

ANÁLISE DAS PRÁTICAS ADOTADAS EM OBRAS VOLTADAS AO CONTROLE DO CONCRETO ESTRUTURAL

Letícia C. Martinelli e Milton P. Costa Junior*

Departamento de engenharia Civil, Universidade Federal do Espírito do Santo, Vitória, ES, Brasil

Palavras-chave: Estrutura de Concreto, Controle de Qualidade, Práticas de Controle, Obras.

Resumo. O atendimento às propriedades do concreto durante sua vida útil está diretamente relacionado ao controle de qualidade realizado durante o processo produtivo desse material. Esse trabalho tem como objetivo analisar práticas e métodos, adotados em obras de construção civil de Vitória - ES, voltados aos controles realizados no processo produtivo do concreto estrutural. Tais práticas foram avaliadas num estudo de caso que, utilizando como referência as normas técnicas, fez a correlação entre as diretrizes preconizadas por elas e o que, efetivamente, é realizado nas obras. Para a pesquisa em campo foram elaborados formulários e entrevistas com base nas normatizações e nas referências relacionadas ao tema do trabalho, que serviram como instrumentos de coleta de dados. Como parte das ferramentas de coleta, foram feitas observações diretas com registros fotográficos e análise documental. Nos resultados observou-se algumas inconformidades relacionadas ao sistema de amostragem adotado e ao processo de adensamento nas obras. Contudo constatou-se que, de maneira geral, as obras estudadas estão alinhadas aos procedimentos normativos quanto ao preparo do concreto, como as atividades de dosagem e mistura, à realização dos ensaios tecnológicos e, ainda, às técnicas de concretagem de elementos estruturais.

Endereços de e-mail: leticia-carvalhomartinelli@gmail.com, milton.paulino@gmail.com*

ANALYSIS OF PRACTICES ADOPTED IN WORKS AIMED AT CONTROLLING STRUCTURAL CONCRETE

Keywords: Concrete Structure, Quality Control, Control Practices, Buildings.

Abstract. The final objective of any work carried out in concrete will always be associated with the concept of structural safety, a requirement met when a strict quality control is carried out on the material. This work aims to analyze practices and methods adopted in civil construction works in Vitória - ES, regarding the controls carried out in the structural concrete production process. These practices were evaluated taking as a reference the technical standards, where the correlation between the guidelines recommended by them was carried out, and what is actually accomplished in the works. For field research, forms and interviews were prepared based on standards and references related to the theme of the work, which served as instruments for data collection. As part of the collection tools, direct observations were made with photographic records and documentary analysis. Among the main results, there were some non-conformities related to the sampling system adopted and the process of densification in the works. However, it was found that, in general, the works studied are aligned with the normative procedures regarding the preparation of concrete, such as the dosing and mixing activities, the performance of technological tests and in relation to the concreting techniques of structural elements.

1 INTRODUÇÃO

O objetivo final de qualquer obra de construção civil executada em concreto armado sempre estará associado ao conceito de segurança estrutural, requisito atendido quando se efetua um rigoroso controle de qualidade do material [28, 20].

A condição principal para se controlar a produção do concreto de modo efetivo e confiável é assegurar a homogeneidade especificada ao material, assim como a eficácia dos equipamentos, a mão-de-obra capacitada e as etapas do processo produtivo alinhadas e atendendo às normas técnicas [26, 29, 11].

De acordo com Helene e Terzian [16], para se obter um concreto com características homogêneas é necessário assegurar-lhe a uniformidade dos materiais, as proporções adequadas, a padronização da mistura, e ainda, realizar uma análise precisa dos resultados quanto aos ensaios de caracterização.

Essas atividades de controle visam verificar e corrigir continuamente os principais parâmetros de produção que possam influenciar a qualidade do produto, sobretudo a resistência à compressão. Para tal, deve-se avaliar as características do concreto fresco, como a consistência, o teor de ar aprisionado e a relação água/cimento [16, 24, 23].

Pereira [26] aponta que as características da construção civil aliada às deficiências na legislação, acomodações do setor produtivo e a falta de cobrança por parte dos usuários por produtos de melhor desempenho, retardam a implantação de programas de controle de qualidade eficientes na maioria das obras. Fortes e Merighi [13] complementam afirmando que, no Brasil, ainda há uma barreira cultural quanto à necessidade da adesão total dessa prática.

A ausência do controle da produção pode ocasionar a utilização de materiais que não atendam às especificações do projeto ou às normas técnicas. Somado a isso, condutas inadequadas durante a execução ou até mesmo a falta de acompanhamento da produção do concreto, podem vir a gerar desde pequenas manifestações patológicas até levar a estrutura ao colapso [30, 12].

De acordo com Oliveira [22], além de comprometer o desempenho e a estabilidade da estrutura, o surgimento de manifestações patológicas consome recursos financeiros que poderiam ser evitados. Segundo Silva e Andrade [30] é mais econômico implantar medidas de controle no processo produtivo do que efetuar retrabalhos por não conformidade.

Diante desse contexto e das crescentes constatações de problemas estruturais nas edificações, a análise quanto ao real emprego das técnicas de controle assume significativa importância em função dos riscos e custos associados quando anomalias são materializadas nos empreendimentos. Assim, o presente trabalho tem o intuito de analisar as práticas e métodos adotados em obras de construção civil de Vitória – ES, quanto aos controles realizados no processo produtivo do concreto estrutural à luz da literatura e normas técnicas vigentes.

2 METODOLOGIA

Essa pesquisa foi dividida nas seguintes etapas: Revisão bibliográfica, formulação dos instrumentos de coleta, definição da amostra, levantamento de dados em campo, tratamento e análise dos dados obtidos e conclusões.

As informações necessárias à pesquisa foram definidas com base no referencial teórico pesquisado e permitiram a elaboração de formulários e entrevistas, utilizados como ferramentas para a coleta de dados desse trabalho.

Os formulários foram compostos por questões predominantemente objetivas e indicadas por códigos para facilitar a distinção durante a análise dos resultados. Eles foram elaborados para investigar as atividades das obras.

Para acompanhar a execução da concretagem em obra, foi elaborado um formulário no qual

destacavam-se 10 etapas: pedido e programação, atividades preliminares, recebimento, controle estatístico, lançamento, adensamento, nivelamento / acabamento, cura, rastreabilidade e documentos.

As entrevistas, também desenvolvidas para a coleta de dados eram semiestruturadas, ou seja, mesmo sendo compostas por questões previamente definidas, davam liberdade ao entrevistado para discorrer sobre o tema, fornecendo informações mais detalhadas.

Para visitar as obras, foram produzidas 13 questões voltadas para integrantes de corpos administrativos e/ou operacionais envolvidos na construção. Essa ferramenta de coleta possuía cinco questões sobre a programação da concretagem e três perguntas referentes ao pedido e recebimento do concreto. Além disso, contava com uma pergunta relativa à cura utilizada, e quatro sobre o controle de qualidade relacionado ao produto e serviços de concretagem. Tais questionamentos foram dirigidos ao engenheiro, ou ao técnico de edificações ou ao empreiteiro. E para garantir que todas as questões fossem respondidas, quando esses profissionais não detinham uma ou outra informação, as questões eram colocadas para outros funcionários da obra, como mestre de obras ou o encarregado.

Com o objetivo de restringir a população amostral, alguns requisitos eliminatórios foram considerados, afunilando assim a amostragem:

- estar executando a superestrutura e o esqueleto estrutural ser de concreto armado ou protendido, descartando obras com sistema metálico, de madeira, ou outro tipo de material;
- o concreto ser proveniente de central e a concretagem ser feita por bombeamento, e não de modo convencional;
- ter área total construída de 1000 m² à 5.000 m² ou entre 5.000 m² à 10.000 m² para ser classificada de médio ou grande porte, e conseqüentemente, não englobar pequenas obras como residências unifamiliares, por exemplo; e
- a construtora envolvida atuar no mercado há pelo menos 15 anos, pois por se tratar de práticas adotadas, a experiência na área poderia indicar aprimoramento das técnicas de controle durante a concretagem.

Para levantamento do marco amostral, ou seja, da lista de elementos que compõem a população-alvo, foram buscadas fontes confiáveis em órgãos públicos e entidades sindicais.

A quantidade de obras em fase estrutural, de médio e grande porte, foi disponibilizada pelo setor SEDEC (Secretaria de Desenvolvimento da Cidade)/GCE do Centro Integrado de Atendimento ao Cidadão (CIAC), por meio de uma planilha elaborada por membros da Prefeitura de Vitória – ES.

De acordo com a planilha, no período da pesquisa, estavam em construção 17 edifícios em Vitória – ES, caracterizando o primeiro universo desse estudo.

Dependendo do cumprimento de requisitos, a amostragem é classificada como probabilística ou não-probabilística. Para ser considerada probabilística, todos os indivíduos da população devem ter chance não-nula de serem selecionados. Deste modo, devido a dependência de acessibilidade às obras, a composição aleatória da amostra seria inviável, o que a torna não-probabilística.

Além disso, como a amostragem do estudo é constituída por unidades escolhidas com base em características do grupo investigado, é classificada como não-probabilística por conveniência. De acordo com Gonçalves [14], esse tipo de amostra é formado pela seleção de elementos disponíveis e dispostos a oferecer informações necessárias ao estudo.

A composição da amostragem iniciou pela busca por obras com características construtivas similares, o que permitiria que os dados individuais pudessem ser comparados.

Diante do dado numérico fornecido pela Sinduscon – ES, ou seja, 17 obras apontadas pela Prefeitura Municipal, foi constituída uma amostragem contendo cinco obras de diferentes construtoras, denominadas de Empreendimento D, E, F, G e H, respectivamente. Essa

nomenclatura foi adotada com o intuito de evitar a exposição das empresas quando relatadas eventuais inadequações dos procedimentos utilizados.

Para complementar as coletas de dados nas obras foi desenvolvido um roteiro, contemplando a ordem de aplicação dos instrumentos de coleta, o perfil dos entrevistados e os recursos utilizados para registro das respostas, como anotações e gravações de áudio.

Dessa forma, seguindo orientações do roteiro, concomitantemente ao que era observado, foram preenchidos os formulários e entrevistas na sequência em que foram formulados.

Segundo Yin [32], a análise e combinação dos dados obtidos das múltiplas fontes evita distorções e produz resultados mais estáveis e confiáveis. Desta forma, a etapa de coleta é contemplada não somente por dados primários (formulários, entrevistas, observação direta), mas também por secundários, como análise de documentos, projetos e relatórios.

De forma geral, foram analisados os relatórios dos ensaios de controle tecnológico, os certificados de calibração dos equipamentos, de ambas as amostragens.

Por ser tratar de uma pesquisa de métodos mistos, os dados qualitativos e quantitativos coletados exigem análises de naturezas diferentes, mas produzem interpretações mutuamente complementares. Para tal, utilizou-se a técnica descritiva multivariada, que possibilita uma comparação entre os casos, buscando similaridades, divergências, e identificando padrões.

Essa análise contempla a constatação de características individuais, e verifica a compatibilidade das condutas com o que regem às normas técnicas, cujos resultados são apresentados por meio de gráficos de colunas.

Quanto à parte objetiva, as informações adquiridas foram tabuladas e tiveram suas percentagens computadas, possibilitando assim, atribuir números a propriedades, de modo a proporcionar informações úteis para atingir os objetivos propostos. Já os dados qualitativos, foram retratados por meio de comentários.

3 RESULTADOS

O esqueleto estrutural das construções estudadas é composto por pilares e lajes planas de concreto armado e protendido, exceto na Obra H em que as lajes são nervuradas. Além disso, todas as obras são realizadas por empresas atuantes no mercado imobiliário há pelo menos 15 anos e são classificadas como obra de grande porte por possuírem mais de 5.000 m² de área construída.

De acordo com os responsáveis pelas obras acompanhadas, as datas de concretagem eram planejadas no início ou durante a fase estrutural. Na Obra D, por exemplo, após a execução da estrutura de um pavimento, o seguinte era programado na reunião de PPI (planejamento, produção e inspeção). De forma semelhante, nas Obras F e G a nova data de concretagem era definida com base no tempo consumido para montagem de fôrmas, escoramentos e armaduras no pavimento inferior. Já nas Obras E e H, todas as datas foram previstas após o término da fundação.

Nas cinco obras visitadas, cerca de uma semana antes da data prevista, os responsáveis técnicos solicitavam o concreto especificando à central informações como: a resistência característica à compressão do concreto aos 28 dias e a classe de consistência no estado fresco. O primeiro parâmetro era consultado no projeto, e o outro definido pelo responsável da obra (Figura 1).

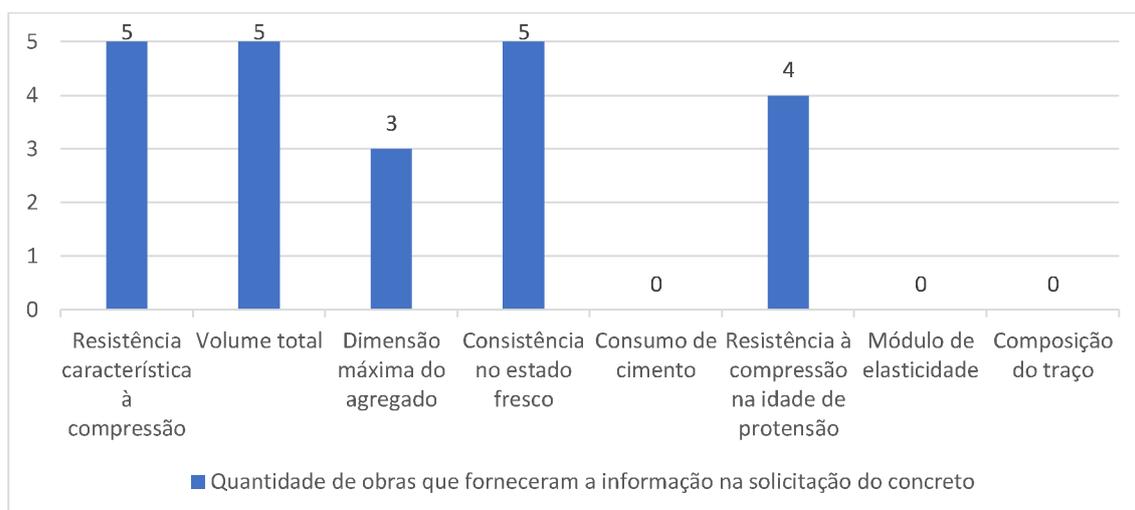


Figura 1: Quantitativo das informações fornecidas na solicitação do concreto às centrais

Em alguns casos, outras características como a dimensão máxima do agregado graúdo e a resistência necessária para aplicação da protensão também eram fornecidas. Em todos os casos, as características informadas na solicitação correspondiam ao que fora definido em projeto, inclusive quanto à escolha dos materiais empregados e condições de aplicação do concreto.

Como parte do plano de concretagem, devido ao grande porte das Obras D, E, F e G, foi necessário programarem as entregas dos caminhões da seguinte forma:

- liberação de volumes de concreto múltiplos de 8 ou 10, para receberem caminhões-betoneira com a máxima capacidade nominal, de forma contínua. Tais valores se deviam aos caminhões da prestadora de serviço à Obra D, transportarem no máximo 8 m³, e até 10 m³ os caminhões oriundos da Central B diretamente para as Obras E, F e G; e
- solicitação do volume restante estimado após o lançamento da penúltima betonada, finalizando o pedido.

Quanto aos critérios para escolha da central dosadora de concreto, três das cinco obras analisadas tinham como fator decisivo a qualidade dos serviços prestados, contudo, nenhuma havia visitado a central para atestar o atendimento às normas técnicas pertinentes. Já as demais obras optaram por empresas de concreto de menor custo.

Segundo a ABESC [3] a prestadora de serviço de concretagem deve ser escolhida levando em consideração a infraestrutura da central, a localização dela em relação à obra, o nível de controle tecnológico, entre outros aspectos. Portanto, percebe-se que os critérios de seleção das obras analisadas divergem do recomendado.

Quanto ao recebimento do concreto, observou-se como procedimento padrão nas obras visitadas a preparação do canteiro para facilitar o acesso dos caminhões-betoneira e estacionários ao local de descarga do concreto. Para tal, foram feitas aberturas no tapume que permitiram livre movimentação horizontal e vertical dos veículos, atendendo ao preconizado na NBR 14931 [4].

Além disso, nos cinco casos, a média de tempo decorrido entre a primeira adição de água de amassamento até a entrega do concreto foi de uma hora, chegando até a 90 minutos, prazo considerado limite pela NBR 7212 [7].

Durante o recebimento do caminhão na Obra D foi conferido o lacre, e todas as informações contidas no documento fiscal entregue pela prestadora de serviço, procedimento que se repetiu em todas as outras obras acompanhadas.

Esses documentos continham os itens exigidos pela NBR 7212 [7], como a resistência característica a compressão, o volume de concreto, a classe de consistência, o horário da

primeira adição de água e a quantidade máxima de água complementar a ser adicionada na obra (Figura 2).

DADOS DO PRODUTO / SERVIÇO								
CÓD. PROD.	DESCRIÇÃO DOS PRODUTOS / SERVIÇOS	NCM/SH	CST	CFOP	UN.	QUANTIDADE	V. UNITÁRIO	V.
04042110	CBE FC5D 21,0 MPA B01 10+-02 FCK 30,0	8160090	099	5949	M3	8,0	168,66	

DADOS ADICIONAIS	
RESPONSABILIDADE: 21,1	TIPO DE CIMENTO: 04020030
TIPO DOSAGEM: BOMBEAVEL ESPECIAL	SLUMP: 10+-2
MATERIAIS ADQUIRIDOS DE TERCEIROS PARA PREPARO E APLICAÇÃO	
OTD 8,0 M3 DE: CBE FC5D 21,0 MPA B01 10+-02 FCK 30,0	
V. ABATIM. DE: 10+-2 CM:	
SERVIÇO DE LANÇAMENTO DE CONCRETO CONFORME CONTRATO DE EMPREITEIRA DE CONSTRUÇÃO CIVIL Nº 47027	
SOMENTE PARA CONTROLE INTERNO O DOCUMENTO HABIL PARA LANÇAMENTO CONTÁBIL SERÁ A FATURA DE OBRAS E SERVIÇOS CONTRAT	
** ATENÇÃO: NÃO NOS RESPONSABILIZAMOS POR CONCRETO LANÇADO COM SLUMP FORA DA FAIXA ESPECIFICADA **	

ÁGUA RETIDA NA USINA: 20,00 L / M3	TERMO DE RESPONSABILIDADE Determinei a adição de _____ litros de água no volume de concreto, elevando o Abatimento máximo para _____ Tenho ciência de que essa adição de água acarretará alteração características do concreto, diminuindo sua resistência. Nome Responsável: _____
PEÇA CONCRETADA: LAJE	
NUMERO DE CPS: 4	
IDADE DE ROMPIMENTO: 5, 7, 28, 28	
ÁGUA RETIDA NA OBRA: SLUMP CONCRETO: 13cm	

Figura 2: Documento fiscal entregue na Obra D pela Central

E ainda, além das informações obrigatórias, também constavam na nota entregue pela Central B para as Obras E, F e G, o tipo de cimento e agregado graúdo utilizado.

Na Figura 3 observa-se a quantidade de obras que receberam as informações exigidas pela NBR 7212 [7].

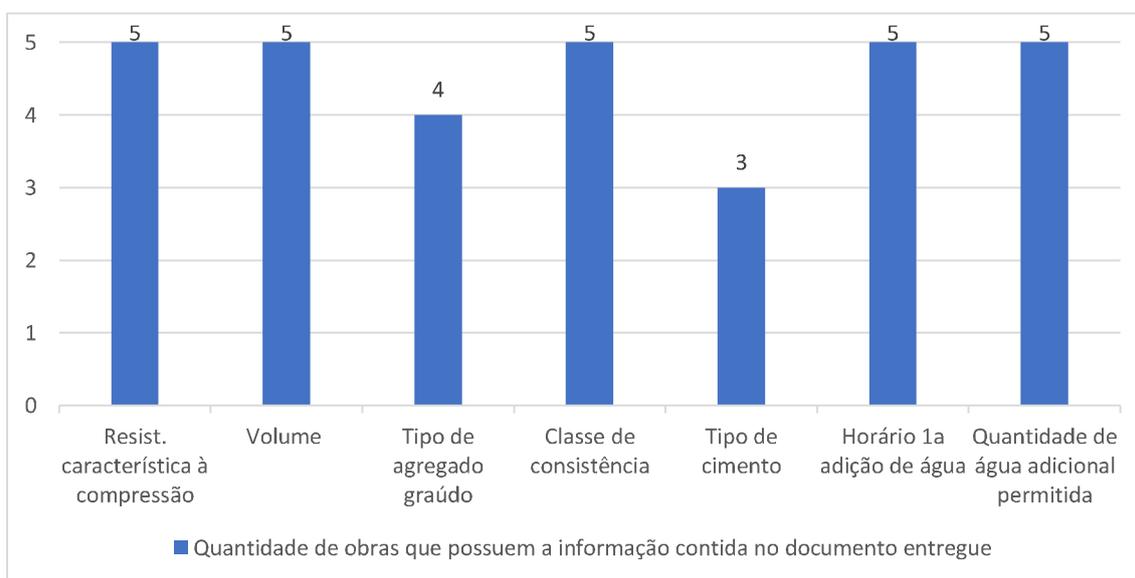


Figura 3: Informações contidas no documento fiscal do concreto entregue à obra

Por fim, para aceitação preliminar do lote, as cinco obras verificaram a consistência do concreto pelo abatimento do tronco de cone (*Slump Test*) antes do início da descarga de todas as betonadas, em conformidade ao que preconiza a NBR 12655 [10].

Os responsáveis pela execução desse, e de todos os ensaios de controle tecnológico, eram mão de obra própria nas Obras D, F e G, e terceirizados nas Obras E e H. O Tabela 1 indica os

cargos dos funcionários por obra.

Tabela 1: Cargos dos executores dos ensaios de controle tecnológico

	Obra D	Obra E	Obra F	Obra G	Obra H
Função	Carpinteiro treinado	Laboratorista terceirizado	Almoxarife	Estagiário de engenharia	Técnico da Central

Ao ser observada cada etapa da realização do ensaio, constatou-se que apenas o técnico de laboratório contratado pela Obra E seguiu fielmente as prescrições da NBR NM 67 [9], como pode ser notado na Figura 4.

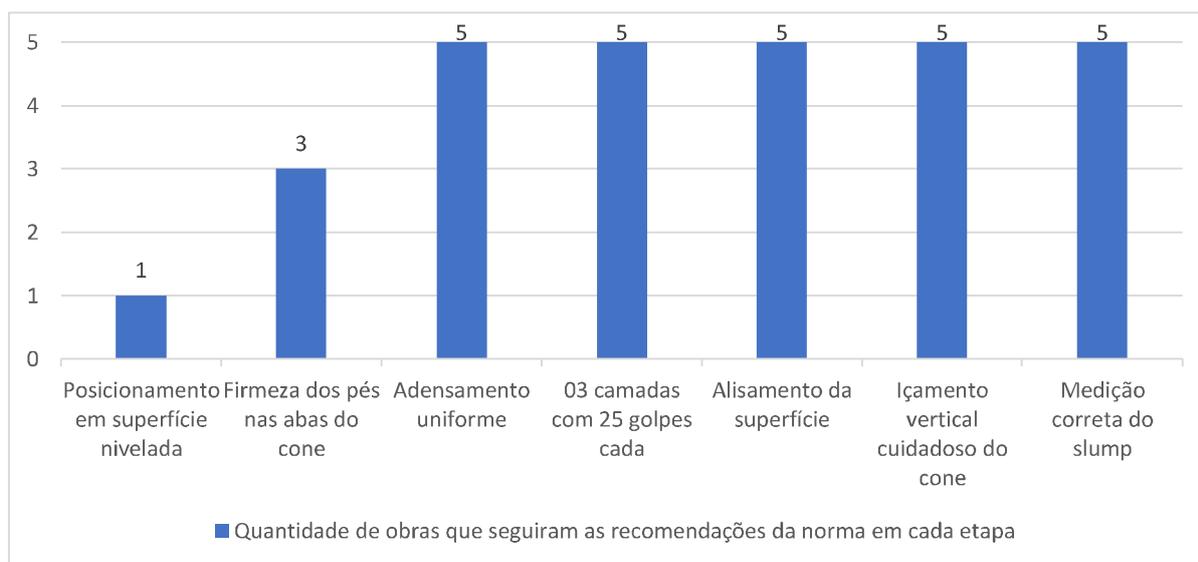


Figura 4: Quantitativo de obras que seguiram a norma quanto ao ensaio de abatimento

Segundo a ABESC [3], o resultado do *Slump Test* deve corresponder a tolerância especificada no documento entregue. Todavia, vários abatimentos medidos durante as concretagens acompanhadas ficaram fora da faixa permitida.

Quando os responsáveis pelo recebimento do concreto nas obras D e F se depararam com duas situações de medições acima do especificado, foi solicitado a rotação contínua do caminhão-betoneira por alguns minutos, e em seguida, realizado novamente o ensaio.

Em um dos casos, a consistência desejada foi atingida na segunda medição, já no outro, o responsável pela obra solicitou o retorno do caminhão para a central, posicionamento respaldado pela NBR 12655 [10].

Por outro lado, diante dos inúmeros casos de abatimento abaixo da faixa, ou seja, da perda de trabalhabilidade, todas as obras acompanhadas adicionaram água em, no mínimo, um caminhão recebido. Apesar de atenderem ao limite estabelecido no documento fiscal conforme orientação da NBR 7212 [7], inexistia uma padronização entre as condutas tomadas para adequar a fluidez do concreto às condições de aplicação.

O almoxarife da Obra E, por exemplo, informou que para cada 10 mm de aumento desejado no abatimento, adicionavam 15 litros de água. Já nas obras D e F, os responsáveis decidiam a quantidade de água complementar arbitrariamente, se posicionando de diferentes formas em cada situação.

Mehta e Monteiro [19] afirmam que a perda de abatimento é um fenômeno normal em todos os concretos porque resulta do enrijecimento gradual da pasta de cimento hidratada, entretanto deve ser rigorosamente controlada para não comprometer o desempenho da estrutura.

Em estudo, Pelisser e Teixeira [25] corroboram a afirmação anterior ao constatar que, como forma de melhorar a trabalhabilidade, a adição de água é eficiente, porém, dificilmente manterá a homogeneidade da mistura e por provocar um excedente da umidade especificada no traço, resulta no aumento da relação água/cimento levando a redução da resistência final do concreto.

Em relação ao controle estatístico do concreto, Helene e Terzian [16] afirmam que o tamanho da amostra deve ser definido com base em uma quantidade mínima de exemplares que permitem uma inferência estatística. Para os autores, quanto maior o número de exemplares, melhor a estimativa da resistência característica e maior as probabilidades de aceitação do concreto lançado.

Nas Obras D, E, F e G o sistema de Amostragem adotado foi total, ou seja, cada lote correspondia a uma betonada da qual era retirada uma amostra para se moldar dois exemplares cada. Já na Obra H, as amostras que compunham três corpos de prova eram coletadas em betonadas alternadas, configurando Amostragem Parcial.

Em todos os casos, a quantidade de material coletada atendia ao mínimo recomendado pela NBR NM 33 [8]. Contudo, ainda com relação ao que rege essa norma, apenas as Obras D, F e G colheram a amostra no terço médio do caminhão, enquanto as Obras E e H utilizaram uma mesma amostra retirada nos 15% iniciais do volume do caminhão, para realizar o *Slump Test* e moldar os corpos de prova.

Segundo Helene e Terzian [16], em geral, o concreto do primeiro terço do caminhão possui maior concentração de agregado e menor teor de argamassa, ou seja, não tem exatamente o traço da dosagem. Portanto coletar material para corpo de prova nos primeiros 15% da descarga de concreto, pode aumentar a dispersão dos resultados de resistência e prejudicar a avaliação da qualidade do concreto.

Mascolo *et al* [18] afirmaram que estatisticamente há diferença do teor de agregado graúdo ao variar os pontos de coleta da amostra. No estudo, foi constatado uma maior concentração de brita no início da descarga, o que corrobora as declarações dos autores supracitados. Entretanto, o mesmo estudo mostrou que não é possível afirmar que as amostras retiradas da porção intermediária conforme prescrição das normas ABNT NBR NM 33 [8], têm melhor representatividade do lote em relação à resistência à compressão.

Quanto à moldagem dos corpos de prova, observou-se que a partir da retirada das amostras de concreto, os funcionários responsáveis pelos ensaios de controle tecnológico moldaram em formas cilíndricas de dimensões 10 x 20 cm, que posteriormente foram submetidas ao ensaio de resistência à compressão axial.

A Figura 5 apresenta o atendimento das moldagens realizadas quanto aos procedimentos descritos na ABNT NBR 5738 [5].

Diante dos resultados apresentados na figura 5, observa-se que, semelhante ao ensaio de abatimento, apenas 20% das obras analisadas moldaram os corpos de prova em superfície rígida e nivelada (Figura 6). Condição que, segundo Leuck *et al* [17], pode intervir no resultado de resistência à compressão do corpo de prova.

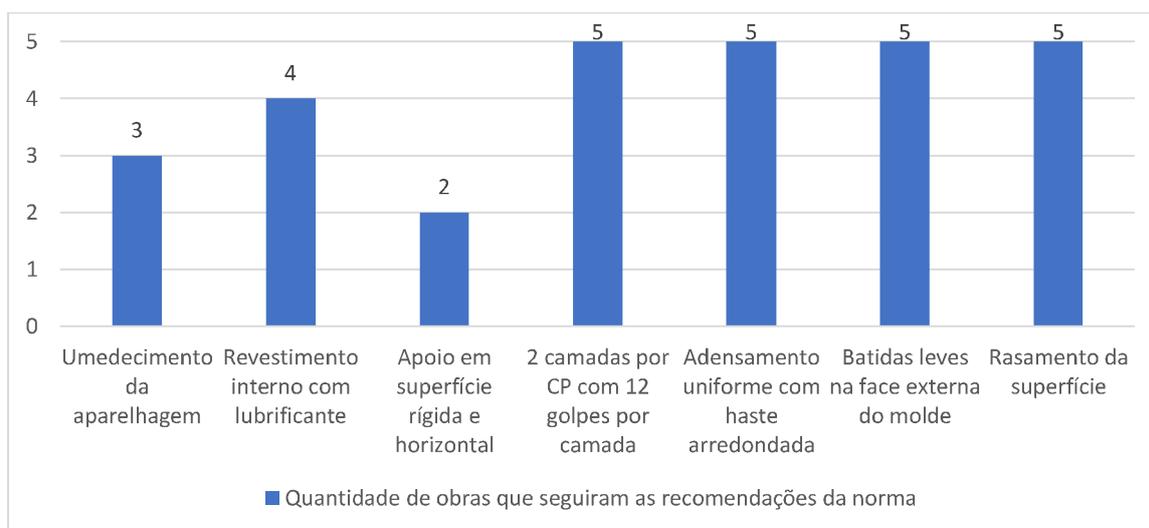


Figura 5: Quantitativo de obras que atenderam à norma quanto a moldagem de corpos de prova



Figura 6: Moldagem de corpos de prova pelo funcionário da Obra D

Na visita de retorno às obras, foi constatado como procedimento padrão que após o período de cura inicial que durou cerca de 24 horas, os corpos de prova foram desmoldados e transportados até os laboratórios contratados pelas obras D, E, F e G, e para a Central C no caso da obra H, para serem submetidos aos métodos de cura mostrados no Tabela 2.

Tabela 2 – Métodos adotados para cura de corpos de prova.

	Obra D	Obra E	Obra F	Obra G	Obra H
Método de cura do CP	Imerso em água	Armazenado em câmara úmida	Armazenado em câmara úmida	Armazenado em câmara úmida	Imerso em água

De acordo com as informações coletadas em campo, os corpos de prova permaneceram nessas condições de temperatura e umidade controlada até atingirem as idades de rompimento definidas pelas construtoras, período em que foram ensaiados para se obter a resistência a

compressão do exemplar.

Nas Obras D e E um corpo de prova era ensaiado aos cinco dias para liberação da protensão, uma contraprova aos 7 dias, e outros dois após 28 dias. Tal conduta era similar nas outras obras, exceto pela data de rompimento do segundo corpo de prova que também era realizado aos cinco dias nas Obras F e G, e inexistia na Obra H.

O Tabela 3 resume as idades de rompimento dos corpos de provas de cada obra analisada.

Tabela 3 – Idades de controle dos corpos de prova das obras.

	Obra D	Obra E	Obra F	Obra G	Obra H
CP 01 do 1º exemplar	5 dias				
CP 02 do 1º exemplar	7 dias	7 dias	5 dias	5 dias	-
CP 01 do 2º exemplar	28 dias				
CP 02 do 2º exemplar	28 dias				

Segundo a ABNT NBR 12655 [10], cada exemplar deve ser constituído por dois corpos de prova da mesma massada, para cada idade de rompimento. Portanto, observa-se que apenas dois das cinco obras visitadas atendem ao preconizado, ao moldarem e romperem os exemplares no mesmo ato. Contudo, para aceitação definitiva do concreto lançado, todas as equipes analisadas seguiram as recomendações da ABNT NBR 5739 [6] ao comparar os resultados laboratoriais com o valor estimado pelo projetista. Nessa situação apenas uma obra alegou já ter identificado divergência, a qual foi verificada por meio de extração de dois testemunhos na estrutura acabada que não havia necessidade de intervenções corretivas, como reforço estrutural ou reconstrução.

No que diz respeito ao lançamento do concreto nas formas, durante as visitadas observou-se que cada obra seguia uma logística que variava de acordo com as condições de aplicação e área a ser concretada. Algumas obras iniciaram o lançamento nas áreas de difícil alcance e finalizaram pela escada para desimpedir o tráfego durante a operação, já outras, por questões de segurança, preencheram primeiro os pilares, e em seguida a laje rotacionando as tubulações.

Uma constatação unânime entre os lançamentos por bombas estacionárias, era a dificuldade de movimentação das extensas tubulações emendadas. Por ser um mecanismo rígido e bruto, deslocá-lo demandava tempo e força (Figura 7), fatores que interferiram diretamente na continuidade da operação. Entretanto, em nenhuma concretagem acompanhada esse gargalo gerou atrasos que ultrapassaram o tempo permitido pela ABNT NBR 7212 [7] contado da primeira adição de água até o fim do lançamento, ou seja, 150 minutos.



Figura 7: Mobilização de pessoal para deslocamento de tubo na Obra E

Polesello *et al* [27] em estudo experimental para avaliar o impacto nas propriedades de concretos aplicados em tempo superior ao especificado pela norma, concluiu que é possível a sua utilização, desde que a trabalhabilidade seja mantida até o fim do lançamento.

Apesar da descontinuidade do lançamento em algumas obras, de forma geral, as práticas adotadas nas cinco concretagens seguiram às prescrições da norma ABNT NBR 14931 [4] como mostra a Figura 8.

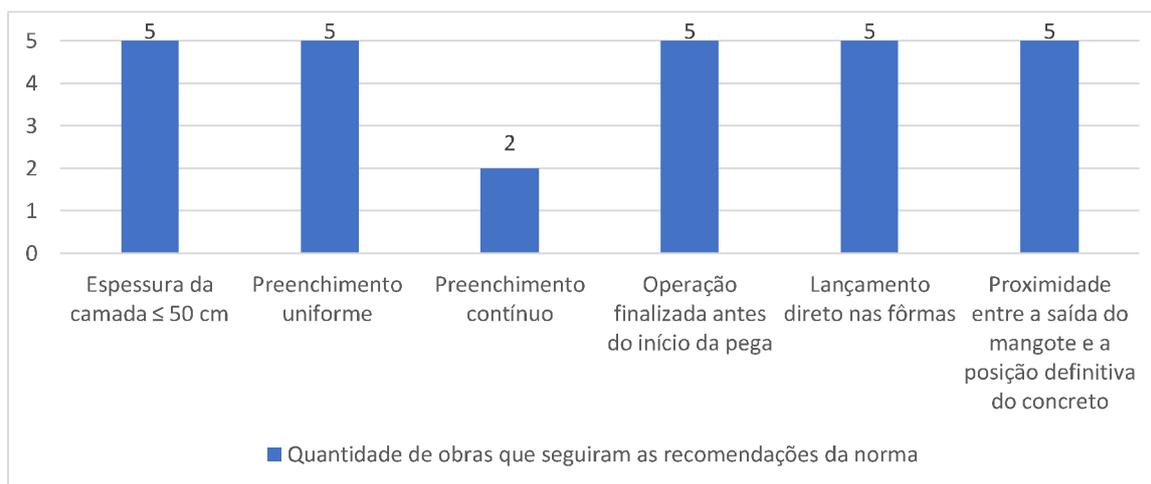


Figura 8: Quantitativo de obras que atenderam à norma quanto ao lançamento

Entretanto, ainda conforme a ABNT NBR 14931 [4], somente três das cinco obras acompanhadas tomaram medidas especiais quando a altura de queda livre do concreto ultrapassava dois metros. Nessas situações, a Obra D realizou o preenchimento em três camadas adensadas individualmente, enquanto as Obras E e G empregaram um concreto mais fluido que era lançado de forma gradual.

O controle do lançamento em peças esbeltas evita que pela diferença das massas específicas dos materiais constituintes, a brita chegue na base do elemento antes da argamassa, formando nichos de concretagem na parte inferior da peça estrutural [21].

No que se refere ao adensamento e nivelamento do concreto, em todas as concretagens analisadas, o adensamento foi realizado mecanicamente por agulha de imersão, e o nivelamento das lajes com uso de mestras metálicas, e de régua vibratória no caso da Obra G. Segundo os entrevistados de cada obra, as condições operacionais desses equipamentos eram verificadas um dia antes da concretagem.

Quanto ao acabamento da laje, exceto na Obra H, para propiciar textura rugosa à superfície concretada era utilizada a técnica de “vassouramento” durante o período de pega.

De acordo com a densidade de armação no elemento estrutural, as obras operaram com agulhas vibratórias de diferentes diâmetros. Em peças estreitas e com alta concentração de barra de aço foram utilizadas agulhas de 35 mm de diâmetro (Figura 9), e nas lajes de 45 cm para permitir o arranjo da massa nos cantos das fôrmas.



Figura 9: Adensamento de pilares na Obra H

A Figura 10 mostra o atendimento ao que rege a ABNT NBR 14931 [4] quanto aos procedimentos realizados pelas cinco obras durante o adensamento.

Nota-se pelo resultado encontrado na Figura 10, que ao contrário do que se preconiza na ABNT NBR 14931 [4], em todas as obras acompanhadas foram identificadas diversas aplicações da agulha com uma inclinação superior a 45°, chegando até a posição horizontal. Baseado no Manual de adensamento da ABCP [2], essa conduta não garante a propagação da vibração gerada pelo movimento harmônico, desperdiçando tempo de operação.

Além disso, observa-se também que em três obras houve manipulação excessiva do concreto em alguns pontos, o que visualmente provocou a migração do material fino e da água para a superfície. De acordo Silva e Andrade [30], esse fenômeno denominado de exsudação propicia a ocorrência de manifestações patológicas durante o endurecimento da massa.

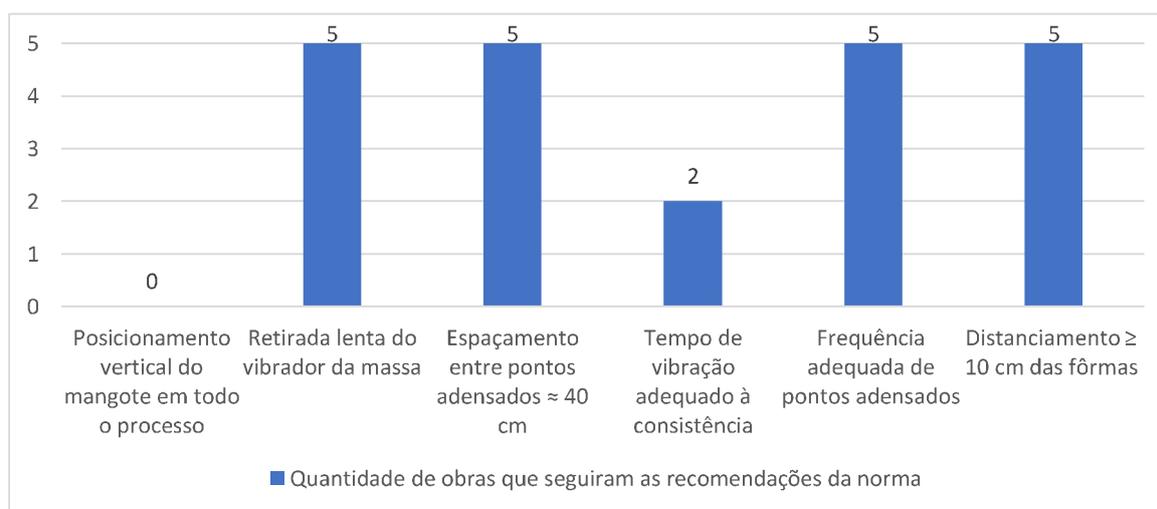


Figura 10: Quantitativo de obras que atenderam à norma quanto ao adensamento

Quanto à cura do concreto, cada obra visitada possuía um método padrão de cura do concreto, como a irrigação periódica e o cobrimento da superfície com materiais que evitavam a evaporação precoce de umidade necessária à hidratação do cimento. Esses procedimentos

eram seguidos independentemente do tipo de cimento, da consistência no estado fresco e presença de aditivos no concreto.

Na Obra D o método adotado consistia no bombeamento de água advinda de caixas d'água instaladas no canteiro. Nessa obra, devido a automatização do processo, a irrigação ocorreu de forma interupta por 10 dias consecutivos. Também por bombeamento temporizado, a Obra E realizou a cura com mangueira furada por cinco dias, e a Obra H, por 7 dias.

Já as Obras F e G cobriram a superfície da laje com manta de polietileno (Figura 11) para mantê-la úmida por 6 dias e protegida contra elementos deletérios ao concreto, como altas temperaturas e ação de agentes químicos.



Figura 11: Cura da superfície com manta de polietileno na Obra F

Conforme informado pelos entrevistados, geralmente o concreto recebido atinge o fim de pega poucas horas após o lançamento. Deste modo, todas as obras estudadas iniciaram a saturação da superfície recém concretada cobrindo-a com uma pequena lâmina de água manualmente. Conduta presenciada durante a concretagem da Obra F.

Segundo a ABNT NBR 14931 [4], elementos estruturais devem ser curados até que atinjam resistência à compressão igual ou superior a 15 MPa. Contudo, observa-se como procedimento padrão nas obras estudadas que a cura segue um tempo fixo previamente definido, conduta respaldada pela ACI 308 [1] a qual recomenda que os concretos correntes devem ser mantidos úmidos durante 7 dias.

Thomaz [31] afirma que quanto maior for a duração da cura, melhores serão as condições de formação dos cristais, e conseqüentemente, maior a resistência e durabilidade do material.

Helene e Salomon [15] apontam que a escolha da técnica mais apropriada de cura passa pela análise do processo construtivo, verificando a velocidade de desforma, o custo e a disponibilidade de recursos. Além do tipo de estrutura, devido a umidade relativa do ambiente, temperatura e velocidade do vento, o local onde está localizada a obra também precisa fazer parte dos critérios de seleção.

Durante o período de visita, a umidade relativa do ar média constatada nas cinco concretagens foi de 60% e a temperatura de 29 °C. Segundo Helene e Salomon [15], em regiões com 95% de umidade não é preciso aplicar nenhuma técnica de cura, por outro lado, em áreas secas a ação é obrigatória. Portanto, diante das condições ambientais favoráveis, a aplicação de cura úmida adotadas nas cinco obras estudadas é consentida.

No que diz respeito a rastreabilidade, durante a execução da estrutura os encarregados das

Obras D e G, o estagiário da Obra F e o gerente administrativo da Obra H, contornaram as áreas de aplicação das betonada em um croqui da planta baixa, documento denominado de mapa de concretagem.

Como parte do controle das etapas de concretagem, três das cinco obras visitadas registraram detalhadamente o processo anotando os horários de chegada de cada caminhão, o horário de lançamento, abatimento obtido, volume de água adicionado, entre outras informações adicionais (Figura 12).

CONTROLE DA CONCRETAGEM								
Nº	Elemento	Volume [m³]	Nota Fiscal	Saída Central	Chegada Obra	Descarga Início - Fim	Slump [mm]	Adição de Água [L]
1º	Área 1; P1; P2; P3	10,0	NF - 11170	07:55	08:35	8:52 - 9:10	140,0	10,0
2º	Área 2	10,0	NF - 11171	08:13	08:48	9:15 - 9:30	125,0	15,0
3º	Área 3; P6; 35% P7	10,0	NF - 11172	09:16	09:36	9:55 - 10:28	145,0	-
4º	Área 4; P12A; 30% P7	10,0	NF - 11173	09:27	10:03	10:34 - 10:55	115,0	15,0
5º	Área 5; P13; P14	10,0	NF - 11174	09:39	10:15	11:00 - 11:15	115,0	15,0
6º	Área 6; P9; 35% P7	10,0	NF - 11175	09:53	10:29	11:31 - 11:47	115,0	15,0
7º	Área 7; P15	10,0	NF - 11176	10:05	11:10	11:51 - 12:08	110,0	20,0
8º	Área 8; P16A; 20% P8	10,0	NF - 11177	12:10	12:46	13:13 - 13:37	90,0	30,0

Figura 12: Informações adicionais registradas na Obra G

Em todos os cinco casos, a equipe administrativa da obra arquiva documentos como certificados, relatórios, notas fiscais, projetos e laudos por pelo menos cinco anos a partir do Habite-se.

4 CONCLUSÃO

Observou-se nesse estudo que as empresas pesquisadas podem ser consideradas experientes no processo de produção de concreto armado, por já atuarem no mercado pelo menos a 15 anos. Apesar da notória preocupação quanto a adoção de práticas de controle antes, durante, e após a concretagem, ainda ocorrem falhas na execução provavelmente ocasionadas pela falta de treinamento da equipe envolvida.

No recebimento do concreto, observou-se a preparação da obra para o acesso do caminhão e do material. As informações do concreto apresentadas pelo fornecedor em nota fiscal atendiam ao especificado em norma e era realizado o ensaio de *Slump Test* antes de descarregar o concreto. Porém, verificou-se que apenas em uma obra havia um profissional específico da área (laboratório) para realização do ensaio de controle tecnológico.

A moldagem de corpos de prova era realizada pelas empresas, porém, nem todas coletam amostra no terço médio do caminhão, o que pode não representar o traço da mistura, de acordo com a literatura. E apesar de todas as obras realizarem a moldagem de CPs, nem todas atendem às recomendações da norma quanto aos procedimentos de moldagem. A cura realizada nos CPs estava atendendo a literatura e as idades de rompimento variavam de 5, 7 e 28 dias, conforme a necessidade da obra.

O concreto utilizado nas obras foi o bombeado. Destaca-se a dificuldade das empresas quanto à movimentação das extensas tubulações emendadas, pelo fato delas serem um mecanismo rígido, que demandava força para o seu deslocamento.

O lançamento do concreto nas cinco obras atendia à norma pertinente, porém, nem todas tomaram medidas especiais quando à altura de queda livre, acima de 2 metros. O adensamento foi realizado com agulha de imersão e o nivelamento das lajes com uso de mestras metálicas, e de régua vibratória.

No processo de adensamento observou-se o posicionamento incorreto do vibrador e manipulação excessiva do concreto na maioria das obras analisadas, o que visualmente provocou a ascensão da água de amassamento para a superfície, fenômeno chamado de exsudação. Como consequência dessa segregação podem ocorrer fissuras por retração plástica devido à perda de água durante o endurecimento do concreto, manifestação patológica que comprovadamente afeta a estrutura.

Todavia, foi possível constatar, também, a eficácia da comunicação entre as obras e as centrais analisadas devido a correspondência entre as solicitações do concreto às centrais e o que efetivamente era entregue nas obras. Solicitações essas, que, em todas as cinco obras investigadas atendiam às especificações do projeto estrutural.

Quanto à cura do concreto, cada obra tinha seu método, porém, todas atendendo a literatura vigente.

Com este estudo, conclui-se que mesmo tendo observado pontuais inconformidades frente às normatizações, as cinco empresas estudadas atendem às práticas de controle em toda a cadeia produtiva do concreto, com foco para se alcançar a qualidade final da construção.

REFERÊNCIAS

- [1] American Concrete Institute. *ACI 308.1: Specification for Curing Concrete*. Farmington Hills, 2011.
- [2] Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP). *Adensamento do concreto por vibração*. ABCP, 2005.
- [3] Associação Brasileira das Empresas de Serviço de Concretagem (ABESC). *Manual do concreto dosado em central*. In: Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Concretagem do Brasil, 2007.
- [4] Associação Brasileira de Normas Técnicas. *ABNT NBR 14931:2004 Execução de estruturas de concreto – Procedimento*. ABNT/CB-002 Construção Civil, Rio de Janeiro – RJ, 2004.
- [5] _____. *ABNT NBR 5738:2015 Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova*. ABNT/CB-018 Cimento, Concreto e Agregados, Rio de Janeiro – RJ, 2015.
- [6] _____. *ABNT NBR 5739:2018 Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos*. ABNT/CB-018 Cimento, Concreto e Agregados, Rio de Janeiro – RJ, 2018.
- [7] _____. *ABNT NBR 7212:2012 Execução de concreto dosado em central - Procedimento*. ABNT/CB-018 Cimento, Concreto e Agregados, Rio de Janeiro – RJ, 2012.
- [8] _____. *ABNT NBR NM 33:1998 Concreto - Amostragem de concreto fresco*. ABNT/CB-018 Cimento, Concreto e Agregados, Rio de Janeiro – RJ, 1998.
- [9] _____. *ABNT NBR NM 67:1998 Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone*. ABNT/CB-018 Cimento, Concreto e Agregados, Rio de Janeiro – RJ, 1998.
- [10] _____. *ABNT NBR 12655:2015 Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento*. ABNT/CB-018 Cimento, Concreto e Agregados, 2015.

- [11] L. A. F. Bauer e R. J. F. Bauer. *Controle Tecnológico do Concreto – Patologias e Terapias das Estruturas (Parte II)*. In: F. BAUER (coordenador). *Materiais de Construção*. LTC, 5ª edição, 2016.
- [12] F. L. Bolina, B. F. Tutikian e P. Helene. *Patologia de Estruturas*. Oficina de Textos, 2019.
- [13] R. M. Fortes e J. V. Merighi. *Controle tecnológico e controle de qualidade – um alerta sobre sua importância*. Comissão Editorial – COBENGE, 2004.
- [14] J. B. Gonçalves. *Amostragem: conceitos básicos*. 2009.
- [15] P. Helene e L. Salomon. *Cura do Concreto*. Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción – ALCONPAT. Boletín Técnico, 2013.
- [16] P. Helene e P. Terzian. *Manual de Dosagem e Controle do Concreto*. Pini, 1993.
- [17] H. Leuck, N. Ayumi, L. R. Lerner. *Erros no Processo de Moldagem de Corpos de Prova – Influência na Resistência à Compressão*. Anais do 60º Congresso Brasileiro do Concreto, Foz do Iguaçu – PR, Brasil, 2018.
- [18] R. Mascolo, D. C. C. Dal Molin e A. B. Masuero. Concreto usinado: análise da variação da resistência à compressão e de propriedades físicas ao longo da descarga do caminhão betoneira. *Revista Ibracon de Estruturas e Materiais*, 6(2), 2013.
- [19] P. K. Mehta e P. J. M. Monteiro. *Concreto: estrutura, propriedades e materiais*. Pini, 2ª edição, 2014.
- [20] J. G. Mendes. Controle tecnológico do concreto. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*. Ano 6, 7(7): 49–61, 2021
- [21] A. M. Neville e J. J. Brooks. *Tecnologia do concreto*. Bookman, 2ª edição, 2013.
- [22] D. F. Oliveira. *Levantamento de causas de patologias na construção civil*. Monografia de conclusão de curso de graduação, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro – RJ, Brasil, 2013.
- [23] H. M. de Oliveira. *Propriedades do Concreto Endurecido*. In: F. Bauer (coordenador). *Materiais de Construção*, LTC, 5ª edição, 2016.
- [24] J. Pacheco e P. Helene. *Controle da Resistência do Concreto*. Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción, Boletim Técnico, 9:3–18, 2013.
- [25] F. Pelisser e R. B. Teixeira. Análise da perda de resistência à compressão do concreto com adição de Água para correção da perda de abatimento ao longo do tempo. *Revista de Iniciação Científica da UNESC*, 5, 2007.
- [26] M. S. Pereira. *Controle da Resistência do Concreto: Paradigmas e Variabilidades – Estudo de Caso*. Dissertação de mestrado, Universidade de Brasília, Brasília – DF, Brasil, 2008.
- [27] E. Polesello, A. B. Rohden, D. C. C. Dal Molin e A. B. Masuero. *Avaliação da resistência à compressão e da absorção de água de concretos utilizados após o tempo máximo de mistura e transporte especificado pela NBR 7212*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre – RS, Brasil, 2013.
- [28] F. A. Recena e F. M. Pereira. *Produção e Controle de Concreto em Obras*. In G. C. Isaia, *Concreto: Ciência e Tecnologia*. Ibracon, 1ª edição, 2011.

- [29] W. C. Santiago e A. T. Beck. Estudo da (não-)conformidade de concretos produzidos no Brasil e sua influência na confiabilidade de pilares curtos. *Revista Ibracon de Estruturas e Materiais*, 2011.
- [30] A. J. C. Silva e T. Andrade. *Patologia das estruturas*. Ibracon, 2005.
- [31] E. Thomaz. *Requisitos técnicos e operacionais visando a qualidade na construção de edifícios*. Tese de doutorado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo – SP, Brasil, 1999.
- [32] R. K. Yin. *Estudo de caso: planejamento e métodos*. Tradução de D. Grassi. Bookman, 2001.