

**REDE DOCTUM DE ENSINO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CARATINGA
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA CIVIL**

**A SITUAÇÃO DO CONTROLE TECNOLÓGICO DO CONCRETO NA FASE
ESTRUTURAL EM DUAS OBRAS NA CIDADE DE CARATINGA - MINAS GERAIS**

**PAULA CRISTINA MOREIRA DE OLIVEIRA
THAÍS SILVA FLÔRES**

Trabalho de Conclusão de Curso

Caratinga/MG

2016

**PAULA CRISTINA MOREIRA DE OLIVEIRA
THAÍS SILVA FLÔRES**

**A SITUAÇÃO DO CONTROLE TECNOLÓGICO DO CONCRETO NA FASE
ESTRUTURAL EM DUAS OBRAS NA CIDADE DE CARATINGA - MINAS GERAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Examinadora do Curso Superior de Engenharia Civil do Instituto Tecnológico de Caratinga da DOCTUM Caratinga como requisito parcial para obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Professor Orientador: Sérgio Alves dos Reis.

Caratinga/MG

2016

A SITUAÇÃO DO CONTROLE TECNOLÓGICO DO CONCRETO NA FASE ESTRUTURALEM DUAS OBRAS NA CIDADE DE CARATINGA - MINAS GERAIS

Nome completo do aluno: THAÍS SILVA FLÓRES
PAULA CRISTINA MOREIRA DE OLIVEIRA

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado perante a Banca de Avaliação composta pelos professores Sérgio Alves Dos Reis, José Nelson Vieira Da Rocha e Claudemir Maximo De Souza, às 20:30 horas do dia 12 de dezembro de 2016, como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil. Após a avaliação de cada professor e discussão, a Banca Avaliadora considerou o trabalho: aprovado (aprovado ou não aprovado), com a qualificação: Bom (Excelente, Ótima, Bom, Satisfatório ou Insatisfatório).

Trabalho indicado para publicação: ()SIM (X)NÃO

Caratinga, 12 de dezembro de 2016

Professor Orientador e Presidente da Banca

José Nelson Vieira da Rocha

Professor Avaliador 1

Claudemir Maximo De Souza

Professor Avaliador 2

Paula O. Moreira de Oliveira Thaís Silva Flóres

Aluno(a)

[Assinatura]
Coordenador(a) do Curso

*À minha família, meu alicerce, que me apoiaram durante essa longa caminhada. Paula
C. M. de Oliveira*

*À minha mãe, Mariza, que sempre me apoiou e hoje está no céu cuidando de mim. Thaís
S. Flores*

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter nos sustentado até aqui e a nossas famílias e amigos sempre presentes em todos os momentos. Ao nosso orientador e a todos que colaboraram para o sucesso de nosso trabalho.

Paula e Thaís.

“A gente tem que sonhar, senão as coisas não acontecem.”
(OSCAR NIEMEYER)

OLIVEIRA, Paula Cristina Moreira. FLORES, Thais Silva **A situação do controle tecnológico do concreto na fase estrutural em duas obras na cidade de Caratinga - Minas Gerais.** Caratinga, 2016. 47 f. Trabalho de Conclusão de Curso Superior de Engenharia Civil - Curso de Engenharia Civil. Faculdades Integradas de Caratinga, Rede DOCTUM, Caratinga, 2016.

RESUMO

Uma das variáveis que influencia na qualidade das edificações é a qualidade do material empregado em sua construção, nesse caso, o concreto. Seu alto consumo atribui-se as suas propriedades como boa trabalhabilidade, durabilidade quando exposto a agentes agressivos, adaptação em formas, resistência à água, baixo custo em sua fabricação, entre outros. Levando em consideração essa larga utilização e a hipótese de que sua produção em canteiros de obras sem controle tecnológico gere variabilidade na resistência à compressão, afetando assim sua qualidade final, é justificada a realização deste trabalho que busca avaliar a existência de controle tecnológico do concreto produzido in loco em duas obras de Caratinga-MG, sendo uma em betoneira estacionária e outra com amassamento manual. Além do acompanhamento das obras, foram realizados ensaios de comprovação de resistência e consistência do concreto. Para estudo desses aspectos foram utilizadas como referências normas nacionais, bem como a literatura clássica sobre o assunto discutido.

Palavras-chave: Concreto. Controle tecnológico. Resistência.

OLIVEIRA, Paula Cristina Moreira. FLORES, Thais Silva **A situação do controle tecnológico do concreto na fase estrutural em duas obras na cidade de Caratinga - Minas Gerais.** Caratinga, 2016. 47 f. Trabalho de Conclusão de Curso Superior de Engenharia Civil - Curso de Engenharia Civil. Faculdades Integradas de Caratinga, Rede DOCTUM, Caratinga, 2016.

ABSTRACT

One of the variables that influences the buildings quality is the material quality used in its construction, on this case, the concrete. The high concrete consumption is attributed to its properties as good workability, durability when exposed to aggressive agents, adaptation in forms, resistance to water, low cost in its manufacture, among others characteristics. Taking into account this wide use and the hypothesis that its production in construction sites, without technological control, generates variability in compressive strength, thus affecting its final quality, it is justified the accomplishment of this work that seeks to evaluate the existence of concrete produced In loco technologically controlled, based on two civil works of Caratinga-MG. One of them uses concrete mixer, and, the other one, manual kneading. In addition to this civil works monitoring, tests were carried out to prove the concrete strength and consistency. To study these aspects, national standards were used as references, as well as the classical literature on the subject discussed.

Key-words: Concrete. Technological control. Resistance.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	– Tipos de Cimento Portland - Fonte: PORTAL DO CONCRETO.	19
Figura 2	– Tipos de agregados - Fonte: ARAÚJO,2006.	20
Figura 3	– Ensaio para a determinação da consistência do concreto através do abatimento do tronco de cone - Fonte: PORTAL DO CONCRETO	23
Figura 4	– Amassamento mecânico - Fonte: ABCP, Cimento-Folheto de Orientação . .	24
Figura 5	– Amassamento manual - Fonte: ABCP, Cimento-Folheto de Orientação . . .	25
Figura 6	– Valores do coeficiente - Fonte: PORTAL DO CONCRETO	30
Figura 7	– Prensa - Fonte: Foto dos autores (Oliveira e Flores 2016)	36
Figura 8	– Fotos tiradas nas obras	43
Figura 9	– Fotos tiradas nas obras	43
Figura 10	– Fotos tiradas nas obras	44
Figura 11	– Fotos tiradas nas obras	44
Figura 12	– Fotos tiradas nas obras	45
Figura 13	– Ficha de verificação - parte 1	47
Figura 14	– Ficha de verificação - parte 2	48
Figura 15	– Ficha de verificação - parte 1	49
Figura 16	– Ficha de verificação - parte 2	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Resultados obtidos no lote 1 da Obra A	37
Tabela 2	– Resultados obtidos no lote 1 da Obra B	37

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACI	American Concrete Institute
ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
cm	Centimetro
CDC's	Centrais Dosadoras de Concreto
CP	Cimento Portland
MPa	Mega pascal
MG	Minas Gerais
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
Fck	Resistência Característica do Concreto à Compressão

LISTA DE SÍMBOLOS

π	Letra grega PI
ψ	Letra grega Psi

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 Objetivo	15
1.2 Objetivos Específicos	16
1.3 Justificativa	16
1.4 Estrutura da Pesquisa	17
2 REVISÃO DA LITERATURA	18
2.1 CONCRETO	18
2.2 CONTROLE TECNOLÓGICO DO CONCRETO	18
2.2.1 Caracterização dos materiais componentes do Concreto	19
2.2.1.1 Cimento	19
2.2.1.2 Agregados	20
2.2.1.2.1 <i>Granulometria</i>	20
2.2.1.2.2 <i>Massa Específica</i>	20
2.2.1.2.3 <i>Absorção</i>	21
2.2.1.2.4 <i>Impurezas Orgânicas</i>	21
2.2.1.3 Água	21
2.2.1.4 Aditivos	21
2.2.2 Itens básicos do controle tecnológico do concreto a serem abrangidos	21
2.2.2.1 Dosagem	22
2.2.2.2 Traço	22
2.2.2.3 Trabalhabilidade (slump)	22
2.2.2.4 Mistura	23
2.2.2.5 Transporte	25
2.2.2.6 Lançamento	26
2.2.2.7 Adensamento	26
2.2.2.8 Cura	27
2.2.2.9 Formas e Escoramentos	27
2.2.2.10 Inspeção e Reparos Finais	28
2.2.2.11 Controle de resistência	28
2.2.2.11.1 <i>Resistência do concreto</i>	28
2.2.2.11.2 <i>Resistência à compressão axial</i>	28
2.2.2.11.3 <i>Corpos de prova cilíndricos</i>	29
2.2.2.11.4 <i>Calculo do F_{ck}, estimado</i>	29
2.2.3 Patologias relacionadas à falta de controle tecnológico do concreto	30
2.2.3.1 Deterioração do concreto por reações químicas	31

2.2.3.2 Fissuras	31
2.2.3.3 Corrosão da armadura do concreto	31
2.2.3.4 Segregação do concreto	32
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	33
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	34
4.1 Estudo de caso	34
4.1.1 Descrição geral das obras	34
4.1.2 Acompanhamento das obras	34
4.1.2.1 Obra A	34
4.1.2.2 Obra B	35
4.1.3 Apresentação dos dados quantitativos obtidos nas obras	36
5 CONCLUSÃO	39
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41
APÊNDICE A Fotos das obras	43
APÊNDICE B Ficha de verificação	47

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, o concreto é o material de construção mais utilizado no Brasil e no mundo, sendo constituído por cimento, agregado miúdo (areia), agregado graúdo (brita ou pedra), água e ar, podendo conter adições (pozolanas, sílica ativa, cinza volante, dentre outros) e aditivos químicos com o intuito de melhorar ou modificar suas propriedades (SERRA, 1997), por isso, busca-se meios e métodos de melhorar ainda mais suas propriedades, tanto no aspecto técnico como econômico.

O alto consumo do concreto atribui-se as suas propriedades como boa trabalhabilidade, durabilidade quando exposto a agentes agressivos, adaptação em formas, resistência à água, baixo custo em sua fabricação entre outros.

Em artigo publicado pelo SINAENCO (2006), Mentone comenta que o conceito de controle tecnológico não se restringe a ensaios de materiais, mas deve se estender à sua aplicação. Para que todo ciclo de qualidade se cumpra, é importante o planejamento prévio de quais materiais serão ensaiados, quando e como isso será feito. O passo seguinte é o acompanhamento da aplicação dos materiais ensaiados na obra.

Com relação ao controle tecnológico do concreto, Recena e Pereira (2011) salientam que o controle da resistência à compressão, na maioria das vezes, tem sido confundido com o próprio controle tecnológico do concreto, limitando deste modo o processo que é muito mais amplo e possui outras variáveis importantes a serem controladas.

A resistência à compressão do concreto é um dos parâmetros para o controle tecnológico tanto para os concretos in-locos (rodado em obra), como para os dosados em CDCs (Centrais Dosadoras de Concreto). A existência do controle tecnológico do concreto aplicado em estruturas é fundamental para certificar-se a respeito da resistência necessária prevista em projeto e com isso atender a durabilidade prevista para a vida útil da obra (NASCIMENTO, 2012).

Este controle deve estar presente em todo tipo de obra, mas, apesar de sua importância, ainda é pouco utilizado em obras em nossa região. Neste contexto, este trabalho apresenta uma pesquisa realizada em duas obras localizadas na cidade de Caratinga/MG para verificar se realizam o controle tecnológico do concreto. Também será realizado o controle da resistência à compressão do concreto em tais obras de forma a comprovar se a resistência exigida em projeto será alcançada.

1.1 OBJETIVO

O trabalho tem como objetivo conferir o controle de qualidade empregado na produção do concreto dosado rodado em obras, desde as técnicas aplicadas até o controle da resistência

final do concreto.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Apresentar os procedimentos e técnicas utilizadas para a produção de concreto rodado em obras de Caratinga - MG, dando ênfase ao controle de qualidade do produto;
- Realizar estudo de caso em duas obras em fase estrutural na cidade de Caratinga.
- Acompanhar a produção do concreto analisando se estão seguindo os critérios definidos em normas para garantir a qualidade final;
- Acompanhar e verificar se nas obras, o controle vai desde o armazenamento e transporte dos materiais até a inspeção final do produto;
- Verificar se em tais obras os processos de produção, lançamento, adensamento, cura, formas e desformas são feitos de acordo com as normas vigentes e visando a qualidade final;
- Realizar ensaio de resistência à compressão após cura de 28 dias do concreto das obras a fim de verificar se atende a resistência desejada;
- Realizar ensaio de consistência (slump) do concreto a fim de analisar as características de trabalhabilidade do concreto.

1.3 JUSTIFICATIVA

A qualidade final de uma estrutura de concreto armado depende tanto do controle de suas propriedades no estado fresco como no seu estado endurecido. O concreto, e mesmo a sua comercialização, ao ser regido exclusivamente pela resistência característica (f_{ck}) pode não apresentar propriedades tais que o levem a um bom desempenho e a uma durabilidade satisfatória.

Neste sentido, torna-se necessário um acompanhamento na produção do concreto que garanta que o mesmo atenda as qualidades requeridas, sendo que este acompanhamento deve ser feito por pessoas que tenham o conhecimento a respeito de normas e técnicas do controle tecnológico.

Diante da alta demanda de mercado, visto que o concreto é um material largamente utilizado na construção, tem-se visto que em algumas obras o controle tecnológico tem sido negligenciado o que gera forte preocupação com a segurança final das estruturas, além de sua qualidade.

Este trabalho pretende contribuir com a análise e realização de ensaios de qualidade em duas obras na cidade de Caratinga de modo a antever problemas ou mesmo criar propostas de minimização dos já existentes na região, colaborando com a segurança da população e com a redução de patologias na Construção Civil.

1.4 ESTRUTURA DA PESQUISA

Este trabalho foi estruturado em cinco capítulos, os quais apresentam os seguintes conteúdos:

O primeiro capítulo apresenta a introdução do assunto deste trabalho, com ênfase na relevância do estudo em questão, bem como os objetivos, justificativa e estrutura do trabalho proposto.

O segundo é composto pela revisão da literatura a qual trata da composição do concreto, suas características, sua produção e utilização, dos ensaios relacionados e patologias.

Subsequentemente, apresentam-se os procedimentos metodológicos utilizados para atender aos objetivos.

O quarto capítulo apresenta os resultados e discussões do estudo de caso realizado.

E por fim, o último capítulo apresenta as considerações finais e sugestões para trabalhos futuros.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 CONCRETO

O concreto de cimento Portland é o material da construção civil que resulta basicamente na mistura de proporções adequadas de aglomerante (cimento Portland), agregado miúdo (areia), agregado graúdo (brita) e água, podendo incluir também aditivos químicos e minerais.

2.2 CONTROLE TECNOLÓGICO DO CONCRETO

O controle tecnológico do concreto pode ser definido como uma série de operações com o objetivo de garantir a qualidade do concreto, tendo como principais Normas Brasileiras relacionadas a NBR 12654 (1992 versão corrigida 2000): Controle tecnológico dos materiais componentes do concreto e a NBR 12655 (2006): Concreto – preparo, controle e recebimento.

Na década de 70, o controle tecnológico do concreto era definido como um conjunto de atividades realizadas no canteiro de obras a fim de garantir como resultado final um concreto com especificações e exigências da obra. Atualmente, este controle vai além do canteiro de obras. Resulta de um conjunto de procedimentos tomados em todo o processo de produção do concreto, manipulação, transporte e ensaios.

O controle tecnológico do concreto é um envolvimento de operações e verificações que, garantem a qualidade e aceitação do mesmo, em conformidade com as normas que regem esse processo.

Os procedimentos do controle tecnológico garantem a homogeneidade do produto fabricado através de análises e ensaios e controle de matérias primas, procedimentos de dosagem e mistura de tais materiais além de seu transporte.

Todos os profissionais responsáveis direta ou indiretamente pela produção do concreto tem obrigações que quando bem exercidas proporcionam um trabalho em conformidade com verificações normativas. Desta forma os usuários ou compradores do produto ficam certificados de que todas as exigências foram cumpridas e que a segurança do empreendimento não estará comprometida no futuro. Além disso o processo garante facilidade em correção de patologias típicas em edificações como fissuras e trincas.

A importância do controle se dá no âmbito de que muitos fatores influenciam na qualidade final do concreto que vão desde o preparo de formas ao processo de cura. E o controle garante que estes fatores sejam regulares de acordo com as normas de forma a não prejudicar o produto tampouco a segurança dos futuros usuários.

2.2.1 Caracterização dos materiais componentes do Concreto

É fundamental a escolha correta dos materiais que compõem o concreto, pois eles influenciam diretamente no produto final. Por isto é fundamental a escolha correta dos componentes do concreto. A seguir serão apresentados os materiais básicos para a fabricação do concreto:

2.2.1.1 Cimento

O cimento é o principal material do concreto, tendo propriedade aglomerante. Por definição, o cimento é um aglomerante hidráulico resultante da mistura homogênea de clínquer Portland, gesso e adições normatizadas finamente moídas (MARTINS et al., 2008). É um aglomerante hidráulico porque quando é misturado com a água desenvolve um processo de hidratação e se transforma em um tipo de pasta que adere aos outros agregados do concreto, depois desse processo, endurece se tornando uma pedra artificial de alta resistência mecânica.

O cimento Portland pode ser composto de outros materiais (adições), para que o cimento tenha características especiais. Entre os cimentos Portland modificados podemos destacar os cimentos pozolânicos e de alta resistência inicial.

De acordo com a NBR 11768 (2011), o cimento CP IV Pozolânico, tem baixo calor de hidratação com baixa liberação de calor, por esse motivo o risco de fissurações é bem menor. Recomendado para concretagens com grande volume, tem alta resistência a obras expostas a águas sulfatadas e ácidas. Apresentam maior trabalhabilidade por causa do seu endurecimento mais lento, em contrapartida tem resistência inicial menor que o cimento Portland comum.

A norma ainda trata do cimento de Alta Resistência Inicial CP V ARI, que como o próprio nome diz, tem alta resistência inicial pois seu endurecimento é rápido, por causa desse endurecimento a retirada das formas é mais rápida. Tem como desvantagem o aparecimento de fissuras se for concretado sob isolamento em dias muito secos ou com ventos. Recomenda-se que não seja usado em ambientes agressivos pois esse tipo de cimento não é resistente a sulfatos. Segue abaixo a Figura 1 contendo outros tipos de cimento Portland:

	Tipo de Cimento	Adição	Resistência (Mpa)
CP I	Cimento Portland Comum		25
CP I-S	Cimento Portland Comum com adição	Argila (1-5%)	25 ou 40
CP II-E	Cimento Portland Composto com Escória	Escória (6-34%)	25, 32 ou 40
CP II-Z	Cimento Portland Composto com Pozolana	Argila (6-14%)	25, 32 ou 40
CP II-F	Cimento Portland Composto com Fíler	Calcário (6-10%)	25, 32 ou 40
CP III	Cimento Portland de Alto-forno	Escória (35-70%)	25, 32 ou 40
CP IV	Cimento Portland Pozolânico	Argila (15-50%)	25 ou 32
CP V-ARI	Cimento Portland de Alta Resistência Inicial		Variada

Figura 1: Tipos de Cimento Portland - Fonte: PORTAL DO CONCRETO.

2.2.1.2 Agregados

Os agregados são produtos minerais granulares naturais (areia) ou artificiais que são obtidos a partir de processamento (brita e pó de brita). Os agregados ocupam de 60 a 80 por cento do volume do concreto, assim usa-se menos cimento e se tem uma economia já que o cimento é um material mais caro. O agregado é considerado um material de enchimento inerte, deve apresentar resistência suficiente para que não afete o endurecimento do concreto (SANTOS, 2006). Segue abaixo a Figura 2 com os tipos de agregados.



Figura 2: Tipos de agregados - Fonte: ARAÚJO,2006.

Segundo o autor, em concretos convencionais a influência do agregado é pequena, já em concretos de alta resistência tem uma influência significativa, por isso deve-se levar em consideração as principais características físicas através de ensaios que veremos a seguir:

2.2.1.2.1 Granulometria

A granulometria determina a dimensão dos grãos, o que tem grande influência nas propriedades do concreto. Para se obter a composição granulométrica são realizados ensaios de peneiramento padronizados pela NBR 7217 (1987), nos quais é obtido o diâmetro máximo do agregado e a sua finura em porcentagens devido a quantidade que fica nas peneiras.

2.2.1.2.2 Massa Específica

A massa específica real ocorre quando excluem-se todos os vazios. Para se obter essa massa específica, os grãos são colocados em um frasco com água, depois coloca-se o agregado e faz a leitura final do volume de água deslocado (esse procedimento deve ser feito no mínimo 2 vezes). A massa unitária ou aparente inclui-se os vazios, esse método é determinado preenchendo um recipiente com o agregado, nesse ensaio quanto maior o volume do agregado menor o índice de vazios (NEVILLE, 1997).

2.2.1.2.3 Absorção

Os agregados têm poros na sua superfície e no seu interior, esses poros permitem a absorção de água, isso faz com que a massa do agregado aumente. Para descobrir qual é a porcentagem de absorção do agregado é feito um ensaio no qual se preenche todos os seus vazios com água e determina a sua massa, depois coloca-se este agregado em uma estufa para secar esse agregado, e saber qual é sua massa sem seus vazios preenchidos por água e, desta forma, determinar qual porcentagem de absorção esse agregado tem (SANTOS, 2006).

2.2.1.2.4 Impurezas Orgânicas

São qualquer tipo de material que podem formar uma película em volta do agregado como: torrões de argilas, raízes, húmus, dentre outros. Essas impurezas podem prejudicar a aderência da pasta de cimento com o agregado, tempo de pega ou endurecimento (SANTOS, 2006).

2.2.1.3 Água

Para Almeida (2002), a água tem uma influência fundamental no concreto, junto com o cimento se torna um material ligante que se adere aos agregados. Deve ser utilizada água potável (própria para o consumo humano), limpa e sem agentes nocivos. A quantidade de água e cimento utilizada no concreto é muito importante para determinar a resistência final do concreto. A consistência do concreto determina sua trabalhabilidade, quanto menor o teor de água maior sua resistência e menor sua trabalhabilidade.

2.2.1.4 Aditivos

É todo o material que adicionado ao concreto modifica sua forma e suas propriedades como: trabalhabilidade, tempo de pega, tempo de endurecimento, dentre outros. Os aditivos não têm influência no volume do concreto, pois são utilizados em pequenas quantidades (ALMEIDA, 2002).

2.2.2 Itens básicos do controle tecnológico do concreto a serem abrangidos

O controle tecnológico abrangerá pelo menos as verificações de dosagem, traço, trabalhabilidade (slump test), características dos materiais componentes do concreto, transporte, lançamento, adensamento, cura, formas e escoramentos, resistência mecânica à compressão, além de inspeções e reparos finais (NASCIMENTO, 2012).

2.2.2.1 Dosagem

O preparo do concreto consiste em uma mistura de vários componentes, a dosagem é a proporção adequada dos materiais fornecendo a quantidade teórica, a dosagem é realizada para proporcionar a quantidade necessária e a economia dos componentes do concreto (ANDOLFATO,2002).

Segundo a NBR 12655 (2015), deve ser feito estudo de dosagem racional e experimental com a devida antecedência em relação ao início da concretagem da obra para definir a composição de cada concreto. O estudo de dosagem deve ser realizado com materiais e condições semelhantes àquelas da obra, tendo em vista as prescrições do projeto e as condições de execução. O concreto deve ser dosado a fim de minimizar sua segregação no estado fresco, levando-se em consideração as operações de mistura, transporte, lançamento e adensamento.

2.2.2.2 Traço

Após definida a dosagem dos materiais a serem utilizados têm-se o traço, que é uma relação entre as quantidades estabelecidas entre cimento, água e agregados. O traço pode ser medido em volumes ou peso, em obras é mais utilizado o traço em volumes medidos em latas, carrinhos, baldes, dentre outros (ANDOLFATO,2002).

2.2.2.3 Trabalhabilidade (slump)

A trabalhabilidade adequada em cada situação de concretagem é fundamental para a obtenção de um produto final de qualidade. Segundo o ACI 116R90, a trabalhabilidade é uma propriedade do concreto recém misturado que determina a facilidade e a homogeneidade com a qual o material pode ser misturado, lançado, adensado e acabado.

Um concreto com trabalhabilidade adequada não depende somente da quantidade de água utilizada, a trabalhabilidade depende de uma seleção e proporção adequada dos materiais e muitas vezes do uso de adições e aditivos.

De acordo com Neville (1997) não existe um ensaio aceitável que determine diretamente a trabalhabilidade do concreto, existem várias tentativas que têm sido feitas de modo a correlacionar a trabalhabilidade com alguma grandeza física que possa ser determinada. Um dos ensaios que determina indiretamente a trabalhabilidade do concreto e que geralmente é o mais utilizado é o Ensaio de Abatimento do Tronco de Cone.

Ainda segundo o autor, este ensaio consiste basicamente no preenchimento de um tronco de cone em três camadas de igual altura, sendo em cada camada dados 25 golpes com uma haste padrão.

Os instrumentos utilizados são: Molde troncocônico para "slump", haste de adensamento,

placa metálica de base com 500 mm de lado e 3 mm de espessura, trena metálica graduada, concha metálica e complemento troncocônico metálico de enchimento, adaptável à base superior do molde. (NBR NM 67:1998)

A preparação para o ensaio segundo a norma, consiste nas seguintes ações: O molde deve ser limpo, umedecido e colocado sobre a placa metálica, igualmente limpa e umedecida, com o molde fixo pelos pés do operador, preenchê-lo com três camadas de concreto em volumes iguais, com o auxílio do complemento troncocônico, sendo que a última deve preenchê-lo totalmente, cada camada deve ser adensada com 25 golpes da haste de adensamento, distribuídos uniformemente.

Após o adensamento, retira-se o complemento troncocônico, remove-se o excesso de concreto com o auxílio da colher de pedreiro, limpando-se após isto a placa metálica em torno do molde. O molde deve ser retirado lentamente, levantando-o pela posição vertical, em um movimento constante, num tempo de +- 10 segundos, o abatimento do tronco de cone é a distância da base superior do molde ao centro da base da amostra, medida através da régua metálica (NBR NM 67:1998). Em sequência tem-se a figura 3 mostrando como se dá este processo.

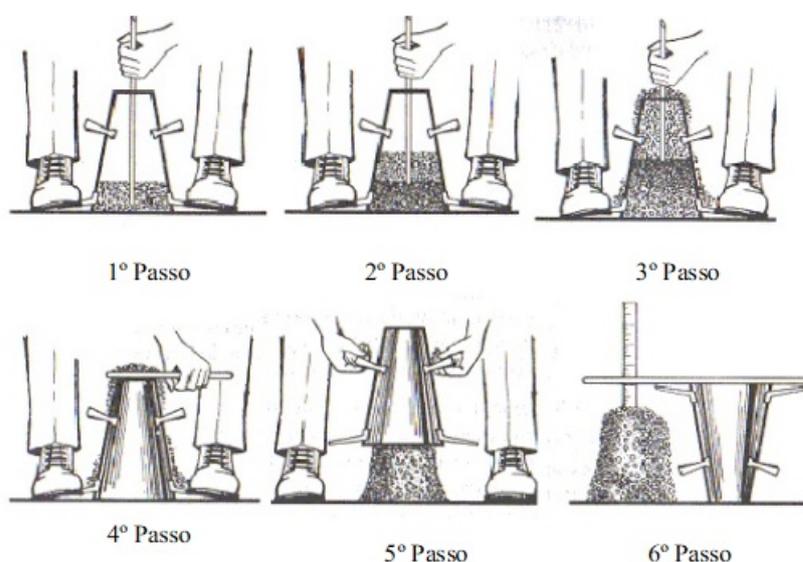


Figura 3: Ensaio para a determinação da consistência do concreto através do abatimento do tronco de cone - Fonte: PORTAL DO CONCRETO

2.2.2.4 Mistura

Segundo a NBR 12655 (2015), os componentes do concreto devem ser misturados até formar uma massa homogênea. O equipamento de mistura utilizado para este fim, bem como sua operação, devem atender às especificações do fabricante quanto à capacidade de carga, velocidade e tempo de mistura. O tempo total de mistura deve variar de três a quatro minutos, no

entanto, esse tempo dependerá do tipo e das dimensões da betoneira. O amassamento deverá ser sempre mecânico e contínuo e durar o tempo necessário para homogeneizar a mistura de todos os componentes, inclusive eventuais aditivos.

A ordem de colocação dos materiais na betoneira, para as betoneiras pequenas de carregamento manual, deve ser seguida de forma que não se poderá colocar o cimento em primeiro lugar, pois, se a betoneira estiver seca, perder-se-á parte dele; se estiver úmida, ficará muito cimento revestindo-a internamente. A pratica mais adequada é que a água seja colocada primeiro seguida do agregado graúdo, dessa forma, esses dois materiais retiram toda argamassa da betonada anterior. Em seguida coloca-se o cimento, assim ocorrerá boa distribuição de água para cada porção de cimento e ainda a moagem dos grãos de cimento pela ação de arraste do agregado graúdo na água contra o cimento. Ao final coloca-se o agregado miúdo, que não permitirá sair o agregado graúdo primeiro, o que geralmente acontece quando o mesmo é colocado para a última carga, conforme figura 4 representada abaixo (RECENA,2011).



Figura 4: Amassamento mecânico - Fonte: ABCP, Cimento-Folheto de Orientação

A figura 5 apresenta um roteiro para o amassamento manual do concreto, sendo que:

- Primeiro coloca-se a areia, numa camada de aproximadamente 15 cm;
- Em seguida adiciona-se o cimento e mistura-se bem, usando enxadas e pás;
- A mistura de cimento e areia deve ser feita até apresentar cor homogênea;
- Juntam-se as britas e prossegue-se com a mistura até ficar bem homogênea;
- A camada deve apresentar agora uma altura de aproximadamente 20 cm;
- Abre-se um buraco no meio da camada e adiciona-se a água aos poucos, misturando-a, tomando o cuidado de não perder água;

- Mistura-se bem até obter uma massa plástica (moldável) e homogênea (RECENA, 2011).



Figura 5: Amassamento manual - Fonte: ABCP, Cimento-Folheto de Orientação

2.2.2.5 Transporte

Durante o transporte do concreto existem precauções a serem tomadas a fim de evitar a segregação dos materiais, perda de argamassa, evaporação excessiva de água, compactação do concreto por vibração e começo de pega antes do desejado. De acordo com CARDOSO (2006), tais precauções podem ser observadas a seguir:

O transporte deve ser rápido para que o concreto não perca sua trabalhabilidade e não deve exceder o tempo máximo permitido para seu lançamento. É aconselhável escolher um transporte que torne possível o lançamento do concreto diretamente nas formas. Quando não existe esta possibilidade, podem ser adotadas precauções para manuseio do concreto em depósitos intermediários.

O transporte a longas distâncias só é admitido em veículos especiais dotados de movimento capazes de manter uniforme o concreto misturado. No caso de utilização de carrinhos ou jiricas, é indicado que busque-se condições de percurso suaves, tendo como opções rampas, aclives e declives. Quando os aclives a vencer forem muito grandes, tendo a necessidade de percorrer dois ou três andares, o transporte deverá ser feito por meio de elevadores de obra.

2.2.2.6 Lançamento

De acordo com Ades (2015), antes do lançamento do concreto, as formas devem ser posicionadas corretamente e deve-se verificar se em seu interior não existe água empoçada ou demais resíduos de carpintaria. A armação de peças embutidas deverá estar impedida de deslocamentos e todo o concreto a ser lançado deverá ter passado pelo teste de consistência pelo método de abatimento do tronco do cone.

Já para o lançamento em si, sendo o autor, o concreto estrutural deverá ser lançado no máximo a uma altura de 2,5 metros para que não perca homogeneidade. No caso de lançamentos a alturas superiores, deve-se utilizar tremonhas, funis ou calhas permitidas em obras. O acúmulo de grandes quantidades de concreto em um ponto é proibido e o concreto deve ser depositado continuamente em camadas de espessura tal que o concreto já lançado não esteja endurecido dificultando aderência entre ambos, o que pode gerar fissuras ou diminuir resistência da seção.

A velocidade de lançamento deve ser tal que a acomodação de concreto fresco seja feita sobre camadas de concreto ainda plástico e durante a operação de concretagem qualquer perda de água de amassamento deve ser evitada.

2.2.2.7 Adensamento

A partir do tipo de concreto a ser utilizado, de acordo com Cardoso (2006) devem ser escolhidos os tipos de vibradores para o mesmo, bem como sua potência, tempo de vibração e espaçamento de aplicação. Estas escolhas devem ser estabelecidas juntamente com as dimensões das peças que vão receber o concreto. O autor recomenda a observação das seguintes regras para a aplicação de vibradores de agulha:

- Aplicar o vibrador em distâncias iguais a 1,5 vezes o raio de ação;
- Introduzir rapidamente e retirar a agulha lentamente, de modo que a cavidade formada pelo vibrador feche naturalmente;
- Não vibrar espessura de concreto superior ao comprimento da agulha. Esta deve penetrar totalmente na massa do concreto, penetrando ainda 2 a 5 cm na camada anterior se esta não tiver endurecida, evitando-se assim o aparecimento de uma junta fria;
- Não deslocar a agulha do vibrador de imersão horizontalmente e não vibrar além do tempo necessário para que desapareçam as bolhas de ar superficiais e a umidade na superfície fique uniforme. Praticamente vibra-se durante intervalos de tempo de 5 a 30 segundos, conforme a consistência do concreto.

2.2.2.8 Cura

Segundo Mehta e Monteiro (1994), a cura tem por finalidade manter a quantidade de água que garanta a hidratação total do cimento, impedindo retração do concreto enquanto ainda possui baixa resistência.

A cura do concreto é essencial para a obtenção de suas propriedades esperadas, o que mostra que a falta de cura afeta diretamente a durabilidade da estrutura. Além disso, uma secagem prematura e fora dos padrões definidos para o concreto terá como resultado uma peça vulnerável à ação de agentes agressivos.

O tempo de cura é determinado em função de qual peça está sendo concretada, bem como das condições de exposição das peças a agentes como temperatura e vento.

O processo de cura deverá ser submetido à aprovação da fiscalização. A duração da cura não poderá ser inferior a 7 (sete) dias após o lançamento do concreto. Qualquer que seja o processo empregado para a cura do concreto, a aplicação deverá iniciar-se tão logo termine a pega e, quando for necessária a utilização de camadas de pó de serragem areia ou outro material, esta camada será mantida molhada e deverá ter no mínimo 5 (cinco) centímetros de espessura (Mehta e Monteiro, 1994)

2.2.2.9 Formas e Escoramentos

As formas somente poderão ser removidas depois que o concreto tenha atingido condições de trabalho sem a presença das mesmas, e esta operação deverá ser realizada sem prejuízo para a estrutura (NBR 14931, 2004).

Os prazos para retirada das formas, ainda segundo a norma, deverão atender rigorosamente aos critérios de resistência e deformabilidade característicos às estruturas em concreto armado ou protendido conforme o caso. Tais prazos deverão ser previamente submetidos à aprovação do Projetista.

As formas deverão ter resistência suficiente para suportar a pressão resultante do lançamento e vibração e deverão ser mantidas rigidamente em posição. Tratando-se de peças em concreto aparente todos os cuidados deverão ser tomados para se garantir a estanqueidade das formas e impedir a perda de calda de cimento (NBR 14931, 2004).

Variações de alinhamento, níveis ou dimensões acima do admissível definido no projeto, seja por deformação das formas ou qualquer outra razão, implicarão, a critério da fiscalização, na demolição das partes estruturais afetadas ou condenação total da peça. Segundo a norma, imediatamente antes do lançamento do concreto nas formas, as superfícies destas últimas deverão estar isentas de incrustações de argamassa, poeira e impurezas de toda espécie.

Antes de o concreto ser lançado, as superfícies das formas deverão ser untadas com

desmoldante, que efetivamente impeça adesão e não manche a superfície do concreto. A retirada do escoramento e das formas deverá ser efetuada sem choques e obedecer a um programa elaborado de acordo com o tipo de estrutura (NBR 14931, 2004).

2.2.2.10 Inspeção e Reparos Finais

Após a retirada das formas e escoramento, as peças deverão ser cuidadosamente inspecionadas tendo-se em vista a localização de eventuais fissuras e/ou defeitos de execução tais como ninhos de concretagem ou bexigas (NBR 14931, 2004).

2.2.2.11 Controle de resistência

2.2.2.11.1 Resistência do concreto

O concreto é o material mais utilizado nas construções devido às suas propriedades mecânicas, que são: resistência a compressão, resistência a tração e módulo de elasticidade. Para determinar essas propriedades tão importantes são feitos ensaios (ANDOLFATO, 2002).

Os ensaios, ainda no que cita o autor, são feitos na maioria das vezes para comprovar a qualidade e também verificar se são seguidas as especificações exigidas. O ensaio mais comum é o de resistência a compressão, realizados a partir de corpos de provas cilíndricos ou cúbicos. A maioria dos concretos tem sua dosagem para atender determinada resistência a compressão que muitas das vezes são especificadas em projeto. A idade do concreto também é fundamental na ruptura dos corpos de prova.

2.2.2.11.2 Resistência à compressão axial

Não há como controlar a resistência do concreto, o que se pode fazer é o ensaio mais usado para o controle do concreto, ele é tão realizado por causa da facilidade na execução e baixo custo. É muito importante fazer esse ensaio para a segurança das estruturas (NASCIMENTO, 2012).

O ensaio de compressão axial é padronizado pela NBR 5739, tal ensaio é realizado para comprovar se a resistência característica do concreto à compressão (f_{ck}) é o mesmo especificado em projeto.

A resistência varia pelo tipo e a quantidade de material usado no concreto, mão de obra e manuseio dos materiais. De modo geral, o ensaio de compressão é um esforço axial que pode provocar um encurtamento ou ruptura do corpo de concreto submetido a esse esforço. Para alcançar uma resistência desejada pode alterar o tipo de cimento Portland (fina ou composição química) mudar o tipo de agregado (textura, dimensão, absorção) e adicionar aditivos. No caso

da água de amassamento, quando evapora antes da hidratação completa do cimento, a resistência também será alterada (NASCIMENTO, 2012).

2.2.2.11.3 *Corpos de prova cilíndricos*

O ensaio de corpos de provas cilíndricos é determinado pela NBR 5738:03, onde o concreto é adicionado no cilindro e depois do tempo necessário de cura é comprimido. A tensão que é aplicada no corpo de prova é denominada como resistência a compressão do concreto.

Segundo a norma NBR 5739/07, o corpo de prova cilíndrico deve ser posicionado de modo que estando centralizado, o eixo coincida com o da máquina, fazendo que a resultante das forças passe pelo centro. A força aplicada deve ser contínua e isenta de choques. Até a realização do ensaio os corpos de prova devem ser mantidos em processo de cura úmida ou saturados.

O carregamento aplicado durante o ensaio deve ser contínuo, como se fosse uma carga contínua na edificação, sem golpes e choques sobre os corpos de prova, esse carregamento só deve cessar quando se romperem. Depois do rompimento deve ser feito o cálculo de resistência de acordo com a equação seguir:

$$f_c = \frac{4F}{\pi * D^2} \quad (2.1)$$

Onde:

- f_c é a resistência à compressão, em Mega Pascal;
- F é a força máxima alcançada, em Newton;
- D é diâmetro do corpo de prova, em milímetros.

2.2.2.11.4 *Calculo do F_{ck} , estimado*

De acordo com a NBR 12655 (2006), para o caso de amostragens parciais para o concreto até 50 MPA, são retiradas no mínimo 6 amostras com dois exemplares de concreto de cada amassamento. Desta forma, o valor da resistência característica à compressão (f_{ck} , est) é dado pela equação 2.1, abaixo:

$$f_{ck, est} = \frac{2 * f_1 + f_2 + \dots + f_{m-1} - f_m}{m - 1} \quad (2.2)$$

Onde:

$m = n/2$, se for ímpar, despreza-se o valor mais alto de n (número de amostras); f_1, f_2, \dots, f_m : valores das resistências dos exemplares em ordem crescente.

Ou

$$f_{ck, est} = \psi * f_1 \quad (2.3)$$

Sendo o valor do coeficiente de acordo com a tabela abaixo:

		Valores de Ψ_6										
		Número de amostras										
Cond. Preparo		2	3	4	5	6	7	8	10	12	14	16+
A		0,82	0,86	0,89	0,91	0,92	0,94	0,95	0,97	0,99	1,00	1,02
B ou C		0,75	0,80	0,84	0,87	0,89	0,91	0,93	0,96	0,98	1,00	1,02
A - Controle rigoroso		f_n corresponde aos valores das resistências das amostras em ordem crescente.										
B - Controle razoável												
C - Controle regular												

Figura 6: Valores do coeficiente - Fonte: PORTAL DO CONCRETO

Adotar o maior dos valores de $f_{ck, est}$ obtido.

2.2.3 Patologias relacionadas à falta de controle tecnológico do concreto

O concreto que deixa de atender às especificações da NBR 12655/06, que diz que o f_{ck} é o valor de resistência à compressão acima do qual se espera ter 95 por cento de todos os resultados possíveis de ensaio de amostragem feitas, é considerado não conforme.

A origem dos problemas patológicos está distribuída nas diversas etapas do processo de produção e uso das edificações. As causas da não conformidade do concreto estão relacionadas à diversos fatores, dentre eles, utilização de matérias primas de má qualidade, dosagem errônea, erros no transporte e excesso ou escassez de aditivos. Problemas com o não atendimento do f_{ck} podem estar relacionados, ainda, com falhas no processo de controle tecnológico.

A não conformidade dos concretos resulta em estruturas cujo nível de segurança não é mais aquele previsto em normas, refletindo em perdas econômicas significativas que vão além daquelas relacionadas aos reforços estruturais, ao tempo perdido e ao comprometimento da imagem das empresas envolvidas e às patologias relacionadas (SANTIAGO, 2011).

Santiago (2011) afirma que a maior parte das patologias na construção civil decorre de falhas de execução e falta de um controle eficaz. Serão descritas a seguir algumas patologias decorrentes em repetidas vezes pela falta de controle tecnológico do concreto.

2.2.3.1 Deterioração do concreto por reações químicas

A deterioração do concreto provocada por reações químicas acontece quando ocorrem interações químicas entre agentes agressivos vindos do meio ambiente externo e os da pasta de cimento. Podem também acontecer devido a reações internas como reação álcali-agregado que em grandes quantidades no cimento levam à deterioração. É necessário levar em consideração que as reações químicas se manifestam por meio de deficiências físicas no concreto, como aumento da porosidade e permeabilidade, redução da resistência e fissuração (ADES,2015).

2.2.3.2 Fissuras

As fissuras são as patologias mais frequentes no que se refere ao concreto armado. Elas podem se manifestar a partir da concretagem até anos depois do processo. Essa patologia tem limite de abertura definido pela NBR 6118/03, que diz que não devem ultrapassar 0,2 mm para peças expostas a meio agressivo muito forte (industrial), 0,3 mm para meios agressivos moderados ou fortes (urbano e industrial) e 0,4mm para peças expostas a meios agressivos fracos (rural) (NASCIMENTO,2012).

É inevitável o aparecimento de fissuras em elementos de concreto armado, sendo que estas podem se manifestar em três fases de sua vida: plástica, de endurecimento e de concreto endurecido.

Segundo Nascimento (2012), a ausência do controle tecnológico pode acelerar o processo de abertura de fissuras, levando a estrutura a níveis não permitidos por normas que, conseqüentemente, comprometem sua vida útil e segurança oferecida.

2.2.3.3 Corrosão da armadura do concreto

A corrosão da armadura de concreto é caracterizada pela expansão, fissuração, lascamento do cobrimento, perda de aderência entre aço e concreto e redução da seção transversal da armadura. Está ligada à segurança da estrutura pois gera o comprometimento da armadura e, subsequentemente, a resistência do elemento a esforços solicitantes (ADES,2015).

A corrosão da armadura, segundo o autor, é um processo eletroquímico que para ocorrer necessita da presença simultânea de umidade e do oxigênio. A permeabilidade do concreto, devido à alta relação água/cimento e dosagem inadequada, e a falha na elaboração do projeto estrutural e/ou na execução da obra, quando não garantem os cobrimentos das armaduras normalizados, constituem as principais causas da corrosão das armaduras, o que leva à conclusão de que tal patologia ocorre devido, muitas vezes, à negligência de controle em obra.

2.2.3.4 Segregação do concreto

Segundo Nascimento (2012), segregação é a separação dos componentes do concreto no estado fresco durante seu transporte, lançamento e adensamento, de tal forma que sua distribuição não seja mais uniforme. Esta separação é comumente conhecida nas obras de engenharia civil e, mais do que conhecida, é evitada por diversas práticas a fim de não haverem perdas de qualidade do concreto produzido.

Os fatores que levam à segregação, de acordo com o autor, são a quantidade inadequada de água, a produção de concretos muito secos ou muito úmidos, uso excessivo de aditivos, dentre outros.

O mesmo afirma, que a segregação pode ocorrer após a má vibração ou após o lançamento inadequado do concreto, em que os agregados graúdos se separam do restante da mistura levando a um grande índice de porosidade e vazios e aumentando a infiltração e diminuindo resistência.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A apresentação dos procedimentos e técnicas de produção e controle de qualidade do concreto, bem como as patologias possíveis, foi feita por meio de revisão bibliográfica embasada em livros, normas técnicas brasileiras e trabalhos científicos disponíveis de forma impressa e em periódicos da internet.

A escolha das obras para realização do estudo de caso seguiu os seguintes requisitos: a disponibilidade de obras com elementos feitos de concreto rodado in loco, a facilidade de acesso ao canteiro e o atual momento que se encontram as obras (execução da estrutura em concreto armado em andamento), o que permitiu a coleta de amostras do concreto durante sua concepção. O concreto utilizado na pesquisa foi o aplicado na confecção de vigas e pilares.

Para o acompanhamento das obras foi elaborada uma ficha a ser preenchida contendo os critérios de controle tecnológico do concreto a serem seguidos segundo norma específica. Tal ficha foi utilizada como forma de averiguar os procedimentos in loco.

Os ensaios de compressão axial e trabalhabilidade foram feitos de acordo com as normas técnicas brasileiras após o acompanhamento da obra e coleta das amostras, e os resultados obtidos foram dispostos em planilhas.

Tendo em mãos os resultados dos ensaios e as fichas preenchidas foram feitas as análises dos dados para chegar-se à conclusão da situação do controle tecnológico do concreto rodado nas obras verificadas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 ESTUDO DE CASO

4.1.1 Descrição geral das obras

As empresas construtoras pesquisadas serão identificadas por codinomes, assim chamadas Obras A e B.

A obra A é constituída de um prédio misto, sendo o térreo mais 9 pavimentos. O térreo será ocupado por uma loja, o primeiro pavimento será para estoque da loja, os próximos dois pavimentos serão de garagem e os sete últimos serão residenciais. A empresa responsável pela execução da obra em questão prevê o fim da fase de execução do sistema estrutural em concreto armado até junho de 2017. A resistência de projeto era de 25 MPa. Os elementos ensaiados foram vigas do sexto andar.

Nesta obra o concreto era produzido em uma betoneira estacionária de queda livre e eixo inclinado com capacidade de mistura de 250 litros.

A obra B é constituída de um prédio residencial, contendo seis pavimentos, sendo dois subsolos para garagem e mais quatro pavimentos de apartamentos residenciais. A empresa responsável pela execução da obra em questão prevê o fim da fase de execução do sistema estrutural em concreto armado até abril de 2017. A resistência de projeto era de 25 MPa. Os elementos ensaiados foram pilares do pavimento térreo. Nesta obra o concreto era produzido amassado manualmente.

4.1.2 Acompanhamento das obras

4.1.2.1 Obra A

De acordo com o acompanhamento feito na obra A, foi constatado que não é realizado estudo de dosagem experimental para definir a composição de cada concreto, a dosagem é feita na proporção 1:5 (sendo uma medida de cimento, cinco de areia e cinco de brita) de forma empírica na intenção de alcançar a resistência desejada de 25 Mpa.

O traço nesta obra é medido por meio de baldes, contudo a água não entra nesta medição, é colocada de forma definida pelo mestre de obras, usando a mangueira diretamente na betoneira.

A mistura do concreto foi feita de forma mecânica na betoneira de modo a formar uma massa homogênea com o tempo necessário para tal, e por meio de amassamento mecânico e contínuo, além disso os materiais foram colocados de forma a evitar perdas.

O transporte foi feito de forma rápida não deixando o concreto perder sua trabalhabilidade e o lançamento foi feito com formas em posicionamento correto, sendo verificado se no interior destas haviam água empoçada ou resíduos de carpintaria. As peças estavam impedidas de deslocamentos .

O lançamento do concreto foi abaixo da altura de 2,5 metros não deixando o concreto perder sua homogeneidade e a velocidade de lançamento foi tal que a acomodação do concreto fresco foi feita sobre camadas evitando a perda de água. O adensamento não foi feito por meio de vibradores e sim de forma manual não seguindo um padrão de tempo determinado.

No que diz respeito à cura, esta foi feita da mesma forma para todos os elementos, não diferenciando a função da peça que estava sendo concretada. O processo não foi submetido à fiscalização e não atendeu ao tempo de cura mínimo.

A retirada das formas e escoramentos não foram feitas após o concreto atingir condições sem prejuízos para a estrutura e não atendendo aos prazos de retirada e não foram evitados os choques tampouco feitos programas para os tipos de estruturas, contudo antes do lançamento as superfícies das formas estavam isentas de incrustações de argamassas, poeiras e impurezas.

Após a retirada das formas e escoramento as peças foram inspecionadas tendo-se em vista a localização de eventuais fissuras ou defeitos de execução.

Na obra não são realizados testes de trabalhabilidade (slump test) e testes de compressão axial do concreto.

4.1.2.2 Obra B

Na obra B, pôde-se constatar que não efetuaram o estudo experimental de dosagem, assim como na obra A. O traço adotado foi medido em baldes sendo que a água também seguiu este padrão. O concreto nesta obra foi virado manualmente e a mistura se deu até formar uma massa homogênea, sendo neste caso o amassamento manual e contínuo. A ordem de colocação dos materiais foi de forma a evitar a perda de materiais.

O transporte foi feito de forma rápida para que o concreto não perdesse sua trabalhabilidade e para o lançamento foram posicionadas corretamente as formas e verificado se em seu interior não haviam água empoçada ou resíduos de carpintaria. As peças estavam impedidas de deslocamentos e o concreto foi lançado a altura inferior a 2,5 metros o que impediu a perda de homogeneidade.

Nesta obra também não foram utilizados vibradores, sendo o concreto vibrado de forma manual e no tempo necessário a evitar formação de bolhas de ar.

O tempo de cura não foi determinado de acordo com qual peça estava sendo concretada e não foi submetido à aprovação de fiscalização, contudo a duração da cura seguiu o critério de tempo mínimo de sete dias após lançamento do concreto.

As formas e escoramentos foram retirados depois que o concreto atingiu condições de trabalho e as formas estavam isentas de incrustações de argamassa, poeira e impurezas e foram untadas com desmoldantes, impedindo a adesão e manchas na superfície do concreto. A retirada das formas não foi feita sem choques.

Após a retirada das formas e escoramento as peças foram inspecionadas tendo-se em vista a localização de eventuais fissuras e/ou defeitos de execução.

Na obra não são realizados testes de trabalhabilidade (slump test) e testes de compressão axial do concreto.

4.1.3 Apresentação dos dados quantitativos obtidos nas obras

No laboratório do Instituto Tecnológico de Caratinga foram ensaiados dois corpos de prova por amostragem totalizando doze corpos de prova por obra, que serviram para o controle do valor de resistência à compressão dessa pesquisa, todos os corpos de prova foram rompidos à idade de 28 dias. A prensa utilizada no laboratório de controle está especificada abaixo.

- Marca: Contenco
- Modelo: I-3001-C
- Capacidade: 100 toneladas
- Calibrada em 13/11/2013



Figura 7: Prensa - Fonte: Foto dos autores (Oliveira e Flores 2016)

Os resultados de resistência à compressão foram determinados a partir dos valores retirados da prensa e logo após calculados pela fórmula 1. Os valores foram posicionados em ordem crescente e o valor do exemplar adotado foi o maior valor dos dois exemplares de cada amostra. Para cada valor de resistência à compressão foram colocados também nas tabelas seguintes, os respectivos valores dos ensaios de consistência do concreto produzidos nas obras.

Tabela 1: Resultados obtidos no lote 1 da Obra A

Obra A - Lote 1			
Resistência à compressão axial (MPa)		Exemplar adotado	Slump (cm)
fc1 = 6,4	fc2 = 7,1	fc = 7,1	21
fc1 = 6,6	fc2 = 7,6	fc = 7,6	20
fc1 = 9,9	fc2 = 8,7	fc = 9,9	18
fc1 = 8,9	fc2 = 10,7	fc = 10,7	17
fc1 = 11,5	fc2 = 11,7	fc = 11,7	16
fc1 = 13,2	fc2 = 12,7	fc = 13,2	15

Tabela 2: Resultados obtidos no lote 1 da Obra B

Obra B - Lote 1			
Resistência à compressão axial (MPa)		Exemplar adotado	Slump (cm)
fc1 = 6,7	fc2 = 7,5	fc = 7,5	22
fc1 = 8,03	fc2 = 7,6	fc = 8,03	21
fc1 = 7,2	fc2 = 8,2	fc = 8,2	20
fc1 = 7,6	fc2 = 8,95	fc = 8,95	19
fc1 = 9,9	fc2 = 8,9	fc = 9,9	18
fc1 = 10,6	fc2 = 9,5	fc = 10,6	17

De acordo com o concreto utilizado nas obras, não houve necessidade de moldar corpos de prova para todas as betonadas, segundo a NBR 12655 (2006), tendo o mínimo de seis exemplares. Para este lote os valores de resistência característica à compressão ($f_{ck, est}$) foram calculados conforme a equação 2, sendo:

$$f_{ck, est_{ObraA}} = \frac{2 * 7,1 + 7,6}{2} - (9,9) = 4,8 \quad (4.1)$$

Ou

$$f_{ck, est} = 0,89 * 7,1 = 6,32 \quad (4.2)$$

Adotando o maior dos valores de $f_{ck, est}$ obtido, temos 6.3 MPa.

$$f_{ck, est_{ObraB}} = \frac{2 * 7,5 + 8,03}{2} - (8,2) = 7,3 \quad (4.3)$$

Ou

$$f_{ck, est} = 0,89 * 7,5 = 6,68 \quad (4.4)$$

Adotando o maior dos valores de $f_{ck, est}$ obtido, temos 7.3 MPa.

Desta forma os valores estimados finais de resistência para as obras A e B são 6.3 MPa e 7.3 MPa respectivamente, sendo os valores, respectivamente, apenas 25.2 e 29.2 por cento do valor de resistência especificados em projeto.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou um estudo sobre o controle tecnológico na fase estrutural de duas obras em Caratinga - MG. Foi feito o embasamento teórico a partir de normas técnicas, livros e artigos científicos e foram realizados estudos de caso nas obras.

A partir do estudo de caso, ficou evidente o panorama atual da situação do controle tecnológico das obras, indicando o quanto é preciso caminhar e evoluir neste quesito. De maneira geral, falta a preocupação e o investimento necessários.

No acompanhamento das obras verificamos que o controle tecnológico do concreto não é colocado em prática nos concretos produzidos na obra, sendo os procedimentos feitos de forma empírica. Isto pode ser observado e comprovado por meio dos testes de resistência e trabalhabilidade nos quais os resultados não foram satisfatórios.

As dosagens da obra não seguem o padrão normatizado, não são feitas dosagens experimentais, e o maior agravante neste quesito é a água em excesso. O componente água é um fator fundamental na resistência do concreto. Pelos testes de consistência chega-se à conclusão de que quanto mais água, menor a resistência e neste caso, a água em excesso colaborou para a baixa resistência do concretos ensaiados.

Os resultados do ensaio de resistência não foram satisfatórios, a resistência solicitada de projeto era de 25 MPa e a resistência alcançada foi de 6.3 MPa na obra A e 7.3 MPa na obra B.

Estes resultados são extremamente preocupantes, pois mostram o descaso com o controle exigido por norma, que podem gerar futuros transtornos para as edificações e para as pessoas com elas envolvidas.

Os resultados mostram que os responsáveis das obras acompanhadas não estão optando por soluções mais adequadas para garantir a qualidade final de suas obras, visto que o controle tecnológico é bem menos oneroso do que futuros gastos com reparos nas estruturas.

De acordo com a NBR 6118 os valores mínimos para a resistência de concretos rodados in loco são de 20 MPA, contudo como a resistência exigida pelos projetos do estudo é de 25 MPA, este último valor deve ser o mínimo para o concreto destas obras, o que ressalta a baixa resistência encontrada nos ensaios.

No trabalho também foram mostradas algumas das muitas patologias que podem ocorrer em uma estrutura caso a construtora não tenha o controle tecnológico como parte de sua rotina. Como exemplo pode-se citar a falta de acompanhamento e controle durante a fase de adensamento do concreto, uma vez que se mal feito pode deixar a estrutura com brocas que só serão detectadas após a desforma. Isto pode agravar a falta de qualidade do concreto.

Uma sugestão para trabalhos futuros é o estudo de viabilidade de implantação de um

projeto para realizar o controle tecnológico nas obras dentro da Faculdade Doctum, com a intenção de atender as empresas de construção civil, uma vez que não existe nenhuma prestação de serviço deste tipo na cidade.

Desta forma, conclui-se que controle tecnológico é um processo extremamente abrangente e essencial que deve estar presente desde a primeira até a última etapa da execução de uma estrutura. Assim é possível garantir a segurança e a qualidade de uma edificação. Sendo este processo em obras de concreto rodado in loco responsabilidade do engenheiro civil.

Apenas executando um bom controle tecnológico pode-se assegurar que as normas técnicas, tais como as especificações de projeto estão sendo seguidas. Fazendo-o de maneira séria e comprometida, a equipe responsável de uma obra consegue evitar patologias e assim retrabalho e gastos com mais material e mão de obra para remediar falhas que poderiam ter sido prevenidas.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Concreto de cimento Portland – Preparo, controle e recebimento – Procedimento. NBR 12655. Rio de Janeiro, 2006.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone método de ensaio. NBR NM 67 Rio de Janeiro, 1998
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12654 -Controle tecnológico de materiais componentes do concreto. Rio de Janeiro, JU-NHO/1992.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5739: Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7217: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 1987.
- CARDOSO, Ezriel. Elementos relativos à obra de recuperação dos taludes do tratamento preliminar da ETE/ERPA na cidade de Ituiutaba. PE, 2006
- FORTES, Rita Moura; MERIGHI, João Virgílio; BANDEIRA, Alex Alves. Estudo em Laboratório do Desempenho de Diferentes Materiais Utilizados para a Cura de Base de Solo Cimento.
- ANDIT - Associação Nacional de In-fra-estrutura de Transportes. ISSN 1983-3903. São Paulo, São Paulo, Brasil, 25 a 28 de Junho de 2008.
- MARTINS, A. et al. Apostila de treinamento de mão de obra para construção civil: Cimento. Cia. de Cimento Itambé. Curitiba, 2008.
- MAZEPA, Romualdo Chaiben; RODRIGUES, Tissiane de Castro. Estudo comparativo entre corpos de prova cilíndrico e cúbico para o ensaio de resistência a compressão axial. 2011.50 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2011.
- MOTTER, D. C. Fiscalização de obras públicas – proposta de check-list e recomendações para o controle tecnológico do concreto em obras públicas. Disponível em file:<http://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/34359/DOUGLAS>
- NASCIMENTO, P. L. S. A importância do controle tecnológico do concreto. Disponível em <http://www.ufjf.br/engenhariacivil/files/2012/10/TCC-PHELLIPE-LOPES-OFICIAL-REV00.pdf>, acesso em 12 de Maio de 2016.
- NEVILLE, A. M. Propriedades do Concreto. Trad. Savador E. Giamusso. Ed. Pini, São Paulo, 1997.
- PEREIRA, M. da S. Controle da resistência do concreto: Paradigmas e variabilidades – Estudo

de Caso. Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília, UnB. Dissertação de Mestrado. Brasília-DF.

PORTAL DO CONCRETO. Tipos de cimento Portland Disponível em <http://www.portaldoconcreto.com.br/cimento/concreto/concretos.html>

PORTAL DO CONCRETO Ensaios para determinação da consistência do concreto através do abatimento do tronco do cone -<http://www.portaldoconcreto.com.br/cimento/concreto/concretos.html>

PORTAL DO CONCRETO . Valores de coeficiente - Disponível em <http://www.portaldoconcreto.com.br/cimento/concreto/concretos.html>

RECENA, A. P.; PEREIRA, F. M. Produção e controle de concreto em obras. In.: ISAIA, G.C. Concreto: Ciência e Tecnologia. 1 ed. São Paulo: IBRACON, 2011. p. 537-584.

SANTIAGO,W. C.; BECK, A. T. Estudo da (não-)conformidade de concretos produzidos no Brasil e sua influência na confiabilidade de pilares curtos. Re-vista IBRACON de Estruturas e Materiais, 2011.

SERRA, G. G. A Pedra Artificial. *Téchne*, v.7, n. 27, p. 12-16, mai/jun, 1997.

APÊNDICE A FOTOS DAS OBRAS



Figura 8: Fotos tiradas nas obras



Figura 9: Fotos tiradas nas obras



Figura 10: Fotos tiradas nas obras



Figura 11: Fotos tiradas nas obras



Figura 12: Fotos tiradas nas obras

APÊNDICE B FICHA DE VERIFICAÇÃO

Controle tecnológico do concreto em fase estrutural na obra – Ficha de verificação

Obra: A	Serviço: Concretagem de peça estrutural		
Data da verificação:	Nome do verificador:		
Itens		Aprovado	Reprovado
Dosagem			
Realização de estudo de dosagem racional e experimental com a devida antecedência em relação ao início da concretagem da obra para definir a composição de cada concreto.		X	
Traço			
Medição do traço em baldes, latas, carrinhos dentre outros.	X		AGUA NÃO
Mistura			
Mistura dos componentes do concreto até formar massa homogênea.	X		
O tempo total de mistura variou de três a quatro minutos.	X		
Amassamento mecânico e contínuo.	X		
Ordem de colocação dos materiais que evite perda de material.	X		
Transporte			
Transporte rápido para que o concreto não perca sua trabalhabilidade e não exceda o tempo máximo permitido para seu lançamento.	X		
Lançamento			
Posicionamento correto das formas antes do lançamento.	X		
Verificação se no interior das formas não existe água empocada ou demais resíduos de carpintaria.	X		
Peças embutidas impedidas de deslocamentos.	X		
Concreto estrutural lançado no máximo a uma altura de 2,5 metros para que não perca homogeneidade.	X		
Velocidade de lançamento tal que a acomodação de concreto fresco seja feita sobre camadas de concreto ainda plástico e evitada a perda de água de amassamento durante a concretagem.	X		
Adensamento			
Escolha dos tipos de vibradores, bem como sua potência, tempo de vibração e espaçamento de aplicação.	X		
Aplicar o vibrador em distâncias iguais a 1,5 vezes o raio de ação;		X	

Figura 13: Ficha de verificação - parte 1

Controle tecnológico do concreto em fase estrutural na obra – Ficha de verificação

Espessura de concreto não vibrada superior ao comprimento da agulha.		X	
Agulha do vibrador de imersão não deslocada horizontalmente.		X	
Não vibrar além do tempo necessário para que desapareçam as bolhas de ar superficiais e a umidade na superfície fique uniforme.	X		
Cura			
Tempo de cura determinado em função de qual peça está sendo concretada, bem como das condições de exposição das peças a agentes como temperatura e vento.		X	
Processo de cura submetido à aprovação da fiscalização.		X	
Duração da cura não inferior a 7 (sete) dias após o lançamento do concreto.		X	SOMENTE 5 DIAS
Formas e escoramentos			
As formas removidas depois que o concreto tenha atingido condições de trabalho sem a presença das mesmas e sem prejuízo para a estrutura.		X	
Os prazos para retirada das formas atendem rigorosamente aos critérios de resistência e deformabilidade característicos às estruturas em concreto armado.		X	
Imediatamente antes do lançamento do concreto nas formas, as superfícies destas últimas estão isentas de incrustações de argamassa, poeira e impurezas de toda espécie.	X		
Antes de o concreto ser lançado, as superfícies das formas foram untadas com desmoldante, que efetivamente impeça adesão e não manche a superfície do concreto.	X		
A retirada do escoramento e das formas foi efetuada sem choques e obedecendo a um programa elaborado de acordo com o tipo de estrutura.		X	
Inspecções e reparos finais			
Após a retirada das formas e escoramento as peças foram inspecionadas tendo-se em vista a localização de eventuais fissuras e/ou defeitos de execução tais como ninhos de concretagem ou bexigas.	X		
Trabalhabilidade (slump)			
Teste de consistência pelo método de abatimento do tronco de cone feito em todo concreto a ser lançado.		X	
Ensaio de resistência à compressão foi feito.			
		X	

Figura 14: Ficha de verificação - parte 2

Controle tecnológico do concreto em fase estrutural na obra – Ficha de verificação

Obra: B	Serviço: Concretagem de peça estrutural		
Data da verificação:	Nome do verificador:		
Itens			
Dosagem			
Realização de estudo de dosagem racional e experimental com a devida antecedência em relação ao início da concretagem da obra para definir a composição de cada concreto.		X	
Traço			
Medição do traço em baldes, latas, carrinhos dentre outros.		X	
Mistura			
Mistura dos componentes do concreto até formar massa homogênea.		X	
O tempo total de mistura variou de três a quatro minutos.		X	
Amassamento mecânico e contínuo.		X	MANUAL
Ordem de colocação dos materiais que evite perda de material.		X	
Transporte			
Transporte rápido para que o concreto não perca sua trabalhabilidade e não exceda o tempo máximo permitido para seu lançamento.		X	
Lançamento			
Posicionamento correto das formas antes do lançamento.		X	
Verificação se no interior das formas não existe água empoeada ou demais resíduos de carpintaria.		X	
Peças embutidas impedidas de deslocamentos.		X	
Concreto estrutural lançado no máximo a uma altura de 2,5 metros para que não perca homogeneidade.		X	
Velocidade de lançamento tal que a acomodação de concreto fresco seja feita sobre camadas de concreto ainda plástico e evitada a perda de água de amassamento durante a concretagem.		X	
Adensamento			
Escolha dos tipos de vibradores, bem como sua potência, tempo de vibração e espaçamento de aplicação.		X	
Aplicar o vibrador em distâncias iguais a 1,5 vezes o raio de ação;		X	

Figura 15: Ficha de verificação - parte 1

Controle tecnológico do concreto em fase estrutural na obra – Ficha de verificação

Espessura de concreto não vibrada superior ao comprimento da agulha.		X	
Agulha do vibrador de imersão não deslocada horizontalmente.		X	
Não vibrar além do tempo necessário para que desapareçam as bolhas de ar superficiais e a umidade na superfície fique uniforme.	X		
Cura			
Tempo de cura determinado em função de qual peça está sendo concretada, bem como das condições de exposição das peças a agentes como temperatura e vento.		X	
Processo de cura submetido à aprovação da fiscalização.		X	
Duração da cura não inferior a 7 (sete) dias após o lançamento do concreto.	X		
Formas e escoramentos			
As formas removidas depois que o concreto tenha atingido condições de trabalho sem a presença das mesmas e sem prejuízo para a estrutura.	X		
Os prazos para retirada das formas atendem rigorosamente aos critérios de resistência e deformabilidade característicos às estruturas em concreto armado.	x		
Imediatamente antes do lançamento do concreto nas formas, as superfícies destas últimas estão isentas de incrustações de argamassa, poeira e impurezas de toda espécie.	X		
Antes de o concreto ser lançado, as superfícies das formas foram untadas com desmoldante, que efetivamente impeça adesão e não manche a superfície do concreto.	X		
A retirada do escoramento e das formas foi efetuada sem choques e obedecendo a um programa elaborado de acordo com o tipo de estrutura.		X	
Inspecções e reparos finais			
Após a retirada das formas e escoramento as peças foram inspecionadas tendo-se em vista a localização de eventuais fissuras e/ou defeitos de execução tais como ninhos de concretagem ou bexigas.	X		
Trabalhabilidade (slump)			
Teste de consistência pelo método de abatimento do tronco de cone feito em todo concreto a ser lançado.		X	
Ensaio de resistência à compressão foi feito.			
		X	

Figura 16: Ficha de verificação - parte 2