

Processo produtivo de painéis arquitetônicos pré-fabricados de concreto

RAFAEL VAZ LEONARDI – Grad. – (rafael.leonardi@mackenzista.com.br)

LIGIA VITORIA REAL – Prof. | ESCOLA DE ENGENHARIA, UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE – UPM

FELIPE CAMARGO – Ger. de Produção

MARCELO CUADRADO MARIN – Dir. de Engenharia | LEONARDI CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA

RESUMO

AINDA HÁ NO BRASIL DESAFIOS AO SE UTILIZAR PAINÉIS PRÉ-FABRICADOS, TAIS COMO CUSTO INICIAL ELEVADO, FALTA DE PROFISSIONAIS QUALIFICADOS E RESISTÊNCIA À ADOÇÃO POR FALTA DE DOMÍNIO DOS PROCESSOS. NORMAS TÉCNICAS, COMO A ABNT NBR 16475 E A ABNT NBR 9062, E O SELO DE EXCELÊNCIA ABCIC ESTABELECEM REQUISITOS DE QUALIDADE E DURABILIDADE PARA ESSES ELEMENTOS PRÉ-FABRICADOS. COM O INTUITO DE DISSEMINAR A TÉCNICA CONSTRUTIVA, ESSE ARTIGO TEVE COMO OBJETIVO APRESENTAR O PROCESSO PRODUTIVO DE PAINÉIS ARQUITETÔNICOS NÃO ESTRUTURAIS PRÉ-FABRICADOS DE CONCRETO, IDENTIFICANDO OS PONTOS DE CONTROLE, A FIM DE GARANTIR A QUALIDADE DAS PEÇAS FABRICADAS. A COLABORAÇÃO ENTRE SETOR PÚBLICO, PRIVADO E INSTITUIÇÕES DE PESQUISA É FUNDAMENTAL PARA AVANÇAR TECNOLOGICAMENTE E TORNAR O CONCRETO PRÉ-MOLDADO MAIS ATRATIVO. A CRESCENTE ADOÇÃO DO SISTEMA IMPULSIONARÁ A INDUSTRIALIZAÇÃO E RACIONALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO, TORNANDO-A MAIS EFICIENTE E PRODUTIVA.

PALAVRAS-CHAVE: PAINÉIS PRÉ-FABRICADOS DE CONCRETO, PROCESSO PRODUTIVO, QUALIDADE.

1. INTRODUÇÃO

Após o final da Segunda Guerra Mundial, ocorreu um grande impulso das aplicações do concreto pré-moldado na Europa, principalmente em habitações, galpões e pontes, devido à necessidade de construção em larga escala, à crescente demanda por habitação (KANAI, 2019).

A primeira grande obra que utilizou elementos pré-fabricados no Brasil foi o Hipódromo da Gávea, no Rio de Janeiro, em 1926, nas fundações e no muro que contorna o perímetro da construção

(DONIAK *et al*, 2011). Entretanto, a preocupação com a industrialização e racionalização da construção nacional teve início no final da década de 1960. Nessa época, em meio a um mercado em expansão, surgiram os primeiros painéis de concreto com apelo arquitetônico (ABCIC, 1980 *apud* SERRA; FERREIRA; PIGOZZO, 2005).

Os painéis pré-fabricados de concreto incorporam as vantagens da industrialização na construção civil, como rapidez no processo construtivo, maior qualidade e uma redução de resíduos. Além disso, podem ser projetados e produzidos de acordo com demandas específicas, sejam elas estruturais ou arquitetônicas, o que contribui para aumentar o valor agregado e aprimorar a estética da obra.

Ainda, o uso de elementos pré-fabricados de concreto é mais eficiente em termos de recursos e energia, colaborando com a redução de resíduos, do tempo dedicado a retrabalhos e das emissões de carbono. Tal eficiência é alcançada pelos recursos disponíveis em instalações fabris definitivas e pela racionalização da construção. Segundo Trindade (2018), as principais causas do desperdício de materiais e da consequente geração de resíduos se deve à escolha da técnica

construtiva, sendo que a pouca industrialização dos sistemas construtivos é uma das principais barreiras da sustentabilidade na construção civil.

Apesar das vantagens, a utilização ainda limitada de elementos pré-fabricados na construção civil brasileira inclui o custo inicial mais elevado em comparação ao método tradicional de assentamento de blocos, a escassez de profissionais qualificados, a necessidade de maior precisão dimensional na estrutura e a falta de conhecimento sobre a técnica (EL DEBS; FERREIRA, 2014).

Com o intuito de disseminar a técnica construtiva, o presente artigo tem como objetivo apresentar o processo produtivo de painéis arquitetônicos não estruturais pré-fabricados de concreto da empresa Leonardi Construção Industrializada, identificando os pontos de controle, a fim de garantir a qualidade das peças fabricadas.

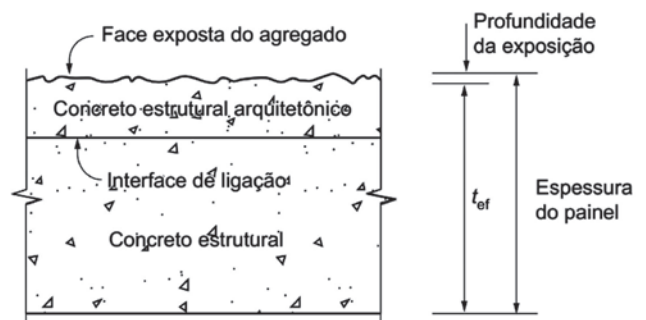


FIGURA 1

ESPESSURA EFETIVA DO PAINEL COM REVESTIMENTO ARQUITETÔNICO

FONTE: NBR 16475 (ABNT, 2017)

TABELA 1

TOLERÂNCIAS DIMENSIONAIS DE PRODUÇÃO DOS PAINÉIS PRÉ-MOLDADOS

Elementos pré-moldados	Seção ou dimensão	Tolerância
Painéis	Comprimento	$L \leq 5 \text{ m}$ $\pm 10 \text{ mm}$
		$5 \text{ m} \leq L < 10 \text{ m}$ $\pm 15 \text{ mm}$
		$L > 10 \text{ m}$ $\pm 20 \text{ mm}$
	Espessura	$- 5 \text{ mm} + 10 \text{ mm}$
	Planicidade	$L \leq 5 \text{ m}$ $\pm 3 \text{ mm}$
		$L > 5 \text{ m}$ $\pm L / 1000 \text{ mm}$
	Distorção	Largura ou altura $\leq 1 \text{ m}$ $\pm 3 \text{ mm}$ cada 30 cm
		Largura ou altura $> 1 \text{ m}$ $\pm 10 \text{ mm}$
		Linearidade $\pm L / 1000 \text{ mm}$

FONTE: NBR 9062 (ABNT, 2017) e NBR 16475 (ABNT, 2017)

2. REQUISITOS TÉCNICOS DOS PAINÉIS PRÉ-FABRICADOS

A norma técnica ABNT NBR 16475 — Painéis de parede de concreto pré-moldado — Requisitos e procedimentos (2017) classifica esses elementos quanto à: seção transversal (maciço, alveolar não estrutural, nervurado, sanduíche sem ligação rígida, parede dupla ou reticulado misto, sem função estrutural); uso (residencial, comercial ou industrial); acabamento (bruto ou arquitetônico); comportamento estrutural (estrutural ou não estrutural). A ABNT NBR 16475 também apresenta prescrições específicas para garantia da durabilidade e requisitos de qualidade, separando os critérios entre produção e projeto.

Em relação aos requisitos de qualidade da estrutura, devem ser consideradas as ações durante as fases de construção e sua vida útil, bem como as condições de agressividade ambiental nas quais a peça

será exposta. Por exemplo, em casos de painéis com revestimento arquitetônico, tais como agregados aparentes, a camada de cobrimento da armadura desconsidera a espessura do acabamento da superfície. Ou seja, deve-se considerar a espessura efetiva (t_{ef}) do painel, tanto no dimensionamento quanto para determinação do cobrimento (Figura 1).

Em relação aos requisitos de qualidade de projeto, cabe salientar que devem ser atendidos os critérios referentes à situação de incêndio conforme prescreve a ABNT NBR 9062 - Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado. Dois pontos fundamentais abordados pelas normas ABNT NBR 16475 (2017) e ABNT NBR 9062 (2017) são os dimensionamentos de apoios, ligações e conectores, bem como as fases transitórias de des-

forma, estoque, transporte e montagem das peças.

Além das normas técnicas brasileiras, há o guia técnico para paredes pré-fabricadas de concreto do *American Concrete Institute (ACI)*, o documento *ACI 533R-11 — Guide for Precast Concrete Wall Panels* (2012), que apresenta prescrições de projeto, tolerâncias executivas e construtivas, materiais componentes, critérios de fabricação e transporte, montagem, ensaios de controle tecnológico e requisitos de qualidade.

De acordo com ACI 533R-11 (ACI, 2012), são consideradas falhas inaceitáveis: defeitos de moldagem, como excesso de bolhas na superfície exposta, marcas indesejadas das formas, armaduras aparentes; manchas de ferrugem ou de ácido; bordas ou juntas irregulares; cor ou textura não uniformes ou diferentes das amostras aprovadas pelos clientes e; fissuras ou reparos visíveis a uma distância igual ou maior a 9 metros após a instalação e acabamento na obra.

Ainda, há o Selo Excelência da Associação Brasileira da Construção Industrializada (ABCI), que apresenta requisitos de qualidade para peças pré-fabricadas. Criado em 2003, o Selo de Excelência é um programa de qualidade, integrando sustentabilidade e segurança. Por ser direcionado e elaborado para a indústria de pré-fabricados, avalia não somente a gestão de qualidade, mas também o efetivo atendimento da ABNT NBR 9062 (2017). É um programa evolutivo, que busca a

**FIGURA 2**

PAINÉIS NÃO ESTRUTURAIS COM ACABAMENTO LISO

FONTE: ACERVO LEONARDI CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA (2023)

**FIGURA 3**

PAINÉIS NÃO ESTRUTURAIS PIGMENTADOS

FONTE: ACERVO LEONARDI CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA (2023)



FIGURA 4

PROTÓTIPOS DE FORMAS DE PAINÉIS LISOS COM APLICAÇÃO DE RESINA

FONTE: ACERVO LEONARDI CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA (2023)

melhoria das empresas, possuindo três níveis a serem alcançados:

- ▶ **Nível I:** atendimento das normas técnicas básicas e ensaios dos principais materiais, controle inicial dos processos da empresa, qualidade do produto e montagem; regulamentação de funcionamento e de funcionários; aspectos de gestão da segurança;
- ▶ **Nível II:** ampliação dos aspectos de gestão da qualidade e registros de controle de processos; atendimento de normas técnicas complementares e ensaios de outros materiais; atendimento

das normas regulamentadoras; avaliação de satisfação do cliente.

- ▶ **Nível III:** aspectos ambientais; monitoramento e medição de resultados.

Tanto o Selo de Excelência ABCIC quanto as normas ABNT NBR 16475 (2017) e ABNT NBR 9062 (2017) apresentam valores específicos de tolerâncias construtivas e de montagem, tais como os apresentados na Tabela 1. Também apresentam requisitos específicos em relação ao aço, ao concreto e seus materiais componentes. Aspectos mais detalhados sobre o controle tecnológico na indústria de concreto pré-fabricado foram apresentados por Mizumoto, Marin e Moreira (2013).

Cabe ressaltar que o controle de qualidade vai além da verificação de projeto e de um controle tecnológico e dimensional efetivo, estendendo-se à qualificação e comprometimento dos envolvidos no processo e na gestão das suas interfaces (DONIAK; GUTSTEIN, 2011).

3. PROCESSO PRODUTIVO DOS PAINÉIS PRÉ-FABRICADOS

Na Leonardi Construção Industrializada, objeto deste estudo de caso, são produzidos painéis não estruturais e arquitetônicos. Ou seja, após a montagem não necessitam de acabamento ou revestimento (ABNT NBR 16475, 2017). Internamente, são denominados como lisos (Figura 2) ou arquitetônicos, quando apresentam relevo, pigmentação ou textura (Figura 3). As peças são produzidas sob demanda, confor-

me projetos específicos. Ainda que sejam elementos não estruturais, são necessários dimensionamento e verificações que considerem os esforços de içamento, transporte, montagem, peso próprio e ação do vento.

Os painéis lisos são produzidos em mesas horizontais de compensado naval, com resina aplicada para obter um acabamento de melhor qualidade (Figura 4). Antes da preparação da forma, inspetores de qualidade verificam a integridade da mesa, identificando pontos danificados que serão instantaneamente reparados por meio da aplicação de massa plástica ou lixas de gramaturas específicas.

No caso de painéis com agregados expostos, uma camada de aditivo retardador de pega é aplicada à forma juntamente com o desmoldante. Dessa forma, no momento do içamento, a camada superficial da pasta de cimento não está solidificada junto ao restante do painel, podendo ser removida na fase de acabamento, revelando os agregados. Painéis arquitetônicos com relevo ou textura são produzidos por meio de um fundo de forma específico, como na Figura 5. A preparação da forma para painéis arquitetônicos, independentemente da solução, é inspecionada junto com a situação da mesa pelo controle de qualidade.

Com a qualidade da mesa em conformidade, são posicionadas divisórias metálicas delimitando as dimensões do painel conforme projeto. A fim de garantir a estanqueidade da forma, aplica-se



FIGURA 5

FUNDO DAS FORMAS DE PAINÉIS COM RELEVO OU TEXTURA

FONTE: ACERVO LEONARDI CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA (2023)



FIGURA 6

POSICIONAMENTO DA ARMAÇÃO E INSERTOS NA FORMA

FONTE: ACERVO LEONARDI CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA (2023)

silicone nas juntas entre a mesa e as divisórias. Após essa etapa, os colaboradores inserem espaçadores na armação, que já foi inspecionada, e posicionam-na na forma, junto aos insertos, conforme especificado no projeto (Figura 6). Com o aval dos inspetores de qualidade, o encarregado do setor solicita concreto à central.

O concreto é despejado do misturador em caçambas sobre trens elétricos, os quais transportam o concreto até a área de alcance da ponte rolante. Enquanto o operador da ponte rolante movimenta o concreto em direção à forma, o trem leva outra caçamba para ser recarregada. O concreto autoadensável é despejado inicialmente em uma das extremidades do painel e este é preenchido até alcançar a extremidade oposta, evitando juntas de concretagem (Figura 7).

O acabamento da superfície superior do painel é realizado por meio de grandes

desempenadeiras, denominadas *floats*, 30 minutos após o lançamento do concreto. Uma vez finalizado o acabamento, placas de isopor são colocadas sobre o painel para garantir a cura adequada e uniformidade de tonalidade do elemento.

Após rece-

ber a aprovação do laboratório próprio da empresa, indicando que os corpos de prova atingiram resistência necessária para o içamento dos painéis, estes são retirados das formas (Figura 8) e submetidos a uma inspeção final pelo controle da qualidade, liberando-os ou não para o estoque (Figura 9) e posterior transporte à obra (Figura 10).

4. GARANTIA DA QUALIDADE DOS PAINÉIS PRÉ-FABRICADOS

Durante a inspeção dos elementos pré-fabricados pelos inspetores de qualidade, são aplicados protocolos rigorosos com o propósito de assegurar a excelência dos produtos. Os procedimentos adotados visam não apenas à garantia da qualidade, mas à manutenção da produtividade com prevenção contra retrabalhos. A Figura 11 ilustra o processo produtivo de pai-



FIGURA 7

APLICAÇÃO DO CONCRETO
AUTOADENSÁVEL

FONTE: ACERVO LEONARDI CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA (2023)

néis, incluindo os momentos de verificações de qualidade.

Todos os elementos produzidos são devidamente identificados através de etiquetas. Os inspetores de qualidade utilizam um software especializado para efetuar a leitura e registro das avaliações, que são realizadas em diferentes etapas: armação, após a armação ser posicionada na forma junto aos insertos, após a concretagem e, quando aplicável, após o acabamento. Em situações particulares, como nos painéis arquitetônicos, os inspetores são



FIGURA 8

IÇAMENTO DE PAINEL COM RELEVO

FONTE: ACERVO LEONARDI CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA (2023)



FIGURA 9

PAINEL ARQUITETÔNICO NO ESTOQUE

FONTE: ACERVO LEONARDI CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA (2023)



FIGURA 10

PAINÉIS LISOS SOBRE CARRETA PRONTOS PARA TRANSPORTE

FONTE: ACERVO LEONARDI CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA (2023)

requeridos para outras verificações, incluindo a verificação do fundo de forma especial. A obtenção da resistência mínima para o içamento dos elementos é crucial para garantir a qualidade estética e prevenir fissuras, sendo essa verificação realizada pelo laboratorista na própria empresa.

O software utilizado disponibiliza as verificações pertinentes a serem realizadas em um elemento quando o código correspondente é lido. Além disso, registra as observações do inspetor, permitindo que inspeções subsequentes sejam informadas sobre quaisquer constatações feitas nas inspeções anteriores. Esse procedimento visa mitigar os erros decorrentes de possíveis omissões.

A verificação realizada pelos inspetores de qualidade nos elementos pré-fabricados tem como objetivo identificar erros de execução e notificar a equipe de produção para que esses erros sejam corrigidos. Caso os inspetores encontrem um erro que não possa ser facilmente corrigido pelos colaboradores do setor, é necessário pre-

encher um relatório de não conformidade. Esse relatório é encaminhado diretamente à equipe de engenharia, que fornecerá um parecer técnico com as instruções para efetuar a correção necessária.

Elementos que apresentam erros de execução inviáveis de serem corrigidos são categorizados como segregados ou refugados. Elementos refugados são os que a não conformidade inviabiliza seu uso. Elementos segregados são os que a não conformidade inviabiliza seu uso original, mas ainda podem ser aproveitados caso sejam incorporados em projetos futuros. Nesse caso, tais elementos são catalogados e direcionados ao estoque de elementos segregados. Caso haja uma obra posterior em que possam ser utilizados, esses elementos são submetidos a uma nova inspeção antes de serem empregados.

5. CONCLUSÕES

O uso de elementos de concreto pré-moldado, incluindo os painéis, na constru-

ção civil oferece vantagens como rapidez, qualidade e padronização do produto acabado, redução de resíduos e menor impacto ambiental e maior previsibilidade de custos. Entretanto, obstáculos como o custo inicial mais elevado, a escassez de profissionais qualificados e a falta de conhecimento limitam a ampla adoção no Brasil.

Investir em capacitação e conscientização é fundamental para superar essas barreiras. A disseminação do conhecimento e a busca por certificações impulsionarão a sustentabilidade e a eficiência no setor. A colaboração entre setor público, privado e instituições de pesquisa é crucial para impulsionar novas tecnologias e tornar o concreto pré-moldado mais utilizado.

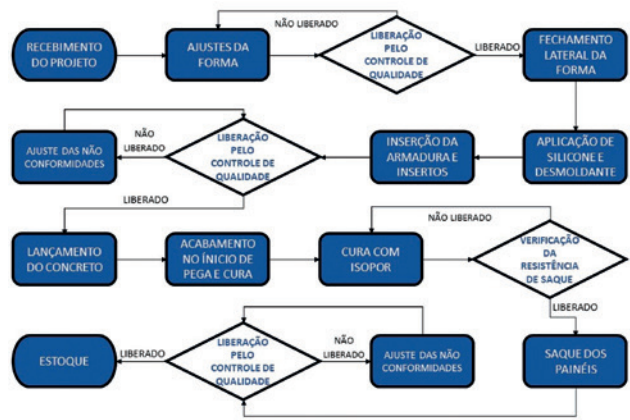
AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a oportunidade cedida pela empresa Leonardi Construção Industrializada em compartilhar sua expertise e processo produtivo. ☺

FIGURA 11

FLUXOGRAMA DA PRODUÇÃO DE PAINÉIS

FONTE: AUTORES (2023)



▶ REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. Guide for precast concrete walls panels, ACI 533R-11. Farmington Hills, 2014.
- [2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16475: Painéis de parede de concreto pré-moldado - requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro, 2017.
- [3] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9062: Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado. Rio de Janeiro, 2017.
- [4] DONIAK, I.L.O.; GUTSTEIN, D. Concreto pré-fabricado. In: ISAIA, G. Concreto Ciência e Tecnologia. 2. ed. São Paulo: IBRACON, 2011. p. 1569-1613.
- [5] EL DEBS, L. de C.; FERREIRA, S.L. Diretrizes para processo de projeto de fachadas com painéis pré-fabricados de concreto em ambiente BIM. Ambiente Construído, Porto Alegre, 2014.
- [6] KANAI, J. Método para fluxo do processo de painéis pré-fabricados baseado em KanBIM. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, 2019.
- [7] MIZUMOTO, C. ; MARIN, M. C. ; MOREIRA, K. A. W. O controle tecnológico na indústria de concreto pré-fabricado. Concreto & Construção, v. 72, p. 50, 2013.
- [8] SERRA, S. M. B.; FERREIRA, M. A.; PIGOZZO, B. N. Evolução dos pré-fabricados de concreto. São Carlos: 1º ENPPPCPM, 2005.
- [9] TRINDADE, E. L. G. Avaliação das barreiras para implementação da sustentabilidade na construção civil. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 2018.