



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
NÚCLEO DE TECNOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

JOÃO CARLOS ALVES DA SILVA FILHO

**CONTROLE TECNOLÓGICO DE CONCRETO: um estudo de caso em torre
residencial de paredes de concreto moldadas “in loco” no município de Caruaru/PE**

Caruaru

2024

JOÃO CARLOS ALVES DA SILVA FILHO

**CONTROLE TECNOLÓGICO DE CONCRETO: um estudo de caso em torre
residencial de paredes de concreto moldadas “in loco” no município de Caruaru/PE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Engenharia Civil do
Campus Agreste da Universidade Federal de
Pernambuco – UFPE, na modalidade de artigo
científico, como requisito parcial para obtenção
do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Construção Civil

Orientador: Prof. Dr. Flávio Eduardo Gomes Diniz

Caruaru

2024

Controle tecnológico de concreto: um estudo de caso em torre residencial de paredes de concreto moldadas “in loco” no município de Caruaru/PE.

Technological control of concrete: a case study in a residential tower building with concrete walls cast “in situ” in the municipality of Caruaru/PE.

João Carlos Alves da Silva Filho¹

RESUMO

O surgimento do sistema construtivo de paredes de concreto armado moldadas no local no Brasil remonta ao final do século XX, quando começou a ser utilizado visando resolver um déficit no número de empreendimentos habitacionais no país. O modelo foi desenvolvido inicialmente em países como Estados Unidos e Canadá e, com o tempo, foi sendo aprimorado e moldado às necessidades e condições específicas do mercado brasileiro, se mostrando uma alternativa aos métodos tradicionais de construção. A qualidade do concreto nesse tipo de empreendimento é de grande importância para obter resultados satisfatórios quanto à durabilidade das estruturas. O controle tecnológico do concreto consiste na realização de uma série de medidas adotadas ao longo do processo de produção do concreto monitorando as resistências e outras propriedades nos estados fresco e endurecido. O presente trabalho teve por objetivo apresentar os resultados do controle tecnológico do concreto em uma torre residencial de 9 pavimentos, localizada no município de Caruaru no estado de Pernambuco, construída no sistema de paredes de concreto armado moldadas “in loco”. Para desenvolver este trabalho foram examinadas as etapas utilizadas para a realização dos procedimentos do controle tecnológico, apresentando características específicas do processo. Para o concreto em seu estado fresco foram comparados os resultados do ensaio de abatimento de tronco de cone obtidos para cada caminhão-betoneira utilizado com os valores especificados em projeto. Já para o concreto em seu estado endurecido foi realizada a análise dos resultados da resistência à compressão do concreto obtidas pelo rompimento dos corpos de prova de cada caminhão-betoneira nas idades e f_{ck} s especificados em projeto. Para o concreto em seu estado fresco apenas um caminhão-betoneira mostrou-se divergente do que foi solicitado e, contudo, ao avaliar os resultados desse concreto no estado endurecido não houve maiores problemas. Para o concreto em seu estado endurecido todo o concreto utilizado na execução do empreendimento apresentou resultados satisfatórios havendo apenas variação em alguns

¹Graduando em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco. E-mail: joao.carlosalves@ufpe.br

casos na idade em que essa validação foi obtida. Por fim, constatou-se que, de acordo com o controle tecnológico do concreto da torre do empreendimento estudado neste trabalho, todo o concreto foi aceito e não houve necessidade de nenhum tipo de intervenção para aprimoramento de resistência.

Palavras-chave: concreto; controle tecnológico; resistência à compressão.

ABSTRACT

The emergence of the reinforced concrete wall construction system molded on-site in Brazil dates back to the late 20th century, when it began to be used to address a deficit in the number of housing developments in the country. This model was initially developed in countries such as the United States and Canada and has since been refined to meet the specific needs and conditions of the Brazilian market, proving to be an alternative to traditional construction methods. The quality of the concrete in this type of project is crucial for achieving satisfactory results regarding the durability of the structures. Technological control of the concrete involves a series of measures taken throughout the concrete production process, monitoring the strength and other properties in both fresh and hardened states. The objective of this thesis was to present the results of the technological control of concrete in a 9-story residential tower located in the municipality of Caruaru in the state of Pernambuco, built using the “in loco” molded reinforced concrete wall system. This study examined the steps involved in implementing the technological control procedures, highlighting specific characteristics of the process. For the fresh concrete, the results of the slump cone test for each concrete truck used were compared with the values specified in the project. For the hardened concrete, the analysis involved the compressive strength results obtained by breaking the test specimens from each concrete mixer truck at the specified ages and f_{ck} values. For the fresh concrete, only one truck showed a divergence from the specified requirements; however, upon evaluating the results of this concrete in its hardened state, there were no significant issues. For the hardened concrete, all the concrete used in the construction project yielded satisfactory results, with only some variations in the ages at which validation was obtained. Finally, it was found that, according to the technological control of the concrete in the tower studied in this work, all the concrete was accepted, and no interventions were necessary to enhance its strength.

Keywords: concrete; technological control; compressive strength.

DATA DE APROVAÇÃO: 22 de outubro de 2024.

1 INTRODUÇÃO

O início da utilização do sistema de paredes de concreto no Brasil data da década de 1970, marcada por um intenso desenvolvimento na construção civil brasileira, testemunhou-se a ascensão das paredes de concreto como uma solução inovadora. Em meio a um cenário de numerosos projetos incentivados pelo governo, essas paredes se destacaram como uma resposta ágil e eficaz à necessidade de conclusão rápida dos empreendimentos (Leite, 2018).

A falta de continuidade na realização de obras nesse padrão, segundo Missureli e Masuda (2009), em grande parte devido às limitações financeiras da época, impediram a consolidação do sistema de paredes de concreto no mercado brasileiro. Por muitos anos esse método construtivo ficou em segundo plano, praticamente não sendo utilizado em projetos de grande porte.

Em meados da década de 2000, visando solucionar a demanda crescente por habitação e a necessidade de construção rápida e econômica geradas pelos constantes incentivos públicos para maiores ofertas de moradias populares, um grupo de profissionais da área de construção civil, em nome de grandes órgãos como a ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland) e ABESC (Associação Brasileira de Serviços de Concretagem), em visitas a parceiros sulamericanos que dominavam o uso do sistema de paredes de concreto armadas no local puderam conhecer e trazer ao Brasil ótimas novas perspectivas para o ressurgimento da utilização desse modelo (Rosário, 2017).

Em 2006, sendo a primeira a utilizar um repaginado sistema de construção de paredes de concreto armado, a empresa Rodobens Negócios Imobiliários passou a construir empreendimentos fazendo uso, em estado inicial, de jogos de fôrmas em material plástico vindo a ser no futuro substituídos pelos de material metálico (Rosário, 2017).

O programa Minha Casa Minha Vida, criado em 2009 pelo Governo Federal, foi um dos maiores incentivadores da utilização do sistema de paredes de concreto no cenário nacional. Desde a sua criação o programa tem como objetivo principal reduzir o déficit habitacional fornecendo moradias acessíveis à população de baixa renda. O sistema se encaixa perfeitamente nas necessidades do programa e vem sendo cada vez mais utilizado, uma vez que reúne características como velocidade de construção, elementos padronizados, construções

sustentáveis de qualidade em grandes quantidades e redução de custos (Braguim, 2013).

O controle tecnológico do concreto corresponde uma das etapas mais importantes para a realização de obras de parede de concreto moldadas no local (Moreira, 2016). Segundo Fortes e Merighi (2004), trata-se da análise do concreto através de ensaios visando analisar, de forma principal, suas resistências e durabilidade sendo possível identificar possíveis não conformidades nas características ótimas do concreto para sua utilização.

A realização do controle tecnológico do concreto permite identificar possíveis problemas que podem afetar a estrutura no que tange a sua resistência, comprometendo de maneira geral a segurança da construção, além de, através dos resultados deste controle, prevenir possíveis patologias que afetam a vida útil do concreto (Moreira, 2016).

O presente trabalho pretende, por meio dos resultados obtidos a partir de ensaios de análise da qualidade do concreto, verificar se o controle tecnológico do concreto utilizado na execução da torre residencial foi devidamente aprovado para o concreto em seus estados fresco e endurecido.

1.1 Sistema construtivo de paredes de concreto moldadas “in loco”

Segundo a NBR 16055 (Paredes de concreto moldadas no local para a construção de edificações – Requisitos e procedimentos 2022, p. 11), pode-se definir paredes de concreto como “o elemento estrutural autoportante, moldado no local, com comprimento maior que cinco vezes sua espessura e capaz de suportar carga no mesmo plano da parede”. Além de sua função estrutural a parede de concreto funciona como elemento de vedação no empreendimento.

O sistema se destaca pela sua alta produtividade, especialmente em projetos de grande escala ou com várias unidades semelhantes, podendo ser tanto em obras horizontais como verticais. Sua eficiência é potencializada pela integração da cadeia produtiva, visando industrializar ao máximo o método construtivo (Braguim, 2013).

Segundo Leite (2018) outro importante ponto positivo na utilização desse modelo de construção no cenário atual é o sucesso na redução do desperdício de materiais e geração de entulho, uma vez que o processo faz uso de reutilização de fôrmas metálicas em diversos projetos, diminuindo consideravelmente a utilização de recursos naturais e otimizando os processos construtivos.

Pode ser visto na Figura 1 um edifício residencial em construção utilizando o sistema de paredes de concreto moldadas no local.

Figura 1 – Sistema construtivo de paredes de concreto moldadas “in loco”



Fonte: Autor (2022)

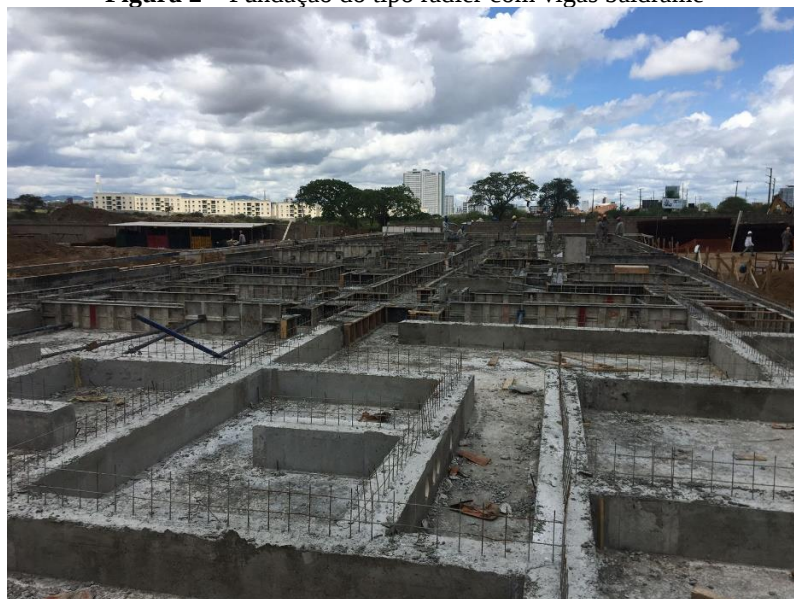
1.2 Elementos e processos

1.2.1 Fundação

Segundo Sousa (2023) para a realização da fundação em sistemas de paredes de concreto deve-se levar em consideração a localização do empreendimento, sendo necessário portanto analisar características relacionadas a clima e relevo da região em questão. De modo geral, pode-se utilizar qualquer tipo de fundação para as obras de paredes de concreto, deve-se contudo avaliar alguns aspectos da relação terreno–estrutura para obter a melhor escolha, como a estabilidade, durabilidade e segurança, além da garantia de uma boa execução visando um ótimo nivelamento da fundação, fator primordial para esse tipo de empreendimento (Oliveira Vieira, Silva , Goliath, 2021).

Em obras de paredes de concreto moldadas “in loco” o tipo mais comum de fundação utilizado é o radier, que segundo Dória (2007) pode ser definida como uma fundação superficial feita de concreto armado ou protendido, responsável por receber todas as cargas da edificação por paredes ou pilares e distribuí-las uniformemente pelo solo. Usualmente a utilização da fundação do tipo radier para a execução de empreendimentos de paredes de concreto é associada a execução de vigas baldrame que demarcam em seu eixo o posicionamento das paredes, como mostrado na Figura 2.

Figura 2 – Fundação do tipo radier com vigas baldrame



Fonte: Autor (2022)

De acordo com Auzier e Galvão (2020), para fundações diferentes de radier nas estruturas de paredes de concreto recomenda-se construir uma laje ou piso na mesma altura do terreno para servir como apoio ao sistema de fôrmas que será utilizado na estrutura, eliminando a necessidade de trabalhar diretamente no terreno não preparado e irregular. É vantajoso que essa laje ou piso tenha suas dimensões ultrapassando a espessura dos painéis das fôrmas externas, garantindo alguns centímetros adicionais conforme calculado no projeto, o que facilitará o apoio das fôrmas externas das paredes.

1.2.2 Sistema de fôrmas

Assim como no sistema convencional de estruturas de concreto armado (execução de vigas, pilares e lajes) são empregadas fôrmas temporárias para conter e moldar o concreto, bem como para instalar as armaduras necessárias e todos os componentes hidráulicos e elétricos, o sistema de paredes de concreto armado funciona de maneira similar (Marques, 2022).

Segundo a NBR 16055 (Paredes de concreto moldadas no local para a construção de edificações – Requisitos e procedimentos 2022, p. 24) um sistema de fôrmas apresenta além dos painéis de fôrmas outros elementos necessários ao uso, como andaimes, apoios, apuradores e peças para escoramento. Estruturas de paredes de concreto não devem apresentar falhas relacionadas à durabilidade, aparência e funcionalidade devido à problemas com as fôrmas e seus elementos. O sistema de fôrmas deve, de modo geral, ser pensado e executado garantindo resistência às ações externas durante a sua utilização, apresentar rigidez suficiente

para assegurar a integridade da estrutura e mostrar-se dentro dos padrões de estanqueidade.

A Coletânea de Ativos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (2008, p. 13) apresenta três tipos de fôrmas a serem utilizados em sistemas de construção de paredes de concreto, sendo elas: fôrmas metálicas (em alumínio ou aço), fôrmas metálicas + compensado (em alumínio ou aço e chapas de madeira) e fôrmas plásticas (em plástico reciclável).

Segundo Carvalho (2012) a escolha do tipo de jogo de fôrmas a ser utilizado depende da aplicação específica para a otimização do uso, de modo que fôrmas de metal oferecem maior durabilidade, porém são mais difíceis de manejar devido ao seu peso elevado durante a execução da obra. Fôrmas de madeira possuem uma durabilidade moderada e são consideravelmente mais leves que as de metal. Por outro lado, fôrmas de plástico são extremamente leves, mas têm maior propensão à deformações durante o processo de concretagem se comparadas às outras opções. Um exemplo da utilização de fôrmas metálicas na construção de uma torre de paredes de concreto pode ser visto na Figura 3.

Figura 3 – Disposição de fôrmas metálicas para concretagem



Fonte: Autor (2024)

1.2.3 Armaduras

As armaduras de aço são essenciais para os elementos de concreto armado, especialmente em paredes de concreto. Elas não apenas resistem aos esforços de flexão e torção que atuam nos planos longitudinal e transversal do elemento, e controlam a retração do concreto, mas também oferecem suporte para a fixação das tubulações destinadas às instalações (ABCP,

2007).

Segundo Misurelli e Massuda (2009) o tipo de armação comumente utilizado em obras no sistema de paredes de concreto é a tela soldada que pode ser disposta no centro (eixo) da parede de concreto ou nas duas faces da parede respeitando um cobrimento especificado em projeto. Nas bordas e vãos de janelas e portas usualmente é projetada a utilização de reforços em telas e vergalhões de aço.

Quanto à montagem da armação é de grande importância que sejam seguidas as informações de projeto destacando-se alguns pontos no processo, como o corte dos vãos nas telas previamente, a utilização dos reforços nos locais indicados e a eficiente fixação de espaçadores plásticos nas armaduras, como apresentado na Figura 4, evitando que durante o processo de concretagem a ferragem se mova podendo ficar exposta.

Figura 4 – Armação para parede de concreto armado com espaçadores



Fonte: Autor (2024)

1.2.4 Instalações elétricas e hidráulicas

As instalações elétricas e hidráulicas em paredes de concreto moldadas no local exigem planejamento detalhado e execução precisa para garantir a funcionalidade e segurança das redes. Essas instalações são incorporadas durante a fase de preparação da armadura e da fôrma (Leite, 2018).

A NBR 5410/2004 - Instalações Elétricas de Baixa Tensão e a NBR 5626/2020 - Instalação Predial de Água Fria, fornecem as diretrizes e normas a serem seguidas para a instalação correta dos sistemas elétrico e hidráulico, respectivamente. Essas normas garantem que as instalações

estejam de acordo com os padrões de segurança e eficiência exigidos, prevenindo riscos e assegurando o bom desempenho dos sistemas ao longo do tempo.

No caso de obras em paredes de concreto armado para as instalações elétricas, é essencial prever os pontos de passagem dos conduítes e caixas de distribuição. Os conduítes são posicionados dentro da armadura antes da concretagem, garantindo que a posição dos mesmos esteja conforme o projeto executivo. A fixação dos conduítes é feita com amarras de arame na própria estrutura de aço, evitando deslocamentos durante a concretagem. Além disso, são utilizados espaçadores plásticos para manter a posição das tubulações e garantir o cobrimento adequado do concreto. Esses espaçadores ajudam a assegurar que os conduítes não se movam durante a concretagem, evitando problemas futuros com a distribuição elétrica (ABCP, 2007).

Ainda segundo a Coletânea de Ativos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND et al., 2008, p. 92) para as instalações hidráulicas, o procedimento é semelhante. As tubulações hidráulicas devem ser posicionadas e fixadas na armadura, respeitando as inclinações necessárias para o bom funcionamento dos sistemas de água e esgoto. É importante prever o posicionamento de registros, válvulas e conexões, facilitando futuras manutenções. Durante a concretagem, deve-se ter cuidado para que as vibrações do concreto não desloquem as tubulações, o que poderia comprometer a estrutura e o funcionamento das redes. Assim como nas instalações elétricas, os espaçadores plásticos são utilizados para garantir que as tubulações permaneçam na posição correta durante a concretagem. Um exemplo de laje antes da realização de concretagem e com a utilização de conduítes demarcando por onde será passada a fiação para as instalações elétricas pode ser visto na Figura 5, sendo esta a forma mais usual de infraestrutura de instalações nesse método construtivo.

Figura 5 – Conduítes para instalação elétrica em laje no sistema de paredes de concreto



Fonte: Autor (2022)

1.2.5 Concreto

Segundo a Coletânea de Ativos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND et al., 2008, p. 137) a utilização do concreto nos sistemas de paredes de concreto necessita de características específicas para o bom desenvolvimento do método, uma das principais é que possua excelente trabalhabilidade. Esta característica é crucial para garantir o preenchimento completo das fôrmas sem segregações e para obter um acabamento de superfície satisfatório. Existem várias categorias de concreto, apresentados no Quadro 1, que podem ser utilizadas no mercado.

Quadro 1 – Tipos de concreto utilizados em paredes de concreto

DESCRIÇÃO	MASSA ESPECÍFICA (kg/m ³)	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO MÍNIMA A 7 DIAS (MPa)
Concreto celular	1500 a 1600	4
Concreto com alto teor de ar incorporado	1500 a 1800	20
Concreto com agregados leves ou de baixa massa específica	1900 a 2000	6
Concreto comum ou auto-adensável	2000 a 2800	20

Fonte: ABCP (2007)

- concreto celular: se caracteriza pela baixa massa específica, alcançada pela inclusão de uma espuma que forma muitas bolhas durante o preparo. É adequado para estruturas de até dois pavimentos, desde que a resistência mínima a 7 dias seja de 4 MPa. Também pode ser usado em estruturas maiores, com concretos de resistência superior à mínima especificada;
- concreto com alto teor de ar incorporado: recomendado para paredes de casas de até dois pavimentos, desde que tenha uma resistência mínima a 7 dias de 6 MPa. Pode ter um teor de ar incorporado de até 9%;
- concreto com agregados leves ou de baixa massa específica: utilizado em qualquer estrutura que exija resistência de até 25 MPa a 7 dias, preparado com agregados leves;
- concreto auto-adensável: caracteriza-se pela aplicação rápida por bombeamento e pela mistura extremamente plástica, dispensando o uso de vibradores. É uma excelente opção para sistemas de paredes de concreto. Normalmente, utiliza aditivos superplastificantes que perdem eficácia cerca de 40 minutos após a adição ao

concreto. O uso de concreto convencional é possível, desde que seja adequado para o método de transporte, a espessura das paredes e lajes, evitando segregações nas partes inferiores das fôrmas verticais.

1.3 Controle tecnológico do concreto

O controle tecnológico do concreto é fundamental para garantir a qualidade e durabilidade das estruturas de paredes de concreto moldadas no local. Este controle envolve desde a seleção dos materiais até os ensaios de verificação do desempenho do concreto fresco e endurecido (Silva, 2022).

Segundo a NBR 12655:2022 – Concreto de Cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento (2022) o controle tecnológico do concreto apresenta uma série de procedimentos e ensaios que devem ser conduzidos.

1.3.1 Caracterização dos materiais e dosagem do concreto

A escolha dos materiais (cimento, agregados, água e aditivos) deve ser feita com base em critérios rigorosos de qualidade. A dosagem do concreto é determinada por meio de traços que atendam às especificações de resistência e trabalhabilidade estabelecidas no projeto (Andolfato, 2002). Ensaios prévios são realizados para definir o melhor traço, levando em consideração fatores como a granulometria dos agregados e a reatividade do cimento.

1.3.2 Produção e aplicação do concreto

Segundo a NBR 14931:2023 – Execução de estruturas de concreto armado, protendido e com fibras – Requisitos (2023) durante a produção do concreto, é essencial monitorar a homogeneidade da mistura e a consistência, utilizando o abatimento do tronco de cone (*slump test*) como um dos principais indicadores. A temperatura do concreto deve ser controlada para evitar problemas de hidratação do cimento que podem comprometer a resistência final da estrutura.

Ainda segundo a mesma norma tem-se que a aplicação do concreto em fôrmas deve ser feita de forma contínua e com um adequado processo de adensamento, evitando a formação de vazios e segregação dos materiais. O uso de vibradores é fundamental para garantir a compactação do concreto e a eliminação de bolhas de ar.

1.3.3 Ensaios e monitoramento

Após a concretagem, são realizados ensaios de resistência à compressão em corpos de prova moldados durante a aplicação e são cruciais para verificar se o concreto atingiu a resistência especificada no projeto, cujos procedimentos de moldagem e cura são prescritos pela ABNT NBR 5738:2015. Adicionalmente, ensaios de durabilidade, como a análise da permeabilidade e absorção de água, são conduzidos para avaliar a vida útil da estrutura.

O monitoramento contínuo da estrutura após a concretagem também é importante para identificar e corrigir possíveis patologias precocemente. Este monitoramento pode incluir inspeções visuais, ensaios não destrutivos e a verificação das condições ambientais que possam afetar a estrutura, como variações de temperatura e umidade. Para assegurar a qualidade do concreto, é necessário monitorar seus aspectos físicos e químicos. Entre os aspectos físicos a serem monitorados, incluem-se: finura, início e fim de pega, resistência à compressão, expansibilidade e calor de hidratação. Quanto aos aspectos químicos, devem ser verificados: perda ao fogo, resíduo insolúvel, teores de aluminato tricálcio e teores de álcalis (Gonçalves, 2015).

Devido à necessidade de grandes volumes de concreto em obras de médio e grande porte, que é o caso das obras de paredes de concreto, a produção é realizada em centrais de dosagem. Nesse processo, empresas contratadas são responsáveis pela mistura, transporte e entrega do concreto conforme os padrões estabelecidos (Werner, Nierwinski, Bortolotto, 2019). Um importante ponto é a ciência dos responsáveis e suas atribuições para a execução de um concreto de qualidade, como esquematizado na Figura 6.

Segundo Capuruço (2010) a qualidade do concreto em sistemas de paredes de concreto resulta de uma colaboração multidisciplinar. Cada um dos responsáveis tem um papel vital que, se bem desempenhado, resulta em estruturas seguras e duráveis. São necessárias ações conjuntas por parte do planejamento da estrutura, destacando o trabalho de projetistas, e da execução da estrutura que tem nas construtoras, concreteiras e laboratórios de controle tecnológico do concreto responsabilidades nas concretagens (lançamento e vibração) e pós-concretagens (cura adequada do concreto para garantir o alcance de resistências especificadas em projetos e prevenir o surgimento de fissuras e patologias).

Figura 6 – Responsáveis e atribuições para qualidade do concreto

Fonte: Capuruço (2010)

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo geral avaliar os resultados obtidos através da realização do controle tecnológico do concreto em um empreendimento construído no Sistema de Paredes de Concreto Moldadas no Local, mais especificamente da obra de uma torre residencial na cidade de Caruaru/PE.

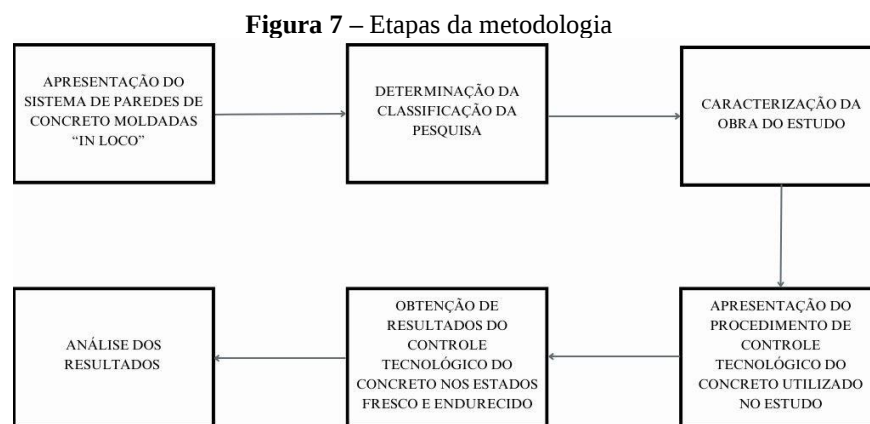
1.4.2 Objetivos específicos

Definiram-se os seguintes objetivos específicos:

- Apresentação das etapas necessárias para a execução do controle tecnológico em obras do sistema de paredes de concreto armado moldadas no local;
- Analisar os resultados do controle tecnológico do concreto em seus estados fresco e endurecido.

2 METODOLOGIA

Neste capítulo serão discutidos a classificação da pesquisa, a caracterização da obra e o procedimento de controle tecnológico do concreto utilizado em torre de paredes de concreto. Este trabalho será embasado na coleta de dados estatísticos obtidos de testes que avaliam a qualidade do concreto e pela avaliação destes resultados determinar a eficácia do procedimento utilizado para a torre em questão. Na Figura 7 podem ser vistas as etapas metodológicas utilizadas para a execução deste estudo.



Fonte: Autor (2024)

2.1 Classificação da pesquisa

Classificada como um estudo de caso, esta pesquisa visa avaliar, através de dados levantados em campo, os resultados do controle tecnológico do concreto em uma torre construída no sistema de paredes de concreto moldadas “in loco”. O estudo busca determinar utilizando os resultados percentuais dos dados obtidos se o controle tecnológico do concreto utilizado na obra em questão foi eficiente.

Toda pesquisa científica precisa definir claramente seu objeto de estudo e, a partir dessa definição, construir um processo investigativo que delimite o universo a ser analisado. Nos extremos desse espectro, encontram-se os estudos agregados, que visam examinar o universo como um todo, e os estudos de caso, que se concentram em uma unidade ou parte desse universo. No entanto, ao realizar um estudo de caso, é fundamental não apenas analisar o caso específico, mas também considerar o que ele revela sobre o todo (Ventura, 2007).

A pesquisa pode ser classificada também como quantitativa, uma vez que busca e possibilita a identificação de indicadores e tendências na realidade, fornecendo dados representativos e

objetivos (Mussi *et al.*, 2019).

A abordagem quantitativa valoriza a explicação científica que se concentra no coletivo, em vez de se focar no singular, no individual ou no pessoal. Nessa perspectiva, o interesse está nas características predominantes de grupos e não nas particularidades de casos específicos. Essa abordagem reforça o papel da estatística, aproveitando sua capacidade para analisar dados e realizar inferências, desde que se respeite a variabilidade aleatória amostral (Mussi *et al.*, 2019).

2.2 Caracterização da obra

A obra em questão consiste na construção de torres residenciais executada em paredes de concreto na cidade de Caruaru. A partir do estudo do solo foi definida a fundação como do tipo radier para todas as torres. O empreendimento possui torres com 9 ou 10 pavimentos, com 8 apartamentos por andar, com a disposição de 4 apartamentos do Tipo 1 que apresentam 50,73 m² e 4 apartamentos do Tipo 2 com 62,16 m². Para as finalidades avaliativas, estudo de caso se concentrará exclusivamente em uma das torres, tendo esta 9 pavimentos e um total de 72 apartamentos.

Neste estudo, decidiu-se omitir o nome do empreendimento e da construtora para garantir a confidencialidade dos dados fornecidos. Dessa forma é possível manter o foco na análise objetiva dos dados obtidos, protegendo informações de maior cunho particular e garantindo a anonimidade do empreendimento e empresa em questão.

2.3 Procedimento

Devido ao grande volume de concreto utilizado em obras realizadas no sistema de construção de paredes de concreto moldadas no local, mas especificamente na torre do estudo de caso em questão, todo o concreto utilizado foi do tipo usinado através de usina de concreto cujo traço para dosagem e escolha dos materiais foram fornecidos pela construtora mediante projeto de estrutura.

A norma que regulamenta esse processo é a NBR 7212:2021 – Concreto dosado em central – Preparo, fornecimento e controle. Sendo assim, no que tange às exigências dos elementos utilizados no concreto e suas devidas quantidades, a usina de concreto, mediante determinação do projetista, ficou a cargo de garantir a qualidade do concreto que chegou à obra para utilização. Nessa fase do processo a usina de concreto teve que atentar-se às principais características do concreto no estado fresco, como a relação água/elementos secos, ar

incorporado, consistência e massa específica. Tais aspectos do concreto devem estar em boa condição pois refletem diretamente na qualidade do concreto em sua condição endurecida (Pereira, 2010).

O concreto chegou à obra através de caminhões betoneiras que garantem o transporte mantendo as condições necessárias para o lançamento. Segundo a NBR 14931:2023 – Execução de estruturas de concreto armado, protendido e com fibras – Requisitos (2023) o concreto deve permanecer no caminhão betoneira pelo tempo inferior a duas horas a partir da primeira adição de água ao concreto, após o tempo estabelecido o concreto inicia seu processo de pega e perda de abatimento.

Antes do lançamento foi realizado o controle do concreto no estado fresco pela determinação do abatimento de tronco de cone (*Slump Test*), como mostrado na Figura 8, sendo os resultados registrados para acompanhamento. Para a torre em questão foram utilizados concretos para dois diferentes tipos de resistência solicitadas e desse modo apresentando dois diferentes valores ideais para o resultado do teste de abatimento do tronco de cone. Para a fundação foi utilizado concreto de fck (resistência característica do concreto à compressão) de 30 MPa para 28 dias com variação do resultado ideal do *Slump Test* sendo de 10 +/- 2 centímetros. Já para as paredes de concreto foi utilizado concreto de fck de 25 MPa para 28 dias com variação do resultado ideal do *Slump Test* sendo de 22 +/- 3 centímetros.

Figura 8 – Ensaio de abatimento do tronco de cone



Fonte: Autor (2022)

Uma vez apresentados resultados satisfatórios no ensaio de abatimento de tronco de cone é liberado o lançamento do concreto para início da concretagem. Para o caso do estudo apresentado, por se tratar de uma obra vertical que utiliza concreto dosado em central, o

lançamento ocorre através da utilização de uma bomba lança, como mostrado na Figura 9. Tal elemento é utilizado para vencer grandes distâncias verticais para destinação do concreto, sua utilização na torre em estudo foi essencial uma vez que a mesma apresenta altura de 28,2 metros.

Figura 9 – Concretagem utilizando bomba lança



Fonte: Autor (2022)

Antes do lançamento do concreto, um outro passo do processo de controle tecnológico foi a moldagem dos corpos de prova que foram utilizados no ensaio de resistência a compressão. O processo utilizado na obra em questão foi realizado com base na NBR 16055:2022 - Paredes de concreto moldadas no local para a construção de edificações – Requisitos e procedimentos (2022, p. 34), buscando os requisitos mínimos de resistência de desforma nas idades especificadas em projeto e a resistência característica do concreto aos 28 dias.

Para a execução da torre em estudo foram recebidos um total de 238 caminhões-betoneira divididos da seguinte forma:

- fundação: foram utilizados 31 caminhões-betoneira;
- pavimentos: foram utilizados 203 caminhões-betoneira, com cada um dos 9 pavimentos recebendo 22 desses caminhões e 5 caminhões-betoneira extras devido às falhas de concretagens e desperdícios;
- platibanda: foram utilizados 4 caminhões-betoneira.

Segundo a NBR 12655:2022 – Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento (2022, p. 19) pode-se considerar dois tipos de controle

de resistência a compressão: o controle por amostragem parcial e o controle por amostragem total. Como a obra em questão faz uso de concreto preparado por empresa de serviço de concretagem adotou-se o controle por amostragem total a 100% das betonadas, sendo assim, a análise de conformidade foi realizada em cada um dos caminhões-betoneira.

Uma vez determinado o tipo de controle, para a execução do ensaio de resistência à compressão foi necessário realizar a moldagem de corpos de prova em determinadas quantidades para o rompimento nas idades solicitadas para cada um dos caminhões-betoneira. O número de corpos de prova moldados no controle realizado na torre do estudo pode ser visto no Quadro 2.

Quadro 2 – Número de corpos de prova moldados para rompimento de acordo com a idade do concreto

IDADE	FUNDAÇÃO	PAVIMENTOS E PLATIBANDA
12 horas	-	2
7 dias	2	2
28 dias	2	2
63 dias	1	1

Fonte: Autor (2024)

Com exceção do corpo de prova destinado à idade de 63 dias que serve como um corpo de prova de segurança para o caso da resistência aos 28 dias não atingir um valor satisfatório, todos os corpos de prova foram rompidos nas idades especificadas sendo considerado o maior valor entre os dois rompimentos em cada idade. Para a concretagem da torre em questão foram moldados 1604 corpos de prova.

De acordo com a NBR 5738:2015 – Concreto – Procedimento para modelagem e cura de corpos de prova (2015, p. 2) os corpos de prova cilíndricos, utilizados para o caso em questão, devem apresentar altura igual ao dobro do diâmetro. Os corpos de prova utilizados no controle da execução da torre deste estudo apresentam 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura.

Os corpos de prova após moldados e endurecidos foram identificados e armazenados em tanque com água para a cura, sendo retirados apenas quando completado o tempo especificado para o rompimento. As resistências mínimas especificadas em projeto estrutural que devem ser apresentadas de acordo com a idade podem ser vistas no Quadro 3.

Quadro 3 – Resistências mínimas de acordo com o tempo

IDADE	FUNDAÇÃO	PAVIMENTOS E PLATIBANDA
12 horas	-	3MPa
28 dias	30 MPa	25MPa
63 dias	30 MPa	25MPa

Fonte: Autor (2024)

O rompimento das amostras para o ensaio de resistência à compressão foi, portanto, realizado para o controle por amostragem total a 100% das betonadas, ou seja, foram rompidos corpos de prova de todos os caminhões-betoneira. Sendo assim, por se tratar de um volume grande de concreto dividido em diferentes lançamentos foi realizada em campo a rastreabilidade do concreto de modo a identificar o local do concreto de cada betonada.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos para os ensaios realizados no controle tecnológico do concreto nos seus estados fresco e endurecido com foco nos principais pontos de divergência em relação ao especificado nos projetos estruturais. Em seguida será apresentado um resumo de todos os resultados obtidos no estudo trazendo a avaliação do procedimento de controle tecnológico utilizado.

3.1 Fundação

A fundação do empreendimento de acordo com o projeto solicitava concreto com resistência à compressão de 30 MPa a partir da idade de 28 dias e resultado de ensaio de abatimento do tronco de cone de 10 +/- 2 centímetros. Os resultados obtidos para esses ensaios podem ser verificados no Quadro 4.

Quadro 4 – Resultados de *slump test* e ensaio de resistência à compressão da fundação

Nº DO CAMINHÃO-BETONEIRA	SLUMP TEST (cm)	FCK 7 DIAS (MPa)	FCK 28 DIAS (MPa)	FCK 63 DIAS (MPa)
1	11,0	36,2	38,6	-
2	11,0	28,5	35,6	-
3	12,0	27,3	31,7	-
4	11,5	30,9	34,7	-
5	11,0	31,0	37,9	-
6	12,0	30,0	34,7	-
7	12,0	30,3	34,9	-
8	10,0	27,5	33,1	-
9	12,0	29,2	34,6	-
10	11,0	27,0	28,5	32,6
11	12,0	29,3	36,1	-
12	12,0	23,9	32,0	-
13	10,0	26,1	32,0	-
14	12,0	26,2	35,2	-
15	11,5	25,7	35,0	-

16	11,5	26,3	37,9	-
17	15,5	26,1	36,1	-
18	11,0	27,1	36,9	-
19	12,0	25,9	36,7	-
20	11,0	33,2	43,0	-
21	12,0	30,1	39,1	-
22	12,0	33,4	39,1	-
23	10,0	33,9	41,6	-
24	12,0	33,1	36,6	-
25	11,0	33,0	41,9	-
26	11,5	34,3	35,9	-
27	12,0	30,1	39,1	-
28	12,0	35,4	42,5	-
29	11,0	29,2	35,3	-
30	12,0	28,2	35,6	-
31	12,0	28,1	32,8	-

Fonte: Autor (2024)

Pode-se verificar nos resultados do controle tecnológico do concreto no seu estado fresco que dos 31 caminhões-betoneira utilizados 30 deles apresentaram valores satisfatórios para a especificação do concreto utilizado, o que representa 96,77%. Sendo assim, no décimo sétimo caminhão-betoneira o valor de *Slump Test* (15,5 cm) ultrapassa o recomendado o que representa um concreto com maior quantidade de água na sua relação água/cimento sendo o indicativo de uma menor resistência. Desse modo, esse caminhão-betoneira, representando 3,23%, não deveria ter sido aceito para uso. Contudo, destaca-se que o concreto dessa mesma betonada em seu estado endurecido apresentou resultados aceitáveis de resistência à compressão, não sendo necessárias ações para tal situação.

Vale ressaltar ainda que todos os valores de *Slump Test* de dentro da faixa estabelecida (10 +/- 2 centímetros) estiveram na faixa superior deste limite (de 10 cm a 12 cm). Tal situação tornou-se benéfica em termos de manejo do concreto, uma vez que concretos com resultados de *Slump Test* maiores representam concretos mais trabalháveis e com maior facilidade de adentrar nos locais de mais difícil acesso das fôrmas.

Já nos resultados para o estado endurecido do concreto utilizado pode ser visto que também há 96,77% de aceitação para a resistência à compressão na idade de 28 dias. Pode-se verificar que o décimo caminhão-betoneira (representando 3,23%) apresenta valor inferior a 30 MPa na idade supracitada. Para tal caso, entrou-se em contato com o projetista que solicitou rompimento do corpo de prova de segurança com 63 dias e que apresentou valor satisfatório (32,6 MPa), significando 100% de aprovação do concreto utilizado para a fundação do empreendimento e sem necessidade de reforço estrutural.

3.2 Pavimentos e platibanda

Para os pavimentos do empreendimento o projeto solicitava concreto com resistência à compressão de 25 MPa a partir da idade de 28 dias e resultado de ensaio de abatimento do tronco de cone de 22 +/- 3 centímetros. Os resultados obtidos para esses ensaios no pavimento térreo podem ser verificados no Quadro 5.

Quadro 5 – Resultados de *slump test* e ensaio de resistência à compressão do pavimento térreo

Nº DA CONCRETAGEM	Nº DO CAMINHÃO-BETONEIRA	SLUMP TEST (cm)	FCK 12 HORAS (MPa)	FCK 7 DIAS (MPa)	FCK 28 DIAS (MPa)	FCK 63 DIAS (MPa)
1	1	24,0	6,9	30,5	37,5	-
	2	24,5	7,4	26,4	31,5	-
2	1	25,0	5,6	29,4	36,7	-
	2	23,0	5,4	29,5	38,4	-
	3	24,5	3,9	29,4	36,1	-
	4	24,0	4,1	26,3	34,0	-
	5	23,5	4,4	32,9	40,2	-
3	1	24,0	22,7	30,2	36,7	-
	2	23,0	20,8	28,3	35,,2	-
	3	25,0	21,9	25,3	33,7	-
	4	24,0	21,4	27,7	33,4	-
	5	23,0	20,7	25,4	32,7	-
4	1	24,5	3,7	24,3	27,8	-
	2	23,5	3,3	28,7	34,7	-
	3	23,0	3,5	26,1	33,1	-
	4	23,5	3,2	28,4	35,0	-
	5	23,0	2,6	34,1	38,0	-
5	1	23,5	3,6	31,1	33,7	-
	2	22,5	3,5	30,3	35,5	-
	3	24,0	3,3	27,9	31,9	-
	4	24,5	3,0	29,9	34,1	-
	5	25,0	3,4	28,3	35,9	-

Fonte: Autor (2024)

De acordo com os resultados obtidos no pavimento térreo a concretagem de nº 3 dispõe de valores de resistência à compressão para 12 horas muito maiores que os das demais concretagens, uma vez que foi realizada no dia anterior ao final de semana e portanto o rompimento foi, de fato, realizado com 3 dias. Tal situação não interferiu nas características do concreto pois a desforma aconteceu em uma idade em que o concreto estava com resistência maior que a solicitada em projeto.

Os resultados para o controle tecnológico do concreto no estado fresco (*Slump Test*) 100% dos valores foram aprovados. Percebeu-se que assim como ocorrido nos resultados da fundação, para o pavimento térreo todos os valores do *Slump Test* também mantiveram-se na faixa superior (22 cm a 25 cm) do limite estabelecido (22 +/- 3 centímetros) promovendo maior facilidade na movimentação do concreto nas fôrmas.

Já para os resultados de resistência à compressão pode ser observado que no carro de nº 5 da concretagem de nº 4 (representando 4,54% dos resultados para 12 horas no pavimento) a resistência para as 12 horas não atinge a resistência mínima exigida de 3,0 MPa, sendo assim, com o auxílio da rastreabilidade do concreto foi observada a localização em que o concreto desse carro foi lançado e a desforma no local observado não foi executada com 12 horas. Analisando posteriormente os resultados da resistência para os 7 dias e 28 dias percebeu-se que as resistências atingiram valores satisfatórios não sendo necessárias ações nesse quesito. Tal situação também ocorreu em concretagens dos pavimentos 1 e 2, conforme pode ser visto, respectivamente, nos Quadros 6 e 7 e dos pavimentos 6 e 7 como pode ser visto no Anexo A.

Quadro 6 – Resultados de *slump test* e ensaio de resistência à compressão do pavimento 1

CONCRETAGEM	Nº DO CAMINHÃO-BETONEIRA	SLUMP TEST (cm)	FCK 12 HORAS (MPa)	FCK 7 DIAS (MPa)	FCK 28 DIAS (MPa)	FCK 63 DIAS (MPa)
1	1	22,5	4,5	30,4	36,1	-
	2	23,5	3,6	30,6	36,1	-
2	1	23,0	2,5	27,4	31,2	-
	2	24,0	3,8	28,3	31,9	-
	3	25,0	3,3	29,3	32,9	-
	4	24,5	4,9	30,2	33,2	-
	5	23,5	2,8	29,4	31,3	-
3	1	23,5	22,5	30,5	33,0	-
	2	24,0	21,9	32,0	33,8	-
	3	23,0	21,1	27,5	32,0	-
	4	22,5	23,4	31,0	33,2	-
	5	23,0	23,0	34,1	35,1	-
4	1	23,5	3,0	26,3	33,2	-
	2	24,5	2,9	29,0	33,3	-
	3	23,0	3,1	28,2	34,4	-
	4	22,5	3,9	32,1	37,8	-
	5	25,0	2,4	26,0	32,1	-
5	1	23,5	3,9	30,5	34,8	-
	2	25,0	4,4	29,5	34,3	-
	3	23,5	2,9	30,5	33,7	-
	4	23,0	2,9	28,5	31,9	-
	5	23,0	2,3	26,5	31,3	-

Fonte: Autor (2024)

Quadro 7 – Resultados de *slump test* e ensaio de resistência à compressão do pavimento 2

CONCRETAGEM	Nº DO CAMINHÃO-BETONEIRA	SLUMP TEST (cm)	FCK 12 HORAS (MPa)	FCK 7 DIAS (MPa)	FCK 28 DIAS (MPa)	FCK 63 DIAS (MPa)
1	1	23,0	26,0	26,4	31,7	-
	2	24,0	22,6	25,0	30,8	-
2	1	23,5	4,1	26,2	36,1	-
	2	24,0	3,6	26,4	31,5	-
	3	24,0	3,2	28,1	34,0	-
	4	25,0	3,5	23,8	30,6	-
	5	24,5	3,2	26,8	33,4	-

	6	22,0	4,0	28,2	36,8	-
3	1	22,5	5,6	29,8	36,2	-
	2	25,0	3,4	24,9	29,9	-
	3	24,0	4,0	24,3	32,5	-
	4	22,5	4,1	26,8	33,1	-
	5	23,5	2,7	29,2	34,1	-
4	1	22,5	3,6	24,9	30,3	-
	2	23,0	4,0	24,8	29,2	-
	3	24,0	3,6	24,9	26,6	-
	4	23,0	3,7	25,6	30,0	-
	5	24,5	3,7	23,3	28,6	-
5	1	25,0	7,0	26,3	29,6	-
	2	22,5	6,4	28,5	32,2	-
	3	24,5	4,0	25,6	29,0	-
	4	24,0	4,3	24,2	27,8	-
	5	23,5	4,3	22,7	26,9	-

Fonte: Autor (2024)

Percebe-se que na concretagem de nº 2 do pavimento 2 foram utilizados, diferente do que normalmente ocorre, um 6º caminhão-betoneira para complemento. Essa situação ocorreu devido à inconsistências no processo de concretagem que acabaram por gerar desperdício na quantidade de concreto utilizada. Os principais pontos que podem ser citados são a montagem mal executada da fôrma resultando em paredes e lajes com maior espessura e a má fixação de elementos que garantem o fechamento da fôrma causando em determinadas ocasiões a abertura de painéis. Tais situações foram resolvidas durante o processo de concretagem e os caminhões-betoneira extras trouxeram o concreto para complemento.

No ANEXO A estão os resultados do controle tecnológico do concreto utilizados nos demais pavimentos. No Quadro 8 pode ser visto por local o percentual de aceitação do concreto tanto para o *Slump Test* como para o ensaio de resistência à compressão nas suas respectivas idades solicitadas.

Quadro 8 – Percentual de aceitação dos resultados do controle tecnológico do concreto

LOCAL	SLUMP TEST (cm)	FCK 12 HORAS (MPa)	FCK 28 DIAS (MPa)	FCK 63 DIAS (MPa)
FUNDAÇÃO	96,77%	100%	96,77%	100%
TÉRREO	100%	96,77%	100%	-
1º	100%	68,18%	100%	-
2º	100%	95,65%	100%	-
3º	100%	100%	100%	-
4º	100%	100%	100%	-
5º	100%	100%	100%	-
6º	100%	96,77%	100%	-
7º	100%	96,77%	100%	-
8º	100%	100%	100%	-
PLATIBANDA	100%	100%	100%	-

Fonte: Autor (2024)

De acordo com os resultados observados no controle tecnológico do concreto da torre em paredes de concreto armado do estudo de caso tem-se que 100% do concreto apresentou resultados satisfatórios no que diz respeito às resistências exigidas para o bom desempenho da edificação.

4 CONCLUSÕES

O presente trabalho buscou apresentar os resultados do controle tecnológico realizado em uma torre construída no sistema de parede de concreto moldadas “in loco” preconizado pela NBR 16055:2022 -Paredes de concreto moldadas no local para a construção de edificações – Requisitos e procedimentos, mostrando o método utilizado para o controle tecnológico através de ensaios para o concreto fresco e endurecido.

Através das análises dos resultados obtidos, foi possível identificar a eficiência do processo de controle tecnológico utilizado na obra em questão. Verificou-se um proveito de 99,58%, em relação a todas as betonadas para a execução da torre, nos valores obtidos para o ensaio de abatimento de tronco de cone. Tal resultado significa a qualidade na execução do concreto usinado, feito pela concreteira, seguindo o traço especificado em projeto em sua relação água/cimento.

Já os resultados do ensaio de resistência à compressão que nos permite avaliar as características do concreto endurecido demonstraram que dos 476 corpos de prova rompidos para a idade de 12 horas 97,69% foram valores superiores ao estabelecido e com isso facilitando o processo de desforma. Dos 476 corpos de prova rompidos para a idade de 28 dias 99,79% foram valores acima do mínimo exigido e o único corpo de prova de idade de 63 dias que precisou ser rompido para comprovação de resultado apresentou valor superior ao mínimo exigido. Desse modo 100% do concreto, através dos corpos de prova que foram rompidos para validação da resistência à compressão do concreto, utilizado no empreendimento foi aceito, mostrando o sucesso do procedimento de controle tecnológico utilizado na torre do estudo.

Por fim, para a continuidade do estudo, além da análise dos resultados de controle tecnológico do concreto no empreendimento sugere-se realizar o controle tecnológico dos demais elementos que compõem a edificação, como argamassa estabilizada utilizada para contrapiso, argamassas para revestimentos cerâmicos, entre outros. Tal análise permitiria verificar como um todo a importância da qualidade de empreendimentos construídos no sistema de parede de concreto moldadas “in loco” no cenário da construção civil.

REFERÊNCIAS

ANDOLFATO, Rodrigo Piernas. Controle tecnológico básico do concreto. **Ilha Solteira**, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. Parede de concreto: coletânea de ativos 2007/2008. São Paulo, 2008. Disponível em:< https://abcp.org.br/wp-content/uploads/2016/02/Coletanea_PC2007-2008.pdf>, Acesso em: 16 maio. 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12655:2022 – Concreto de Cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento. Rio de Janeiro, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14931:2023 – Execução de estruturas de concreto armado, protendido e com fibras – Requisitos. Rio de Janeiro, 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16055:2022 -Paredes de concreto moldadas no local para a construção de edificações – Requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5410:2004 - Instalações Elétricas de Baixa Tensão. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5626:2020 - Instalação Predial de Água Fria. Rio de Janeiro, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5738:2015 – Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7212:2021 – Concreto dosado em central – Preparo, fornecimento e controle. Rio de Janeiro, 2021.

AUZIER, Junio Silva; GALVÃO, Mateus Rodrigo Machado. Descrição das etapas construtivas de paredes de concreto. 2020.

BRAGUIM, Thales Couto. **Utilização de modelos de cálculo para projeto de edifícios de paredes de concreto armado moldadas no local**. 2013. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

CAPURUÇO, F. R. P. Controle tecnológico do concreto: direitos e deveres. In: ENCONTRO UNIFICADO DA CADEIA PRODUTIVA DAS INDÚSTRIAS DE CONSTRUÇÃO – MINASCON, 7., 2010, Belo Horizonte. Apresentação. Belo Horizonte: ABECE, 2010

CARVALHO, Leandro Faria. Sistema construtivo em paredes de concreto para edifícios: dimensionamento da estrutura e aspectos construtivos. 2012.

DE FREITAS MUSSI, Ricardo Franklin et al. Pesquisa Quantitativa e/ou Qualitativa: distanciamentos, aproximações e possibilidades. **Revista Sustinere**, v. 7, n. 2, p. 414-430, 2019.

DE OLIVEIRA VIEIRA, Renato; SILVA, Ueliton Cassio Neto; GOLIATH, Kissila Botelho. Sistema Construtivo de Paredes de Concreto Moldadas “IN LOCO”. **Epitaya E-books**, v. 1, n. 6, p. 499-522, 2021.

DO ROSÁRIO, Alex Márcio Cabral. ESTUDO COMPARATIVO DE CUSTO ENTRE ALVENARIA ESTRUTURAL, PAREDES DE CONCRETO ARMADO E ALVENARIA EM PAINÉIS MODULARES. **CONSTRUINDO**, 2017.

DÓRIA, Luís Eduardo Santos et al. Projeto de estrutura de fundação em concreto do tipo radier. 2007.

FORTES, Rita Moura; MERIGHI, João Virgílio. Controle tecnológico e controle de qualidade—um alerta sobre sua importância. In: Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia. 2004.

GONÇALVES, Eduardo Albuquerque Buys. ESTUDO DE PATOLOGIAS E SUAS CAUSAS NAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO DE OBRAS DE EDIFICAÇÕES. 2015.

LEITE, Anna Luiza Queiroz. **Projetos e sistema construtivo de paredes de concreto moldados In Loco em um empreendimento na cidade de Caruaru: um estudo de caso**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso.

MISURELLI, HUGO; MASSUDA, CLOVIS. Como Construir Paredes de Concreto, Revista Técnica, Edição 147. Jun. 2009.

MOREIRA, DIEGO GERALDO GONÇALVES. A possibilidade de comprometimento da obra à partir da inexistência do controle tecnológico do concreto usinado: Estudo de caso. 2016.

PEREIRA, Mike da Silva. Controle da resistência do concreto: paradigmas e variabilidades: estudo de caso. 2010.

REBOUÇAS, Lucas Estevão. Estudo do controle tecnológico do concreto em uma fundação de aerogerador em Icapuí-CE. 2022.

SILVA, Thiago Gadelha da. Dosagem e controle tecnológico do concreto com adição de fibras para pavimentos rígidos na cidade de Fortaleza: um estudo de caso. 2022.

SOUSA, Luis Felipe Moraes de et al. Sistema construtivo de parede de concreto moldado no local: processo construtivo, vantagens e desvantagens. 2023.

VENTURA, Magda Maria. O estudo de caso como modalidade de pesquisa. **Revista SoCERJ**, v. 20, n. 5, p. 383-386, 2007.

WERNER, Liane; NIERWINSKI, Helena Paula; BORTOLOTTTO, Marina Schnaider. Controle tecnológico de concreto: um estudo de caso da capacidade do processo com dados não normais. **GEPROS: Gestão da Produção, Operações e Sistemas. Bauru, SP. Vol. 15, n. 1 (jan./mar. 2019), p. 231-251., 2019.**

ANEXO A – RESULTADOS DO CONTROLE TECNOLÓGICO DO CONCRETO

Quadro A.1 – Resultados de *slump test* e ensaio de resistência à compressão do pavimento 3

Nº DA CONCRETAGEM	Nº DO CAMINHÃO-BETONEIRA	SLUMP TEST (cm)	FCK 12 HORAS (MPa)	FCK 7 DIAS (MPa)	FCK 28 DIAS (MPa)	FCK 63 DIAS (MPa)
1	1	23,5	16,7	21,5	30,9	-
	2	24,0	19,7	26,0	31,2	-
2	1	25,0	3,2	19,6	26,0	-
	2	23,0	3,7	20,4	27,8	-
	3	24,0	3,9	24,9	32,3	-
	4	22,0	4,5	22,7	33,0	-
	5	24,0	3,1	24,8	31,2	-
	6	23,0	3,3	24,5	32,0	-
3	1	23,0	3,2	20,0	26,1	-
	2	21,5	4,3	22,7	29,8	-
	3	22,0	3,9	25,6	31,6	-
	4	24,5	3,4	23,1	28,2	-
	5	23,5	3,2	22,7	29,1	-
4	1	23,5	4,0	22,8	25,0	-
	2	25,0	3,0	23,4	27,2	-
	3	22,5	4,4	21,6	30,6	-
	4	24,0	3,3	23,9	28,9	-
	5	23,5	3,5	24,2	26,7	-
5	1	23,0	3,2	24,9	28,0	-
	2	23,0	3,3	22,0	30,0	-
	3	24,0	3,9	23,3	29,3	-
	4	22,5	3,1	23,9	31,3	-
	5	22,0	3,3	23,9	28,0	-

Fonte: Autor (2024)

Quadro A.2 – Resultados de *slump test* e ensaio de resistência à compressão do pavimento 4

Nº DA CONCRETAGEM	Nº DO CAMINHÃO-BETONEIRA	SLUMP TEST (cm)	FCK 12 HORAS (MPa)	FCK 7 DIAS (MPa)	FCK 28 DIAS (MPa)	FCK 63 DIAS (MPa)
1	1	24,0	15,5	20,3	26,4	-
	2	24,5	17,2	21,0	27,8	-
2	1	23,0	5,1	26,6	33,1	-
	2	23,5	5,9	27,3	30,3	-
	3	24,5	5,5	27,5	35,0	-
	4	23,0	5,2	26,1	29,9	-
	5	22,5	4,8	27,3	30,8	-
3	1	22,5	7,6	26,0	32,1	-
	2	20,0	7,9	29,7	32,0	-
	3	23,0	7,0	23,3	29,7	-
	4	19,0	10,1	29,3	32,9	-
	5	23,5	4,9	28,1	31,4	-
4	1	23,0	6,4	29,8	33,8	-
	2	23,0	5,4	28,3	34,6	-
	3	24,0	3,7	27,7	32,2	-
	4	22,5	5,1	27,9	31,3	-
	5	23,5	3,0	22,7	29,0	-
5	1	23,0	5,3	29,8	30,3	-
	2	23,0	5,0	26,7	31,4	-
	3	24,0	4,2	27,5	31,7	-

	4	22,5	4,9	26,2	32,8	-
	5	24,0	3,1	27,6	32,3	-

Fonte: Autor (2024)

Quadro A.3 – Resultados de *slump test* e ensaio de resistência à compressão do pavimento 5

Nº DA CONCRETAGEM	Nº DO CAMINHÃO-BETONEIRA	SLUMP TEST (cm)	FCK 12 HORAS (MPa)	FCK 7 DIAS (MPa)	FCK 28 DIAS (MPa)	FCK 63 DIAS (MPa)
1	1	22,5	24,7	29,2	38,5	-
	2	24,5	22,5	28,9	35,0	-
	3	23,0	25,0	30,3	36,1	-
2	1	23,0	6,8	30,8	36,0	-
	2	23,5	5,7	28,5	33,0	-
	3	22,5	6,4	28,4	32,8	-
	4	24,0	4,2	27,6	33,8	-
	5	23,5	4,2	30,5	33,8	-
3	1	19,0	4,3	28,9	39,1	-
	2	22,5	4,3	25,1	31,1	-
	3	23,0	4,3	28,8	34,0	-
	4	23,5	4,9	25,8	33,3	-
	5	23,0	3,7	32,1	35,2	-
	6	23,5	4,3	28,1	35,2	-
4	1	23,0	3,9	28,7	34,5	-
	2	22,5	3,7	29,1	34,5	-
	3	24,0	3,9	25,7	32,4	-
	4	23,0	3,7	26,3	31,2	-
	5	24,5	3,9	26,3	30,4	-
5	1	23,0	3,8	23,4	33,0	-
	2	22,5	4,6	27,1	37,3	-
	3	23,5	5,1	27,4	37,0	-
	4	22,0	4,6	27,0	37,8	-
	5	23,0	4,2	25,2	35,6	-

Fonte: Autor (2024)

Quadro A.4 – Resultados de *slump test* e ensaio de resistência à compressão do pavimento 6

Nº DA CONCRETAGEM	Nº DO CAMINHÃO-BETONEIRA	SLUMP TEST (cm)	FCK 12 HORAS (MPa)	FCK 7 DIAS (MPa)	FCK 28 DIAS (MPa)	FCK 63 DIAS (MPa)
1	1	22,0	19,6	28,4	38,2	-
	2	23,0	22,0	29,7	40,5	-
2	1	24,0	5,9	27,6	37,4	-
	2	23,0	4,4	25,3	35,6	-
	3	24,0	4,8	29,3	35,0	-
	4	23,0	4,8	28,1	36,4	-
	5	22,5	4,6	30,2	38,2	-
3	1	24,0	3,6	26,4	33,4	-
	2	25,0	2,8	26,8	35,9	-
	3	25,0	3,1	28,2	36,4	-
	4	24,0	4,3	29,3	34,9	-
	5	22,5	4,0	29,9	38,2	-
4	1	22,0	4,1	32,1	41,1	-
	2	23,0	3,4	29,3	38,3	-
	3	23,5	4,1	30,3	39,3	-
	4	24,0	3,0	29,0	36,2	-
	5	22,5	3,3	30,9	40,1	-
	1	24,5	4,7	28,9	36,4	-
	2	23,0	4,6	29,8	38,1	-

5	3	23,0	3,6	26,1	34,3	-
	4	23,0	4,2	28,0	35,7	-
	5	22,5	3,4	30,1	37,7	-

Fonte: Autor (2024)

Quadro A.5 – Resultados de *slump test* e ensaio de resistência à compressão do pavimento 7

Nº DA CONCRETAGEM	Nº DO CAMINHÃO-BETONEIRA	SLUMP TEST (cm)	FCK 12 HORAS (MPa)	FCK 7 DIAS (MPa)	FCK 28 DIAS (MPa)	FCK 63 DIAS (MPa)
1	1	23,0	22,3	27,7	36,5	-
	2	24,0	26,2	32,2	39,1	-
2	1	24,0	5,3	31,1	38,2	-
	2	23,0	5,4	32,3	38,5	-
	3	22,5	4,5	29,0	39,3	-
	4	23,5	4,5	31,9	39,6	-
	5	24,0	4,1	29,6	37,0	-
3	1	24,0	4,2	28,6	42,6	-
	2	20,0	4,0	33,6	44,4	-
	3	23,0	3,5	31,9	40,9	-
	4	22,0	3,7	33,1	44,4	-
	5	23,5	2,7	29,3	41,8	-
4	1	24,0	3,7	25,6	35,7	-
	2	23,0	4,2	28,4	37,0	-
	3	23,5	4,0	27,6	40,1	-
	4	24,5	3,5	28,5	35,6	-
	5	23,0	3,6	29,7	40,8	-
5	1	23,5	3,5	25,9	33,7	-
	2	24,5	4,3	28,1	34,7	-
	3	23,0	3,3	27,4	35,6	-
	4	22,0	3,9	30,8	39,7	-
	5	24,0	3,4	29,9	37,0	-

Fonte: Autor (2024)

Quadro A.6 – Resultados de *slump test* e ensaio de resistência à compressão do pavimento 8

Nº DA CONCRETAGEM	Nº DO CAMINHÃO-BETONEIRA	SLUMP TEST (cm)	FCK 12 HORAS (MPa)	FCK 7 DIAS (MPa)	FCK 28 DIAS (MPa)	FCK 63 DIAS (MPa)
1	1	24,5	28,1	35,2	46,2	-
	2	23,0	22,9	32,8	38,1	-
	3	24,0	24,5	33,2	42,9	-
2	1	23,0	6,4	32,2	41,6	-
	2	24,0	7,3	30,9	37,9	-
	3	23,0	7,3	31,2	42,1	-
	4	24,0	5,1	31,7	43,0	-
	5	23,0	5,3	33,8	39,6	-
3	1	23,0	4,1	32,5	43,6	-
	2	24,5	3,4	33,6	43,3	-
	3	22,0	3,7	32,3	42,7	-
	4	24,5	3,8	27,7	37,8	-
	5	24,0	3,1	29,8	40,1	-
4	1	23,5	5,3	29,8	38,8	-
	2	22,0	5,9	30,6	38,8	-
	3	22,0	3,0	26,8	33,7	-
	4	23,0	3,7	25,3	38,1	-
	5	22,5	3,3	24,5	35,4	-
	1	23,0	7,8	40,4	45,0	-
	2	24,0	5,7	34,3	38,0	-

5	3	25,0	5,0	32,6	35,9	-
	4	24,5	5,9	37,3	41,4	-
	5	23,5	4,3	40,6	44,0	-

Fonte: Autor (2024)

Quadro A.7 – Resultados de *slump test* e ensaio de resistência à compressão da platibanda

Nº DA CONCRETAGEM	Nº DO CAMINHÃO- BETONEIRA	SLUMP TEST (cm)	FCK 12 HORAS (MPa)	FCK 7 DIAS (MPa)	FCK 28 DIAS (MPa)	FCK 63 DIAS (MPa)
1	1	24,5	22,8	36,0	39,8	-
	2	23,5	25,8	40,0	42,3	-
2	1	23,0	3,3	35,1	43,5	-
	2	24,5	4,7	36,9	44,3	-

Fonte: Autor (2024)

JOÃO CARLOS ALVES DA SILVA FILHO

**CONTROLE TECNOLÓGICO DE CONCRETO: um estudo de caso em torre
residencial de paredes de concreto moldadas “in loco” no município de Caruaru/PE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Engenharia Civil do
Campus Agreste da Universidade Federal de
Pernambuco – UFPE, na modalidade de artigo
científico, como requisito parcial para obtenção
do grau de Bacharel em Engenharia Civil.
Defesa realizada por videoconferência.

Área de concentração: Construção Civil

Aprovado em 22 de outubro de 2024.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Flávio Eduardo Gomes Diniz (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof.^a Dr.^a Dannúbia Ribeiro Pires (Avaliadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof.^a Dr.^a Marília Neves Marinho (Avaliadora)
Universidade Federal de Pernambuco