

INSPEÇÃO DE ELEMENTOS PRÉ-FABRICADOS: DETECÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

MATTHEUS CLODOMIR RODRIGUES BEGNINI ¹

ANDRÉIA ALVES BOTIN ²

RESUMO: A evolução da indústria da construção civil aconteceu em diversas fases, sendo que cada uma foi caracterizada por uma diversidade de métodos, tecnologias e arquiteturas próprias. Nos dias atuais verifica-se uma significativa organização em alguns subsetores, onde são encontrados modernos sistemas construtivos e processos de gestão industrial. Entre estes sistemas, destacam-se os pré-fabricados em concreto armado. O objetivo deste trabalho foi avaliar a ocorrência de manifestações patológicas em peças geradas a partir de moldes em uma indústria na cidade de Vera-MT. Tais apresentaram-se de diversas formas variadas, como erros de projetos, deficiência na medida de agregados e na preparação de concreto dentre os erros na fabricação destacam-se: erros de montagens, bolhas superficiais, adensamento inadequado (nichos de concretagem), manchas, choques ou quebras, fissuras e trincas. Ainda foi pautado as influências do processo produtivo na geração dessas manifestações e ao final foram propostas melhorias para este processo, buscando evitar a ocorrência dessas manifestações em peças pré-fabricadas. Assim, verificou-se os elementos pré-fabricados tornam-se uma nova possibilidade construtiva para economizar recursos naturais e aumentar a velocidade da construção, tendo um correto planejamento e execução, com os devidos materiais, quantidades e mão de obra necessária, para evitar diferentes patologias.

PALAVRAS-CHAVE: Concreto armado; Pré-fabricação; Produção.

INSPECTION OF PREFABRICATED ELEMENTS: DETECTION OF PATHOLOGICAL MANIFESTATIONS

ABSTRACT: The evolution of the civil construction industry took place in several phases, each characterized by a diversity of methods, technologies and architectures. Nowadays, there is a significant organization in some subsectors, where modern construction systems and industrial management processes are found. Among these systems, prefabricated reinforced concrete systems stand out. The objective of this work was to evaluate the occurrence of pathological manifestations in parts generated from molds in an industry in the city of Vera-MT. These presented themselves in several different ways, such as design errors, deficiency in the measurement of aggregates and in the preparation of concrete. shocks or breaks, fissures and cracks. The influences of the production process in the generation of these manifestations were also guided and, in the end, improvements were proposed for this process, seeking to avoid the occurrence of these manifestations in prefabricated parts. Thus, it was verified that prefabricated elements become a new constructive possibility to save natural resources and increase the speed of construction, having a correct planning and execution, with the proper materials, quantities and labor necessary to avoid different pathologies.

KEYWORDS: Reinforced concrete; Prefabrication; Production.

¹ Acadêmico de Graduação, Curso de Engenharia, Faculdade de Sinop – UNIFASIPE, R. Carine, 11, Res. Florença, Sinop - MT. CEP: 78550-000. Endereço eletrônico: Begnini2210@hotmail.com

² Professora Engenheira Especialista em Docência para Ensino Superior, Curso de Engenharia– UNIFASIPE, R. Carine, 11, Res. Florença, Sinop - MT. CEP: 78550-000. Endereço eletrônico: andreia.botin@yahoo.com.br

1. INTRODUÇÃO

A construção civil, em todo o mundo, encontra-se em um período claramente dedicado à busca e implementações de estratégias de modernização do setor, em que a industrialização da construção tem um papel fundamental (PAULA, 2007).

Portanto, é cada vez maior as utilizações de peças pré-fabricadas de concreto na construção civil, pois representa um razoável progresso em termos construtivos, permitindo a racionalização e o aperfeiçoamento técnico das obras (SINPROSIM-BA, 2003).

A associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT – através da NBR 9062 (ABNT, 2017), que trata do projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado, define os elementos pré-moldados como “peças executadas industrialmente, mesmo em instalações temporárias em canteiros de obras”. Os pré-fabricados são confeccionados numa indústria, fora da obra sob condições rigorosas de controle de qualidade.

Segundo Pederiva (2009), a racionalização obtida com o uso de pré-fabricados permite que os materiais disponíveis para a execução do empreendimento sejam mais bem aproveitados sem a necessidade de demandar profundas alterações tecnológicas. O mesmo autor afirma que tais elementos apresentam uma opção viável para racionalizar os processos de produções. Elas apresentam características significativas como rapidez de execução.

A fim de atingir um nível de qualidade satisfatório para as quais é capaz de satisfazer a demanda existente, é necessário verificar possíveis manifestações patológicas derivadas do processo produtivo, a fim de minimizá-las ou saná-las, e também certificar a funcionalidade, estética e estabilidade dos elementos que exigem um controle rigoroso durante a produção das peças. As manifestações patológicas mesmo prejudiciais para a edificação são comuns principalmente em processos produtivos artesanais e sem procedimentos claramente definidos.

As manifestações patológicas apresentaram-se de diversas formas, como erros de projetos, deficiências nas medidas de agregados e na preparação de concreto. Dentre os erros na fabricação destacam-se: erros de montagens, bolhas superficiais, adensamento inadequado (nichos de concretagem), manchas, choques ou quebras, fissuras e trincas.

Por esse motivo este trabalho buscou verificar as principais manifestações patológicas presentes nas peças das indústrias de pré-fabricados em concreto que podem influenciar em sua qualidade, reconhecendo a influência do processo produtivo na geração delas. Além disso, o presente artigo se propõe a apresentar sugestões de melhorias no processo, mediante caracterização do processo de produção das peças pré-fabricadas de concretos armados verificados.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Contexto Histórico

A construção civil, em todo o mundo, encontra-se em um período claramente dedicado à busca e implementação de estratégias de modernização do setor, em que a industrialização da construção tem um papel fundamental (PAULA, 2007). Segundo a ABNT NBR 9062/1985, os elementos pré-moldados são peças executadas industrialmente, mesmo em instalações temporárias em canteiros de obras, sob condições rigorosas de controle de qualidade.

Pederiva (2009) comenta que a racionalização obtida com o uso de pré-fabricados permite que os materiais disponíveis para a execução do empreendimento sejam mais bem aproveitados sem a necessidade de demandar profundas alterações tecnológicas. O mesmo autor afirma que tais elementos apresentam uma opção viável para racionalizar os processos de produção. Elas apresentam características significativas como rapidez de execução, controle de qualidade, projetos de modulação e relativo nível organizacional de produção.

Para Pederiva (2009), tais elementos representam uma opção válida para racionalizar o processo de produção. Essas peças apresentam algumas características significativas, são elas: rapidez de execução, controle de qualidade, projeto de modulação e relativo nível organizacional de produção.

De acordo com El Debs (2017) e a NBR 9062 (2017), as estruturas pré-fabricadas são peças estruturais submetidas a um rigoroso controle de qualidade em seu processo, sendo necessário seguir as peculiaridades de cada projeto, bem como os procedimentos de confecção da armadura, traço do concreto, estocagem de peças, transporte e montagem.

2.2 Sustentabilidade Aplicada em Pré-fabricados

Segundo La Serna (2011) a mineração de agregados para a construção civil é considerada como um beneficiamento simples, no entanto, gera impactos ambientais significativos como poluição sonora e do ar.

Wellenkamp (2004) considera que prevenir a produção de resíduos na fonte é a primeira solução mais eficaz, e a reciclagem seria uma ação adequada para reduzir a quantidade de resíduos descartados. O agregado reciclado gerado através a reciclagem de resíduos da construção civil, em comparação ao natural, apresenta menores custos de energia e de transporte pela possibilidade de serem produzidos nos locais de consumo.

Os restos de concreto são reduzidos a pó e depois reintegrados no processo de fabricação dos pré-fabricados, funcionando assim como um sistema de produção fechado, onde todo o material gasto é processado e utilizado novamente. A reciclagem dos resíduos ainda necessita do desenvolvimento de métodos e equipamentos que possam aumentar a eficiência nas usinas, para que estas viabilizem um uso mais nobre dos RCD e, além disso, possibilita uma padronização de oferta de agregado reciclado para o mercado (CAPELLO, 2006).

Segundo Couto e Couto (2007), em Portugal, existem iniciativas de alguns fabricantes de pré-fabricados de concreto em ajustar seu processo produtivo, tendo em vista minimizar os impactos ambientais.

2.3 Vantagens e Desvantagens do Sistema de Pré-fabricados

As peças de concreto pré-fabricados impulsionaram a qualidade nos canteiros de obras no Brasil e no mundo, por conta de seu processo industrializado que permite maior controle em sua execução, permitindo o uso de materiais de alta qualidade, fornecedores selecionados e mão de obra qualificada, gerando obras mais seguras e organizadas (SERRA et al., 2005).

Van Acker (2002) e El Debs (2017) também citam alguns benefícios quando a produção dos elementos é realizada industrialmente onde o uso de materiais é otimizado, diminuindo o desperdício, pois se tem trabalhadores técnicos e experientes, garantindo maior controle de qualidade das peças, pois permite a inspeção de cada etapa, garantindo agilidade no tempo de construção.

Na literatura, há diversos trabalhos que comprovam a rapidez da construção estrutural de obras pré-fabricadas quando comparadas com a produção *in loco*. Sousa e Camarço (2019) descrevem que o tempo de execução estrutural de uma obra pré-fabricada foi a metade do tempo de uma moldada *in loco*.

Devido à exigência na redução dos prazos e custos das obras de engenharia civil, a procura por maior qualidade nas edificações e melhores condições de trabalho, os sistemas de pré-fabricados têm sido cada vez mais incentivados (BATAGLIN, 2017).

Pinto (2016) ressalta essa agilidade em seu trabalho, concluindo que o principal destaque do sistema de concreto pré-fabricado é a velocidade de execução. El Debs (2017) ainda cita as principais desvantagens desse sistema, como alto custo em um curto período para transporte e montagem das peças pré-fabricadas, com necessidade de mão de obra qualificada e especializada em todos os processos, desde o setor de projetos até a montagem, diminuindo a

quantidade de empregos, Além de ser necessário de sempre ter uma demanda mínima para que não pare a produção.

Quando todo o processo de fabricação é levado em conta, pode ser considerado complexo, já que há separação entre a fabricação e montagem, além de que a empresa trabalha com várias obras ao mesmo tempo. Esses processos podem ocasionar algumas complicações, como grande estoque de peças e atrasos de entrega das obras (BULHÕES; PICCHI, 2013).

Portanto, a fabricação deve estar conforme as especificações que são estabelecidas em projeto, pois toda falha gera diminuição na qualidade. Por esse motivo, a execução deve estar de acordo com o determinado na etapa anterior à fabricação (projeto), ou seja, obedecer às particularidades de cada elemento para que não haja necessidade de retrabalho (TOLEDO et al., 2013).

2.4 Patologias e Manifestações Patológicas

Cánovas (1988), definiu a patologia como a parte da engenharia que estuda os mecanismos, os sintomas, as causas e as origens dos defeitos das obras. Em algumas situações, pode-se diagnosticar as falhas apenas com uma inspeção visual, porém em outras situações é necessário verificar projetos, investigar as cargas a que foi submetida a estrutura, analisar detalhadamente a forma como foi executada a obra, além de como as anomalias reagem diante de determinados estímulos ou ensaios. Assim, torna-se possível a identificação da causa desses problemas, corrigindo-os para não se manifestarem novamente

Dentre as patologias encontram-se as falhas e anomalias, caracterizadas pela norma de inspeção predial, NBR 16747 (ABNT, 2020) como a perda de desempenho de um elemento e/ou subsistema e sistema construtivo, sendo as falhas em decorrência de uso, operação e manutenção. Portanto, são extremamente danosas a edificação tanto em aspecto estrutural como também em sua aparência.

Apesar da construção civil estar em evolução constante, o desenvolvimento das novas técnicas construtivas ainda é apontado como um desafio a ser enfrentado em relação as manifestações patológicas. Estes podem comprometer o desempenho e reduzir a vida útil dos elementos expostos a tais efeitos (SCRIVENER, 2014).

Verçozza (1991), por sua vez, elenca as falhas em alguns aspectos: de planejamento, que está ligada à fase projetual de especificação, da manutenção; e de execução, quando é feito de maneira inadequada.

2.5 Identificação de Falhas durante o Processo de Fabricação

2.5.1 Falha de Projeto

Pinto (2016) comenta que os produtos pré-fabricados são vantajosos, principalmente, por causa do seu controle de qualidade em sua produção. Porém, para que isso seja possível, é necessário que haja um sistema de controle e planejamento mais aprimorado na indústria, devido às quantidades de etapas do processo que são realizadas no canteiro de obras.

De acordo com Van Acker (2002), é dever dos projetistas levarem em consideração cada detalhe do projeto pré-fabricado, como suas restrições, vantagens e rotinas, antes de iniciar a produção. Além disso, é interessante que essas informações do projeto e produção sejam acessíveis a todos envolvidos, desde o cliente até o engenheiro responsável pela obra, para que a comunicação entre a equipe seja a mais eficaz possível.

Segundo Helene (1992), várias são as falhas que podem ocorrer durante o projeto, podendo ser mesmo na fase de concepção da estrutura, no estudo preliminar, na execução do anteprojeto ou durante a elaboração do projeto de execução, podendo destacar as seguintes causas: elementos de projetos inadequados, falta de compatibilização entre a estrutura e a

arquitetura e demais projetos, especificação inadequada de materiais, detalhamento insuficiente ou errado, falta de padrão de representações e erros de dimensionamento.

2.5.2 Falhas Humanas

A montagem deve ser feita corretamente, de maneira a conferir travamento para que no momento ou após o recebimento do concreto, as formas não mudem de formato devido à pressão que irão sofrer do mesmo, caso contrário poderá ocorrer mudanças pequenas na geometria de vigas, pilares, lajes e qualquer outro elemento estrutural, originando problemas patológicos e elevando o custo da obra (TAKATA, 2009).

2.5.3 Falhas Químicas

Segundo Marcelli (2007), apesar da importância mostrada com relação à vibração do concreto, deve-se saber que um excesso de vibração pode ser pior do que a falta de vibração, pois pode provocar uma segregação dos agregados e afloramento superficial da água na hidratação do cimento.

Ainda segundo o autor, o procedimento da cura do concreto muitas vezes não é realizado com a seriedade que deveria e não recebe a devida importância e cuidados necessários, principalmente em obras de pequeno e médio porte.

O emprego do concreto pouco coeso, com excesso de agregado graúdo ou ainda de teste de abatimento muito alto pode acarretar o aparecimento das bicheiras em consequência da sua dosagem inadequada (FIGUEROLA, 2006).

2.6.1 Manifestações Patológicas

De acordo com Moreira (2009), as manifestações patológicas levam um acréscimo de custos na produção, pois quando se constata a sua existência, é uma prática comum a correção delas, até mesmo para aumentar a durabilidade e a qualidade do produto. Com isso, há gastos com materiais e mão de obra para o procedimento de reparo, o que encarece o custo final da peça produzida.

Para Souza e Murta (2012), as manifestações patológicas podem ocorrer principalmente devido à deficiência nas armaduras, às formas e escoramentos, utilização errônea e à interpretação do projeto. No caso dos pré-fabricados, essa situação deve ser identificada para ser corrigida nas próximas fabricações.

2.6.2 Fissuras

Segundo Corsini (2016), as fissuras são um tipo comum de manifestação patológica nas edificações e podem interferir na estética, na durabilidade e nas características estruturais da obra. Tanto em alvenarias quanto nas estruturas de concreto, a fissura é originada por conta da atuação de tensões nos materiais.

O termo fissuras, de forma geral, se trata de um termo técnico generalizado. Algumas normas e alguns peritos classificam as fissuras com diferentes nomes, conforme a sua espessura. Segundo a norma de impermeabilização (NBR 9575, 2010), as microfissuras têm abertura inferior a 0,05 mm. As aberturas com até 0,5 mm são chamadas de fissuras e, por fim, as maiores de 0,5 mm e menores de 1,0 mm são chamadas de trincas.

Fissuras normalmente são caracterizadas por serem estreitas, alongadas e superficiais. Não acarretam problemas estruturais pelo motivo de se localizarem apenas na superfície da estrutura, gerando assim apenas um dano estético. Contudo, vale ressaltar que as trincas e rachaduras, que são estados agravantes, desenvolvem-se a partir de uma fissura (LOTTERMANN, 2013).

Fissura é a manifestação patológica mais encontrada nas edificações devido ao mau processo de execução dentre outros fatores causadores associada à construção civil. Elas estão presente em diversas áreas da construção como parede, piso, laje e no sistema estrutural que é a mais perigosa. Essas manifestações associadas às fissuras como trincas e rachaduras, tem que ser tratada por técnicos que identifiquem o problema e corrija-la de maneira eficaz e segura SILVA e CABRAL (2014).

As juntas de concretagem em peças pequenas devem ser evitadas pois não se consegue um tratamento eficaz e a seção se torna frágil e susceptível à formação de fissuras. Segundo os autores Mehta e Monteiro (2014), em uma estrutura que necessita de junta fria de concreto, a zona de transição representa apresenta a região interfacial entre as partículas de agregado graúdo e a pasta.

As fissuras na laje são manifestações patológicas muito desagradáveis, nem sempre ela expõe um risco aos usuários, porém, esteticamente ela é desconfortável e propõe um ambiente com a sensação de insegurança. Se tratando de uma laje as fissuras têm essa característica, o processo que mais causa essas manifestações patológicas é falta hidratação do concreto durante a cura ocasionando retração no concreto (REIS et al. 2017).

2.5.6 Quebras

As quebras podem ser originárias de choques mecânicos provocados pelo transporte incorreto das peças, além disso, de acordo com Moreira (2009), também podem ter origem a partir da má desmoldagem, o que pode ocorrer pelo uso do desmoldante inadequado para o tipo de forma, fazendo com que pontos específicos da peça quebre. Ainda segundo o autor, as quebras poderão ser originadas pela desmoldagem prematura quando o concreto ainda não possui resistência ao manuseio.

A norma NBR 9062 (ABNT, 2017) recomenda que os elementos pré-fabricados devem ser suspensos e movimentados através de máquinas, equipamentos e acessórios apropriados, para que sejam evitados choques e movimentos desordenados de forma que isso não afete a peça. O armazenamento deve ser efetuado sobre dispositivos que possam dar apoio as peças e que elas sejam colocadas sobre um terreno plano e firme, além disso as pilhas podem ser formadas utilizando o mesmo critério.

2.5.7 Bolhas

Para Fortes et al. (2004), o aparecimento das bolhas no concreto pré-fabricado é consequência do tipo de desmoldante utilizado nas formas. Segundo Marcelli (2007), apesar da importância mostrada com relação à vibração do concreto, deve-se saber que um excesso de vibração pode ser pior do que a falta de vibração, pois pode provocar uma segregação dos agregados e afloramento superficial da água de hidratação do cimento.

De acordo com Moreira (2009), a utilização de óleos e graxas residuais para a desmoldagem do concreto leva a retenção de água superficial, dando origem a bolhas e vazios depois do concreto endurecido, ou seja, eles permitem a adesão das bolhas ao desmoldante. O ideal é que a bolha atinja a superfície e possa escapar. Essa oportunidade ocorre quando as misturas não são muito coesas. As bolhas são caminho para a penetração da umidade, água e gases para o interior do concreto até a armadura, comprometendo a estrutura com o tempo.

2.5.8 Adensamentos

De acordo com Santos (2014, p. 49), os adensamentos (ninhos de concretagem) são vazios deixados na massa de concreto, devido à dificuldade de penetração do mesmo nas formas durante o processo de lançamento e adensamento.

Ainda segundo Santos (2014), os ninhos de concretagem podem ter diversas origens como a baixa trabalhabilidade do concreto por causa de um possível baixo fator água/cimento, devido à alta densidade das armaduras ou até mesmo a um agregado de um diâmetro grande, além disso, pode ocorrer devido a uma insuficiência no transporte, no lançamento e no adensamento do concreto.

Para Figuerola (2006) as principais causas do problema são as falhas no processo de concretagem da estrutura, por exemplo, no lançamento e adensamento do concreto. Algumas vezes, no entanto, a manifestação patológica pode ser causada por erro no detalhamento da armadura, podendo causar o congestionamento de ferragens retém a brita e deixa passar apenas a argamassa, formando bicheira na parte superior do elemento estrutural. O nicho também pode ser originado pela utilização de agregados graúdos em locais onde o espaçamento da armadura é insuficiente.

El Debs (2000) destaca que o adensamento na concretagem de peças pré-moldadas, é uma atividade de grande importância, uma vez que irá influenciar diretamente na qualidade da peça e na produtividade do processo.

As características físicas dos agregados influenciam significativamente a qualidade e as características tanto do concreto fresco quanto do concreto endurecido. A resistência a compressão, a porosidade, a resistência, a abrasão e a trabalhabilidade são influenciadas diretamente pelo agregado. Para alcançar a trabalhabilidade adequada é necessário dimensionar pelo tamanho máximo do agregado, sua textura e sua forma (NEVILLE, 20015).

Buscando uma resistência e uma consistência adequada, existe uma distribuição granulométrica ótima, ou seja, uma combinação de agregado miúdo com agregado graúdo que minimiza a quantidade de pasta de cimento utilizada. Um concreto coerente será tanto mais econômico quanto maior a dimensão máxima característica do agregado graúdo e quanto menor o seu abatimento (TUTIKIAN e HELENE, 2005).

Lodi (2006), afirma que a forma das partículas, a sua textura superficial e a granulometria influenciam diretamente nas propriedades do concreto no seu estado fresco, sobretudo no consumo da pasta de cimento, na proporção de que quanto mais alongada, angulosa e áspera forem as partículas, maior será o consumo.

2.5.9 Manchas

Segundo Téchné (2011), as manchas mais comuns no concreto são as oriundas dos processos de hidratação do cimento e carbonatação do concreto, e se caracterizam por apresentarem coloração diferente da cor padrão do concreto aplicado. Há diversas causas básicas para o seu aparecimento, a mais comum e mais grave, ocorre em decorrência da pega diferenciada do concreto, ocorrida por um atraso no processo de concretagem.

De acordo com Santos (2014), às manchas nas superfícies de concreto prejudicam a estética visual, alterando a sua textura e uniformidade de coloração e isso pode causar problemas patológicos mais sérios. Para que seja possível amenizar essas manifestações, é necessário que haja um treinamento específico para os funcionários para que saibam utilizar o traço correto do concreto, além disso, a empresa deve adotar a utilização do desmoldante devido para utilização do processo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo de caso do presente trabalho aconteceu na cidade de Vera no Norte do Mato Grosso, que possui uma área territorial de 2.962,687 km² e situa-se a 458 km da capital do Estado, conforme sítio eletrônico municipal, em uma indústria de peças pré-fabricadas de concreto armado.

A indústria tem suas atividades desenvolvidas na cidade a mais de 2 anos. Apesar de curto o tempo, a empresa já tem diversas obras, como de pequeno, médio e grande porte, executadas na cidade a partir de suas peças, pré-fabricadas. A empresa que atende Vera e região, oferece serviços de construção em geral, balanças rodoviárias, peças para barracões, palanques, vigotas, lajes e postes.

O método utilizado para identificação das manifestações patológicas na indústria em questão, foi o visual. No mesmo momento foi realizada a verificação do processo produtivo realizado na empresa. Os dados foram coletados através de um trabalho de campo onde foram obtidos fundamentalmente por observação pessoal, e fundamentado com ilustrações fotográficas, que serão apresentadas a seguir.

A coleta de dados foi desenvolvida através de visita à empresa acima citada, durante o mês de outubro de 2022, posteriormente foi realizado o arquivamento e análise dos registros fotográficos para a seleção das fotos com as principais patologias encontradas nas peças analisadas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Análise de Dados

Foram observadas diversas manifestações patológicas, onde as mais comuns foram: bolhas superficiais, manchas, quebras, fissuras e trincas, além de falhas de acabamento e adensamento.

4.1.1 Bolhas superficiais

O aparecimento desta manifestação patológica pode ocorrer de acordo com o tipo de desmoldante utilizado, fôrma e vibração insuficientes. Indústrias que utilizam agentes desmoldantes baseados em óleo mineral, podem até causar bolhas de ar na superfície. Sobre vibrações, a empresa em estudo usa vibradores agulha.

Normalmente, as estruturas de concreto apresentam bolhas em sua superfície, advindas de diversos fatores. Evidentemente, estas manifestações são mais perceptíveis em peças pré-moldadas, que constantemente ficam expostas, prejudicando inclusive sua estética.

Durante a inspeção, observou-se que a vibração não foi implementada corretamente; o vibrador agulha utilizado para adensar peças grandes era o mesmo utilizado nas peças menores, desse modo nos elementos de menores dimensões além de a vibração ocorrer de modo excessivo, ela era executada próxima das faces das formas o que pode ter contribuído para a ocorrência das bolhas, conforme ilustrado na figura 1.

Figura 1: Peça com bolhas



Fonte: Própria (2022)

Uma das formas de minimizar a ocorrência destas bolhas seria não utilizar desmoldantes à base de óleos minerais, pois como já citado, é prejudicial à peça. O correto, nesta ocasião, seria concretar as peças com concreto autoadensável (CAA). Em relação as vibrações, o recomendado é ter cautela para não vibrar excessivamente o concreto nas proximidades das faces, utilizando vibradores compatíveis com as dimensões das peças a serem concretadas.

4.1.2 Manchas

As manifestações patológicas relacionadas a manchas, visualizadas na Figura 2 estão diretamente relacionadas à limpeza das fôrmas, ao método de aplicação do desmoldante nas fôrmas e também à mistura do concreto. Antes de cada concretagem é importante realizar uma limpeza geral nas fôrmas para remoção de óleos, graxas e resquícios de concreto remanescentes das concretagens anteriores.

Figura 2: Peças com manchas.



Fonte: Própria (2022)

Os desmoldantes de baixa qualidade podem deixar marcas no concreto, manchas que mesmo que maquiadas com argamassa, aparecem nas faces das peças com o passar do tempo. Esse tipo de desmoldante geralmente é banha de animal, óleos e graxas, sendo caracterizados por serem produtos poucos solúveis em água, e quando expostos a chuvas, podem ser levados e por consequência causam manchas na superfície das peças (MILANI, BOESING, PHILIPPSEN & MIOTTI, 2012).

4.1.3 Quebras

As quebras observadas nas peças da empresa em estudo decorreram do movimento interno dos fragmentos durante o armazenamento. Na empresa, o envio das peças para as obras é feito por caminhões, portanto a ocorrência de choque mecânico é maior, fazendo com que as peças lasquem e/ou quebrem (figura 3).

Figura 3: Peça com quebra



Fonte: Própria (2022)

Uma medida para minimizar as quebras seria realizar o transporte das peças por meio de pontes rolantes, conforme é notificado pela norma NBR 9062 (ABNT, 2017) onde é recomendado que os elementos pré-fabricados sejam suspensos e movimentados através de máquinas, equipamentos e acessórios apropriados, para que seja evitado choques e movimentos desordenados de forma que isso não afete a peça.

O armazenamento das peças deve ser efetuado sobre dispositivos que possam dar apoio às peças e que elas sejam colocadas sobre um terreno plano e firme, além disso as pilhas podem ser formadas utilizando o mesmo critério e proteger as extremidades das peças durante a movimentação (figura 4).

Figura 4: Peças mal armazenadas



Fonte: Própria (2022)

4.1.4 Fissuras e Trincas

A origem das trincas e fissuras pode estar relacionada ao tipo de cimento utilizado pela empresa, bem como ao processo de cura dos componentes do concreto (figura 5). Conforme observado durante a visita, a empresa não está curando as peças apropriadamente; durante a decapagem e armazenamento, os elementos de concreto geralmente permanecem na fôrma por

um dia e ficam expostos à luz solar direta, o que pode contribuir para o aparecimento de rachaduras ao serem arrancados.

De acordo com Neville e Brooks (2013), a cura do concreto é conhecida como o conjunto de medidas que tem por finalidade evitar a evaporação prematura da água necessária para a hidratação do cimento, que é responsável pela pega e endurecimento do concreto. O objetivo da cura é manter o concreto saturado, ou o mais próximo possível dessa condição até que os espaços inicialmente ocupados pela água sejam ocupados pelos produtos da hidratação do aglomerante, neste caso o cimento.

A cura do concreto deve ser iniciada imediatamente após o endurecimento superficial. A água é parte integrante do processo de pega e endurecimento, conseqüentemente não poderá ser perdida sob pena de deixar vazios e criar esforços de retração hidráulica. Desta forma, quando uma mistura corretamente dosada é seguida de cura úmida, durante os primeiros estágios de endurecimento serão conferidos ao concreto as melhores condições para se tornar um material de baixa permeabilidade, de baixa absorção de água, de alta resistência à carbonatação e à difusão de íons, e com resistência mecânica e durabilidade adequada (FERNANDES; BITTENCOURT & HELENE, 2008).

Figura 5: Peça com fissuras



Fonte: Própria (2022)

De acordo com o que foi exposto, para que seja possível amenizar esses problemas, a norma NBR 9062 (ABNT, 2017) especifica que a proteção contra a secagem prematura deve ser feita mantendo-se umedecida a superfície ou protegendo-a com uma película impermeável, que não contenha parafina ou assemelhados, pelo tempo necessário à hidratação adequada, levando em conta a natureza do cimento.

4.1.5 Falhas de acabamento e adensamento

As peças que apresentaram falhas de acabamentos possuem grandes dimensões, e, pelo sistema de fôrmas adotadas, a concretagem é realizada de modo que contribui para a segregação de seus elementos constituintes, assim como a não quantificação correta de agregados (figuras 6). Além disso, a vibração do concreto é realizada por vibradores tipo agulha; as fôrmas não possuem janelas de concretagem, e o vibrador não tem capacidade de vibrar as camadas inferiores. Em relação as falhas de acabamento observados nas superfícies lisas superiores, recomenda-se a passagem da régua quando a peça ainda está moldável, evitando retrabalhos.

Figura 6: Peça com falha no adensamento



Fonte: Própria (2022)

Se tratando de falhas no adensamento, algumas das medidas para reprimir o adensamento é a utilização de vibrador adequado às dimensões da peça, sem vibração excessiva; utilização de um concreto autoadensável; controle maior na dosagem do concreto e no detalhamento da armadura. Altas concentrações de aço, lançamento do concreto em alturas superiores a 2 m, e de concreto muito fluido, sem coesão, com excesso de agregado graúdo causam essa patologia.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Notavelmente, o uso de elementos pré-fabricados na construção civil visa economizar recursos naturais e aumentar a velocidade da construção. Assim, os elementos pré-fabricados tornam-se uma nova possibilidade construtiva.

Os materiais pré-fabricados possuem uma ampla gama de aplicações e são utilizados de diversas formas, desde elementos de vigas até a utilização de elementos de fundação como estacas pré-fabricadas.

Outra grande versatilidade diz respeito às possibilidades de uso associadas ao processo de protensão, visando ampliar as capacidades de desempenho dos elementos em uso. E também de projeto com elementos recicláveis, para peças sustentáveis.

Portanto, além de demonstrar a necessidade de ampla discussão sobre os aspectos projetuais da pré-fabricação, os fundamentos da pesquisa em pré-fabricação tornam-se relevantes para ampliar o conhecimento sobre esse método de construção.

Por isso torna-se cada vez mais importante divulgar o potencial do uso atual do concreto armado pré-moldado, pois ele fornece diversas oportunidades arquitetônicas e inúmeras outras vantagens, se executado de acordo com as normas, com bons materiais e mão de obra qualificada, pode criar-se peças impecáveis e evitar diversas patologias.

Observou-se na empresa a incidência de patologias, como mal adensamento, bolhas, manchas e fissuras, tal fato está correlacionado ao processo produtivo, além das quebras por falha no armazenamento ou deslocamento, quando executado com controle menos rigoroso das etapas ou metodologias, materiais e mão de obra menos especializada, estas manifestações dependendo o grau podem causar prejuízos, por diminuir a qualidade das peças.

Destaca-se a existência de patologias em peças produzidas através deste processo produtivo, encontradas tanto nos estoques como nas edificações, pois dentre as falhas, muitas

podem estar visíveis como as fissuras, bolhas e manchas, por isso a necessidade de controlá-las desde a produção, evitando gastos desnecessários para retoques.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado: NBR 9062**. Rio de Janeiro – RJ: ABNT, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (2020). NBR 16747 - **Inspeção Predial – diretrizes, conceitos, terminologia e procedimento**. Rio de Janeiro.

BULHÕES, I. R.; PICCHI, F. A. Redução do tamanho do lote em projetos como estratégia de implementação do fluxo contínuo em sistemas pré-fabricados. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 13, p. 161-175, set. 2013.

BATAGLIN, F. S. **Modelo para gestão dos processos logísticos em obras de sistemas pré-fabricados**, 2017.

CORSINI, R. **Trincas ou fissuras, como se originam e quais os tipos**. Disponível em: <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil> Acesso em: 10 de outubro 2022.

CÁNOVAS Manoel Fernández. **Patologia e terapia do concreto armado**. Tradução de Maria Celeste Marcondes, Carlos W. F. dos Santos, Beatriz Cannabrava. São Paulo: Pini, 1988.

CAPELLO, G in THÉCHNE. **Reciclagem: uso de resíduos da construção**. *Revista Téchne: a revista do engenheiro civil*. São Paulo: Editora Pini, v.112, p. 32-35, jul. 2006.

COUTO, A. M.; COUTO, J. P. **Os benefícios ambientais e a racionalização do efeito de aprendizagem na Indústria de pré-fabricação**. Congresso Construção, Coimbra, Portugal, 2007.

EL DEBS, M. K. **Concreto pré-moldado: fundamentos e aplicações**. 2. ed. São Paulo, 2017.

EL DEBS, Mounir **Khalil Concreto Pré-moldado: Fundamentos e aplicações**. 441p. São Carlos: EESC-USP, 2000.

FIGUEROLA, Valentina. **Vazios de Concretagem**. *Revista Techne* 109 – abril, 2006.

FORTES, A. S; PADARATZ, I. J. **Patologia em estruturas pré-fabricadas de concreto em Florianópolis**. Anais do 46º IBRACON. Florianópolis, 2004.

HELENE, Paulo R. L. **Manual para Reparo, reforço e Proteção de Estruturas de Concreto**. 2ª ed. São Paulo, 1992.

LA SERNA, H. A. **Agregados para construção civil 2010**. Disponível em: <https://sistemas.dnpm.gov.br/publicacao/mostraimagem.asp?IDBancoArquivoArquivo=5451> acesso em: 18 de outubro de 2011.

LODI, Vitor Hugo. **Viabilidade técnica e econômica do uso de areia de britagem em concretos de cimento Portland na região de Chapecó-SC**, 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2006.

LOTTERMANN, A. F. **Manifestações patológicas em estruturas de concreto: estudo de caso**. Monografia. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2013

MOREIRA, Kirke Andrew Wrubel. **Estudo das manifestações patológicas na produção de pré-fabricados de concreto. 2009**. 130f. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2009. Disponível em: http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select_action=&co_obra=184759. Acesso em: 20 de outubro 2022.

MEHTA, P. K.; Monteiro, P. J. **Concreto: microestrutura, propriedades e materiais**. 2ª edição Brasileira. 4ª Edição em inglês. São Paulo. Brasil, 2014.

MARCELLI, M. **Sinistros na construção civil: causas e soluções para danos e prejuízos em obras**. São Paulo: Pini, 2007.

NEVILLE, Adam M. **Propriedades do Concreto**. São Paulo: Editora Pini, 5ª Edição, 2015.

NETO. CAMPOS, Tiago F. **Efeitos da temperatura do concreto fresco na sua trabalhabilidade**. (Dissertação Mestrado Engenharia Civil) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015

SINPROCIM - **Sindicato da Indústria de Produtos de Cimento do Estado de São Paulo**. Disponível em: , Acesso em: 18 de outubro 2022.

PINTO, J. C. C. C. **Análise comparativa da execução de obra de edificação utilizando estrutura de concreto pré-fabricada. 2016**. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação do Curso Superior de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

PAULA, G. F. **Interação entre painéis pré-moldados de concreto e a estrutura principal por meio de modelos numéricos em elementos finitos**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, 2007.

PEDERIVA, Paulo F.. **Comparação de Custos Envolvidos na Construção de Pavilhões com Estruturas Pré-Moldadas e Moldadas in loco**. Monografia. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. 2009. Ijuí/RS.

REIS, M. C.; **Identificação de patologias em uma edificação no município de Passos-MG**, 2017.

SANTOS, Camila Freitas dos. **Patologia de estruturas de concreto armado**. 2014. 91f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria – Rio Grande do Sul, 2014. Disponível em: http://coral.ufsm.br/engcivil/images/PDF/2_2014/TCC_CAMILA%20FREITAS%20DOS%20SANTOS.pdf. Acesso em: 18 de outubro 2022.

SCRIVENER, K. L. (2004). **Options for the future of cement**. The Indian Concrete Journal. p.11-21. <https://pt.scribd.com/document/464889739/Options-for-thefuture-of-cement>.

SERRA, S. M. B. et al. **Evolução dos Pré-fabricados de Concreto. Núcleo de Estudos e Tecnologia em Pré-moldados (NET-PRÉ)**, Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de São Carlos, 2005.

SOUSA, G. J. V.; CAMARÇO, K. C. M. **Estudo comparativo entre estruturas de concreto pré-fabricados com estruturas moldadas in loco. 2019**. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação do Curso Superior de Engenharia Civil, Universidade Evangélica de Goiás, Anápolis, 2019.

SOUZA, Marilsa Inês; MURTA, Mirna Moreira. **Patologias, recuperação e reforço estrutural em concreto armado. 2012. 41 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Instituto Doctum de Educação e Tecnologia, Caratinga, 2012**. Disponível em: <https://dspace.doctum.edu.br/handle/123456789/1190>. Acesso em: 29 de outubro 2022.

SINPROCIM – **PROGRAMA SETORIAL DA QUALIDADE - Setor de Produtos Préfabricados. Bahia, 2003**. Disponível em: 134 , Acesso em: 18 de outubro 2022.

SILVA, Luiza Kilvia da; CABRAL, Antonio Eduardo Bezerra. **Levantamento de manifestações patológicas em estruturas de concreto armado no estado do Ceará, 2014**.

TÉCHNE. **Recuperação no chão**. Revista Técnica 171 – junho, 2011. Disponível em: . cesso em: 17 de outubro 2022.

TOLEDO, J. C. et al. **Qualidade: gestão e métodos**. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

TUTIKIAN, B. F.; HELENE, P. **Dosagem dos concretos de cimento Portland**, São Paulo: IBRACON, 2005.

TAKATA, L. T. **Aspectos executivos e a qualidade de estruturas em concreto armado: estudo de caso**. 152 f.. Dissertação (Pós Graduação em Construção Civil) – Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2009.

VAN ACKER, A. **Manual de sistemas pré-fabricados de concreto. Traduzido por Marcelo de Araújo Ferreira**. São Paulo, SP: Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto, 2002.

VERÇOZA, E., J. (1991). **Patologia das edificações**. Porto Alegre: Editora Sagra.

WELLENKAMP, F. J.; CAMPOS, A.R.; HUNDERTMARK, A. **Reciclagem. Tratamento de minérios 4ª edição**. capítulo 17. CETEM. Rio de Janeiro, 2004