

## Pathological Manifestations in cast-in-place Concrete Walls Systems – Case study in Affordable Housing

### Manifestações Patológicas em Sistemas Construtivos de Paredes de Concreto – Estudo de Caso em Obras de Interesse Social

Article Info:

Article history: Received 2021-07-20 / Accepted 2021-09-06/ Available online 2021-09-20

doi: 10.18540/jcecv17iss4pp12950-01-17e

**Felipe Dias de Abreu Coutinho**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0929-0123>

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Brasil

E-mail: [felipedac.coutinho@gmail.com](mailto:felipedac.coutinho@gmail.com)

**Láisa do Rosário Souza Carneiro**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2435-6007>

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Brasil

E-mail: [carneirola@hotmail.com.br](mailto:carneirola@hotmail.com.br)

**Janaíne Conceição Santos**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6385-9961>

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Brasil

E-mail: [janaïne\\_santos@yahoo.com.br](mailto:janaïne_santos@yahoo.com.br)

**Flávia Spitale Jacques Poggiali**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5882-7049>

Federal Center for Technological Education of Minas Gerais, Brazil

E-mail: [flaviaspitale@gmail.com](mailto:flaviaspitale@gmail.com)

#### Resumo

O notável crescimento da construção civil brasileira no começo dos anos 2000 impulsionou o uso de sistemas construtivos industrializados, como por exemplo, as paredes de concreto. Tal sistema permite elevada produtividade e racionalização da obra. Para isso, necessita de mão de obra qualificada e equipamentos específicos. Porém, apesar deste sistema pressupor um maior controle e, por isso, uma maior qualidade do produto final, observa-se uma crescente incidência de manifestações patológicas nos elementos de parede de obras brasileiras. Neste sentido, o presente trabalho visa verificar se tais anomalias possuem uma origem em comum e, neste caso, identificar que origem é esta. Para isso, são analisadas as manifestações patológicas de duas obras que utilizaram o sistema de paredes de concreto moldadas *in loco*, propondo-se tratamentos adequados para cada uma delas, além de uma ordem de prioridades para sua correção, determinada por Matriz GUT. As seguintes anomalias foram identificadas: descolamento do revestimento cerâmico das paredes internas, fissuras horizontais nas paredes, fissuras a 45° na parte inferior das paredes, fissuras em cantos de janelas e segregação superficial do concreto. Verificou-se que a principal origem das anomalias se encontra na etapa de execução, de modo particular na etapa de concretagem. Assim, destaca-se a necessidade de realização de um rigoroso treinamento da mão de obra, acompanhado de uma contínua fiscalização dos serviços. A etapa de concretagem deve ser previamente planejada, sendo fundamental a participação síncrona dos diferentes agentes envolvidos. É importante ater-se às seguintes recomendações: dosagem adequada do concreto usinado, garantia do bom funcionamento da bomba lança, concretagem integral de uma parede antes de prosseguir para a concretagem de outros elementos e posicionamento do mangote a uma altura inferior a 2 m durante a concretagem. Destaca-se, ainda, o posicionamento adequado da

armadura de reforço nos cantos das janelas e portas e a preparação do substrato para aplicação de revestimento cerâmico, a partir da lavagem com detergente e escova de aço. Este estudo visa contribuir para a disseminação de conhecimentos práticos, corroborando-se com a prevenção de anomalias em obras futuras.

**Palavras-chave:** Manifestações patológicas. Sistema construtivo. Paredes de concreto. Estudo de caso.

### **Abstract**

The remarkable growth of Brazilian civil construction in the early 2000s stimulated the use of industrialized construction systems, such as concrete walls. This system is characterized by high productivity and rationalization in the construction site. Hence, qualified workforce and specific equipment are required. However, despite presupposing a greater control and, therefore, a greater quality of the final product, there seems to be a growing incidence of pathological manifestations in such systems in Brazil. In this context, this paper aims to verify if such anomalies have a common origin and, in that case, which origin it is. Thus, this work analyzed the pathological manifestations found in two different buildings in which cast-in-place concrete walls system was used. In the first moment, the causes of the anomalies were raised. Then, diagnosis and possible treatments were proposed, and a GUT Matrix was developed to establish an order of priorities. The following anomalies were identified: detachment of ceramic tiles from internal walls, horizontal cracks in the walls, 45° cracks in the lower parts of the walls, cracks in the corners of windows and concrete segregation. The main source of anomalies was the execution stage. Thus, a rigorous and continuous training of the workforce is necessary, followed by a continuous inspection of the services. The concreting stage must be previously planned, and the synchronous participation of the different agents is essential. In this sense, the following recommendations are made: proper dosage of concrete, guarantee the normal functioning of the pump, complete concreting of a wall before proceeding to the concreting of other elements and positioning the hose at less than 2 m of height during concreting. Besides, it is also recommended the proper positioning of the reinforcements in the corners of windows and doors as well as the substrate preparation for fixing ceramic tiles, which must be done by washing it with detergent and brushing it with a steel brush. This study aims to contribute with the dissemination of practical knowledge in order to prevent and avoid pathological manifestations in future buildings.

**Keywords:** Construction pathologies. Pathological manifestations. Concrete walls system. Case study.

## **1. Introdução**

O notável crescimento da construção civil brasileira, registrado nos primeiros anos do século corrente, impulsionou o uso de sistemas construtivos industrializados, os quais permitiam um aumento na velocidade de construção e de entrega das obras (Carrillo *et al.*, 2018). O sistema construtivo de paredes de concreto surgiu no país nas décadas de 1970 e 1980, mas só ganhou relevância a partir dos anos 2000, impulsionado pela criação de programas sociais, tais como o Programa Minha Casa, Minha Vida (PMCMV) (Massuda e Misurelli, 2009). A NBR 16.055 (ABNT, 2012) define parede de concreto como todo elemento estrutural autoportante, com comprimento maior que dez vezes sua espessura, capaz de suportar carga no mesmo plano da parede. Este sistema contempla as etapas de montagem das armações e das instalações elétricas e hidráulicas, seguidas da montagem das fôrmas e da concretagem dos elementos. A principal diferença em relação ao sistema tradicional é o monolitismo da estrutura, uma vez que as lajes e as paredes são concretadas simultaneamente (Massuda e Misurelli, 2009). As fôrmas podem ser metálicas, metálicas com placas de compensado ou plásticas (Loturco, 2017). O concreto utilizado costuma ser autoadensável, geralmente usinado (Monge, 2013).

As principais vantagens do sistema de paredes de concreto são a elevada produtividade, a racionalização e a baixa geração de resíduos. Para isso, faz-se necessário o uso de mão de obra qualificada e equipamentos específicos, amparados por um projeto satisfatoriamente detalhado e um concreto adequadamente dosado (Corrêa, 2012). Entretanto, apesar deste sistema pressupor um maior controle e, por isso, uma maior qualidade do produto final, observa-se a incidência de manifestações patológicas nos elementos de parede de obras brasileiras, as quais têm sido relatadas por diversos autores nos últimos anos (Morais, 2017; Lira e Lordsleem Jr, 2018; Macedo *et al.*, 2018; Mesomo, 2018; Sousa e Badaró, 2019, Bittencourt *et al.*, 2020). Dentre estas anomalias, destacam-se a segregação do concreto (nichos de concretagem) e diversos tipos de fissuras. Neste sentido, o presente trabalho visa verificar se as manifestações patológicas recorrentes em paredes de concreto possuem uma origem em comum e, neste caso, identificar que origem é esta. Procura-se identificar, também qual das etapas de obra possuem maior influência na manifestação de tais anomalias. Para isso, são analisadas as manifestações patológicas de duas obras que utilizaram o sistema de paredes de concreto moldadas *in loco*, propondo-se tratamentos adequados para cada uma delas, além de uma ordem de prioridades para sua correção, determinada por Matriz GUT. A identificação do gargalo construtivo responsável pela maior parte das anomalias permitirá a realização de uma intervenção eficaz, de modo a evitar incidências no futuro. Portanto, este estudo visa contribuir para a disseminação de conhecimentos práticos, corroborando-se com a prevenção de anomalias em obras futuras.

## 2. Metodologia

Para o desenvolvimento deste trabalho, foram realizados estudos de caso em duas obras do tipo Habitação de Interesse Social. A Obra A foi executada num período de 17 meses, enquanto a Obra B teve início um mês após o término da Obra A, tendo previsão de ser concluída em 16 meses. Até a realização do presente estudo (setembro/2019), a Obra B apresentava 80% de suas atividades concluídas. A coleta de dados foi realizada em campo, a partir da observação dos procedimentos construtivos realizados e do registro fotográfico das anomalias; no escritório, por meio da análise dos projetos arquitetônico e estrutural, das notas fiscais de concretagem, do relatório de resistência à compressão dos corpos de prova de concreto e do relatório de resistência à tração das placas cerâmicas; e por meio de entrevistas com diferentes profissionais envolvidos em diversas etapas de execução e projeto (engenheiros, mestre de obra e encarregados). Os dados coletados foram analisados segundo a metodologia de inspeção predial do Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias (IBAPE, 2011).

### 2.1 Definição da Unidade Caso

A empresa analisada atua no mercado há 39 anos. Em 2014, passou a adotar o sistema construtivo de paredes de concreto. Essa mudança de sistema teve como objetivo reduzir os prazos de execução, tal como os custos de obra. No entanto, nos primeiros anos de adoção do sistema de paredes de concreto, as concretagens apresentavam um ritmo acelerado, o que resultava em um produto final de qualidade inferior. Neste sentido, a fim de se aumentar a qualidade das peças concretadas, sem comprometer os parâmetros de prazo, custo, qualidade e segurança, a empresa passou a incorporar, desde 2016, processos internos de gestão de qualidade, segurança, saúde e meio ambiente.

### 2.2 Caracterização das Obras

A Obra A foi o primeiro empreendimento da construtora a utilizar o sistema construtivo de paredes de concreto. A partir da experiência prática adquirida nesta obra, foram traçadas metas para a execução da Obra B, a fim de evitar que as manifestações patológicas observadas na Obra A tornassem a se repetir. Ambas as obras utilizaram a mesma equipe administrativa, composta por engenheiro, auxiliares de engenharia, mestre de obras e encarregados.

Tanto a Obra A como a Obra B utilizaram a mesma sequência executiva, caracterizada pela execução da terraplenagem, da fundação e das redes externas elétrica e hidráulica. Em seguida, foi feita uma camada de asfalto, com o objetivo de organizar o canteiro, a estrutura e, finalmente, o acabamento interno, com os serviços de limpeza. As Tabelas 1 e 2 apresentam as principais especificações dos projetos arquitetônico e estrutural das obras.

**Tabela 1 – Aspectos técnicos do projeto arquitetônico da Obra A e da Obra B.**

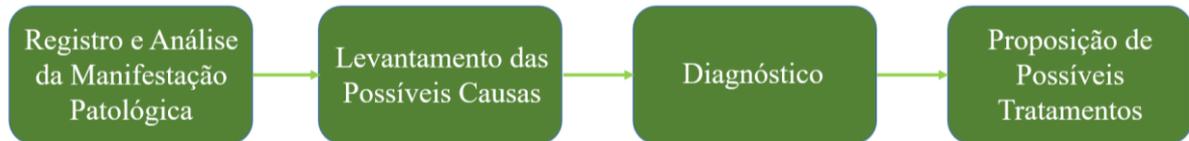
Aspecto Técnico	Obra A	Obra B
Número de apartamentos	272 unidades	544 unidades
A obra atende aos requisitos da ABNT NBR 15575:2013?	Sim	Sim
Área privativa de cada apartamento	48,70 m <sup>2</sup>	47,70 m <sup>2</sup>

**Tabela 2 – Principais especificações do projeto estrutural da Obra A e da Obra B.**

Concreto estrutural (lajes e paredes)	Concreto Auto Adensável; $f_{ck} \geq 20$ MPa; fator água cimento (a/c) $\leq 0,65$ ; Módulo de Elasticidade $E_{ci} \geq 25.000$ MPa; Classe de Agressividade II.
Resistência mínima para desforma (após 14h)	$f_{ck} = 3$ MPa (NBR 15823, 2017);
Espalhamento (Flow Test)	700 $\pm$ 5 mm;
Dimensão Máxima do Agregado	12,5 mm;
Utilizar fibras têxteis para combater os efeitos danosos da retração	Mínimo de 300 gramas por m <sup>3</sup> ;
Escoramento	Laje deverá permanecer escorada até o concreto atingir o $f_{ck} = 20$ MPa;
Cobrimento Mínimo da Armadura de Aço	Lajes = 2,5 cm (de cada lado); Paredes = 5,0 cm (de cada lado);

### 2.3 Coleta e Análise de Dados

A coleta de dados foi feita no escritório da empresa e no próprio canteiro de obras, a partir de observações em campo, por meio de entrevistas com engenheiros, mestres de obra e encarregados e por meio de análise documental como o diário de obra. Para esta coleta foram disponibilizados: projetos arquitetônico e estrutural; notais fiscais de concretagem; relatórios de resistência à compressão dos corpos de prova de concreto, ensaiados aos 28 dias; relatórios de resistência à tração das peças cerâmicas. Os dados coletados foram analisados a partir da metodologia de inspeção predial do IBAPE (2011), adaptada pelo fluxograma da Figura 1. À luz da NBR 15575 (ABNT, 2013) e utilizando-se as diretrizes apresentadas por Carraro e Dias (2014), foram questionadas as possíveis causas com base em anomalias como umidade, descolamento de revestimento, fissuras excessivas e irregularidade do acabamento.



**Figura 1 – Metodologia de Análise das Manifestações Patológicas encontradas nas Obras A e B.**

### 3. Resultados e discussões

A partir da análise detalhada das Obras A e B foi possível identificar as seguintes manifestações patológicas: descolamento do revestimento cerâmico das paredes internas, fissuras horizontais nas paredes, fissuras a 45° na parte inferior das paredes, fissuras em cantos de janelas e segregação superficial do concreto. Cada uma delas será detalhada nos subtópicos seguintes.

#### 3.1 Descolamentos do Revestimento Cerâmico das Paredes Internas

O revestimento cerâmico adotado para o piso e para o teto da cozinha e do banheiro em ambas as obras estudadas possui dimensões de 30 x 40 cm, tendo sido assentado com argamassa AC-II. Devido ao fato da área das placas cerâmicas ser superior à 900 cm<sup>2</sup>, foi exigida a execução da dupla colagem de argamassa. Entretanto, foi observado o descolamento frequente deste revestimento na Obra A, tendo o mesmo se soltado em boa parte da extensão da parede, conforme pode ser observado na Figura 2. Nota-se, também, significativa presença de engobe no tardo da placa cerâmica, o que indica a falta de limpeza desta face. O tempo em aberto das argamassas foi respeitado, porém fica evidente pela Figura 2b que não foi feita a dupla colagem, nem houve a quebra dos cordões de argamassa quando do assentamento das placas.



(a)

(b)

**Figura 2 – (a) Placas cerâmicas descoladas de boa parte da parede do banheiro na Obra A: nota-se a integridade dos cordões de argamassa colante, os quais deveriam ter sido quebrados na etapa de assentamento das placas (b) detalhe de uma das placas cerâmicas: nota-se a falta de dupla colagem e a presença de engobe no tardo da placa, o que prejudicou sua aderência ao substrato.**

Causas: O descolamento do revestimento cerâmico verificado na Obra A ocorreu devido a falhas na execução do assentamento e à falta de aderência entre o substrato e a placa cerâmica. A Tabela 3 detalha estas causas.

**Tabela 3 – Principais causas responsáveis pelo descolamento do revestimento cerâmico na Obra A.**

Falhas na execução	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realização inadequada ou ausência do procedimento de dupla colagem: falta de quebra dos cordões de argamassa, não consideração do tempo em aberto da argamassa, e falta de espalhamento da argamassa por toda a superfície do tardo da placa cerâmica;</li> <li>• Limpeza insuficiente da superfície do tardo da placa, de modo que o engobe não foi completamente retirado.</li> </ul>
Falta de aderência entre o substrato e a cerâmica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicação de desmoldante em excesso para a remoção das fôrmas, o que torna o concreto hidrófugo e dificulta a ancoragem mecânica das placas cerâmicas;</li> <li>• Falta de preparação do substrato parede de concreto para o assentamento das placas cerâmicas: devido ao elevado <math>f_{ck}</math>, as paredes apresentam superfície mais lisa e com menos poros, o que dificulta a ancoragem mecânica da argamassa e das placas sobre ela.</li> </ul>

Diagnóstico: O descolamento cerâmico pode ser classificado como uma anomalia crítica, uma vez que, além de interferir na estética do ambiente, oferece risco à segurança dos usuários. Ademais, a ausência da placa cerâmica comprometerá a estanqueidade dos ambientes molháveis. Este tipo de anomalia gera um custo de manutenção elevado e um transtorno para os moradores, no caso do imóvel já estar sendo habitado, devido à necessidade de se retirar armários e espelhos já instalados para conseguir realizar o assentamento das novas placas.

Tratamento: A partir do que foi constatado na Obra A, a construtora adotou medidas diferentes para a Obra B. Primeiramente, houve a preparação das paredes (substratos) que iriam receber o revestimento cerâmico. Para isto, foram realizados tratamentos superficiais nas paredes de concreto com chapisco rolado com polímero SBR (Figura 3b); e lavagem com detergente, seguida de lixamento com escova de aço (Figura 3c). Para fins de comparação com a Obra A, manteve-se uma parede sem tratamento superficial (com a presença de óleo desmoldante) (Figura 3a).

**Figura 3 – Parede de concreto sem tratamento superficial (com desmoldante) (a) e tratamentos superficiais em paredes de concreto com chapisco rolado com polímero SBR (b) e em paredes de concreto com a superfície lavada com detergente e escova de aço (c).**

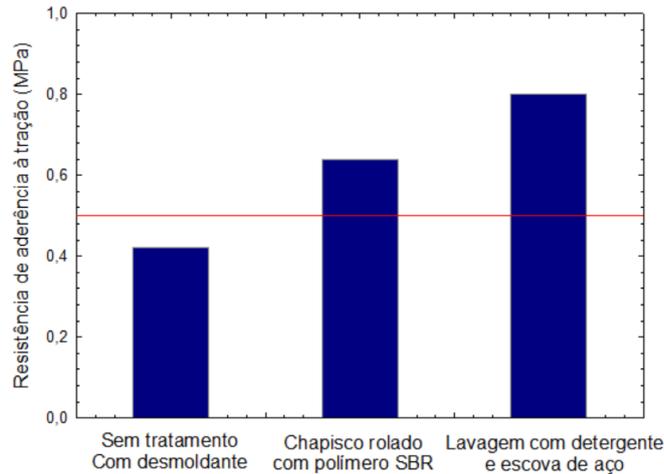


(a)

(b)

(c)

Em seguida, foram realizados ensaios de resistência de aderência à tração, de acordo com a NBR 14.081 (ABNT, 2012), tendo como substrato as paredes de concreto com os diferentes tratamentos descritos. As paredes foram moldadas *in loco* e executadas com fôrmas de alumínio, tendo sido ensaiadas aos 28 dias de cura. As placas cerâmicas possuíam dimensões de 30 x 40cm, tendo sido assentadas com argamassa AC-II. O assentamento das placas foi feito com procedimento de dupla colagem, respeitando-se o tempo máximo em aberto da argamassa, igual a 2 h, e retirando-se completamente o engobe do tardo da placa. O gráfico da Figura 4 apresenta as médias de resistência à tração de cada um dos três substratos, calculadas a partir de 6 amostras cada. A linha vermelha indica a resistência de aderência à tração mínima exigida pela norma NBR 14.081 (ABNT, 2012), a qual é de 0,5 MPa.



**Figura 4 – Resistência média de aderência à tração dos três substratos de parede de concreto tratados de maneiras distintas na Obra A.**

Percebe-se que o substrato sem tratamento (com desmoldante) foi o único que não atingiu a resistência normativa mínima, apresentando 0,42 MPa. Verificou-se que a ruptura do material ocorreu entre o substrato e a argamassa, o que confirma uma ancoragem mecânica insuficiente da argamassa colante. Por outro lado, o substrato cuja superfície foi lavada com detergente e escova de aço apresentou a maior resistência à tração, de 0,80 MPa. Neste caso, a ruptura do material se deu na interface da argamassa e da placa cerâmica, o que sugere uma boa aderência da argamassa à parede. Tal resultado provou que a lavagem da parede de concreto com detergente e escova de aço foi capaz de retirar a camada remanescente de desmoldante, além de ter aumentado a rugosidade da superfície, devido à abrasão da escova de aço. Por este motivo, tal método de preparação do substrato foi adotado pela construtora na Obra B. Por fim, a superfície revestida com chapisco rolado com polímero SBR apresentou resistência à tração intermediária, de 0,64 MPa. Apesar de ter estabelecido boa ancoragem com a parede, este tratamento contribuiu para a impermeabilização da base, reduzindo a capacidade de absorção de água (Scartezini *et al.*, 2002), o que culminou na dificuldade de aderência da argamassa colante, quando comparada ao substrato lavado e escovado.

Estes resultados se encontram em consonância com aqueles encontrados por Oliveira *et al.* (2019), os quais também verificaram a importância do tratamento superficial das paredes de concreto sobre a resistência de aderência à tração das mesmas. Dentre os tratamentos superficiais aplicados, o lixamento mecânico da parede, seguido de lavagem com água pressurizada se mostrou o mais eficaz para aumentar a aderência à tração, com uma resistência de 0,48 MPa contra 0,41 MPa do tratamento com chapisco rolado e 0,31 MPa da parede sem tratamento superficial.

Oliveira (2020) verificou que tratamentos superficiais como estes são capazes de “reduzir a presença do óleo desmoldante e permitem a abertura superficial de poros, antes recobertos pela

nata de cimento, potencializando o desenvolvimento da aderência do revestimento em bases de concreto”.

### 3.2 Fissuras Horizontais nas Paredes

Em ambas as obras, foram identificadas fissuras predominantemente horizontais, com tamanho de abertura inferior a 0,4 mm, que transpassavam as paredes de concreto. Esta anomalia foi observada em paredes externas, onde, de acordo com o projeto, não havia tubulações elétricas ou hidráulicas embutidas que justificassem tal fissuração.

Causas: A partir da investigação de campo, constatou-se que a provável causa da fissuração horizontal seria a presença de juntas frias, criadas nos elementos estruturais de parede de concreto, devido à concretagem descontínua das paredes. Os motivos da interrupção da concretagem nas Obras A e B estão apresentados na Tabela 4.

**Tabela 4 – Motivos que levaram à interrupção da concretagem nas Obras A e B.**

Motivo	Causa
Falhas na logística de transporte do concreto	<ul style="list-style-type: none"> <li>Um total de sete caminhões betoneira deveria fornecer concreto, de modo que o intervalo de lançamento entre dois caminhões não excedesse 45min, a fim de que se evitasse a pega do concreto. A concreteira da Obra A, distante 15 km da obra, apresentou falhas internas de logística e externas, o trânsito.</li> </ul>
Lançamento inadequado do concreto	<ul style="list-style-type: none"> <li>A concretagem parcial dos elementos de parede de concreto, interrompida pela concretagem de outros elementos estruturais, e retomada após um dado intervalo favorece a formação de juntas frias. Tal técnica foi verificada em ambas as obras.</li> </ul>
Problemas mecânicos na bomba e vazamento de concreto na fôrma	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tais intercorrências ocorreram em ambas às obras, tendo sido necessário interromper a concretagem para realizar a manutenção da máquina e para parar o vazamento.</li> </ul>
Condições climáticas desfavoráveis	<ul style="list-style-type: none"> <li>Chuvas intensas e relâmpagos, que tornavam perigosa a execução do serviço.</li> </ul>

Diagnóstico: As juntas frias horizontais observadas nas obras sofrem esforços verticais de compressão. Entretanto, segundo com Torres *et al.* (2016), tais esforços não provocam a perda de resistência estrutural. Por outro lado, conforme pontuam Choi *et al.* (2015), as juntas frias aumentam a permeabilidade da parede, podendo ocasionar infiltrações, sobretudo nas paredes de fachada. Deste modo, pode-se dizer que tal anomalia é crítica, uma vez que infiltrações podem reduzir drasticamente a vida útil da estrutura, pois além da entrada de água, permitem a entrada de substâncias nocivas às armaduras, tais como íons cloreto e oxigênio, e ao próprio ser humano, tais como fungos e bolor.

Tratamento: A formação de juntas frias tanto na Obra A quanto na Obra B ressalta as

recomendações de Liu *et al.* (2014), acerca da necessidade de se realizar o lançamento do concreto autoadensável (CAA) de maneira contínua, até que o mesmo preencha a fôrma da parede por completo. Para que tal processo seja viabilizado, é imprescindível o estabelecimento de um rigoroso planejamento entre a obra e a concreteira, com especificação das datas, dos horários e dos volumes de todas as concretagens a serem realizadas durante a obra. A partir disso, a concreteira deve organizar a logística interna de entrega do concreto, de modo que a troca de informações entre a obra e a concreteira seja contínua, a fim de se lidar com possíveis contratempos. Além disso, no treinamento da equipe de concretagem, deve-se ressaltar a importância de se concretar uma parede por completo antes de dar início ao processo num elemento subsequente.

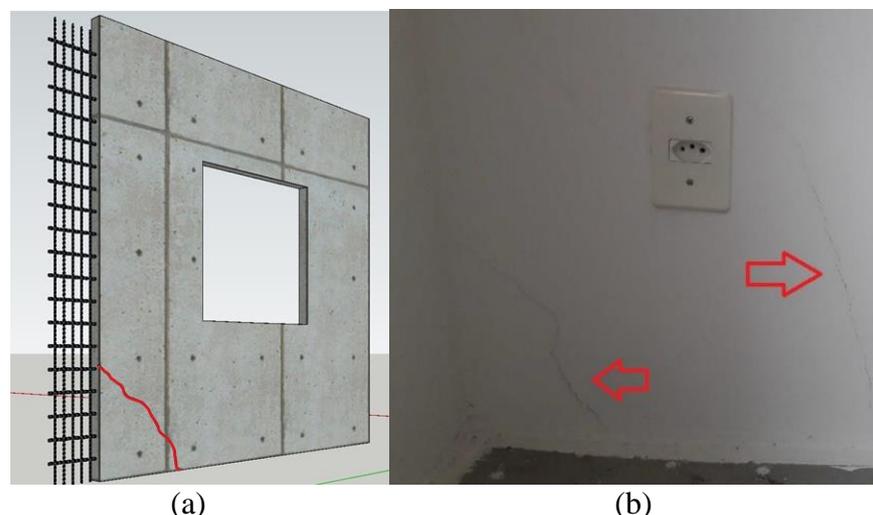
As fissuras horizontais decorrentes das juntas frias podem ser tratadas superficialmente, a partir da aplicação de três demãos de resina acrílica flexível, seguida de colocação de tela estruturante de nylon. A Figura 5 mostra este tratamento.



**Figura 5 – Tratamento de fissura horizontal em parede de concreto com resina acrílica flexível e tela de nylon.**

### 3.3 Fissuras a 45° na parte Inferior das Paredes

Tanto na Obra A como na Obra B foram observadas fissuras em ângulo de 45° na parte inferior das paredes dos pavimentos térreos. Estas fissuras apresentavam aberturas inferiores a 0,4 mm, sem, no entanto, transpassar as paredes. Sua abertura se dava próxima ao piso, estendendo-se a uma altura de 60 cm, conforme apresentado na Figura 6.



**Figura 6 – Fissuras a 45° em paredes de concreto: representação da posição da fissura (a) e fissura real em parede da Obra A (b)**

**Causas:** A causa de tal anomalia reside no fato de ter sido utilizado papelão e espuma expansiva de poliuretano para a vedação da base da parede (Figura 7). Tal prática foi aplicada com o objetivo de impedir o vazamento do concreto pela base da parede durante a concretagem. O problema é que a presença destes materiais flexíveis na base das paredes reduz a área de contato destas últimas com a fundação, gerando uma concentração de tensões e possível deformação pontual, na parte da parede que não se encontra fixa na base (Santos e Côrrea, 2018). Este fenômeno provoca a abertura de fissuras semelhantes àquelas causadas por recalques diferenciais.



**Figura 7 – Vedação da base de parede de concreto com papelão (à esquerda) e espuma expansiva de poliuretano (à direita).**

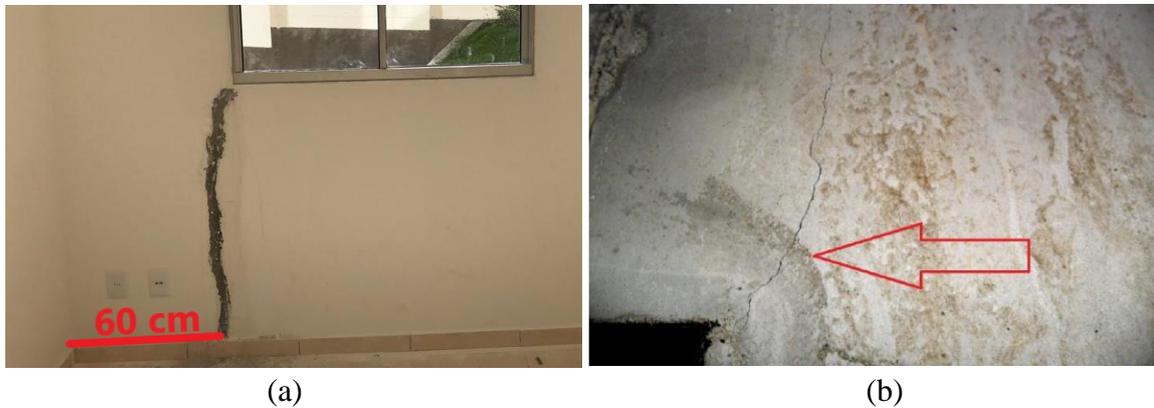
**Diagnóstico:** As fissuras a 45° na parte inferior das paredes devem ser monitoradas, a fim de se verificar se as mesmas são ativas ou já se encontram estáveis (passivas). Caso sejam ativas e continuem a aumentar de espessura ao longo do tempo, o projetista estrutural deverá propor algum tipo de reforço estrutural que vise estabilizar estas fissuras e a movimentação diferencial. Por outro lado, no caso de se tratarem de fissuras passivas, é importante, ainda, observar as dimensões máximas de abertura de fissuras permitidas pela NBR 6118 (ABNT, 2014) em função da classe de agressividade do meio. Tais prescrições normativas visam preservar a vida útil dos elementos estruturais, protegendo as armaduras de substâncias deletérias como cloretos e gás oxigênio. Para as obras em questão, localizadas em meio ambiente com classe de agressividade II (Moderada Urbana), o limite máximo de abertura de fissura é 0,3 mm. Fissuras com espessura acima deste valor devem ser tratadas superficialmente.

**Tratamento:** As fissuras consideradas passivas, com abertura maior que 0,3 mm, podem ser tratadas superficialmente, pela aplicação de três demãos de resina acrílica, seguida de colocação de tela estruturante de nylon, conforme mostrado na Figura 5. Entretanto, caso seja constatado que os elementos de parede de concreto apresentam fissuras ativas, será necessário realizar um estudo mais aprofundado do comportamento estrutural destes elementos, o qual deverá ser conduzido por projetista estrutural competente.

Devido à constatação da anomalia em ambas as obras, faz-se necessária a adoção de medidas capazes de mitigá-la em obras futuras. Dentre estas medidas, recomenda-se a realização de um nivelamento preciso da superfície de apoio das paredes, de modo que estas distribuam as cargas de maneira uniforme às fundações (Santos e Corrêa, 2018). Para tanto, deve-se incluir o serviço de regularização da superfície da fundação, no caso radier, antes da concretagem das paredes, o que também reduzirá a necessidade de utilização de papelão ou espuma expansiva de poliuretano para evitar vazamento de concreto.

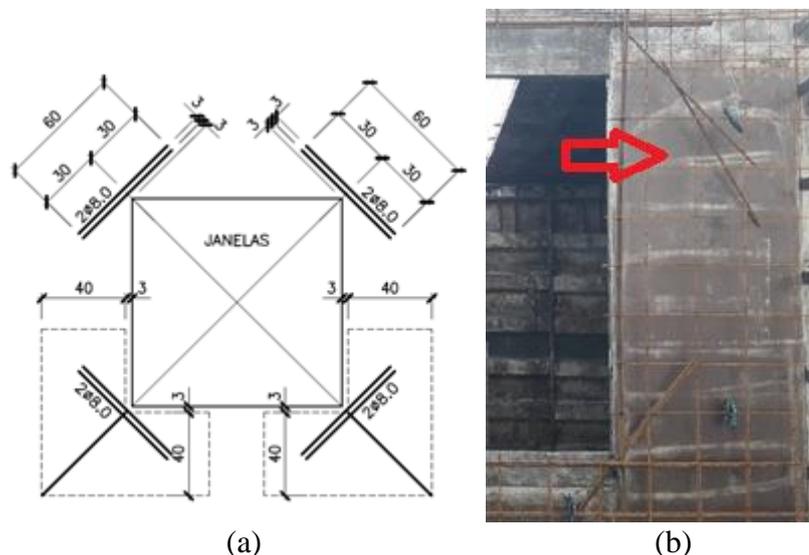
### 3.4 Fissuração em Cantos de Janelas

Em ambas as obras foram verificadas a ocorrência de fissuração nos cantos de algumas janelas. Estas fissuras apareceram sob o peitoril, prolongando-se até o piso, a uma distância média de 60 cm do canto da parede (Figura 8a) e na parte superior da janela, estendendo-se em direção ao teto (Figura 8b).



**Figura 8 – Fissuração nos cantos de janela em parede de concreto: no canto inferior (a) e no canto superior (b).**

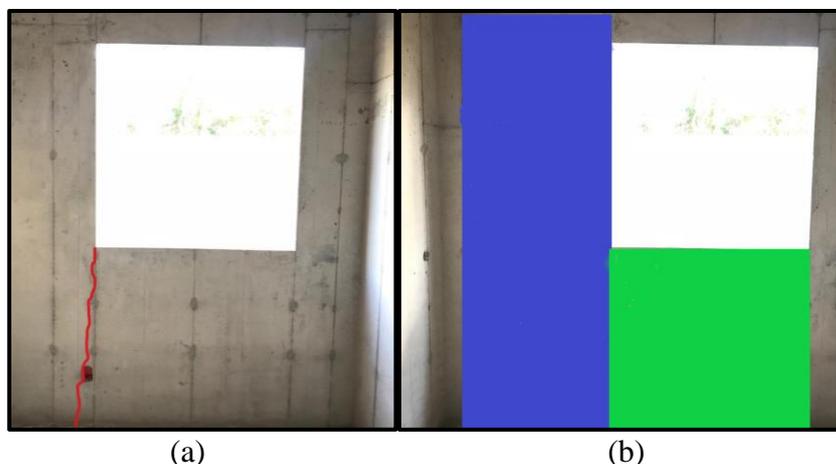
Causas: A causa primária da fissuração advém do acúmulo de tensões nos cantos das janelas (Zanzarini, 2016). Por este motivo, os projetos estruturais de ambas as obras preveem a execução de armadura de reforço oblíqua aos vãos, conforme detalhado pela Figura 9a. Porém, tanto na Obra A como na Obra B, foi constatado, em alguns casos, o posicionamento incorreto destas armaduras de reforço. A Figura 9b mostra esta situação, na qual o reforço superior direito foi executado em local e com angulação incorretos, contrariando o que fora especificado pelo projeto.



**Figura 9 – Armaduras de reforço oblíquas nos cantos das janelas: detalhe construtivo da armadura de reforço nos cantos das janelas (a) e execução incorreta do reforço em janela (b) da Obra B.**

Outra provável causa da fissuração nos cantos das janelas diz respeito à rigidez do sistema de paredes de concreto (Giotto *et al.*, 2014). Por se tratar de um sistema monolítico, as paredes de concreto sofrem restrições em sua variação volumétrica e, ao retraírem, ocorre o aumento das tensões de tração, o que contribui para a formação de fissuras. Além disso, nas áreas de vãos

(portas e janelas) pode ocorrer também retração diferencial entre dois elementos com volumes distintos, levando a deformações não uniformes (Carmona e Carmona, 2013). Um exemplo desta situação é apresentado na Figura 10, na qual a fissura no canto inferior esquerdo da janela, destacada em vermelho (Figura 10a), surge precisamente na região de encontro entre dois volumes de concreto distintos, o maior indicado em azul e o menor, em verde (Figura 10b).



**Figura 10 – Parede de concreto com vão de janela: presença de fissura no canto inferior esquerdo do vão, indicada em vermelho (a), devido a deformações não-uniformes, causadas pela presença de volumes de concreto distintos, indicados em azul e verde (b).**

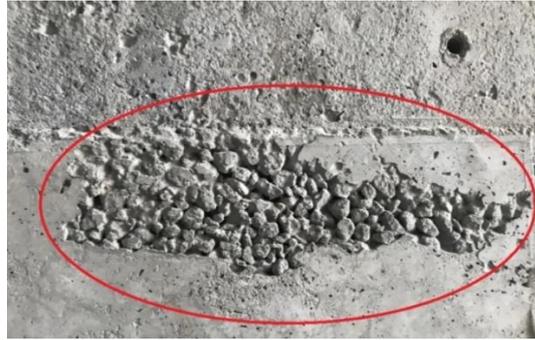
**Diagnóstico:** As fissuras identificadas nos cantos das paredes não transpassavam os elementos estruturais. Deste modo, aberturas de até 0,3 mm se encontram dentro do limite permitido pela NBR 6118 (ABNT, 2014) para obras localizadas em meio com classe de agressividade II (Urbana). Fissuras que ultrapassem esta espessura devem ser tratadas superficialmente. Tal manifestação patológica pode oferecer riscos à estrutura no que diz respeito à estanqueidade do elemento estrutural, uma vez que, ao permitir que a água entre pela fissura, esta pode atingir as armaduras da parede, colaborando para o início de um processo de corrosão. Além disso, do ponto de vista da NBR 15575 (ABNT, 2013), a presença destas fissuras pode causar um desconforto estético e psicológico ao usuário.

**Tratamento:** As fissuras com abertura superior a 0,3 mm podem ser tratadas superficialmente pela aplicação de três demãos de resina acrílica, seguida da colocação de tela estruturante de nylon, conforme apresentado na Figura 5.

Deve-se adotar medidas de prevenção a estas fissuras, uma delas é o correto posicionamento da armadura de reforço nos cantos das janelas. Além desta, a utilização de armadura de pele, sob a forma de telas galvanizadas, ajuda na distribuição das tensões diferenciais. Estas telas atuam entre a superfície do concreto e as armaduras principais ou de reforço. Após tais medidas serem tomadas na Obra B, constatou-se que, de 80 apartamentos analisados, somente 23, isto é, 28,75% apresentaram fissuração nos cantos das janelas.

### 3.5 Segregação do Concreto

Em determinadas concretagens, após a desforma das paredes, foi verificada nitidamente a perda da nata de cimento e a segregação dos agregados graúdos, conforme exposto na Figura 10. Esta manifestação patológica foi observada tanto na Obra A como na Obra B. Em alguns casos, esta segregação levou à exposição das armaduras, tal como a formação de bolhas no elemento estrutural.



**Figura 10 – Segregação do concreto auto-adensável em parede de concreto na Obra B, com visível aparecimento de agregados graúdos não envoltos em pasta de cimento.**

**Causas:** A provável causa de segregação dos agregados graúdos é a dosagem incorreta do concreto. Por se tratar de concreto autoadensável, é necessário utilizar aditivos especiais, que garantam uma trabalhabilidade adequada para a concretagem de paredes de concreto. Em ambas as obras, utilizou-se CAA usinado, sendo que a aceitação do concreto em obra pressupunha unicamente a realização do *flow test*. Entretanto, devido a problemas mecânicos na bomba de lançamento na Obra B (Figura 11) e vazamentos de concreto na forma na Obra A, foi necessário interromper a descarga do caminhão betoneira durante algumas concretagens, em ambas as obras. A questão é que, durante o processo de descarga, a velocidade de rotação do caminhão aumenta o que influencia na trabalhabilidade do concreto, uma vez que a taxa de evaporação de água também aumenta (Polesello *et al.*, 2013). Por este motivo, apesar do valor de *flow test* ter sido inicialmente adequado, e apesar da concretagem ter sido realizada dentro dos 150 min estabelecidos pela NBR 7212 (ABNT, 2012), ao se retomar o lançamento do concreto, o mesmo não mais se encontrava com trabalhabilidade ideal. Apenas de pontuais, tais interrupções não deveriam acontecer. Para contornar este problema, Morais (2017) sugere o uso de bomba lança com válvula Rock, a qual reduz a velocidade de lançamento do concreto, garantindo uma maior homogeneidade do material.

A outra possível causa de segregação diz respeito à descarga do concreto, na qual o mangote da bomba lança não pode ser posicionado a uma altura superior a 2 m. Morais (2017) aponta que elevadas alturas de lançamento do concreto (acima de 2 m) aliadas à pequena espessura das paredes (em média 10 cm) propiciam o aparecimento de nichos de concretagem.



**Figura 11 – Funcionários da concreteira consertam a bomba lança durante a concretagem da Obra B**

**Diagnóstico:** A depender do nível de segregação do elemento estrutural, pode haver perda de capacidade portante, sobretudo quando esta anomalia atinge camadas mais profundas da parede de concreto. Portanto, pode ser considerada com um grau de risco crítico.

**Tratamento:** O tratamento consiste na escarificação da superfície, com remoção do concreto segregado, seguida da recomposição do local com o mesmo concreto utilizado na concretagem das paredes. Em paredes com grande área segregada, faz-se necessária a demolição completa do elemento estrutural e realização de nova concretagem.

### 3.6 Análise dos Resultados

Uma matriz GUT foi criada a fim de identificar e classificar as manifestações patológicas encontradas nas Obras A e B, conforme apresentado na Tabela 5.

**Tabela 5 – Matriz GUT das manifestações patológicas encontradas na Obra A e na Obra B.**

Problema	Gravidade	Urgência	Tendência	Resultado
Descolamento interno da cerâmica da parede	4	4	1	916
Fissuração horizontal na parede	3	3	3	927
Fissuração a 45° na parte inferior da parede	5	5	5	15125
Fissuração em vãos de janelas	2	4	4	1032
Segregação do concreto	5	5	1	1125

A partir matriz de priorização, GUT, a prioridade no tratamento das anomalias deveria ser: fissuração a 45° da parede inferior, fissuração em vãos de janela, fissuração horizontal na parede, segregação do concreto e descolamento interno da cerâmica na parede. Percebe-se, ainda, que a principal origem das anomalias foi à etapa de execução, seguida por falhas de projeto e de materiais. Todas as manifestações patológicas resultaram no aumento de custos com retrabalho, o que consequentemente diminui a satisfação do cliente em relação ao produto final.

As falhas de execução observadas em ambas às obras evidenciam a necessidade de um contínuo treinamento e fiscalização da mão de obra na realização da dupla colagem no revestimento cerâmico; no correto lançamento do concreto, evitando-se a criação de juntas frias ou a segregação devido à altura de posicionamento do mangote; na realização da desforma sem gerar impactos na estrutura; no posicionamento correto dos reforços da armação, conforme detalhado em projeto; e na aceitação correta do concreto na obra.

As falhas de projeto têm relação com a comunicação deficiente entre projetistas e executores, evidenciada por especificações insuficientes contidas nas plantas de projeto estrutural, as quais não deixavam claros os passos e detalhes necessários para uma correta execução. Por se tratar de um processo com muitas particularidades, a execução da parede de concreto deveria contar com especificações de projeto mais detalhadas, como por exemplo, a especificação do teor de argamassa do concreto utilizado, a fim de se garantir um maior controle tecnológico do CAA.

As falhas de materiais estão relacionadas, sobretudo, à necessidade de controle da dosagem do concreto, uma vez que a alteração no teor de argamassa e adição excessiva de água podem contribuir para o aumento da retração, levando a irregularidades no acabamento superficial das paredes.

Além destas falhas, considera-se também as falhas de planejamento, incorridas pela empresa responsável pelas Obras A e B. Deste modo, considera-se a necessidade de avaliar os erros das obras precedentes, de modo que não se repitam nas obras subseqüentes. De maneira especial, destaca-se o planejamento da concretagem, o qual reflete diretamente na qualidade final dos elementos de paredes concretados. A necessidade de um planejamento detalhado também foi destacada por Morais (2017), que afirma que tal etapa seria capaz de evitar as possíveis falhas durante a execução, uma vez que alinharia a adaptaria as técnicas existentes às normas vigentes, tal como a literatura à prática.

#### 4. Conclusões

O presente trabalho analisou as manifestações patológicas de duas obras executadas com o sistema construtivo de paredes de concreto. Verificou-se que a principal origem das anomalias se encontra na etapa de execução, sendo a concretagem o principal gargalo construtivo identificado. Segundo Macedo (2016), a execução constitui a principal etapa no sistema de parede de concreto, sendo necessária a correta colocação da fôrma para evitar o vazamento de concreto e correto posicionamento da armadura. Portanto, destaca-se a necessidade de realização de um contínuo e rigoroso treinamento da mão de obra, fundamentado nas normas técnicas específicas (NBR 16055, 2012; NBR 14081, 2012; NBR 15823-1, 2017) e na experiência prévia, mostrando-se, inclusive, manifestações patológicas observadas em obras semelhantes, tais como os estudos apresentados pela literatura (Morais, 2017; Lira e Lordsleem Jr, 2018; Macedo *et al.*, 2018; Mesomo, 2018; Sousa e Badaró, 2019, Bittencourt *et al.*, 2020). Além disso, deve-se realizar uma fiscalização perene dos serviços.

A etapa de concretagem merece atenção especial, uma vez que a logística de transporte e lançamento do concreto autoadensável exige uma participação síncrona de todos os agentes envolvidos. Neste sentido, é importante garantir o controle tecnológico do material e do serviço de concretagem como um todo, os quais dependem de: uma dosagem adequada do concreto usinado; garantia do bom funcionamento da bomba lança; concretagem integral de uma parede antes de prosseguir para a concretagem de outros elementos; e posicionamento do mangote a uma altura inferior a 2 m durante a concretagem das paredes. Neste sentido, identifica-se que esta etapa é um grande gargalo na execução de sistemas construtivos de paredes de concreto, de modo que um planejamento eficaz é indispensável para o seu sucesso. Além destas recomendações, destaca-se, ainda, o posicionamento adequado da armadura de reforço nos cantos das janelas e portas; e a preparação do substrato (paredes) para aplicação de revestimento cerâmico, a partir da lavagem com detergente e escova de aço.

A comunicação eficaz entre projetistas e executores também contribui para a prevenção de anomalias. Neste sentido, destaca-se a importância dos detalhes construtivos de projeto, os quais devem ser apresentados de maneira clara e didática, evitando-se a má interpretação ou o surgimento dúvidas no canteiro.

#### 5. Agradecimentos

Os autores agradecem o suporte financeiro do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG) e das agências de fomento CNPq, CAPES e FAPEMIG.

#### Referências

- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15575 (2013). Edificações habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro: ABNT.
- \_\_\_\_\_. NBR 16055 (2012). Parede de concreto moldada no local para a construção de edifícios – Requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro: ABNT.
- \_\_\_\_\_. NBR 15823-1 (2017). Concreto autoadensável. Parte 1: Classificação, controle e recebimento no estado fresco. Rio de Janeiro: ABNT.
- \_\_\_\_\_. NBR 14081 (2012). Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas. Rio de Janeiro: ABNT.
- \_\_\_\_\_. NBR 6118 (2014). Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT.
- \_\_\_\_\_. NBR 7212 (2012). Execução de concreto dosado em central – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT.

- Bittencourt, P. R. A., Paranaíba, A. U., Roriz, P. J. M. (2020). Manifestações patológicas em habitações de interesse social, feitas de paredes de concreto moldadas in loco. Pontifícia Universidade Católica de Goiás.
- Carmona, T., Carmona, A. F. (2013) Cracking in concrete structures. *Boletim Técnico*, 2013.
- Carrillo, J., Vargas, D., & Sánchez, M. (2018). Stiffness degradation model of thin and lightly reinforced concrete walls for housing. *Engineering Structures*, 168(101), 179-190. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2018.04.070>
- Choi, S. -J., Kang, S. -P., Kim, S. -C., & Kwon, S. -J. (2015). Analysis technique on water permeability in concrete with cold joint considering micro pore structure and mineral admixture. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2015, 1-10. <https://doi.org/10.1155/2015/610428>
- Corrêa, J. M. (2012). *Considerações sobre projeto e execução de edifícios em paredes de concreto moldados in loco*. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, Brasil.
- Giroto, L. S., Barbosa, M. P., & Maciel, G. F. (2014). Avaliação do comportamento reológico na retração plástica e na fissuração de argamassas de concreto auto-adensável. *Revista IBRACON de Estruturas e Materiais*, 7(1), 24-52. <https://doi.org/10.1590/S1983-41952014000100003>
- Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia de São Paulo. Norma de Inspeção Predial (2011). IBAPE-SP
- Liu, Z., Zhang, Y., & Li, M. (2014). Integrated scheduling of ready-mixed concrete production and delivery. *Automation in Construction*, 48, 31-43. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2014.08.004>
- Lira, V. Q., Lordsleem Jr, A. C. (2018) *Manifestações patológicas em paredes de concreto moldadas in loco*. Mostra de Extensão, Inovação e Pesquisas da Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco, 2018.
- Loturco, B. (2017). Critérios para a escolha das fôrmas para parede de concreto. *Revista Técnica*, 240, 26.
- Macêdo, J. S. (2016). *Um estudo sobre o sistema construtivo formado por paredes de concreto moldadas no local*. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, Brasil.
- Macedo, J. V. S., Romeiro, M. L. A., Delmiro, T. D., Monteiro, E. C. B., Cardoso, A. S. (2018) *Manifestações patológicas e falhas construtivas em paredes de concreto*. 6ª Conferência sobre patologia e reabilitação de edifícios / 6º Congresso de Patología y Rehabilitación de Edificios, Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2018.
- Massuda, C., & Misurelli, H. (2009). Tecnologia das paredes de concreto. *Revista Técnica*, 147, 13.
- Mesomo, M. F. (2018). *Manifestações patológicas em unidades habitacionais construídas com paredes de concreto moldadas in loco com fôrmas metálicas: análise das falhas observadas na etapa de execução*. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS, Brasil.
- Monge, R. A. (2018). Construção de um sistema de sucesso. *Revista IBRACON Concreto e Construções*, 90, ISSN 1809-7197, 116.
- Morais, G. M. (2017) *Planejamento da execução de paredes de concreto armado: um estudo de caso*. Trabalho de Conclusão de Curso. Escola de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Goiás, GO, Brasil.
- Oliveira, P. V., Neves, R. R., Martins, J. V., Santos, W J., Carvalho, A. N. (2019). *Influência do preparo da parede de concreto moldada in loco na aderência do revestimento cerâmico interno*. Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, Goiânia, GO, Brasil.
- Oliveira, P. V. (2020) *Influência dos tratamentos superficiais executados na parede de concreto no desenvolvimento da aderência com revestimentos cerâmicos internos*. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, MG, Brasil.

- Polesello, E., Rohden, A. B., Dal Molin, D. C. C., & Masuero, A. B. (2013). O limite de tempo especificado pela NBR 7212, para mistura e transporte do concreto, pode ser ultrapassado? *Revista IBRACON de Estruturas e Materiais*, 6(2), 339-359. <https://doi.org/10.1590/S1983-41952013000200009>
- Santos, M. G. C., & Corrêa, M. R. S. (2018). Analysis of the effects of soil-structure interaction in reinforced concrete wall buildings on shallow foundation. *IBRACON*, 11(5), 1076-1109. <https://doi.org/10.1590/S1983-41952018000500010>
- Scartezini, L. M. Jucá, T. R., Linhares, H., Teixeira, F., Antonelli, G., Cascudo, O., & Carasek, H. (2002). Influência do preparo da base na aderência e na permeabilidade à água dos revestimentos de argamassa. *Ambiente Construído*, 2(2), 85-92.
- Sousa, A. F., Badaró, W. A. (2019). *Estudo das manifestações patológicas causadas por falhas operacionais em parede de concreto moldada in loco*. Trabalho de Conclusão de Curso, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, 2019.
- Torres, A., Ramos-Cañón, A., Prada-Sarmiento, F., & Botía-Díaz, M. (2016). Mechanical behavior of concrete cold joints. *Revista Ingenieria de Construccion*, 31(3), 151-162.
- Zanzarini, J. C. (2016). *Análise das causas e recuperação de fissuras em edificação residencial em alvenaria estrutural*. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, PR, Brasil.