

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ANÁPOLIS – UNIEVANGÉLICA  
CAMPUS CERES  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**LEONARDO RODRIGUES DA SILVA  
MARCO AURÉLIO GONTIJO FIGUEIREDO**

**ESTUDO DO CONTROLE TECNOLÓGICO E DA QUALIDADE DO CONCRETO  
DOSADO EM OBRA**

**PUBLICAÇÃO N°:**

**CERES / GO  
2020**

**LEONARDO RODRIGUES DA SILVA  
MARCO AURÉLIO GONTIJO FIGUEIREDO**

**ESTUDO DO CONTROLE TECNOLÓGICO E DA QUALIDADE DO CONCRETO  
DOSADO EM OBRA**

**PUBLICAÇÃO Nº:**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE  
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA.**

**ORIENTADOR: VILSON DALLA LIBERA JUNIOR**

**CERES / GO: 2020**

## FICHA CATALOGRÁFICA

SILVA, LEONARDO RODRIGUES; FIGUEIREDO, MARCO AURÉLIO GONTIJO.

Estudo do controle tecnológico e da qualidade do concreto dosado em obra [Goiás] 2020  
xi, 24P, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2020).

TCC - UniEVANGÉLICA

Curso de Engenharia Civil.

1. Concreto

2. Obra

3. Qualidade

4. Controle tecnológico

I. ENC/UNI

II. Título (Série)

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SILVA, L. R; FIGUEIREDO, M. A. G. Estudo do controle tecnológico e da qualidade do concreto dosado em obra. TCC, Publicação ENC. PF-001A/20, Curso de Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA, Ceres, GO, 24p. 2020.

## CESSÃO DE DIREITOS

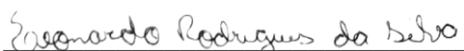
NOME DOS AUTORES: Leonardo Rodrigues da Silva e Marco Aurélio Gontijo Figueiredo

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Estudo do controle tecnológico e da qualidade do concreto dosado em obra.

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

ANO: 2020

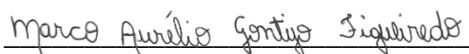
É concedida à UniEVANGÉLICA a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.



Leonardo Rodrigues da Silva

76300-000 Ceres-GO

E-mail: [leoprojetos3d@gmail.com](mailto:leoprojetos3d@gmail.com)



Marco Aurélio Gontijo Figueiredo

76300-000 Ceres-GO

E-mail: [aurelio15987@gmail.com](mailto:aurelio15987@gmail.com)

**LEONARDO RODRIGUES DA SILVA  
MARCO AURÉLIO GONTIJO FIGUEIREDO**

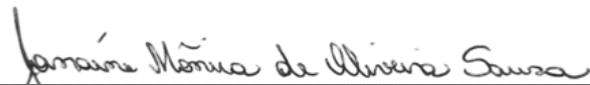
**ESTUDO DO CONTROLE TECNOLÓGICO E DA QUALIDADE DO CONCRETO  
DOSADO EM OBRA**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE  
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS  
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL.**

**APROVADO POR:**



**VILSON DALLA LIBERA JUNIOR, Mestre (Centro Universitário de Anápolis –  
UniEVANGÉLICA, Campus Ceres)  
(ORIENTADOR)**



**JANAINE MÔNICA DE OLIVEIRA SOUSA, Mestre (Centro Universitário de Anápolis  
– UniEVANGÉLICA, Campus Ceres)  
(EXAMINADOR INTERNO)**



**LUIZ TOMAZ DE AQUINO NETO, Especialista (Centro Universitário de Anápolis –  
UniEVANGÉLICA, Campus Ceres)  
(EXAMINADOR INTERNO)**

**DATA: CERES/GO, 08 de DEZEMBRO de 2020.**

## ESTUDO DO CONTROLE TECNOLÓGICO E DA QUALIDADE DO CONCRETO DOSADO EM OBRA

Leonardo Rodrigues da Silva<sup>1</sup>

Marco Aurélio Gontijo Figueiredo<sup>2</sup>

Vilson Dalla Libera Junior<sup>3</sup>

### RESUMO

Atualmente, a utilização do concreto dosado em obra é discutida pela perda de qualidade quando comparado com o concreto dosado em central, que possui um maior desenvolvimento tecnológico em sua produção, controle de qualidade e aplicação. Devido a esses fatores, o controle de qualidade do concreto dosado em obra tem menor eficiência, pois é mais fácil controlar a qualidade do material em uma indústria do que no canteiro de obras. Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar as variáveis que afetam a qualidade do concreto produzido em obra, verificando os métodos de fabricação empregados e as propriedades de diferentes concretos. Inicialmente foram selecionadas obras na região de Ceres e Rialma, a fim de analisar a concretagem de alguns elementos construtivos, tais como, calçadas, pilares, vigas e lajes. Dentre as obras escolhidas, foram coletados dados através de relatório fotográfico e coleta de materiais. Em seguida, foi analisado se o armazenamento dos materiais e a dosagem do concreto foram realizados de forma adequada para os elementos em concreto: calçadas, pilares, vigas e lajes. Os resultados obtidos indicaram que as obras estavam com materiais armazenados de forma inadequada. Além disso, o procedimento para a realização do concreto não atendia as normas técnicas vigentes. Em relação à resistência a compressão, muitos não atenderam a exigência mínima de projeto. Com relação à absorção de água observa-se que alguns obtiveram valores menores se comparado suas amostras, enquanto outros mantiveram resultados próximos entre suas próprias amostras. Através dos ensaios constata-se que todos os elementos construtivos ensaiados, enquadram-se na sua classificação em concretos duráveis. Por fim, pode-se concluir que as obras analisadas não apresentaram nenhum tipo de controle tecnológico na produção do concreto, fator indispensável para a qualidade de qualquer construção civil.

**Palavras-chave:** Concreto. Obra. Qualidade. Controle tecnológico.

---

<sup>1</sup> Discente do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Anápolis (UniEVANGÉLICA) – Campus Ceres. E-mail: [leoprojetos3d@gmail.com](mailto:leoprojetos3d@gmail.com)

<sup>2</sup> Discente do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Anápolis (UniEVANGÉLICA) – Campus Ceres. E-mail: [aurelio15987@gmail.com](mailto:aurelio15987@gmail.com)

<sup>3</sup> Mestre em Integridade de Materiais da Engenharia, Professor do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Anápolis (UniEVANGÉLICA) – Campus Ceres. E-mail: [vilson.dalla@gmail.com](mailto:vilson.dalla@gmail.com)

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>5</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>6</b>
<b>2.1 Contexto histórico.....</b>	<b>6</b>
<b>2.2 Características e dosagem do concreto em obra.....</b>	<b>7</b>
<b>2.3 Propriedades do concreto .....</b>	<b>8</b>
2.3.1 <i>Estado fresco .....</i>	8
2.3.2 <i>Estado endurecido .....</i>	9
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>10</b>
<b>3.1 Coleta de dados .....</b>	<b>10</b>
<b>3.2 Moldagem e cura dos corpos de prova .....</b>	<b>10</b>
<b>3.3 Ensaaios do concreto .....</b>	<b>11</b>
3.3.1 <i>Abatimento no estado fresco.....</i>	11
3.3.2 <i>Resistência a compressão.....</i>	11
3.3.3 <i>Absorção de água.....</i>	12
<b>3.4 Análise de dados .....</b>	<b>12</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>4.1 Avaliação dos procedimentos e materiais utilizados na concretagem .....</b>	<b>12</b>
<b>4.2 Análise dos concretos no estado fresco .....</b>	<b>14</b>
<b>4.3 Propriedades mecânicas e absorção de água .....</b>	<b>16</b>
<b>4.4 Qualidade do concreto.....</b>	<b>19</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>20</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>21</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O concreto é um dos materiais mais consumidos no mundo, além de ser considerado um dos materiais mais relevantes da construção civil. Tal importância se deve à alta durabilidade, resistência, plasticidade, versatilidade, baixo custo e ao seu potencial de utilização, o qual vem sendo ampliado ao longo dos anos, com o desenvolvimento tecnológico (MEHTA; MONTEIRO, 2008). Segundo Bastos (2006), o concreto é um material constituído por cimento, água, agregado miúdo, agregado graúdo e ar. Pode também conter adições e aditivos químicos com o intuito de melhorar ou alterar suas propriedades básicas.

No que se refere as suas propriedades, a resistência à compressão do concreto geralmente é vista como sua propriedade mais relevante, sendo o critério mais valorizado por projetistas e engenheiros de controle de qualidade, mesmo que em alguns casos, outras características, como durabilidade à ação de agente agressivos, permeabilidade e módulo de elasticidade possam ser mais significativos (NEVILLE, 2016). Alguns autores como Andrade e Tutikian (2011), afirmam que a resistência mecânica do concreto é determinada como a capacidade do material de suportar as cargas aplicadas sobre ele, sem que ele entre em ruína. Apesar de muitas vezes outras características como, por exemplo, impermeabilidade, estabilidade de volume e durabilidade, acabem sendo características mais importantes em determinados casos, para Neville e Brooks (2013), atingindo uma boa resistência à compressão possivelmente terá as outras propriedades atendidas de forma adequada.

Com o crescimento da utilização do concreto, acompanhando a pressão do mercado de construção civil por diminuição dos custos, conservando as exigências mínimas para segurança do projeto, aumentou-se a necessidade e importância do controle tecnológico do material. Portanto, vem sendo utilizado o concreto usinado, que é produzido pelas empresas prestadoras de serviços de concretagem, com altos níveis de qualidade e tecnologia. A dosagem correta é feita de acordo com o tipo de elemento construtivo, seguindo as normas específicas da ABNT.

Além disso, esse recurso tende a ficar cada vez mais frequente, principalmente em países em desenvolvimento como o Brasil, devido sua praticidade, qualidade, redução do desperdício de materiais e ganho na produtividade no canteiro de obras. Entretanto, o concreto tradicional, realizado no canteiro de obras, ainda é o mais empregado em construções residenciais e comerciais no Brasil, devido sua fácil obtenção e produção, além de não exigir o uso de maquinários e nem mão de obra especializada (MASCOLO, 2012).

Dentre as variáveis que influenciam na qualidade das construções, a qualidade do material empregado pode ser descrita como a de maior relevância, nesse caso o concreto. Essa qualidade é verificada por meio de ensaios que determinam, principalmente, sua consistência e sua resistência a compressão. Essa verificação recebe o nome de controle tecnológico de concreto. O controle tecnológico visa o estudo do concreto para que, ao utilizá-lo em estruturas, possam ser asseguradas as propriedades prescritas em projeto. Para avaliar o concreto utilizado na construção civil, a empresa responsável pela execução da obra geralmente contrata os serviços de um laboratório de controle tecnológico de concreto (RAMOS, 2014).

A forma como o concreto é misturado, sua dosagem, tipo de agregado, o armazenamento dos componentes da mistura, a adição de água, transporte, lançamento e adensamento são algumas das características que influem diretamente nas propriedades do concreto em seu estado endurecido (VILELA; COIMBRA; BORBA JR, 2018). No momento da concretagem

deve ser realizado o ensaio de abatimento do tronco de cone, para verificação da consistência do material. Em seguida, inicia-se a aplicação do concreto e moldagem dos corpos de prova, que são levados até o laboratório e submetidos a ensaios para a verificação de resistência, conforme solicitado pela empresa responsável pela execução da obra. É importante ressaltar que qualquer não conformidade na resistência do material é estudada de forma a se realizar medidas corretivas (RAMOS, 2014).

Segundo Nascimento (2012), o controle tecnológico do concreto pode ser definido como um conjunto de operações e verificações que irão garantir a qualidade e aceitação desse material que estará de acordo com as normas que regem esse processo. Mesmo quando a produção do concreto acontece em obra, deve-se seguir as especificações das normas vigentes, como por exemplo, a NBR 12655 (ABNT, 2006) e NBR 8953 (ABNT, 2015), que trazem requisitos básicos exigíveis para os processos que envolvem desde o armazenamento correto dos materiais até devida aplicação do concreto (CARVALHO, 2017).

Atualmente, a utilização do concreto dosado em obra é discutida pela perda de qualidade quando comparado com o concreto dosado em central, que possui um maior desenvolvimento tecnológico em sua produção, controle de qualidade e aplicação (SILVA; PEREIRA, 2018). O concreto usinado é fabricado com um rigoroso controle de qualidade dentro das centrais dosadoras, processo esse que envolve desde a compra dos materiais que serão usados até a execução de laudos de resistência para os clientes. Devido a esses fatores, o controle de qualidade do concreto dosado em obra tem menor eficiência, pois é mais fácil controlar a qualidade do material em uma indústria que no canteiro de obras, em razão da ausência de equipamentos ideias e mão de obra especializada para realização das verificações necessárias (LIMA et al., 2019). A falta de um controle de qualidade no concreto pode causar patologias futuras no elemento construtivo, desperdício de materiais, futuros retrabalhos, prejuízo econômico e, em casos mais graves, perdas humanas (CARVALHO, 2017).

Diante do cenário e com o setor da construção civil em alta, torna-se complexo a conciliação entre produtividade e qualidade. Apesar disso, o controle de qualidade do concreto deve ser sempre realizado visando os benefícios que traz para a edificação. Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar as variáveis que afetam a qualidade do concreto produzido em obra, verificando os métodos de fabricação empregados e as propriedades de diferentes concretos.

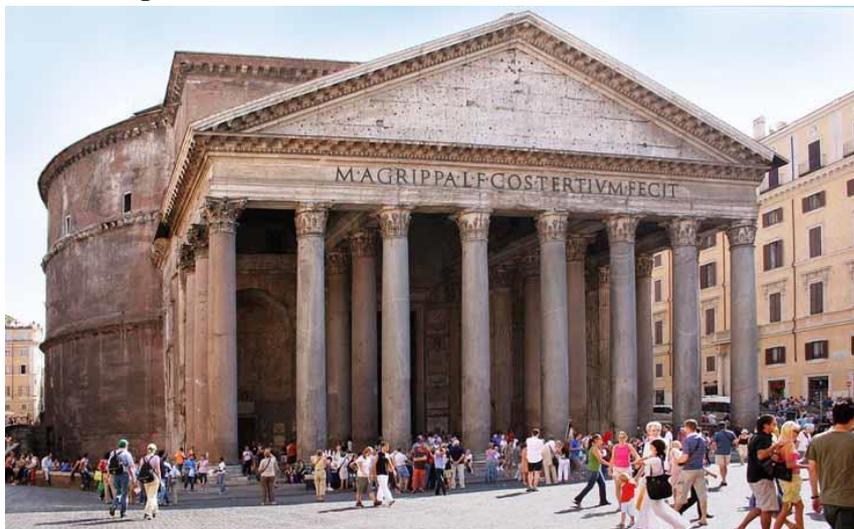
## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Contexto histórico**

Para descrever os aspectos pré-históricos e históricos do concreto é importante entender a sua própria definição, além dos materiais que o originam. O concreto é um material composto da mistura homogênea de cimento, areia, pedra e água, com possíveis aditivos que melhorem suas propriedades básicas. Já o cimento é um material composto a partir da mistura de clínquer, gesso e adições. Por último, o clínquer é um material fabricado através de processo industrializado, gerado da extração de minério de calcário, argila e minério de ferro. Seu procedimento finaliza com a queima destes materiais ao ponto de fusão. O concreto também pode ser considerado em sua origem natural como rocha sedimentar (PEDROSO, 2009).

A primeira teoria do concreto surge no Império Romano (300 anos antes de Cristo), e é marcado por grande evolução construtiva, com destaque a construção do Pantheon, mostrada na Figura 1, com uma cúpula de 43 metros de diâmetro, executada em concreto romano e revestida com mármore e tijolos (PEDROSO, 2009).

**Figura 1** – Estrutura de concreto romano do Pantheon.



Fonte: Adaptado de Queiroz (2017).

Um grande acontecimento na história do concreto ocorreu em 1824 na Inglaterra, quando Joseph Aspdin, patenteia sua invenção com o nome de Cimento Portland. Na década de 1830 na Europa, a mistura do cimento, areia, água e pedra, ficou conhecida como concreto (PEDROSO, 2009). Como uma alternativa para melhoria na qualidade do material, o concreto usinado tornou-se empregado pela primeira vez na cidade de Baltimore nos Estados Unidos no ano de 1913, tendo um crescimento notável a partir dos anos 30, impulsionando o setor da construção civil (NEWMAN; CHOO, 2003). Atualmente, o concreto usinado é mais utilizado na construção civil para a realização de obras de grande e médio porte. Mesmo com os benefícios que o concreto usinado proporciona, o concreto dosado em obra ainda é o mais empregado em construções residenciais e comerciais devido sua praticidade e facilidade de execução (SILVA; PEREIRA, 2018).

## **2.2 Características e dosagem do concreto em obra**

O concreto dosado em obra, geralmente é constituído pelo cimento Portland, água, agregado miúdo (areia) e agregado graúdo (brita). O cimento e a água formam a pasta, que enche a maior parte dos espaços vazios entre os agregados. A água utilizada para fabricação do concreto deve ser, se possível, potável, não contendo resíduos industriais ou substâncias orgânicas. Os agregados constituem de 60% a 80% do concreto e por isso o cuidado na sua escolha é de grande importância. As areias são divididas em grossas, médias, finas e muito finas, de acordo com seu módulo de finura. As britas variam desde a brita 0 até a brita 5, conforme o diâmetro (mínimo e máximo) de suas partículas componentes (ANDOLFATO, 2002).

A proporção empregada entre esses materiais é denominada de traço, e é ela responsável por garantir características fundamentais ao concreto, como resistência, durabilidade e trabalhabilidade. Na dosagem do concreto em obra, o cimento é medido em sacos inteiros e a água em recipientes graduados. Os agregados geralmente são dosados em volumes, através de padiolas ou latas, correspondentes a um saco de cimento. Em casos específicos, são utilizados aditivos para melhorar algumas propriedades do concreto, tais como: controle do tempo de pega, aumento da plasticidade, controle do aumento da resistência, entre outras (CURTI, 2011).

O Quadro 1 apresenta com base nas características do concreto dosado em obra, algumas vantagens e desvantagens na utilização desse material.

**Quadro 1** – Características do concreto dosado em obra.

<b>Etapas</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
<b>Planejamento das atividades</b>	Velocidade no início da obra.	Obras com alto quantitativo de atividades e colaboradores.
<b>Consumo / Compra de materiais</b>	Fidelização de fornecedores devido obras anteriores.	Desperdício de materiais.
<b>Custo</b>	Preço menor que comparado ao produzido em usina.	A atividade é iniciada desde que haja dinheiro em caixa, caso contrário pode haver atrasos e aumento dos custos.
<b>Imprevistos</b>	Utilizar conhecimentos em situações semelhantes para resolução de problemas	Dificuldade na previsão de atrasos nos serviços ou falhas na solicitação de materiais.

Fonte: Adaptado de Santos e Leão (2018).

O concreto pode ser preparado por mistura manual ou mecânica. Sendo que, a mistura manual é feita com uso de pás e enxadas, e é utilizada em pequenas obras ou para pequenas quantidades, visto que, o tempo de preparo e o consumo de cimento são maiores e a homogeneidade é menor. Enquanto, a mistura mecânica pode ser obtida com o uso de uma betoneira, onde, o tempo de preparo e o consumo de cimento são menores e é possível obter uma homogeneidade maior (MOREIRA, 2004).

## **2.3 Propriedades do concreto**

### *2.3.1 Estado fresco*

A consistência traduz as propriedades próprias da mistura fresca referente a mobilidade da massa e a coesão entre os componentes, visando a uniformidade e a compacidade do concreto. Para Neville e Brooks (2013) o estado fresco do concreto é desde a sua produção até o seu lançamento nas formas. Nesta condição o concreto precisa mostrar algumas propriedades com a finalidade de ser considerado apropriado nesta situação, sendo elas: consistência da mistura a fim de que o concreto possa ser adensado com as ferramentas disponíveis e da maneira

desejada, e coesão satisfatória para que o transporte e lançamento nas formas ocorra sem que haja segregação, obtendo uma massa homogênea e sem vazios.

De acordo com Mehta e Monteiro (2014), a trabalhabilidade é uma das propriedades mais relevantes deste estado e que influencia diretamente a viabilidade da construção. Segundo os autores, ainda que os processos de cura e dosagem do concreto sejam realizados de forma correta, uma mistura não lançada e adensada adequadamente, provavelmente não atingirá as propriedades esperadas de resistência e durabilidade.

Entre essas propriedades pode-se destacar a exsudação, ou seja, a tendência da água de amassamento de vir à superfície do concreto recém lançado. Consequentemente, a parte superior do concreto torna-se demasiadamente úmida, que resulta em um concreto menos resistente e poroso. Ao subir à superfície, a água, pode levar partículas finas de cimento, formando uma pasta, que impede a ligação de novas camadas de material e precisa ser retirada com cautela (CATUSSO, 2015).

### 2.3.2 Estado endurecido

As propriedades mecânicas fundamentais do concreto são: resistência à compressão, resistência à tração e módulo de elasticidade. Essas propriedades são definidas a partir de ensaios, executados em condições específicas. Geralmente, os ensaios são executados para controle da qualidade e atendimento às especificações (PINHEIRO, 2007).

A característica mecânica mais importante do concreto é a resistência à compressão simples, denominada  $f_c$ . Para medi-la, são moldados e preparados corpos de prova para ensaio de acordo com a NBR 5738 (ABNT, 2015), e posteriormente são ensaiados conforme a NBR 5739 (ABNT, 2018). Pode ser feito um gráfico após a realização dos ensaios de corpos de prova, com os valores obtidos de  $f_c$  versus a quantidade de corpos de prova relativos a determinado valor de  $f_c$ . Desse modo, encontram-se dois valores importantes: resistência média do concreto à compressão,  $f_{cm}$ , e resistência característica do concreto à compressão,  $f_{ck}$  (PINHEIRO, 2007).

A resistência a tração do concreto pode ser realizada em três métodos, tais como ensaio de tração direta, tração por compressão diametral e resistência à tração na flexão. Dentre eles, o mais utilizado é a resistência à tração por compressão diametral, que consiste em comprimir o corpo de prova de forma cilíndrica, em um comprimento de duas linhas axiais opostas. O ensaio é feito conforme a NBR 7222 (ABNT, 2011). Por ser um ensaio que não exige alta adaptação na prensa e utilizam as formas dos corpos de provas dos ensaios a compressão ele é substancialmente utilizado para este ensaio (MEHTA e MONTEIRO, 1994).

O módulo de elasticidade é a razão entre uma tensão aplicada sobre um corpo e a deformação específica imediata nele verificada. O módulo pode ser obtido a partir de ensaios físicos, ultrassom e impulso por vibração. Com ele é possível ter uma melhor noção do comportamento da estrutura com relação à desforma ou a outras características desejadas do concreto (PACHECO et al., 2014).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Coleta de dados

Inicialmente foram selecionadas seis obras na região de Ceres e Rialma, a fim de analisar a concretagem de alguns elementos construtivos, tais como, calçadas, pilares, vigas e lajes. As obras escolhidas foram nomeadas por obra 1 à obra 6. Dentre as obras escolhidas, foram coletados dados dos elementos em concreto: calçadas, pilares, vigas baldrame e estruturais e lajes.

Os dados foram coletados através de relatório fotográfico e coleta de materiais. Por meio do relatório fotográfico, verificou-se de forma visual as condições dos materiais para fabricação do concreto com base na NBR 12655 (ABNT, 2015), que traz os procedimentos para o preparo, controle, recebimento e aceitação, analisando dessa forma, se o armazenamento dos materiais e a dosagem do concreto foram realizadas de forma adequada. O material coletado em obra foi o concreto, que passou por análises tanto em obra, durante sua fabricação, quanto em laboratório com os corpos de prova moldados na obra, para verificação de suas propriedades.

#### 3.2 Moldagem e cura dos corpos de prova

A Figura 2 apresenta a moldagem dos corpos de prova que foi executada conforme a NBR 5738 (ABNT, 2015) que prescreve o procedimento para moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos e prismáticos de concreto. Foram moldados 4 corpos de prova para cada elemento construtivo, sendo 2 para cada uma das amostras, totalizando 48 corpos de prova. Foram utilizados moldes cilíndricos com dimensões 10x20 cm. Introduziu-se o concreto no molde em duas camadas de volume aproximadamente iguais e em seguida adensou cada camada com 12 golpes com auxílio de uma haste. Após o adensamento da última camada, executou o nivelamento da superfície com a borda do molde.

**Figura 2** – Moldagem dos corpos de prova.



Fonte: Próprio autor (2020).

Após a moldagem, os moldes foram colocados sobre uma superfície horizontal rígida, livre de vibrações e de qualquer outra ação que possa perturbar o concreto. Durante as primeiras

24 horas, todos os corpos de prova estiveram armazenados em local protegido de intempéries, passando pelo processo de cura inicial. Posteriormente, realizou-se a desmoldagem dos corpos de prova, e em seguida os corpos de prova foram identificados e permaneceram em cura úmida durante 28 dias.

### 3.3 Ensaios do concreto

#### 3.3.1 Abatimento no estado fresco

Foi realizado o ensaio de abatimento do tronco de cone na própria obra visando medir a consistência e fluidez do material, seguindo o especificado pela NBR NM 67 (ABNT, 1998). Após a coleta do concreto fresco, ele foi inserido em um cone em três camadas de altura igual, e cada uma das camadas foram compactadas com 25 golpes com o auxílio de uma haste. Após o preenchimento do cone, o topo foi rasado e a base foi limpa para não interferir no resultado do ensaio. Em seguida retirou-se o molde, e o tronco de cone foi colocado em posição invertida para realizar a medição do abatimento do concreto, que consiste na diferença entre a altura do molde e a altura do eixo do corpo de prova.

**Figura 3** – Ensaio de abatimento do tronco de cone. Compactação (a). Medição do abatimento (b).



Fonte: Próprio autor (2020).

#### 3.3.2 Resistência a compressão

O ensaio de resistência a compressão foi executado de acordo com a norma a NBR 5739 (ABNT, 2018). Após os corpos de prova passarem pelo processo de cura úmida, foram medidas suas alturas e diâmetros com o uso de um paquímetro. O ensaio foi realizado na Máquina Universal de Ensaio Mecânicos CONTECO disponível no Laboratório de Materiais e Estruturas do Centro Universitário de Anápolis – UniEVANGÉLICA. Foram utilizados apoios nas extremidades dos corpos de prova para regulamentá-los a fim de que a força fosse devidamente distribuída. Posteriormente, foram colocados no centro da prensa para aplicação da carga. Por fim, analisou-se o tipo de ruptura sofrida pelo corpo de prova e os dados foram devidamente registrados. Com os dados registrados, foi feita a média entre os dois corpos de prova de cada uma das amostras.

### 3.3.3 Absorção de água

A execução do ensaio de absorção de água por imersão seguiu o especificado pela NBR 9778 (ABNT, 2005). Após a desmoldagem dos corpos de prova, realizou-se as pesagens a fim de obter sua massa atual. Depois de passarem pelo processo de cura úmida, os corpos de prova foram previamente secos com papel toalha e novamente pesados para obtenção de sua massa atual. Ao término do ensaio, os dados foram devidamente anotados para determinação da absorção de água. Com os dados registrados, foi feita a média entre os dois corpos de prova de cada uma das amostras.

### 3.4 Análise de dados

Após a obtenção dos dados referentes aos ensaios realizados, eles foram tabelados em planilhas semiestruturadas no Microsoft Excel. Os dados foram organizados de acordo com o elemento estrutural, a obra e a resistência de projeto do material. Em seguida, essas informações foram comparadas com as normas vigentes. Em relação a resistência do concreto, foi verificado se ela atingiu a resistência e os parâmetros de projeto. Nos casos em que os parâmetros de projeto não foram atendidos, foi proposto soluções para a melhora da qualidade e controle de acordo com as normas vigentes. A partir dos dados levantados, foi feito um levantamento completo de todas essas informações, visando identificar quais foram os itens que afetaram a qualidade do concreto produzido em obra. Uma vez identificados os itens, foi discutido propostas de soluções para tais problemas.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Avaliação dos procedimentos e materiais utilizados na concretagem

A Figura 5 apresenta o armazenamento dos materiais (cimento, agregados graúdos e miúdos), que foram empregados na dosagem do concreto utilizado para execução de pilares da obra 3.

**Figura 5** – Armazenamento do agregado graúdo (a) e miúdo (b) da obra 3.



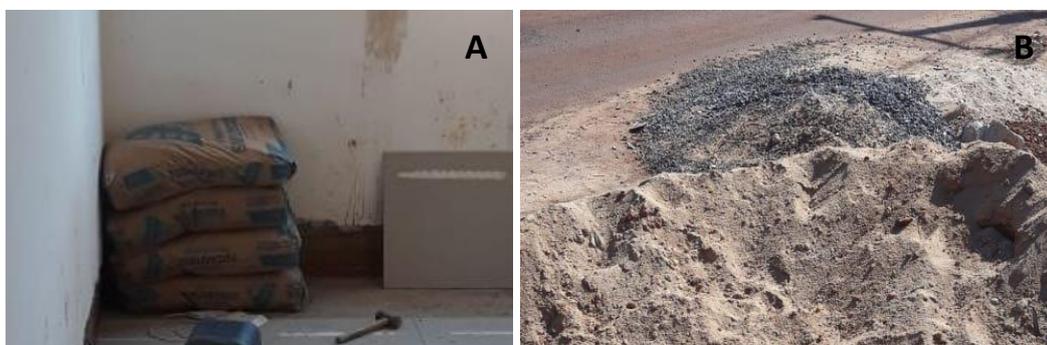
Fonte: Próprio autor (2020).

Na Figura 5a é possível observar que o armazenamento do agregado graúdo (brita) foi realizado diretamente sobre o solo, além disso, no local de armazenamento do material foi

constatado a presença de pedaços de madeira, circulação de pessoas e até mesmo uma motocicleta. Conforme apresentado pela Figura 5b, o armazenamento da areia ocorreu de modo semelhante ao da brita, com o material diretamente sobre o solo e com a presença de madeira e circulação de pessoas sobre o agregado. De acordo com a NBR 12655 (ABNT, 2015), o armazenamento desses materiais deve ser realizado de forma que não haja contato direto com o solo, evitando que ocorra uma contaminação dos agregados e consequentemente acabe afetando o concreto. Para Ribeiro Júnior (2015), a contaminação do material é prejudicial a dosagem do concreto, podendo resultar em perda da resistência mecânica.

A Figura 6 apresenta o armazenamento dos materiais (cimento, agregados graúdos e miúdos), que foram empregados na dosagem do concreto utilizado para execução de vigas na obra 5.

**Figura 6** – Armazenamento do cimento (a), agregado graúdo e miúdo (b) utilizados na dosagem do concreto da obra 5.



Fonte: Próprio autor (2020).

Na Figura 6a observa-se que o armazenamento do cimento foi feito diretamente sobre o piso. Bauer (2019) afirma que se deve ter muito cuidado no armazenamento do cimento no canteiro de obras. Segundo ele, é preciso que seja evitado qualquer risco de hidratação, que é a reação química entre o cimento e a água, uma vez que os sacos de papel não garantem a impermeabilização necessária. Dependendo do nível de hidratação, o cimento pode perder seu potencial de utilização e em casos mais sérios seu uso se torna inviável. Segundo a NBR 12655 (ABNT, 2015), os sacos de cimento devem ser armazenados em pilhas e em local fechado, e devem ficar apoiados sobre estrado ou paletes de madeira, para que seja evitado o contato direto com o piso.

Conforme mostrado pela Figura 6b, os agregados graúdos e miúdos foram armazenados diretamente sobre o solo. Além disso, é perceptível que não há separação entre a areia e a brita, ocorrendo então, contato direto entre os dois agregados. Para Rossignolo (2003), quando os agregados são armazenados diretamente sobre o solo, pode ocorrer contaminação, resultando em alterações nas propriedades físicas e mecânicas do material. A mistura entre os agregados os torna menos puro e pode prejudicar a dosagem do concreto. Segundo a NBR 12655 (ABNT, 2015), não deve ocorrer contato físico entre agregados com granulometrias diferentes e o armazenamento deve ser feito sobre uma base que impeça o contato direto com o solo, evitando assim que haja contaminação com outros materiais que possam causar danos ao concreto.

A Figura 7 apresenta o armazenamento dos materiais (agregados graúdos e miúdos), que foram empregados na dosagem do concreto utilizado para execução de uma laje de cobertura na obra 6.

**Figura 7** – Armazenamento do agregado graúdo (a) e miúdo (b) da obra 6.



Fonte: Próprio autor (2020).

Como aponta a Figura 7a, o armazenamento da brita foi feito diretamente sobre o solo. Nesse armazenamento existem diversos materiais utilizados que estão sobre a brita, tais como, madeira, ferragem, impurezas, entre outros. Na figura também é possível observar um tambor de água ao lado, com uma mangueira que estava derramando água sobre a brita periodicamente. Segundo Weidmann (2008), a presença de partículas que não sejam a brita, como madeira e impurezas, podem alterar as propriedades físicas e mecânicas do material, causar interferência no processo de hidratação do cimento e na aderência entre o agregado e a pasta de cimento. O excesso de umidade presente nos agregados pode prejudicar a relação água/cimento, resultando em uma pasta mais porosa e, conseqüentemente, com menor resistência mecânica.

A Figura 7b, apresenta o armazenamento do agregado miúdo e das padiolas. É possível observar que assim como ocorreu com a brita, a areia também foi armazenada diretamente sobre o solo. De acordo com a NBR 12655 (ABNT, 2015), os agregados devem estar sobre uma base que evite o contato com o solo e impeça a contaminação com outros sólidos ou líquidos prejudiciais ao concreto.

#### 4.2 Análise dos concretos no estado fresco

A tabela 1 apresenta os valores obtidos no abatimento de tronco de cone do concreto de cada elemento construtivo, executado conforme a NBR NM 67 (ABNT, 1998). Os dados foram descritos pelo nome do elemento da estrutura seguido pelo número da obra.

**Tabela 1** – Abatimento de tronco de cone.

Amostra	Abatimento (mm)						
	Laje 6	Calçada 1	Calçada 2	Viga 4	Viga 5	Pilar 3	Pilar 4
1	190	90	160	80	90	170	75
2	180	75	120	60	25	180	90

Fonte: Próprio autor (2020).

Conforme apresentado na tabela 1, a Laje 6 obteve um abatimento de 190 e 180 mm, para a amostra 1 e 2 respectivamente. De acordo com Soares (2003), o abatimento médio para concretos utilizados em lajes é de  $120 \text{ mm} \pm 20 \text{ mm}$ . Sendo assim, a Laje 6 obteve valores de abatimento maiores que o médio. O abatimento elevado, indica um maior uso de água na dosagem do concreto, que pode ter ocorrido devido a não consideração da umidade presente nos agregados, como pode ser observado na Figura 7a. Para Ades (2015), o excesso de água no concreto pode prejudicar o fator água/cimento, e conseqüentemente causar alterações na resistência e em outras propriedades do concreto.

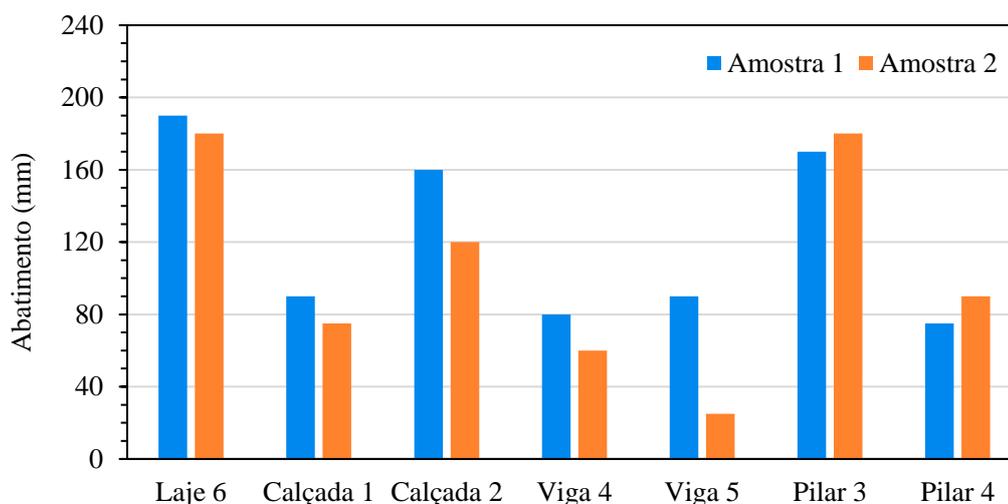
Os valores do abatimento para Calçada 1 foi de 90 e 75 mm para a amostra 1 e 2 respectivamente. Na Calçada 2 os valores obtidos para o abatimento foram de 160 e 120 mm para cada uma das amostras. Para Borges e Almeida (2019), o abatimento em média para concretos usados em calçadas é de  $80 \pm 10 \text{ mm}$ . Dessa forma, a Calçada 1 obteve valores de abatimento dentro do esperado, enquanto a Calçada 2 atingiu valores de abatimento significativamente altos. Geralmente em pequenas obras, a água é adicionada sem um controle exato do seu volume, e em alguns casos, o anseio por um concreto mais trabalhável faz com que esse volume seja maior do que o necessário, o que acaba resultando em um abatimento elevado, e dessa forma prejudicando as propriedades do concreto (BRIK; MOREIRA; KRUGER, 2013).

O abatimento medido para a Viga 4 foi de 80 e 60 mm, para o traço 1 e 2 respectivamente. Já na Viga 5, o abatimento obtido foi de 90 e 25 mm para cada um dos traços. Para Deghenhard e Vargas (2013), o abatimento do concreto para vigas é normalmente adotado entre 90 e 120 mm. Assim, enquanto a Viga 4 obteve valores próximos ao médio normalmente utilizado, a Viga 5 teve em seu traço 2, um abatimento significativamente baixo. Para Santiago (2011), um concreto com abatimento muito baixo é resultado de um volume de água insuficiente, e pode ocorrer a segregação devido à dificuldade na moldagem, resultando em espaços entre o concreto e a ferragem, e conseqüentemente afetando a resistência do elemento construtivo.

A análise do Pilar 3 resultou em abatimento de 170 e 180 mm para a amostra 1 e 2 respectivamente. Para o Pilar 4, o abatimento foi de 75 e 90 mm para cada uma das amostras. Segundo Reis (2008), assim como ocorre com as vigas, geralmente o abatimento para pilares fica entre 90 e 120 mm. Deste modo, o abatimento obtido no Pilar 3 teve um valor significativamente alto nas duas amostras, enquanto o Pilar 4 alcançou valores próximos a média. Para Brik, Moreira e Kruger (2013), o abatimento acima da média, indica um uso elevado de água na dosagem do concreto. Segundo Ades (2015), o uso em excesso de água no traço do concreto compromete as propriedades do concreto.

A Figura 8 apresenta um gráfico com os valores dos abatimentos obtidos para os diferentes elementos estudados e mostrados na tabela 1. No gráfico é possível comparar os valores de abatimento das duas amostras para cada um dos elementos construtivos.

**Figura 8** – Abatimento de tronco de cone (*slump test*) dos concretos estudados.



Fonte: Próprio autor (2020).

A Figura 8, mostra que com exceção da Calçada 2 e Viga 5, todos os elementos construtivos tiveram abatimentos semelhantes entre uma amostra e outra. Segundo Moreira (2016), a água é a maior responsável por controlar a trabalhabilidade do concreto. Se a reação for pequena, não ocorrerá a reação completamente e se for maior que o necessário, haverá diminuição na resistência. Nas obras de pequeno porte, a dosagem utilizada é a dosagem empírica, na qual a dosagem é feita com base na experiência do construtor (PETRUCCI, 1998). Deste modo, é provável que a diferença de trabalhabilidade entre as amostras de um mesmo elemento construtivo, tenha ocorrido devido a diferença na adição de água na dosagem.

### 4.3 Propriedades mecânicas e absorção de água

A tabela 2, apresenta os valores obtidos no ensaio de resistência a compressão dos corpos de prova moldados para cada elemento construtivo aos 28 dias de idade, executado conforme a NBR 5739 (ABNT, 2018).

**Tabela 2** – Resistência a compressão.

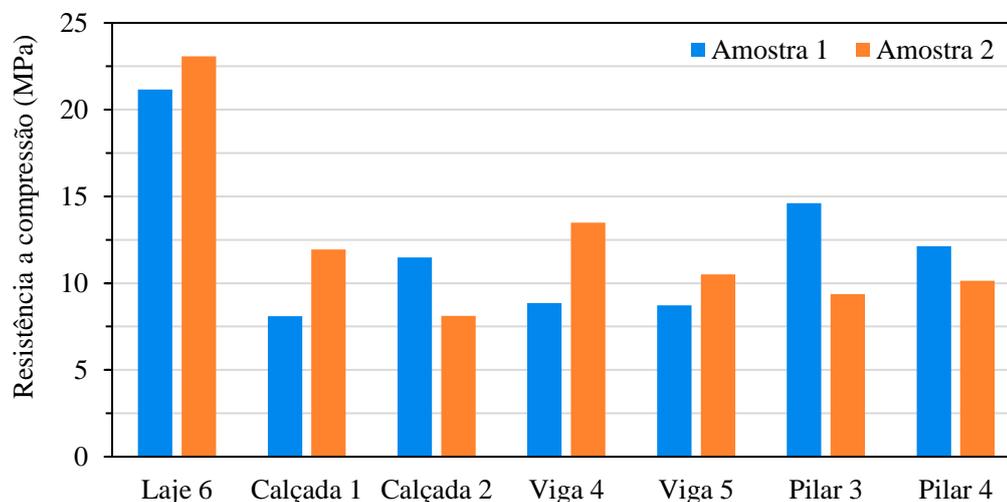
Amostra	Resistência a compressão (MPa)						
	Laje 6	Calçada 1	Calçada 2	Viga 4	Viga 5	Pilar 3	Pilar 4
1	21,15	8,10	11,48	8,85	8,72	14,61	12,12
2	23,08	11,94	8,11	13,49	10,52	9,36	10,14

Fonte: Próprio autor (2020).

De acordo com os resultados obtidos na tabela 2, observa-se que, os elementos construtivos analisados não atenderam as exigências mínimas de projeto, visto que a resistência a compressão estabelecida para os elementos estruturais (lajes, vigas e pilares) era de 25 MPa e para as calçadas era de 15 MPa. A NBR 12655 (ABNT, 2015), estabelece que um concreto só deve ser aceito quando atender os requisitos especificados no projeto estrutural. Além disso, a NBR 8953 (ABNT, 2015), afirma que concretos com fck inferiores a 20 MPa não podem ser utilizados para fins estruturais, como ocorre nas amostras das vigas e pilares analisados.

Na Figura 9, é mostrado um gráfico com os valores obtidos no ensaio de resistência a compressão com as amostras 1 e 2 moldadas dos elementos construtivos na idade de 28 dias.

**Figura 9** – Resistência a compressão dos concretos analisados.



Fonte: Próprio autor (2020).

Analisando o resultado das amostras, é possível observar uma variabilidade na resistência a compressão entre as amostras ensaiadas. Para Marques (2016), essa oscilação pode ser explicada pela falta de controle da relação água/cimento, ausência da correção do traço em função da umidade dos agregados e utilização de diferentes tipos de cimentos na produção do concreto. Para Mehta e Monteiro (1994), os principais fatores que influenciam a resistência do concreto são as propriedades dos componentes, dosagem dos materiais e condições de cura e idade.

No que diz respeito as propriedades dos componentes, foi mencionado anteriormente sobre a inadequação no armazenamento dos materiais que compõe o concreto, como nos casos onde os agregados (grãos e miúdos) foram armazenados diretamente sobre o solo, continham impurezas, como pedaços de madeiras e circulação de pessoas sobre os agregados. A dosagem do concreto também é grande responsável pelas resistências obtidas, visto que na hora da dosagem, a adição de água era controlada sem nenhum critério ou medição, apenas com base na experiência do operário, e sem descontar a água já contida nos agregados, visto que o excesso de água é responsável pela perda de resistência do concreto (ADES, 2015).

A tabela 3 apresenta os resultados obtidos no ensaio de absorção de água por imersão, executado conforme a NBR 9778 (ABNT, 2005), para cada uma das amostras, com os valores expressos em porcentagem.

**Tabela 3** – Absorção de água por imersão.

Amostra	Absorção de água (%)						
	Laje 6	Calçada 1	Calçada 2	Viga 4	Viga 5	Pilar 3	Pilar 4
1	1,35	0,60	2,36	3,39	2,40	1,47	2,46
2	1,22	1,18	2,56	2,68	2,63	1,42	2,55

Fonte: Próprio autor (2020).

Analisando a tabela 3, observa-se que a Calçada 1 foi o elemento que obteve menor valor de absorção de água, além de ser também o com maior variação entre a amostra 1 e 2. Enquanto a Viga 4 alcançou em sua amostra 1, o maior valor de absorção de água entre todos os outros elementos construtivos. Os demais elementos construtivos, mantiveram os valores de absorção próximos entre suas próprias amostras. De acordo com Helene (1993), através dos ensaios de absorção de água por imersão é possível realizar a classificação dos concretos analisando sua durabilidade segundo o quadro abaixo.

**Quadro 2** – Classificação dos concretos pela absorção de água.

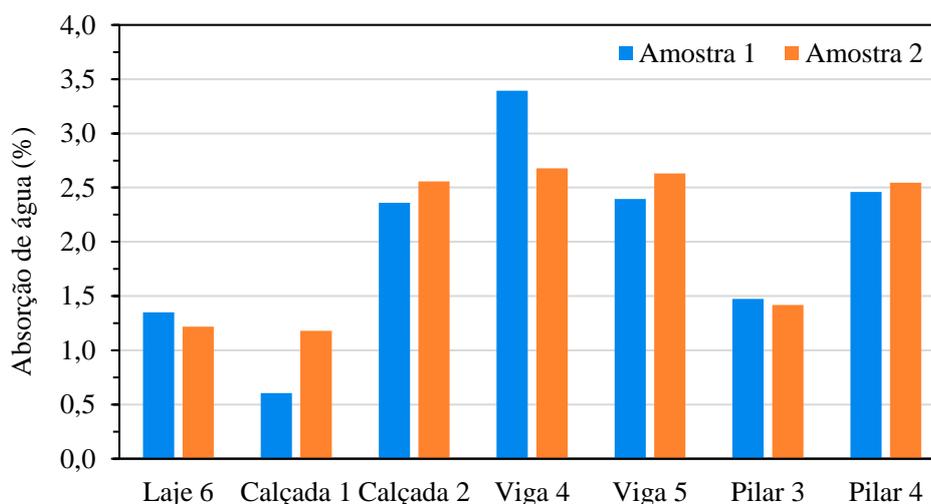
Classificação	Absorção de água (%)
Concretos duráveis	$\leq 4,2$
Concretos normais	$4,2 \leq a \leq 6,2$
Concretos deficientes	$\geq 6,2$

Fonte: Helene (1993).

Comparando os valores de absorção de água obtidos na tabela 3 com os valores especificados no quadro 2, constata-se que todos os elementos construtivos ensaiados, enquadram-se quanto a sua classificação em concretos duráveis, visto que alcançaram valores de absorção de água inferiores a 4,2%. Para Medeiros Junior, Munhoz e Medeiros (2019), conforme a tendência de absorção de água aumenta, a resistência à compressão diminui. Ou seja, quanto maior a relação água/cimento, maior é a porosidade, resultando na redução de resistência à compressão, enquanto a absorção de água por imersão é aumentada.

Na Figura 10, é apresentado um gráfico com os valores obtidos no ensaio de absorção de água por imersão dos concretos avaliados.

**Figura 10** – Absorção de água por imersão.



Fonte: Próprio autor (2020).

Traçando um paralelo entre as Figuras 9 e 10, é possível observar que a afirmação de Medeiros Junior, Munhoz e Medeiros (2019) de que quanto maior a absorção de água menor é

a resistência, se aplica na maioria dos elementos construtivos ensaiados. Entretanto, vale lembrar que há outros fatores que influenciam na resistência do concreto, como a qualidade dos materiais empregados, a dosagem dos componentes e as condições de cura (MEHTA, MONTEIRO, 1994).

#### **4.4 Qualidade do concreto**

Para se obter um concreto de boa qualidade, é necessário de forma geral, que seja empregado materiais de qualidade, que a dosagem seja feita em proporções adequadas e que a cura do material seja executada de forma correta (RECENA, 2002). No que diz respeito a qualidade do material, foi observado que o armazenamento dos materiais utilizados nos elementos construtivos analisados, foram realizados de maneira incorreta, como no caso do armazenamento dos agregados, onde, em todas as obras foram colocados diretamente sobre o solo, contrariando o que recomenda a NBR 12655 (ABNT, 2015), que traz os procedimentos para armazenamento dos materiais utilizados no concreto.

Em relação a dosagem do concreto, ela é responsável por determinar as proporções dos materiais empregados, de forma a garantir duas condições básicas: a resistência e plasticidade desejada (HELENE, 2005). Em todas as obras analisadas, verificou que a adição de água na mistura do concreto era realizada sem qualquer medição prévia ou critério. Além disso, não foi descontado a umidade contida nos agregados na hora de realizar a adição de água, umidade essa provinda do armazenamento incorreto mencionado anteriormente. Essas questões provavelmente estão ligadas aos altos e baixos valores obtidos no abatimento do concreto na maioria dos elementos construtivos analisados, visto que a consistência e a trabalhabilidade do concreto dependem da composição do concreto, principalmente, da quantidade de água (POLESELLO, 2012).

A resistência à compressão é o principal parâmetro utilizado no controle tecnológico do concreto, por isso a análise de sua resistência permite a avaliação do desempenho desse material nas edificações, visto que a sua resistência a compressão está diretamente ligada à sua qualidade (RAMOS, 2014). No ensaio de resistência a compressão realizado com as amostras estudadas, observou que nenhuma delas atingiram as suas respectivas resistências de projeto, o que segundo a NBR 12655 (ABNT, 2015) impede que o concreto seja aceitável na obra.

Além disso, de acordo com a NBR 8953 (ABNT, 2015), o concreto das amostras ensaiadas, com exceção da Laje 6, não poderia ser utilizado para fins estruturais, uma vez que obtiveram valores de resistência inferiores a 20 MPa. Os baixos valores de resistência podem ser resultados da qualidade dos materiais empregados e da proporção inadequada dos materiais constituintes, sobretudo da água (ADES, 2015). Isso se confirmou em grande parte das amostras ensaiadas, visto que na maioria delas, a amostra com menor absorção obteve maiores valores de resistência a compressão na idade de 28 dias.

Para se obter um concreto com desempenho adequado, é necessário que seja feito um controle de qualidade do concreto, o qual deve ser realizado em algumas partes. Primeiro, antes da mistura deve ser realizado o controle tecnológico dos seus materiais constituintes, obedecendo todos os critérios estabelecidos sobre armazenagem e manuseio descritos nas normas técnicas vigentes. Segundo, após a mistura é necessário a verificação das características da mistura ainda fresca, e realizar os ajustes de adição de água de acordo com o abatimento

estabelecido. Terceiro e último, verifica-se as características do concreto endurecido, principalmente a resistência à compressão (ZALAF; MAGALHÃES FILHO; BRAZ, 2014). O material só é tido como aceitável quando atender as prescrições das normas em vigor. Onde duas etapas básicas devem ser seguidas durante a execução: Primeiro a verificação do concreto consiste na avaliação das propriedades da mistura ainda fresca, como o ensaio de abatimento do tronco de cone, como descrito na NBR NM 67 (ABNT, 1998); Por último, devem ser verificadas as resistências dos corpos de prova e comparação desses resultados com os valores especificados conforme a NBR 12655 (ABNT, 2015).

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

De acordo com os resultados obtidos, foi possível concluir que o controle de qualidade no processo de fabricação do concreto é fundamental, visto que a falta dele, resulta diretamente na ausência da qualidade do material, podendo trazer riscos à segurança dos elementos construtivos. A avaliação dos procedimentos e materiais utilizados na concretagem, mostrou que nas obras analisadas, não houve um cuidado no armazenamento dos materiais empregados na dosagem do concreto como solicita as normas vigentes. A análise do concreto no estado fresco, apontou que a falta de controle na adição de água resultou em abatimentos elevados ou muito baixos, além de gerar grandes variações entre as próprias amostras de um mesmo elemento construtivo.

A análise da resistência a compressão do concreto, mostrou que a falta do cuidado com o armazenamento e a dosagem dos materiais, resultou em valores inferiores as resistências determinadas em projeto, tornando o material inviável para o uso desejável. Além disso, o concreto dos elementos estruturais, com exceção da laje, não alcançou resistências suficientes para serem utilizados em elementos estruturais. No ensaio de absorção de água por imersão, observou-se que a maioria dos elementos com maior absorção entre suas próprias amostras, alcançaram resistências menores. Os elementos construtivos obtiveram valores inferiores a 4,2%, sendo considerados como concreto duráveis.

Por fim, pode-se concluir com base nos resultados obtidos, que nas obras analisadas não houve nenhum tipo de controle tecnológico na produção do concreto. O controle tecnológico na produção do concreto é fundamental, pois garante que o concreto será fabricado com as propriedades necessárias para cada tipo de construção, o que torna sua utilização indispensável em qualquer obra, seja de pequeno ou grande porte.

## REFERÊNCIAS

- ADES, A. Z. **A importância do controle tecnológico na fase estrutural em obras de edificações**. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro – Escola Politécnica, Rio de Janeiro, 2015.
- ANDOLFATO, R. P. **Controle tecnológico básico do concreto**. Ilha Solteira, 2002, 33p. Núcleo de Ensino e Pesquisa da Alvenaria Estrutural. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2002.
- ANDRADE, J. J. O.; TUTIKIAN, B. F. Resistência Mecânica do Concreto. Congresso Brasileiro do Concreto. 1 ed. São Paulo, **IBRACON**, 2011. 1v.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR NM 67**: Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1998.
- \_\_\_\_\_. **NBR 5738**: Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2015.
- \_\_\_\_\_. **NBR 5739**: Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2018.
- \_\_\_\_\_. **NBR 7222**: Concreto e argamassa – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2011.
- \_\_\_\_\_. **NBR 8953**: Concreto para fins estruturais – Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência. Rio de Janeiro, 2015.
- \_\_\_\_\_. **NBR 9778**: Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de água, índice de vazios, e massa específica. Rio de Janeiro, 2005.
- \_\_\_\_\_. **NBR 12655**: Concreto - Preparo, Controle e Recebimento. Rio de Janeiro, 2015.
- BASTOS, P. S. S. **Fundamentos do Concreto Armado**. Bauru, São Paulo: UNESP, 2006.
- BAUER, L. A. F. **Materiais de construção**. 6ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2019.
- BORGES, L. S.; ALMEIDA, F. P. S. **Análise da utilização de concretos com agregados reciclados**. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil, Universidade de Rio Verde – UniRV, Rio Verde, 2019.
- BRIK, E. M. J.; MOREIRA, L. P.; KRUGER, J. A. Estudo das Patologias em estruturas de concreto provenientes de erros em ensaios e em procedimentos executivos. In: 8º Encontro de Engenharia e Tecnologia dos Campos Gerais. Ponta Grossa: **AEAPG**, 2013.
- CARVALHO, P. M. **Controle tecnológico do concreto: definição, normas e importância**. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil, Universidade Norte do Paraná – UNOPAR, Londrina, 2017.
- CATUSO, A. Influência da exsudação na profundidade de carbonatação em concretos. In: Anais do 57º Congresso Brasileiro do Concreto. Bonito: **IBRACON**, 2015.

CURTI, R. **Propriedades e dosagem do concreto**. 2011. 42 slides. Disponível em: <https://ecivilufes.files.wordpress.com/2011/04/concreto-propriedades-e-dosagem-do.pdf>. Acesso em: 14 out. 2020.

DEGHENHARD, C. C.; VARGAS, A. Análise experimental da capacidade portante em vigas de concreto armado sujeitas a flexão com reforço metálico colado na face tracionada. **Revista Iniciação Científica**, Criciúma, vol. 11, 1ª ed., 2013.

HELENE, P. R. L. **Contribuição ao estudo da corrosão em armaduras de concreto armado**. Tese (Livre docência) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

HELENE, P. R. L. Dosagem dos concretos de cimento Portland. In: **Concreto: Ensino, pesquisa e realizações**. São Paulo: **IBRACON**, 2005.

LIMA, K. M.; VIOLIN, R. Y. T.; VAROTO, R. A. P.; BERTACCHINI, G. H. A qualidade do concreto dosado em central. In: XI EPCC – Encontro Internacional de Produção Científica. Maringá: **UNICESUMAR**, 2019.

MARQUES, J. S. S. **Análise da qualidade do processo produtivo de concreto de uma empresa de pré-moldados na cidade de Pato Branco-PR**. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2016.

MASCOLO, Rafael. **Concreto Usinado: Análise da variação da resistência à compressão e de propriedades físicas ao longo da descarga do caminhão betoneira**. 2012. 130 f. Dissertação (mestrado em engenharia civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

MEDEIROS JUNIOR, R. A.; MUNHOZ, G. S.; MEDEIROS, M. H. F. Correlações entre absorção de água, resistividade elétrica e resistência à compressão de concreto com diferentes teores de pozolana. **Revista ALCONPAT**, vol. 9, n. 2. Curitiba, 2019.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO P. J. M. **Concreto: Estrutura, Propriedades e Materiais**. São Paulo, PINI, 1994.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais**. 3.ed. São Paulo: **IBRACON**, 2008.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: Microestrutura, Propriedade e Materiais**. 2.ed. São Paulo: **IBRACON**, 2014.

MOREIRA, A. R. **Apostila de tecnologia do concreto**. Notas de Aula. Departamento Acadêmico de Construção Civil, Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, 2004.

MOREIRA, D. G. G. **A possibilidade de comprometimento da obra à partir da inexistência do controle tecnológico do concreto usinado**: Estudo de caso. Monografia para obtenção de Bacharel em Engenharia Civil, Instituto Doctum de Educação e Tecnologia, Caratinga, 2016.

NASCIMENTO, P. L. S. **A importância do controle tecnológico do concreto**. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF, Juiz de Fora, 2012.

NEVILLE. A. M. **Propriedades do concreto**. 5 ed. p. 285. Porto Alegre, 2016.

- NEVILLE, A. M.; BROOKS, J. J. **Tecnologia do concreto**. 2 ed. São Paulo: Bookman, 2013.
- NEWMAN, J.; CHOO, B. S. **Advanced Concrete Technology**. 1ª ed. 699 p. Londres: Elsevier, 2003.
- PACHECO, J.; BILESKEY, P.; MORAIS, T. R.; GRANDO, F. Considerações sobre o módulo de elasticidade do concreto. In: Anais do 56º Congresso Brasileiro do Concreto. Natal: IBRACON, 2014.
- PEDROSO, F. L. Concreto: As origens e a evolução do material construtivo mais usado pelo homem. Revista Concreto e Construções, IBRACON, n.53, jan, fev, Mac, 2009.
- PETRUCCI, E. G. R. **Concreto de Cimento Portland**. 13ª ed. Ed. Globo, São Paulo. p. 307. 1998.
- PINHEIRO, L. M. **Fundamentos do concreto e projeto de edifícios**. Notas de Aula. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.
- POLESELLO, E. **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, 2012.
- QUEIROZ, Fernanda. Panteão de Roma começará a cobrar entrada. **ComunitàItaliana**, 11 de dez. de 2017. Disponível em: <https://comunitaitaliana.com/panteao-comecara-cobrar-entrada/>. Acesso em: 15 maio 2020.
- RAMOS, L. N. **Avaliação do controle tecnológico de concreto**. Monografia de Projeto Final, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2014.
- RECENA, F. A. P. **Dosagem empírica e controle de qualidade de concretos convencionais de cimento Portland**. Endipucrs, Porto Alegre, 2002.
- REIS, J. F. A. **Determinação de parâmetros reológicos de concretos através do ensaio de abatimento de tronco de cone modificado**: Estudo de caso. Dissertação de mestrado – Faculdade de Engenharia – UNESP, Ilha Solteira, 2008.
- RIBEIRO JÚNIOR, E. Propriedade dos materiais constituintes do concreto. **Revista Especialize On-line IPOG**, Goiânia, vol. 01, 10ª ed., 2015.
- ROSSIGNOLO, João Adriano. **Concreto leve de alto desempenho modificado com SB para pré-fabricados esbeltos - dosagem, produção, propriedades e microestrutura**. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais) - Ciência e Engenharia de Materiais, University of São Paulo, São Paulo, 2003.
- SANTIAGO, W.C. **Estudo da não conformidade de concretos produzidos no Brasil e sua influência na confiabilidade estrutural**. Dissertação de mestrado – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.
- SANTOS, A. J. O.; LEÃO, G. A. **Métodos de planejamento de obras: comparação entre o tradicional e o software de código aberto**. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil – Centro Universitário CESMAC, Maceió, 2018.

SILVA, I. S. L. R. L.; PEREIRA, J. V. S. **Planejamento como ferramenta básica na escolha entre os concretos usinado e rodado em obra.** Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil – Centro Universitário CESMAC, Maceió, 2018.

SOARES, Y. V. Análise experimental de lajes cogumelo nervuradas de concreto armado com pilares metálicos. In: Anais do 46º Congresso Brasileiro do Concreto. Florianópolis: **IBRACON**, 2003.

VILELA, D. T.; COIMBRA, K. F.; BORBA JR., J. C. Estudo do controle tecnológico do concreto em obras civis na cidade de Ouro Branco, MG. In: Anais do 60º Congresso Brasileiro do Concreto. Foz do Iguaçu: **IBRACON**, 2018.

WEIDMANN, D. F. **Contribuição ao estudo da influência da forma e da composição granulométrica de agregados miúdos de britagem nas propriedades do concreto de cimento Portland.** Dissertação de mestrado – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

ZALAF, R. S.; MAGALHÃES FILHO, S. R.; BRAZ, T. C. Estudo do controle tecnológico e recebimento do concreto em obra. Trabalho de Conclusão de Curso, Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás – UFG, Goiânia, 2014.