do substrato para a retirada dos resíduos de desmoldante influenciou na aderência da argamassa colante, principalmente quando se trata da Argamassa Colante A, que não obteve rompimentos nesta interface no Sistema II_AU e Sistema II_AS.

Foi possível verificar que nos Sistema I_AS, Sistema I_BS e Sistema II_AS, os maiores valores de deslocamento foi na interface argamassa colante e placa cerâmica (via seca). A placa cerâmica via úmida apresentou melhores resultados, sendo assim a melhor opção comparada a placa cerâmica vermelha de via seca.

Analisando todos os sistemas com as placas cerâmicas de 25 cm x 35 cm é possível verificar que de modo geral, o tratamento do substrato com lava jato de alta pressão e escova de cerdas de aço contribuíram positivamente para o bom desempenho do sistema. A argamassa colante é o ponto de maior incidência de ruptura na maioria dos sistemas. O sistema que apresentou melhor desempenho foi o Sistema II_AU, formado por substrato com tratamento para limpeza dos resíduos deixados pelo desmoldante, Argamassa Colante A e placa cerâmica vermelha via úmida.

De acordo com Valentini e Kazmierczak (2016), um dos fatores que pode influenciar em larga escala na resistência de aderência à tração do sistema é o tempo entre a mistura da argamassa colante com água e a aplicação da argamassa para executar o revestimento cerâmico. Em contrapartida, Pezzato (2010) afirma que um dos fatores que mais influencia o deslocamento de placas cerâmicas é a falta de conhecimento técnico da mão de obra que executa o serviço, fazendo com que o sistema não se comporte de maneira satisfatória e com aderência adequada.

4. CONCLUSÕES

Através da pesquisa e das caracterizações realizadas no estudo, pode-se concluir que:

A execução do ensaio de aderência com placa cerâmica de 5 cm x 5 cm proporcionou resultados bem diferentes dos apresentados na placa cerâmica de tamanho comercial de 25 cm x 35 cm.

A limpeza do substrato, quando bem executada, utilizando lava jato de alta pressão e escova de aço contribuiu positivamente para evitar o deslocamento entre o substrato e a argamassa colante.

As argamassas colantes estudadas, apesar de atenderem a resistência de aderência à tração mínima de 0,30 MPa são o ponto de maior falha dos sistemas analisados.

A placa cerâmica - via seca apresentou uma tendência maior de deslocamento do que a placa cerâmica - via úmida.

Entre os sistemas analisados com as placas cerâmicas comerciais de 25 cm x 35 cm, o Sistema II_AU apresentou melhor desempenho, visto que quanto ao substrato não houve ocorrência de deslocamento. Em relação a argamassa colante que foi sua maior porcentagem de ruptura, apresentou na maior parte das amostras, resistências superiores a 1 MPa e quanto ao deslocamento entre a argamassa colante e a placa cerâmica obteve ruptura em 28% das situações. Desta forma, pode-se concluir que um dos principais fatores para o deslocamento cerâmico neste estudo foi a argamassa colante.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela Bolsa de Produtividade em Pesquisa - Nível 2 (autora Regina Célia Espinosa Modolo) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela Bolsa CAPES/PROSUC (autor Francisco Roger Carneiro Ribeiro).

6. BIBLIOGRAFIA

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13754**: Revestimentos de paredes internas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante - Procedimento. Rio de Janeiro, 1996.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13755**: Revestimentos cerâmicos de fachadas e paredes externas com utilização de argamassa colante — Projeto, execução, inspeção e aceitação — Procedimento. Rio de Janeiro, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 14081-2**: argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas – Parte 2: Execução do substrato-padrão e aplicação da argamassa para ensaios. Rio de Janeiro, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 14081-3**: argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas – Parte 3: Determinação do tempo em aberto. Rio de Janeiro, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 14081-4**: argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas – Parte 4: Determinação da resistência de aderência à tração. Rio de Janeiro, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 14081-5**: argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas – Parte 5: Determinação do deslizamento. Rio de Janeiro, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 16055**: Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações - Requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 10545-3**: placas cerâmicas - Parte 3: Determinação da absorção de água, porosidade aparente, densidade relativa aparente e massa aparente. Rio de Janeiro, 2017.
- BREA, F. M. Resistência de aderência e tempo em aberto de argamassas colantes com adição de éteres de celulose. **Anais[...]**. Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas (SBTA), São Paulo, 2011.
- CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC). **Indicadores imobiliários nacionais no terceiro trimestre de 2019**. Relatório sobre os indicadores imobiliários, Brasília, 2019.
- CARASEK, H. **Aderência de argamassas à base de cimento Portland a substratos porosos**: Avaliação dos fatores intervenientes e contribuição ao estudo do mecanismo da ligação. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.
- CARASEK, H. **Argamassas**. In: ISAIA, G. C. (Editor), *Materiais de Construção Civil*: IBRACON, cap. 28, 2. ed., São Paulo, 2017.
- DESFORMA ECO. Desmoldante base vegetal livre de solvente. Disponível em: <http://www.viapol.com.br/media/388305/ft-desforma-eco-04-07-16.pdf>. 2016. Acesso em: 26 jun. 2019.
- FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS (FGV). Análise das necessidades habitacionais e suas tendências para os próximos dez anos. Ficha técnica da ABRAINC, Rio de Janeiro, 2018.
- LIBESSART, L.; DJELAL, C.; CARO, P.; LAIYMANI, I. Comparative study of the tribological behaviour of emulsions and demoulding oils at the concrete/formwork interface. **Construction and Building Materials**, v. 239, 2020.
- MASSUDA, C.; MISURELLI, H. Paredes de concreto. **Revista Técnica**, n. 147, 2009. Disponível em: <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/147/paredes-de-concreto-285766-1.aspx>. Acesso em: 26 jun. 2019.
- MELCHIADES, F. G. **Estudo comparativo entre as tecnologias via úmida e via seca para a preparação de massas de porcelanatos**. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2011.
- PEREIRA, E.; SILVA, I. J.; COSTA, M. R. M. M. Avaliação dos mecanismos de aderência entre argamassa colante e substrato não poroso. **Revista Ambiente Construído**, v. 13, n.2, p. 139 - 149, 2013.
- PEREIRA, M. B. **Avaliação in loco da aderência do revestimento cerâmico sobre impermeabilização cimentícia**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil), Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas, Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2013.
- PEZZATO, L.M. **Patologia no sistema de revestimento cerâmico: um estudo de casos em fachada**. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, SP. 2010.
- RECENA, A.P.R. **Conhecendo argamassa**. 2. ed. Porto Alegre: EDUPUCRS., 2012.
- VALENTINI, P.; KAZMIERZAK, C.S. Avaliação de aderência de placas cerâmicas aplicadas como revestimento de fachadas. **Revista ALCOMPAT**, v. 6 n. 2, 2016.
- WETZEL, A.; ZURBRIGGEN, R.; HERWEGH, M. Spatially resolved evolution of adhesion properties of large porcelain tiles. **Cement and Concrete Composites**, v. 32, n. 5, p. 327-338, 2010.