

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

**JOÃO AUGUSTO DE SOUZA NETO  
JOVIANO GONÇALVES DE ARAÚJO**

**ESTUDO DA INFLUÊNCIA DOS PROCESSOS DE CURA NA  
RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DO CONCRETO  
CONVENCIONAL EM ANÁPOLIS - GOIÁS**

**ANÁPOLIS – GO**

**2019**

**JOÃO AUGUSTO DE SOUZA NETO**  
**JOVIANO GONÇALVES DE ARAÚJO**

**ESTUDO DA INFLUÊNCIA DOS PROCESSOS DE CURA NA**  
**RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DO CONCRETO**  
**CONVENCIONAL EM ANÁPOLIS -GOIÁS**

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

**ORIENTADORA: ISA LORENA SILVA BARBOSA**

**ANÁPOLIS / GO: 2019**

## FICHA CATALOGRÁFICA

SOUZA, JOÃO AUGUSTO/ ARAÚJO, JOVIANO GONÇALVES.

Estudo da influência dos processos de cura na resistência à compressão do concreto em Anápolis-Goiás.

62p, 297mm (ENC/UniEvangélica, Bacharel, Engenharia Civil, 2019)

TCC – UniEvangélica

Curso de Engenharia Civil.

1. Cura

2. Concreto

3. Resistência

I. ENC/UniEvangélica

II. Título (Série)

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SOUZA, João Augusto; ARAÚJO, Joviano Gonçalves. Estudo da influência dos processos de cura na resistência à compressão do concreto, Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis, GO, 62p. 2019.

## CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: João Augusto de Souza Neto

Joviano Gonçalves de Araújo

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Estudo da influência dos processos de cura na resistência à compressão do concreto.

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

ANO: 2019

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.



João Augusto de Souza Neto

joaonetox17@gmail.com



Joviano Gonçalves de Araújo

engjov@outlook.com

**JOÃO AUGUSTO DE SOUZA NETO  
JOVIANO GONÇALVES DE ARAÚJO**

**ESTUDO DA INFLUÊNCIA DOS PROCESSOS DE CURA  
NA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DO CONCRETO  
CONVENCIONAL EM ANÁPOLIS -GOIÁS**

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:



\_\_\_\_\_  
ISA LORENA SILVA BARBOSA, Mestra (UniEvangélica)  
(ORIENTADORA)



\_\_\_\_\_  
EDUARDO DOURADO ARGOLO, Mestre (UniEvangélica)  
(EXAMINADOR INTERNO)



\_\_\_\_\_  
ELKE DIAS DE SOUSA, Mestra (UniEvangélica)  
(EXAMINADOR INTERNO)

DATA: ANÁPOLIS/GO, 30 de junho de 2019.

## **AGRADECIMENTOS**

Presto meu agradecimento a Deus, por ter me permitido chegar até nesse ponto de minha vida. Agradecer a minha família por todo o suporte desde o meu nascimento até hoje, nessa longa jornada da vida.

Agradeço a professora orientadora Isa Lorena Silva Barbosa devido a toda atenção referente ao trabalho de conclusão de curso e dúvidas direcionadas ao ramo da Engenharia Civil de uma forma geral.

Agradeço a todos que participaram dessa jornada com o intuito de adquirir o título de Engenheiro Civil.

João Augusto de Souza Neto

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por sempre guiar meu caminho, aos meus pais pelo apoio, amor e torcida.

Agradeço a professora Isa Lorena Silva Barbosa pela orientação e por acreditar em minha capacidade.

Agradeço ao grupo de funcionários do centro tecnológico da UNIEVANGÉLICA por contribuir para que a realização deste projeto fosse possível.

Joviano Gonçalves de Araújo

## RESUMO

O processo de cura do concreto é muito importante, pois uma cura bem feita garante uma alta resistência do concreto e que ele não sofra retração. Quando a cura é feita de maneira errada, o concreto pode sofrer além da retração, redução da sua resistência e de sua durabilidade, ocasionando fissuras em sua superfície, tornando-o permeável, logo, vulnerável. Portanto, estudou-se a influência dos diversos tipos de cura na resistência à compressão do concreto convencional fazendo o uso de materiais disponíveis, cimento, agregados e água, no Laboratório Tecnológico do Centro Universitário de Anápolis - Unievangélica. A metodologia adotada foi baseada nos ensaios práticos de laboratório. Foram dosados dois traços de concreto, em 27 corpos de prova para cada traço, referenciando as normas vigentes, analisando as características dos materiais utilizados e o desempenho dos concretos. Os materiais utilizados na confecção dos traços foram: cimento CP II-Z 32, brita 0, areia média e água potável; não foi feito uso de aditivos, disponibilizados pelo Laboratório Tecnológico do Centro Universitário de Anápolis - Unievangélica. Os cálculos dos traços foram definidos através do método de dosagem ABCP, estimou-se chegar as resistências de compressão do concreto aos 28 dias de 20 e 30 MPA. Após elaborados, os concretos passaram pelo processo de cura em ambientes distintos, câmara úmida, tanque de alagamento e cura ao ar livre, onde permaneceram até os dias de rompimento, aos 7, 14 e 28 dias. Ao fim dos processos de cura, foram realizados os rompimentos dos corpos de prova analisando a resistência final do concreto, verificando qual mais resistente à compressão. O ensaio de resistência mecânica dos corpos de prova foi praticado em prensa hidráulica, manipulada por software do seu fabricante. O experimento foi executado de acordo com as etapas da NBR 5739 (ABNT, 2018), realizando o capeamento para assegurar a tensão igual em toda a área e rompendo três corpos de prova por compressão axial de cada condição de cura para observação da resistência mecânica em cada idade estabelecida. Obteve-se maior resistência à compressão aos 28 dias para os corpos-de-prova submetidos ao “ar livre” do que os que ficaram na câmara úmida, em média de 2,89% menor; os corpos-de-prova que ficaram submersos apresentaram a menor resistência à compressão dentre os três tipos de cura utilizados, em média 7,11% do que o “ar livre”.

Palavras-Chave: cura, concreto e resistência.

## **ABSTRACT**

The concrete curing process is very important, since a well-made cure guarantees a high resistance of the concrete and that it does not suffer retraction. When the cure is done in the wrong way, the concrete can suffer beyond the retraction, reduction of its resistance and its durability, causing cracks in its surface, making it permeable, therefore, vulnerable. Therefore, the influence of the various types of curing on the compressive strength of the conventional concrete using the available materials, cement, aggregates and water, was studied in the Technological Laboratory of the University Center of Anápolis - Unievangélica. The methodology adopted was based on practical laboratory tests. Two traces of concrete were measured in 27 specimens for each trait, referencing the current norms, analyzing the characteristics of the materials used and the performance of the concretes. The materials used to make the traces were: CP II-Z 32 cement, gravel 0, medium sand and potable water; no additives were made available by the Technological Laboratory of the University Center of Anápolis - Unievangélica. Trace calculations were defined by the ABCP dosing method, it was estimated that the compressive strengths of the concrete at 28 days of 20 and 30 MPA were reached. After elaboration, the concretes underwent the healing process in different environments, wet chamber, flood tank and outdoor cure, where they remained until the days of rupture, at 7, 14 and 28 days. At the end of the curing processes, the ruptures of the test specimens were performed, analyzing the final resistance of the concrete, checking which is more resistant to compression. The test of mechanical strength of the test specimens was carried out in a hydraulic press, manipulated by the software of its manufacturer. The experiment was performed according to the steps of NBR 5739 (ABNT, 2018), capping to ensure equal tension throughout the area and breaking three specimens by axial compression of each curing condition to observe the mechanical resistance in established age. Greater resistance to compression was obtained at 28 days for "free air" specimens than those that remained in the wet chamber, on average 2.89% lower; the specimens that were submerged showed the lowest compressive strength among the three types of curing used, on average 7.11% of the "free air".

Keywords: cure, concrete and resistance.

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CB-18	Comitê Brasileiro de Cimento, Concreto e Agregado
CP	Cimento Portland
GO	Goiás
NBR	Norma Brasileira Registrada
MPA	Megapascal
FCK	Resistência Característica
SD	Desvio Padrão

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Curva de Abrams .....	22
Figura 02 – Influência da temperatura na resistência mecânica do concreto .....	30
Figura 03 – Cura úmida – Laboratório Unievangélica .....	31
Figura 04 – Influência dos processos de cura.....	33
Figura 05 – Cura ao ar livre.....	33
Figura 06 – Cura por Submersão – Laboratório Unievangélica.....	34
Figura 07 – Agregado miúdo antes peneiramento .....	36
Figura 08 – Peneirador mecânico .....	36
Figura 09 – Agregado miúdo após peneiramento.....	36
Figura 10 – Recipiente vazio .....	38
Figura 11 – Agregado miúdo.....	38
Figura 12 – Picnômetro com água e agregado .....	39
Figura 13 – Picnômetro .....	39
Figura 14 – Picnômetro com agregado .....	39
Figura 15 – Agregado miúdo.....	39
Figura 16 – Agregado graúdo.....	41
Figura 17 – Peneirador mecânico .....	41
Figura 18 – Recipiente vazio .....	43
Figura 19 – Agregado graúdo.....	43
Figura 20 – Água utilizada .....	44
Figura 21 – Balança utilizada .....	44
Figura 22 – Brita utilizada.....	44
Figura 23 – (A) areia, (B) brita e (C) água utilizados.....	47
Figura 24 – Cimento utilizado .....	47
Figura 25 – Abatimento tronco de cone.....	48
Figura 26 – Lubrificação dos moldes.....	49
Figura 27 – Moldagem corpos de prova .....	49
Figura 28 – Corpos de prova .....	49
Figura 29 – Cura ao ar livre.....	50
Figura 30 – Cura por Imersão.....	50

Figura 31 – Cura em câmara úmida.....	50
Figura 32 – Prensa Hidráulica .....	51
Figura 33 – Motor prensa hidráulica.....	51
Figura 34 – Resistência à compressão – TRAÇO “A” .....	53
Figura 35 – Resistência à compressão – TRAÇO “B” .....	54

## LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Composição dos cimentos Portland.....	21
Quadro 02 – Classificação dos agregados.....	23
Quadro 03 – Funções dos aditivos.....	25
Quadro 04 – Adições minerais .....	26
Quadro 05 – Definição da composição granulométrica da areia.....	37
Quadro 06 – Definição da composição granulométrica da brita .....	42
Quadro 07 – Resultados atingidos no ensaio de compressão – TRAÇO “A” .....	53
Quadro 08 – Resultados atingidos no ensaio de compressão – TRAÇO “B” .....	54
Quadro 09 – Temperatura e umidade média do mês de março 2019 .....	56
Quadro 10 – Temperatura e umidade média do mês de abril 2019 .....	57

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Série de peneiras .....	22
Tabela 02 – Definição da massa unitária solta de areia .....	38
Tabela 03 – Definição da massa específica da areia.....	40
Tabela 04 – Definição da massa unitária solta da brita.....	43
Tabela 05 – Verificação da massa específica do agregado graúdo.....	45
Tabela 06 – Traços realizados .....	46
Tabela 07 – Quantidade de materiais utilizados .....	48
Tabela 08 – Tolerância para idade de ensaio.....	52

# SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE QUADROS

LISTA DE TABELAS

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	15
1.1 JUSTIFICATIVA .....	16
1.2 OBJETIVOS .....	16
1.2.1 OBJETIVO GERAL .....	16
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	16
1.3 METODOLOGIA .....	166
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO .....	18
<b>2 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS CONSTITUINTES DO CONCRETO</b> ....	19
2.1 CIMENTO PORTLAND .....	19
2.2 ÁGUA .....	21
2.3 AGREGADOS .....	22
2.4 ADITIVOS .....	24
2.4.1 ADITIVOS QUÍMICOS .....	24
2.4.2 ADIÇÕES MINERAIS .....	25
<b>3 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DO CONCRETO</b> .....	27
<b>4 PROCESSOS DE CURA E SUA INFLUÊNCIA NA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DO CONCRETO</b> .....	29
4.1 INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA DE CURA NA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DO CONCRETO .....	30
4.2 TIPOS DE PROCESSOS DE CURA .....	31
4.2.1 CURA ÚMIDA .....	31
4.2.2 CURA NATURAL AO AR LIVRE .....	33
4.2.3 CURA POR SUBMERSÃO .....	34
<b>5 ESTUDO DE CASO</b> .....	35
5.1 LOCAL DE REALIZAÇÃO DO ESTUDO .....	35
5.2 CLASSIFICAÇÃO DO ESTUDO .....	35
5.3 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS .....	35

5.3.1	CARACTERIZAÇÃO DO AGREGADO MIÚDO.....	35
5.3.2	CARACTERIZAÇÃO DO AGREGADO GRAÚDO .....	41
5.3.3	CARACTERIZAÇÃO DO CIMENTO.....	45
5.4	ESTUDO DE DOSAGEM.....	46
5.4.1	DETERMINÇÃO DOS TRAÇOS .....	46
5.4.2	CONFECÇÃO DO CONCRETO .....	47
5.4.3	MOLDAGEM DOS CORPOS DE PROVA .....	49
5.4.4	CURA DO CONCRETO.....	50
5.4.5	ROMPIMENTO DOS CORPOS DE PROVA .....	51
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>52</b>
6.1	ENSAIOS DE COMPRESSÃO - FCK 20 MPA.....	52
6.2	ENSAIOS DE COMPRESSÃO - FCK 30 MPA.....	54
6.3	DISCUSSÕES DOS RESULTADOS.....	55
6.4	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	58
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>59</b>

# 1 INTRODUÇÃO

As construções em concreto são vistas em muitas esferas da humanidade, não só na construção de casas, como também em obras de saneamento, pontes e portos. Sua mobilidade fez com que o concreto se tornasse um elemento ímpar na evolução da construção civil.

O concreto é um material muito utilizado na construção civil, pois suas características plásticas o fazem se amoldar praticamente em qualquer formato. Além de sua plasticidade, a resistência à compressão, a resistência ao fogo e a sua durabilidade, faz com que ele se torne um excelente elemento estrutural (GRAZIANO, 2005).

Sua grande demanda nas obras se faz pelo seu baixo custo, quando comparado a sua resistência, devido suas matérias-primas serem encontradas com grande facilidade na natureza (XAVIER E CHEQUETTO, 2010).

O concreto é feito através da mistura entre cimento, agregado fino (areia), agregado graúdo (pedra) e água. Se necessário, são adicionados produtos químicos e componentes, como microsilica, polímeros, entre outros. Essas adições têm como objetivo aprimorar algumas características do concreto, tais como a trabalhabilidade e tempo de pega (CARVALHO E FIGUEIREDO, 2015).

A mistura da qual se origina o concreto necessita ser dosada para se obter a resistência e características solicitadas, dosagem essa denominada "traço" (XAVIER E CHEQUETTO, 2010).

Para atestar a resistência mecânica do concreto, são feitos ensaios de compressão, onde estes, são elaborados em corpos de prova colhidos no local da obra e moldados conforme a NBR 5738 (ABNT, 2015).

Segundo a Revista Concreto (2014), as virtudes do concreto são resultados da proporção de seus constituintes, condições de cura e sua interação com o ambiente em que está inserido. É imprescindível ser feito corretamente a cura do concreto, pois quando feito de maneira errônea surgem inúmeros problemas como a baixa resistência, trincas, fissuras e corrosão da armadura.

A importância de se obter a resistência mecânica do concreto está ligada a segurança e a estabilidade estrutural. Diante disso, espera-se analisar e verificar quais as influências dos tipos de cura na resistência à compressão do concreto e determinar o mais resistente, utilizando dois traços distintos com materiais disponíveis na cidade de Anápolis-GO.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

O processo de cura do concreto é muito importante, pois uma cura bem feita garante uma alta resistência do concreto e que ele não sofra retração. Quando a cura é feita de maneira errada, o concreto pode sofrer além da retração, redução da sua resistência e de sua durabilidade, ocasionando fissuras em sua superfície, tornando-o permeável, sendo assim, vulnerável. Portanto, é necessário fazer corretamente a cura do concreto para se obter uma boa resistência mecânica.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

Estudar a influência dos diversos tipos de cura na resistência à compressão do concreto convencional.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

Definir dois traços de resistência à compressão distintos do concreto convencional para comparação.

Analisar teoricamente os tipos de cura do concreto com a variação da resistência.

Realizar ensaios para determinação da dosagem e qualidade do concreto.

Acompanhar ganho de resistência à compressão através da cura do concreto por câmara úmida, cura do concreto por imersão em água e sem passar por processo de cura.

Realizar ensaios para determinação da resistência do concreto aos 7, 14 e 28 dias de idade.

## 1.3 METODOLOGIA

A metodologia adotada foi baseada nos ensaios práticos de laboratório. Foram dosados dois traços de concreto, em 27 corpos de prova para cada traço e sendo realizados ensaios, referenciando as normas vigentes, analisando as características dos materiais utilizados e o desempenho dos concretos. Os materiais utilizados na confecção dos traços foram: cimento CP

II-Z 32, brita 0, areia média e água potável, não foi feito uso de aditivos, com os materiais disponíveis no Laboratório Tecnológico do Centro Universitário de Anápolis - Unievangélica. Os cálculos dos traços foram definidos através do método de dosagem ABCP, estimando chegar as resistências de compressão do concreto aos 28 dias de 20 e 30 MPA.

As etapas de preparo do concreto são: caracterização dos materiais componentes do concreto, estudo de dosagem do concreto, ajuste e comprovação do traço de concreto e elaboração de concreto.

Após elaborados, os concretos passaram pelo processo de cura em ambientes distintos, câmara úmida, submerso e cura ao ar livre, onde permaneceram até os dias de rompimento, aos 7, 14 e 28 dias.

Ao fim dos processos de cura, foram realizados os rompimentos dos corpos de prova analisando a resistência final do concreto, verificando qual mais resistente à compressão.

Os ensaios foram baseados nas normas:

- NBR NM 67 Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone;
- NBR 9479 Argamassa e Concreto - Câmaras úmidas e tanques para cura de corpos de prova;
- NBR 5739 Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos;
- NBR 5738 Concreto - Procedimentos para moldagem e cura de corpos de prova;
- NBR 12655 Concreto de Cimento Portland - Preparo controle, recebimento e aceitação – Procedimento;
- NBR 7211 Agregados para Concreto – Especificação;
- NBR NM 45 Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios;
- NBR NM 52 Agregado Miúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente;
- NBR NM 53 Agregado graúdo - Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água.

#### 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O conteúdo do trabalho está organizado em seis capítulos, sendo eles a introdução, a revisão bibliográfica, o estudo de caso, os resultados obtidos e as considerações finais. A estruturação se dá da seguinte forma:

- Capítulo 1: Introdução, apresentando a contextualização do tema, a justificativa do tema, os objetivos, a metodologia e a estrutura do trabalho;
- Capítulo 2, 3 e 4: Revisão Bibliográfica, onde expõe trabalhos e artigos referentes ao tema do trabalho, tais como os materiais constituintes do concreto, a resistência à compressão do concreto, processos de cura do concreto e sua influência na resistência à compressão do concreto;
- Capítulo 5: Estudo de Caso, onde são apresentados os procedimentos realizados na confecção do concreto, os ensaios feitos e os resultados obtidos;
- Capítulo 6: Considerações Finais, onde são apontados os resultados finais e feito as discussões do trabalho.

## 2 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS CONSTITUINTES DO CONCRETO

A Revista Concreto (2009) define o concreto como uma pedra artificial que se molda de acordo com a evolução construtiva do homem, um material que tem alta resistência depois de endurecido, semelhante às rochas, e quando em estado fresco, um material plástico de alta trabalhabilidade de fácil modelagem. O concreto é um composto muito difuso, encontrado em obras de pontes, rodovias, usinas, casas de alvenaria, obras de saneamento e até em plataformas de extração petrolíferas móveis.

"O concreto é uma mistura homogênea de cimento, agregados miúdos e graúdos, com ou sem a incorporação de componentes minoritários (aditivos químicos e adições), que desenvolve suas propriedades pelo endurecimento da pasta de cimento", define Inês Battagin, superintendente do CB-18 da Associação Brasileira de Normas Técnicas.

Sendo assim, o concreto é um material da construção civil composto por uma mistura de cimento, areia, pedras britadas e água, podendo adicionar, se necessário ou desejado, aditivos ou outras adições (NEVILLE, 2015).

### 2.1 CIMENTO PORTLAND

O cimento é o aglomerante feito de silicatos e aluminatos de cálcio, que têm como características sua facilidade de moldar em vários formatos, quando misturado à água, sua consistência e sua elevada resistência à compressão, que se é adquirido com o tempo.

Para Yazigi (2017), o cimento é o principal aglomerante empregado na confecção do concreto, sendo um componente cerâmico que em contato com a água, gera uma reação exotérmica de cristalização de produtos hidratados, obtendo assim, resistência mecânica.

O cimento Portland é composto de clínquer e adições. O clínquer tem como matérias-primas o calcário e a argila. Já as adições constituem-se de outros componentes, que são misturados ao clínquer na fase de moagem, esses componentes são: o gesso, as escórias, os materiais pozolânicos e os materiais carbonáticos, os quais determinam as propriedades do cimento, sendo elas, a durabilidade, a impermeabilidade e a resistência (ISAIA, 2011).

Os cimentos quando hidratados com diversas composições químicas manifestam diferentes características. Sendo assim, é possível obter cimentos com variadas composições

para as propriedades desejadas. Comercialmente, hoje, existem diversos tipos de cimentos (NEVILLE, 2015).

Segundo Battagin (2011), no Brasil existem oito tipos de cimento Portland normalizados, os quais com seus subtipos e classes de resistência chegam a mais de vinte classes. Estas classes se diferem de acordo com a proporção de clínquer e adições, tais como escórias, pozolanas e fíler.

Os tipos de cimento normalizados são:

- Cimento Portland Comum (CP I);
- CP I - Cimento Portland comum;
- CP I-S - Cimento Portland Comum com Adição;
- Cimento Portland Comum (CP II);
- CP II-E - Cimento Portland Composto com Escória;
- CP II-Z - Cimento Portland Composto com Pozolana;
- CP II-F - Cimento Portland Composto com Fíler;
- Cimento Portland de Alto-Forno (CP III);
- Cimento Portland Pozolânico (CP IV);
- Cimento Portland de Alta Resistência Inicial (CP V-ARI);
- Cimento Portland Resistente a Sulfatos (RS);
- Cimento Portland de Baixo Calor de Hidratação (BC);
- Cimento Portland Branco (CPB).

De acordo com o Guia Básico de Utilização do Cimento Portland (2018), feito pela ABCP, o gesso deve ser inserido ao cimento em todas as hipóteses, pois é ele quem controla o tempo de pega quando misturado a água, fazendo com que o cimento não endureça instantaneamente. Também foi concluído que as demais matérias-primas (escórias, materiais pozolânicos e materiais carbonáticos) são compatíveis ao clínquer, gerando uma ou mais qualidades a mais ao cimento.

O Quadro 01 apresenta a composição dos tipos de cimentos mais empregados na construção civil e suas respectivas normas reguladoras, de acordo com o Guia de Utilização do Cimento Portland (2018).

**QUADRO 01 - Composição dos cimentos Portland**

Tipo de cimento Portland	Sigla	Composição (% em massa)				Norma Brasileira
		Clínquer + Gesso	Escória granulada de alto-forno (sigla E)	Material Pozolânico (sigla Z)	Material Carbonático (sigla F)	
Comum	CP I	100	-	-	-	N B R
	CP I-S	99-95	-	1-5	-	
Composto	CP II-E	94-56	6-34	-	0-10	1 6 6 9 7
	CP II-Z	94-76	-	6-14	0-10	
	CP II-F	94-90	-	-	6-10	
Alto-Forno	CP III	65-25	35-70	-	0-5	6
Pozolânico	CP IV	85-45	-	15-50	0-5	6
Alta Resistência Inicial	CP V-ARI	100-95	-	-	0-5	9 7

Fonte: Adaptação Guia Básico de Utilização do Cimento Portland, 2018.

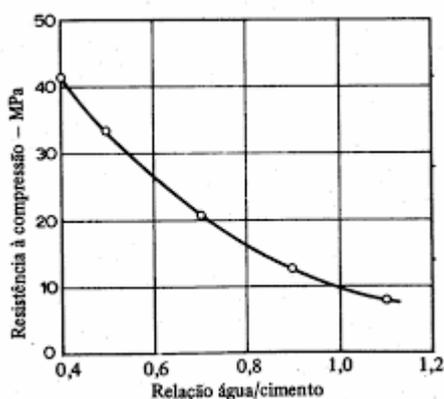
## 2.2 ÁGUA

Segundo Isaia (2011), a água é indispensável ao concreto, confirmando as propriedades necessárias de resistência e durabilidade. As mudanças que a água faz na microestrutura das pastas cimentícias são fundamentais, como a hidratação do cimento, retração e fluência, mecanismo de transporte dos fluídos e diversos outros fenômenos.

A água é um dos principais componentes do concreto e tem basicamente duas funções, elevar o índice de trabalhabilidade, facilitando na confecção de formas, e provocar reação de hidratação dos compostos do cimento, conseqüentemente gerando seu endurecimento.

A relação entre água inserida e cimento utilizado na elaboração do concreto é imprescindível para definir sua resistência final. Em 1919, Abrams publicou um trabalho onde era possível notar que a resistência mecânica do concreto estava diretamente ligada a relação água/cimento, conforme mostra a Figura 01.

FIGURA 01 - Curva de Abrams



Fonte: <http://www.comunidade-da-construcao.com.br/upload/ativos/75/anexo/2relac.pdf>

A água utilizada na confecção do concreto deve ser límpida, ou seja, não deve conter impurezas que prejudiquem as reações dos componentes que o integram, sendo permitido apenas pequenas quantidades de impurezas, menos que 200 partes por milhão de sólidos dissolvidos, que não resultam em efeitos danosos ao concreto (BAUER, 2008).

### 2.3 AGREGADOS

Segundo Sbrighi (2011), agregado é um material granular, sem forma ou volumes definidos, de dimensões e propriedades estabelecidas para o uso de obras em engenharia. Os agregados podem ser naturais ou artificiais. Os naturais são aqueles encontrados na natureza já prontos para uso, tais como, areia, pedregulho e cascalho. Já os artificiais são aqueles que produzidos por algum processo industrial, como, argilas expandidas e pedras britadas.

A norma NBR 7211 (ABNT, 2009), define as características exigíveis na recepção e produção de agregados.

Os agregados são definidos em dois tipos, miúdos e graúdos. Segundo a NBR 7211 (ABNT, 2009), os agregados graúdos são aqueles que os grãos passam pela peneira com abertura de malha de 152mm e ficam retidos na peneira de malha de 4,75mm, já os agregados miúdos, são aqueles que passam pela peneira de malha 4,75mm e ficam retidos na peneira de malha 0,075mm. Estes resultados são obtidos através do ensaio realizado de acordo com a NBR NM 248 (ABNT, 2003), com peneiras padronizadas pela norma NBR ISO 3310-1(ABNT, 2010) (Tabela 01).

**TABELA 01 – Série de Peneiras**

Série normal	Série Intermediária
75 mm	-
-	63 mm
-	50 mm
37,5 mm	-
-	31,5 mm
-	25 mm
19 mm	-
-	12,5 mm
9,5 mm	-
-	6,3 mm
4,75 mm	-
2,36 mm	-
1,18 mm	-
600 µm	-
300 µm	-
150 µm	-

Fonte: NBR 7211, 2009.

O quadro a seguir (Quadro 02), apresenta a classificação dos agregados utilizados na construção civil quanto a dimensão de seus grãos.

**QUADRO 02 - Classificação dos Agregados**

Agregados Miúdos	
Tipos de Areia	Dimensões dos grãos
Fina	0,15 - 0,6 mm
Média	0,6 - 2,4 mm
Grossa	2,4 - 4,8 mm
Agregados Graúdos	
Tipos de Brita	Dimensões dos grãos
Brita 0	Menor que 1,8 mm
Brita 1	1,8 - 12,5 mm
Brita 2	12,5 - 25,0 mm
Brita 3	25,0 - 50,0 mm
Brita 4	50,0 - 76,0 mm
Pedra de mão	Maior que 76,0 mm

Fonte: <https://construfacilrj.com.br/concreto-escolha-do-material/>

Outros critérios que também são utilizados como referência para avaliar a composição granulométrica dos agregados são o módulo de finura e a dimensão máxima característica dos grãos.

Segundo Sbrighi (2011), o módulo de finura é a soma das porcentagens retidas acumuladas, em massa, do agregado, nas peneiras de série normal, dividido por 100. Já a dimensão máxima característica corresponde a abertura da peneira, de série normal ou intermediária, que fica retida, em massa, uma porcentagem igual ou ligeiramente inferior a 5% do agregado.

## 2.4 ADITIVOS

### 2.4.1 Aditivos Químicos

Os aditivos são produtos químicos adicionados na confecção do concreto, com valores abaixo a 5% da massa cimentícia da pasta, com o objetivo de modificar características do concreto, tanto no estado fresco quanto no endurecido. O uso de aditivos químicos permite a variação de aplicações do concreto, desde misturas com consistência até concreto autoadensável (HARTMANN, JEKNAVORIAN, et.al., 2011).

De acordo com a NBR 11768 (ABNT, 2011), os aditivos são classificados em:

- Aditivo redutor de água / plastificante (PR, PA, PN);
- Aditivo de alta redução de água / superplastificante tipo I (SP-I R, SP-I A, SP-I N);
- Aditivo de alta redução de água / superplastificante tipo II (SP-II R, SP-II A, SP-II N);
- Aditivo incorporador de ar (IA);
- Aditivo acelerador de pega (AP);
- Aditivo acelerador de resistência (AR);
- Aditivo acelerador retardador de pega (RP);

Segundo Bauer (2008), para que haja sucesso na escolha e emprego do aditivo, é necessário analisar diversos pontos, como, comparar o custo final do concreto com as características desejadas, ou alterar a dosagem inicial sugerida, ou até mesmo aderir outra tecnologia construtiva.

Sobre os aditivos, Neville (2015) aponta:

O motivo do grande crescimento do uso dos aditivos é a capacidade de proporcionar ao concreto consideráveis melhorias físicas e econômicas. Essas melhorias incluem o uso em condições nas quais seria difícil ou até impossível usar concreto sem aditivos. Eles também tornam possível o uso de uma grande variedade de componentes na mistura.

Os aditivos embora nem sempre baratos, não representam necessariamente um custo adicional porque podem resultar economias, como, por exemplo, no custo do trabalho necessário para o adensamento, na possibilidade de redução do teor de cimento ou na melhoria da durabilidade sem outras providências (NEVILLE, 2015).

Segundo Helene e Terzian (1992), para utilizar adequadamente o aditivo, é recomendado que seja realizado a identificação de todos os tipos de materiais empregados na confecção do concreto. Para tal, deve-se ter especificado o tipo de cimento, relação água/cimento e agregados para identificar qual o aditivo mais apto, visando as características desejadas na elaboração do concreto.

**QUADRO 03 – Funções dos aditivos**

Aditivos	Funções
Plastificantes	Plastificar o concreto aumentando o slump, sem adição de água, conseqüentemente elevando a resistência inicial e final.
Superplastificantes	Funções similares ao plastificante, porém em menor dosagem.
Incorporador de ar	Aumenta a resistência mecânica, diminui a segregação melhoram os acabamentos.
Acelerador de pega	Acelerar a pega do concreto.
Retardador de pega	Flexibilidade no tempo de pega, aumentando o tempo de trabalhabilidade e acabamento.

Fonte: <https://www.tecnosilbr.com.br/>

#### 2.4.2 Adições Mineraiis

Para atenuar algumas patologias encontradas no concreto, como a sua porosidade relativamente alta, pode-se substituir parte do cimento por adições mineraiis, naturais ou artificiais, para trazer melhorias na constituição do material.

Em relação as adições mineraiis, Molin (2011), afirma:

Finalmente, a incorporação de adições mineraiis em geral resulta na produção de materiais cimentícios com melhores características técnicas, já que estas modificam a

estrutura interna da pasta de cimento hidratada e da zona de transição agregado/matriz, promovendo uma redução na porosidade capilar do concreto, responsável pelas trocas de umidade, íons e gases com o meio, além de diminuir o calor de hidratação e, conseqüentemente, as fissuras de origem térmica (MOLIN, 2011).

Segundo Silva (2017), as adições minerais são divididas em três tipos, materiais cimentícios, materiais pozolânicos e materiais não reativos. Dentre os materiais cimentícios está presente a escória, já nos materiais pozolânicos está a sílica e, por fim, nos materiais não reativos, se enquadra o fíler.

Molin (2011) define materiais pozolânicos, como um material sílico ou sílico-aluminoso que possui propriedades cimentícias mínimas, porém, quando dividida e na presença de umidade, reage com o hidróxido de cálcio para criar compostos com características cimentantes. Os materiais pozolânicos são divididos em naturais ou artificiais. Os naturais são de origem vulcânica ou sedimentar com atividade pozolânica. Os artificiais são materiais oriundos de tratamentos térmicos (argilas calcinadas) ou subprodutos industriais com atividade pozolânica.

O material cimentante quando usado como adição em cimento, a presença de hidróxido de cálcio e gipsita acelera a sua hidratação. Já o fíler, resume-se em um efeito físico de empacotamento granulométrico hidratando os grãos do cimento (MOLIN, 2011).

Mehta e Monteiro (2014) apontam as adições minerais comumente utilizadas em concretos como no esquema do Quadro 04, classificadas de acordo com sua forma de ação.

**QUADRO 04 – Adições Minerais**

Classificação	Tipos de Adições
Cimentantes	Escória granulada de alto-forno
Cimentantes e pozolânicas	Cinzas voltantes com alto teor de cálcio
Superpozolanas	Sílica ativa
	Metacalium
	Cinzas de casca de arroz
Pozolanas comuns	Cinzas voltantes com baixo teor de cálcio
	Argilas calcinadas
	Materiais naturais (origem vulcânica e sedimentar)
Pozolanas pouco reativas	Escória de alto-forno resfriada lentamente
	Cinzas de forno
	Escória de caldeira
	Palha de arroz queimada em campo
Adições inertes (fíler)	Cálcio, pó de cálcio, pó de pedra

Fonte: Adaptação Mehta e Monteiro, 2014.

### 3 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DO CONCRETO

O concreto é um componente heterogêneo, já que é formado pela mistura de vários materiais diferentes. A característica mais relevante do concreto é a sua resistência à compressão.

A resistência mecânica do concreto é obtida por meio de um ensaio padronizado pela NBR 5739 (ABNT, 2018). Neste ensaio são empregados corpos-de-prova cilíndricos que geralmente têm 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura, podendo essas dimensões variar de acordo com a norma NBR 5738 (ABNT, 2015).

A propriedade do concreto mais utilizada para o dimensionamento de uma estrutura é a resistência à compressão, que está ligada diretamente com a segurança estrutural, sendo assim, a obra deve ser executada com uma resistência igual ou superior a calculada no projeto (HELENE E TERZIAN, 1992).

A resistência do concreto utilizada para cálculos estruturais é chamada de resistência característica ( $F_{ck}$ ). A NBR 8953 (ABNT, 2015) define as classes de resistência do concreto em função do  $F_{ck}$ , por exemplo, o concreto classe C30 corresponde a um concreto com  $F_{ck} = 30$  MPA.

Para calcular a resistência do concreto desejada aos 28 dias de cura, utiliza-se a seguinte fórmula:

$$F_{c28} = F_{ck} + 1,65 \cdot sd$$

Onde:

$F_{c28}$  é a resistência à compressão do concreto obtida aos 28 dias, medida em megapascals (MPA);

$F_{ck}$  é a resistência característica do concreto, medida em megapascals (MPA);

$sd$  é o desvio padrão.

A resistência à compressão exerce influência sobre outras propriedades do concreto, ela confere uma percepção de qualidade (MEHTA E MONTEIRO, 2014). Características como impermeabilidade e resistência a intempéries estão diretamente ligadas à resistência mecânica do concreto (NEVILLE, 2015).

Mehta e Monteiro (2014) definem a resistência de um material como a sua habilidade de suportar as tensões sem que ocorra rompimento. A ruptura pode ser identificada com o aparecimento de fissuras.

De acordo com a NBR 5738 (ABNT, 2015) da Associação Brasileira de Normas Técnicas, a resistência à compressão deve ser calculada pela seguinte fórmula:

$$F_c = \frac{4F}{\pi \cdot D^2}$$

Onde:

$F_c$  é a resistência à compressão, medida em megapascals (MPa);

$F$  é a força máxima alcançada, expressa em newtons (N);

$D$  é o diâmetro do corpo de prova, expresso em milímetros (mm).

O controle de resistência à compressão do concreto prescrito pela NBR 5738 (ABNT, 2015) é muito rigoroso e o mais seguro. Os resultados são analisados individualmente, sem isenções, ou seja, todo e qualquer valor de resistência que esteja inferior à especificação de projeto será considerado não apto, por menor que seja a diferença.

## **4 PROCESSOS DE CURA E SUA INFLUÊNCIA NA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DO CONCRETO**

A cura do concreto é um procedimento fundamental para a hidratação do cimento. Entende-se por cura do concreto uma série de ações que têm como intuito evitar a evaporação da água utilizada na mistura do concreto, que por sua vez deverá reagir com o cimento, hidratando-o. Este processo auxilia na resistência mecânica à ruptura, ao desgaste, e resistência ao ataque de agentes agressivos. Outro fator importante a ser considerado é que “cura em água reduz a retração da peça na fase em que o concreto tem pouca resistência, fato este de fundamental importância, por evitar formação de fissuras de retração, que podem comprometer a impermeabilidade do concreto” (BAUER, 2008).

Há uma porção mínima de água que permite a hidratação do cimento e uma boa trabalhabilidade. Essa quantidade precisa ser mantida no interior do concreto por meio do processo de cura, para que seja permitido o progresso da formação de gel no cimento presente no concreto, o que o torna cada vez mais resistente e impermeável (BAUER, 2008).

Ainda sobre Bauer (2008) com relação ao tempo gasto na cura do concreto, quanto mais bem-feita e mais prolongada for a cura do concreto, na mesma proporção serão melhores as suas respostas às ações mecânicas às quais o mesmo for exposto. No entanto, na prática, é preciso conciliar as exigências da qualidade com os da economia. Por isso, o período mínimo de cura que atende a ambos é, em média, de 7 a 10 dias.

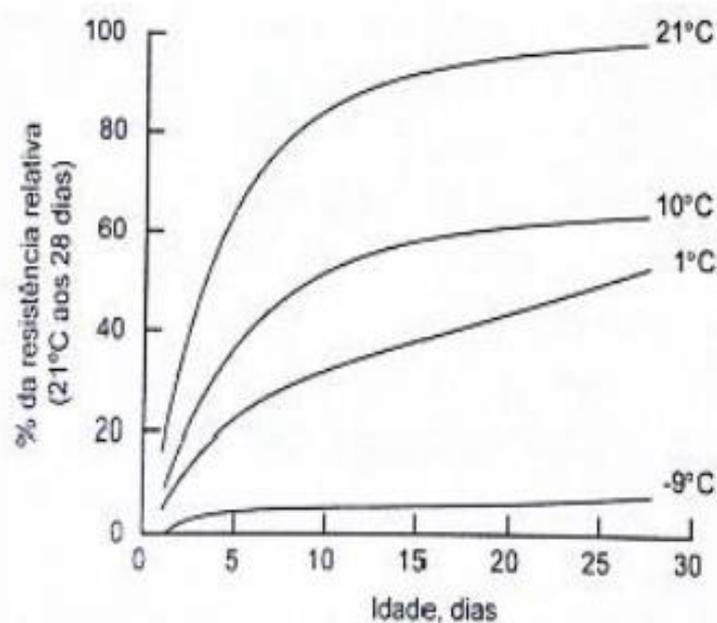
Os elementos estruturais de superfície devem ser curados até que alcancem resistência característica à compressão, igual ou maior que 15 Mpa. NBR 14931 (ABNT, 2004). Durante a fase de hidratação, a cura deve ser realizada o mais breve possível, para que haja água suficiente para a máxima reação das partículas na pasta endurecida.

#### 4.1 INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA DE CURA NA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DO CONCRETO

De acordo com Bauer (2008), as temperaturas convenientes para uma boa cura variam entre 15 a 35 °C. Neste intervalo, obtém-se um aumento de resistência do concreto com a elevação da temperatura, se mantido úmido durante um longo período de tempo.

A temperatura de cura do concreto tem grande influência na taxa de desenvolvimento da resistência e em sua resistência final, por controlar o grau de hidratação do cimento. O efeito de diferentes temperaturas de cura na resistência do concreto é exposto na Figura 02. De modo geral, quanto menor a temperatura de cura, menor será a resistência do concreto. (NEVILLE, 2015).

**Figura 02– Influência da temperatura na resistência mecânica do concreto**



Fonte: Mehta e Monteiro (2014)

## 4.2 TIPOS DE PROCESSOS DE CURA

### 4.2.1 Cura úmida

Figura 03 – Cura úmida - Laboratório Unievangélica



Fonte: Próprios Autores, 2019.

A cura úmida para concreto é importante para garantir que não se perca água de hidratação do concreto para o ambiente, à medida que a umidade relativa do ar diminui e a incidência de ventos aumenta sobre a estrutura, maiores devem ser os cuidados em relação à manutenção da umidade constante.

De acordo com teste realizado pelo Instituto Brasileiro do Concreto - 44º Congresso Brasileiro, para se obter dados relativos à resistência final (28 dias de cura) de peças de concreto, submetidas a processos de cura diferentes, câmara úmida e seca, variando assim o tempo de permanência das peças em cada uma das câmaras.

Para investigar a influência de cura nas diversas propriedades, os concretos foram submetidos aos seguintes ciclos de cura:

- 1 dia ao ar da câmara úmida e 28 dias em câmara seca
- 2 dias ao ar da câmara úmida e 26 dias em câmara seca
- 3 dias ao ar da câmara úmida e 25 dias em câmara seca
- 7 dias ao ar da câmara úmida e 21 dias em câmara seca
- 10 dias ao ar da câmara úmida e 18 dias em câmara seca
- 14 dias ao ar da câmara úmida e 14 dias em câmara seca
- 21 dias ao ar da câmara úmida e 7 dias em câmara seca
- 28 dias ao ar da câmara úmida

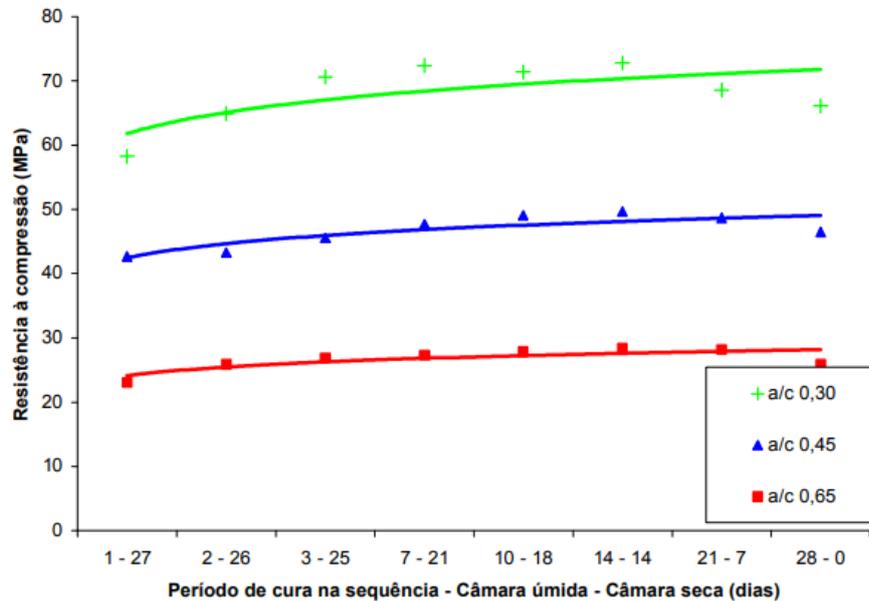
As condições da câmara úmida foram: umidade relativa do ar superior a 95% e temperatura de  $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ . As condições da câmara seca foram: umidade relativa ao ar de  $50 \pm 4\%$  e temperatura de  $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ .

Os materiais empregados para a execução dos concretos foram um cimento Portland composto CP II-F-32 representativo da produção industrial brasileira, agregado graúdo (brita1). O agregado miúdo empregado na elaboração das dosagens de concreto é constituído por areia natural quartzosa, proveniente do Vale do Rio Paraíba e típico da areia empregada em concretos na Região Metropolitana de São Paulo. O agregado foi submetido aos ensaios de caracterização física previstos pela norma NBR 7211 (ABNT, 2009). Os parâmetros adotados para a preparação dos concretos foram os seguintes:

- Fixação de valores de  $a/c$  de 0,30, 0,45 e 0,65 respectivamente para concretos de classe 20, 40 e 80 MPa.
- Fixação de abatimento de tronco de cone de  $80 \pm 10$  mm para todos os concretos.
- Fixação de teor de argamassa de 48% para todos os concretos.
- Utilização no concreto classe 80 MPa de 10% de sílica ativa da SILMIX e aditivos plastificantes (322 N – 0,3%) e super plastificantes (Glenium – 1,1%) da marca MBT, valores referidos à massa do cimento.

A Figura 04 mostra a evolução da resistência à compressão dos concretos submetidos aos diferentes ciclos de cura.

**Figura 04 – Influência dos processos de cura**



Fonte: Instituto Brasileiro do Concreto – 44° Congresso Brasileiro

#### 4.2.2 Cura natural ao ar livre

Por ser o método de cura com o menor custo para a execução, é também o método mais utilizado nos canteiros de obras trazendo vantagens no custo final da obra, a grande desvantagem é a falta de controle ao processo, podendo ser influenciado por intempéries climáticas. Normalmente esta técnica é empregada em locais onde não é tão exigida a alta resistência do concreto, ou locais de difícil acesso que inviabilizam a aplicação de outros métodos (NEVILLE, 2015).

**Figura 05 – Cura ao ar livre**



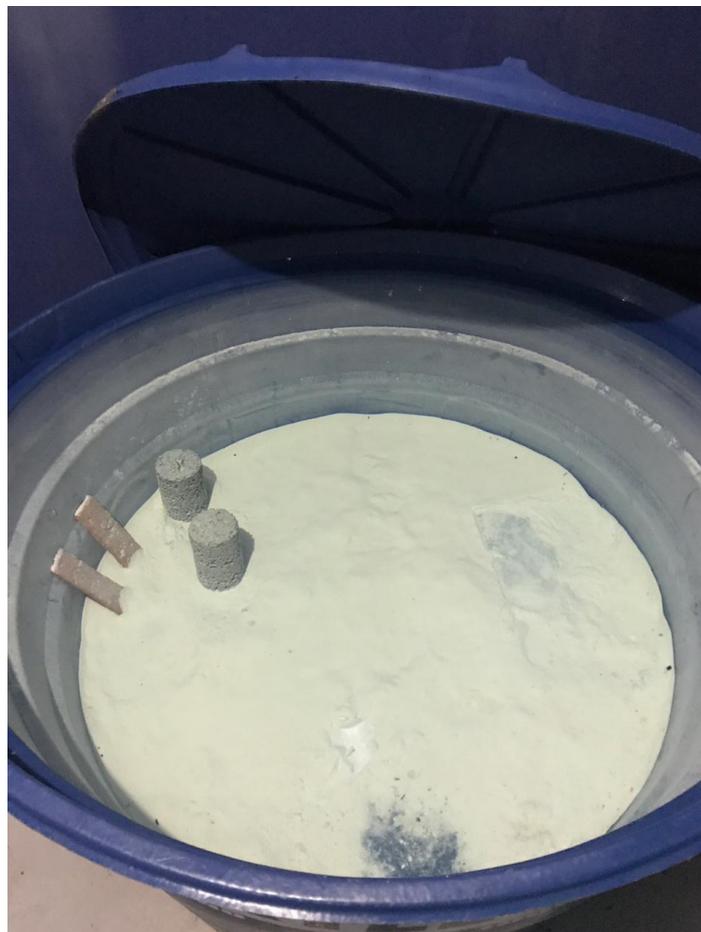
Fonte: <https://www.mapadaobra.com.br/capacitacao/norma-comentada-abnt-nbr-5738/>

### 4.2.3 Cura por submersão

Segundo Isaia (2011), a cura do concreto em água é o meio mais satisfatório de prevenir as fissuras precipitadas e evolução adequada das reações de hidratação nas primeiras idades.

A cura em tanque de água identifica-se por mergulhar o concreto em água à temperatura de 25°C, preservando este, principalmente nas primeiras idades, de potenciais retrações, agentes agressivos externos, perda de umidade, agentes corrosivos (BAUER, 2008).

**Figura 06 – Cura por submersão - Laboratório Unievangélica**



Fonte: Próprios Autores, 2019.

## 5 ESTUDO DE CASO

Este trabalho tem como intuito estudar a resistência à compressão do concreto em diferentes tipos de cura, com distintos traços. Sendo assim, será necessário caracterizar os materiais, efetuar a dosagem do concreto, moldar os corpos de prova e por fim submetê-los a esforços de compressão até a sua ruptura com 7, 14 e 28 dias de cura. As curas foram realizadas no Laboratório Tecnológico do Centro Universitário de Anápolis - Unievangélica, que dispõe dos materiais necessários e ambientes, em câmara úmida, sob imersão em água e ao ar livre.

### 5.1 LOCAL DE REALIZAÇÃO DO ESTUDO

O estudo de caso foi realizado no Laboratório Tecnológico do Centro Universitário de Anápolis - Unievangélica. Foram realizados ensaios de caracterização de materiais, dosagem de concreto, moldagem de corpos de prova *in loco* e ensaios de ruptura dos concretos.

### 5.2 CLASSIFICAÇÃO DO ESTUDO

A pesquisa é de ordem experimental, quantitativa, pois foram realizados ensaios em laboratório para determinar a resistência à compressão do concreto convencional em diversos tipos de cura em diferentes idades.

### 5.3 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

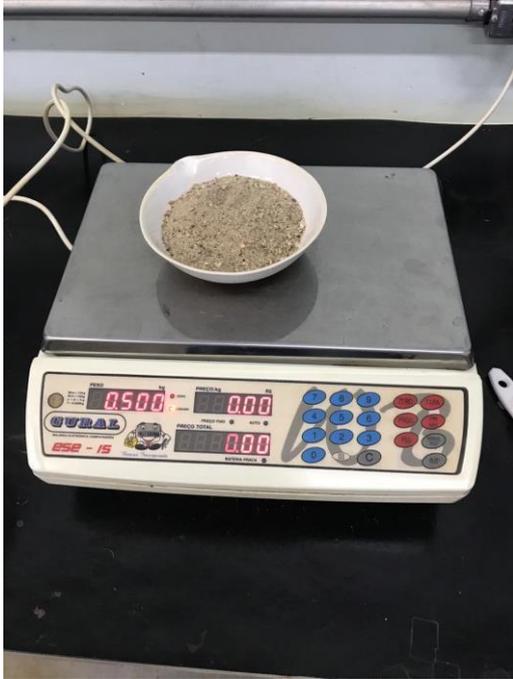
Para a caracterização dos agregados utilizados na confecção do concreto foram realizados os ensaios de composição granulométrica, massa unitária e massa específica. Já a caracterização do cimento foi disponibilizada pelo site da empresa.

#### 5.3.1 Caracterização do Agregado Miúdo

a) Composição Granulométrica: O ensaio foi realizado de acordo com a NBR 7211 (ABNT, 2005) onde é executado o processo de peneiramento do agregado. Foi levado ao peneirador mecânico, com malhas da série normal de peneiras, 500 gramas de areia. O

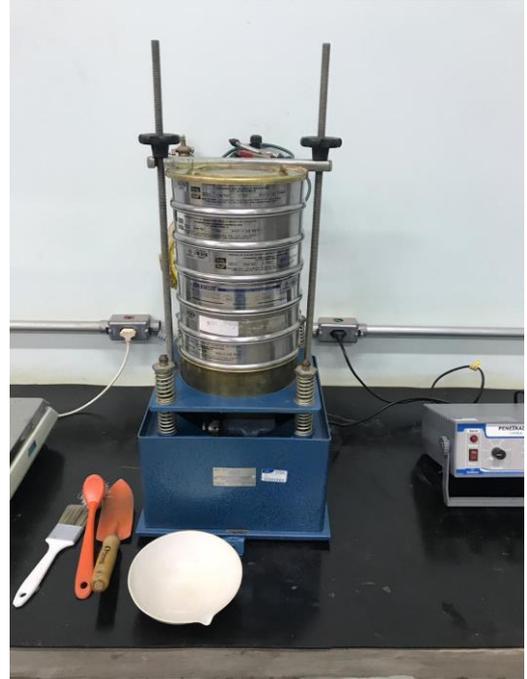
equipamento permaneceu ligado por 5 minutos, obtendo-se assim o resultado. As figuras 07, 08 e 09 mostram os equipamentos e materiais utilizados no ensaio e o procedimento realizado.

**Figura 07 – Agregado Miúdo Antes Peneiramento**



Fonte: Próprios Autores, 2019.

**Figura 08 – Peneirador Mecânico**



Fonte: Próprios Autores, 2019.

**Figura 09 – Agregado Miúdo Após Peneiramento**



Fonte: Próprios Autores, 2019.

O ensaio foi executado duas vezes, identificando-se, o módulo de finura de acordo com a NBR 7211 (ABNT, 2009), que é a soma das porcentagens retidas acumuladas, em massa, do agregado, nas peneiras de série normal, dividido por 100, conforme o Quadro 05.

**QUADRO 05 - Definição da composição granulométrica da areia**

Composição Granulométrica - NBR 7211						
Peneiras (mm)	1º determinação		2º determinação		% retida média	% retida acumulada
	Peso retido (g)	% retida	Peso retido (g)	% retida		
75 mm	-	-	-	-	-	-
37,5 mm	-	-	-	-	-	-
19 mm	-	-	-	-	-	-
9,5 mm	-	-	-	-	-	-
4,75 mm	-	-	-	-	-	-
2,36 mm	35,0	7,0	40,0	8,0	7,5	7,5
1,18 mm	60,0	12,0	60,0	12,0	12,0	19,5
600 µm	105,0	21,0	110,0	22,0	21,5	41,0
300 µm	225,0	45,0	230,0	46,0	45,5	86,5
150 µm	65,0	13,0	55,0	11,0	12,0	98,5
Fundo	10,0	2,0	5,0	1,0	1,50	100,0
TOTAL	500,0	100,0	500,0	100,0	100,0	-
Módulo de Finura: 2,53						

Fonte: Próprios Autores, 2019.

$$Mf = \frac{7,5 + 19,5 + 41,0 + 86,5 + 98,5}{100} = 2,53$$

Em conformidade com a NBR 7211 (ABNT, 2009) o agregado utilizado no ensaio é considerado areia média, pois seu módulo de finura é 2,53mm, estando assim entre 2,20mm e 2,90mm que é a zona de classificação classificada como ótima.

b) Massa Unitária solta: O ensaio foi realizado de acordo com o método “c” da NBR NM 45 (ABNT, 2006), onde se é determinado a massa unitária solta do agregado seco. Para a realização do ensaio, foi verificado o volume do recipiente de dosagem e a sua tara. Em seguida, o agregado foi lançado ao recipiente de uma altura de 5 centímetros da borda superior até transbordar e com a haste metálica foi rasado o material, repetiu-se o processo três vezes. As figuras 10 e 11 demonstram a forma que foi realizado o ensaio.

**Figura 10 – Recipiente Vazio**



Fonte: Próprios Autores, 2019.

**Figura 11 – Agregado Miúdo**



Fonte: Próprios Autores, 2019.

O resultado do ensaio é obtido através do quociente da massa do agregado lançado ao balde e o volume do balde, que estão inseridos na Tabela 02.

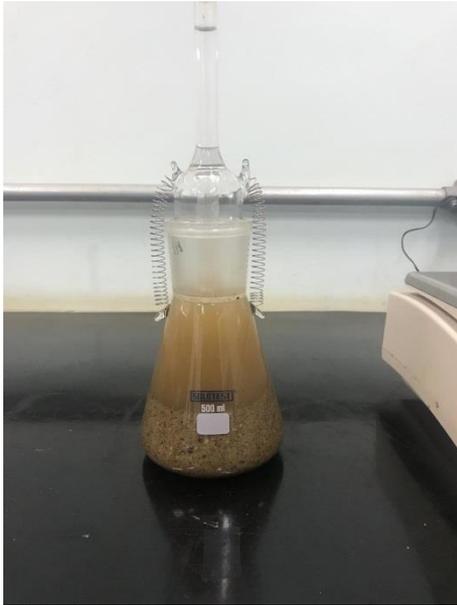
**TABELA 02 - Definição da massa unitária solta da areia**

Volume interno da caixa (dm <sup>3</sup> )	Peso da caixa vazia (kg)	Peso líquido da areia (kg)	Média do peso líquido (kg)	Densidade média (g/cm <sup>3</sup> )
		13,05		
10,26	1,20	13,15	13,133	1,28
		13,20		

Fonte: Próprios Autores, 2019.

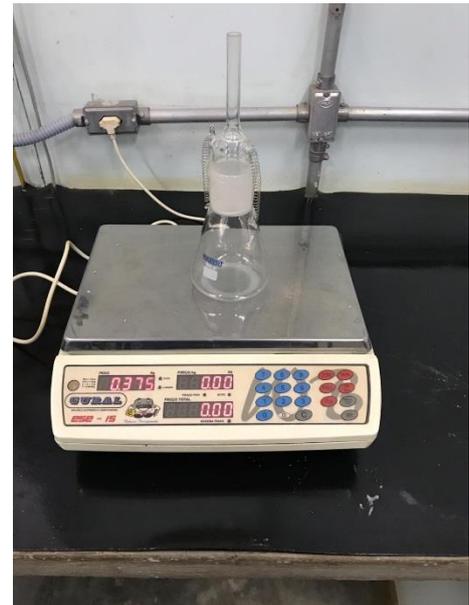
c) Massa Específica: O ensaio foi realizado de acordo com a NBR NM 52 (ABNT, 2009) que define a massa específica da areia pelo ensaio de superfície seca saturada. Foi realizado a pesagem do picnômetro, e nele foi inserido o agregado e água. Em seguida deixou em repouso o frasco por 1 hora. Após esse tempo, foi feito movimentos no frasco para retirada do ar. Os equipamentos e materiais utilizados no ensaio estão indicados nas Figuras 12, 13, 14 e 15.

**Figura 12 – Picnômetro com agregado e água**



Fonte: Próprios Autores, 2019.

**Figura 13 – Picnômetro**



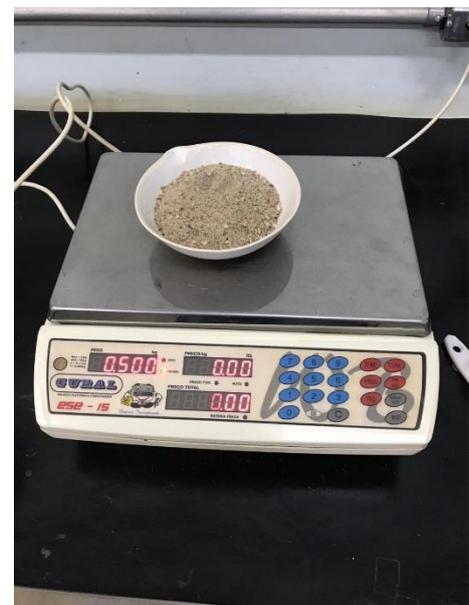
Fonte: Próprios Autores, 2019.

**Figura 14 – Picnômetro com agregado**



Fonte: Próprios Autores, 2019.

**Figura 15 – Agregado miúdo**



Fonte: Próprios Autores, 2019.

O resultado do ensaio é obtido através do quociente da massa da amostra de areia e a subtração do volume do picnômetro pelo volume de água adicionado ao picnômetro. Os resultados podem ser vistos através da Tabela 03.

**TABELA 03 - Definição da massa específica da areia**

Massa da amostra de areia (g)	Massa do picnômetro (g)	Massa do conjunto (a+p), (g)	Massa do conjunto (a+p+a'), (g)	Volume do picnômetro (cm <sup>3</sup> )	Volume de água adicionado (cm <sup>3</sup> )	Massa específica (g/cm <sup>3</sup> )
500,00	387	887	1186	500,00	308,00	2,487

Fonte: Próprios Autores, 2019.

Onde, a = areia; p = picnômetro; a' = água.

As fórmulas utilizadas para o resultado do ensaio são fornecidas pela norma NBR NM 52 (ABNT, 2009).

$$d = m \div (v - va)$$

Onde,

d= massa específica;

m= massa da amostra seca, em gramas;

v= volume do frasco, em centímetros cúbicos;

va= volume de água adicionada ao frasco, de acordo com a seguinte fórmula, em centímetros cúbicos:

$$va = (m2 - m1) \div \rho a$$

Onde,

m1= massa do conjunto (frasco + agregado), em gramas;

m2= massa total (frasco + agregado + água), em gramas;

pa= massa específica da água, em gramas por centímetro cúbico.

### 5.3.2 Caracterização do Agregado Graúdo

a) Composição Granulométrica: O ensaio foi realizado de acordo com a NBR 7211 (ABNT, 2009), onde é feito o processo de peneiramento. É levado ao peneirador mecânico 3 kilos do agregado graúdo, onde o aparelho se mantém ligado por 5 minutos. Após o peneiramento é notado a porcentagem de agregado retido em cada malha do peneirador mecânico. As figuras 16 e 17 exibem os materiais e equipamentos utilizados no ensaio.

**Figura 16 – Agregado graúdo**



Fonte: Próprios Autores, 2019.

**Figura 17 – Peneirador Mecânico**



Fonte: Próprios Autores, 2019.

O intuito deste ensaio é obter o diâmetro máximo do agregado e seu módulo de finura. O diâmetro máximo do agregado corresponde ao número de peneira da série normal na qual a porcentagem acumulada é igual ou inferior a 5%, desde que essa porcentagem seja superior a 5% na peneira imediatamente abaixo. O módulo de finura corresponde a soma das porcentagens retidas acumuladas, em massa, do agregado, nas peneiras de série normal, dividido por 100. Os resultados do ensaio estão presentes no Quadro 06.

**QUADRO 06 - Definição da composição granulométrica da brita**

Peneiras	Determinação		
	Peso retido (kg)	% retida	% acumulada
25 mm	-	-	-
19 mm	-	-	-
12,5 mm	0,05	1,67	1,67
9,5 mm	0,60	20,0	21,67
4,75 mm	2,20	73,33	95,00
2,36 mm	0,15	5,00	100,00
Fundo	-	-	-
TOTAL	3,00	100	
Diâmetro máximo do agregado: 12,5 mm			

Fonte: Próprios Autores, 2019.

$$Mf = \frac{1,67 + 21,67 + 95,00}{100} = 1,18$$

Em conformidade com a NBR 7211 (ABNT, 2009), o agregado utilizado no ensaio tem diâmetro máximo de 12,5mm e módulo de finura de 1,18mm. Como a porcentagem acumulada retida na malha de 4,75mm foi de 95% e na malha de 2,36mm foi de 100%, o agregado em questão é classificado como graduação 0, ou seja, foi utilizado brita 0.

b) Massa Unitária solta: O ensaio foi realizado de acordo com o método “c” da NBR NM 45 (ABNT, 2006), onde se é determinado a massa unitária solta do agregado seco. Para a realização do ensaio, foi verificado o volume do recipiente de dosagem e a sua tara. Em seguida, o agregado foi lançado ao recipiente de uma altura de 5 centímetros da borda superior até transbordar e com a haste metálica foi rasado o material, repetiu-se o processo três vezes. As figuras 18 e 19 demonstram a forma que foi realizado o ensaio.

**Figura 18 – Recipiente Vazio**



Fonte: Próprios Autores, 2019.

**Figura 19 – Agregado graúdo**



Fonte: Próprios Autores, 2019.

O resultado do ensaio é obtido através do quociente da massa do agregado lançado ao balde e o volume do balde, que estão inseridos na tabela abaixo. (Tabela 04).

**TABELA 04 - Definição da massa unitária solta da brita**

Volume interno da caixa (cm <sup>3</sup> )	Peso da caixa vazia (g)	Peso líquido da brita (g)	Média do peso líquido (g)	Densidade média (g/cm <sup>3</sup> )
		12900,00		
10260,00	1200,00	13000,00	12950,00	1,26
		12950,00		

Fonte: Próprios Autores, 2019.

c) Massa Específica: Define-se a massa específica da brita através da NBR NM 53 (ABNT,2009), que estabelece o método de definição da massa específica, da massa específica aparente e da absorção de água dos agregados graúdos, na condição saturados superfície seca. Os materiais e equipamentos utilizados neste ensaio estão apresentados nas figuras 20, 21 e 22.

**Figura 20 – Água utilizada**



Fonte: Próprios Autores, 2019.

**Figura 21 – Balança utilizada**



Fonte: Próprios Autores, 2019.

**Figura 22 – Brita utilizada**



Fonte: Próprios Autores, 2019.

Para a realização do ensaio foram utilizados 2 quilogramas de agregado graúdo com módulo de finura 12,5mm. Foi colocado o recipiente pendurado à balança e dentro do tanque com água, retirando a tara do mesmo e em seguida inseriu-se o agregado ao mesmo. Após isso, anotou-se o valor obtido na balança. O resultado do ensaio é obtido através do quociente da massa seca do agregado pela subtração da massa seca e massa submersa a água, consoante a NBR NM 53 (ABNT, 2009).

$$da = m \div (ms - ma)$$

Onde,

da= massa específica aparente do agregado seco, em gramas por centímetro cúbicos;

m= massa ao ar da amostra seca, em gramas;

ms= massa ao ar da amostra na condição saturada superfície seca, em gramas;

ma= massa em água da amostra, em gramas.

**TABELA 05 - Verificação da massa específica do agregado graúdo**

Tipo	Massa da amostra ao ar livre (g)	Massa da amostra em água (g)	Massa específica g/cm <sup>3</sup>
Brita 0	2000	1334	3,003

Fonte: Próprios Autores, 2019.

### 5.3.3 Caracterização do Cimento

Para a dosagem do concreto é necessário saber o tipo de cimento utilizado no traço e sua massa específica. Foi utilizado na confecção do concreto o cimento do tipo CII-Z-32 que tem como sua massa específica variando entre 2,8 à 3,2 g/cm<sup>3</sup>. Para efeito de cálculo dos traços foi utilizado como massa específica do cimento 3,1 g/cm<sup>3</sup>.

As características e composições do cimento são oferecidas pelo fornecedor através do site da empresa<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> [http://www.ciplan.com.br/fispq/FISPQ\\_CIMENTO\\_CIPLAN.pdf](http://www.ciplan.com.br/fispq/FISPQ_CIMENTO_CIPLAN.pdf)

## 5.4 ESTUDO DE DOSAGEM

### 5.4.1 Determinação dos Traços

O produto da pesquisa foi determinado através do método de dosagem ABCP, de forma empírica. Para todos os traços, foram estabelecidas as quantidades de brita utilizados, modificando as quantidades de areia e cimento. Já a água de amassamento, foi determinada uma estimativa inicial, sendo ajustada de acordo com o abatimento de tronco de cone,  $70 \pm 10$  mm. O desvio padrão (sd) utilizado para cálculo dos traços foi 5,5 consoante com a NBR 12655 (ABNT, 2015), onde, “o cimento é medido em massa, a água de amassamento é mensurada em volume mediante dispositivo dosador e os agregados medidos em massa combinada com volume”.

As resistências características (fck) utilizadas na determinação dos traços foram 20 e 30 Mpa. Sabendo que o desvio padrão (sd) utilizado na produção foi 5,5 Mpa, logo, as resistências características com 28 dias foram calculadas através da equação abaixo.

$$F_{c28} = F_{ck} + 1,65 \cdot sd$$

Para a resistência característica igual a 20 Mpa:

$$F_{c28} = 20 + 1,65 \cdot 5,5$$

$$F_{c28} = 29,075 \text{ Mpa}$$

Para a resistência característica igual a 30 Mpa:

$$F_{c28} = 30 + 1,65 \cdot 5,5$$

$$F_{c28} = 39,075 \text{ Mpa}$$

Tendo em mãos a resistência aos vinte e oito dias, foi capaz de se obter o fator água/cimento de acordo com a curva de Abrams. Os valores obtidos para as resistências características de 20 e 30 Mpa, foram 0,53 e 0,51, respectivamente. Foi adotado nomenclatura de traço “A” para fck 20MPa e “B” para fck 30MPa. Em virtude do fim dos passos do método de dosagem ABPC, chegou-se aos traços apresentados na Tabela 06.

**TABELA 06 – Traços realizados**

Traço	Cimento (kg)	Areia (kg)	Brita (kg)	Água (l)
A	1	2,17	1,67	0,53
B	1	2,00	1,61	0,51

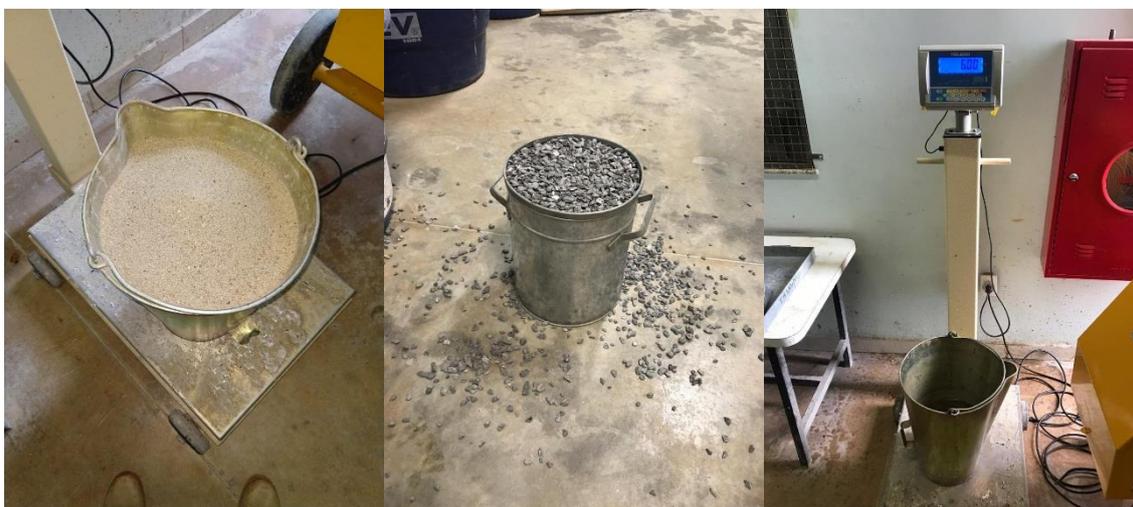
Fonte: Próprios autores, 2019.

#### 5.4.2 Confeção do Concreto

A produção do concreto se deu no Laboratório Tecnológico do Centro Universitário de Anápolis - Unievangélica. O laboratório conta com toda a aparelhagem e materiais necessários para a produção do concreto e, ainda, possui todos os equipamentos normalizados para a moldagem, cura e rompimento dos corpos de prova de concreto.

As dosagens e confecção do concreto foram realizados em laboratório, em betoneira. Os materiais foram pesados isoladamente de maneira a garantir que todos os componentes estivessem com o peso correto, Figuras 23 e 24.

**FIGURA 23 – (a) Areia, (b) Brita e (c) Água Utilizados**



Fonte: Próprios autores, 2019. (a)

(b)

(c)

**FIGURA 24 – Cimento Utilizado**



Fonte: Próprios autores, 2019.

O abatimento previsto deveria estar entre  $70 \pm 10$  mm, para isso, a água de amassamento foi adicionada aos poucos, e o ensaio de abatimento realizado até que seu abatimento se enquadrasse dentro do desejado. O ensaio de abatimento de tronco de cone seguiu as diretrizes descritas da NBR NM 67 (ABNT, 1998) (Figura 25).

**FIGURA 25 – Abatimento Tronco de Cone**



Fonte: Próprios autores.

Os materiais utilizados para a produção do concreto foram cimento Portland CP II–Z–32, areia média, brita 0 e água. As quantidades provêm dos traços especificados na Tabela 07 e o volume necessário para moldagem de 27 corpos de prova para cada traço, dos quais foram acrescidos 10% dos materiais para fatores de desperdício.

**TABELA 07 – Quantidade de materias utilizados**

Traço	Cimento (kg)	Areia (kg)	Brita (kg)	Água (l)
A	20,00	43,40	33,40	10,60
B	21,00	42,00	34,00	11,00

Fonte: Próprios Autores, 2019.

### 5.4.3 Moldagem dos Corpos de Prova

Esta fase foi executada posterior ao ensaio de abatimento, onde foram untados os corpos de prova cilíndricos 10x20mm com óleo de cozinha e moldados três corpos de prova, por idade e cura, seguindo as orientações da NBR 5738 (ABNT, 2015). A qual determina que o concreto tem de ser colocado no molde com uma concha “U” e adensado em duas camadas, com 12 golpes em cada. Após moldagem dos corpos, todos os concretos estiveram no laboratório durante 24h (Figuras 26, 27 e 28).

**FIGURA 26 – Lubrificação dos moldes**



Fonte: Próprios Autores, 2019.

**FIGURA 27 – Moldagem Corpos de Prova**



Fonte: Próprios Autores, 2019.

**FIGURA 28 – Corpos de Prova**



Fonte: Próprios Autores, 2019.

#### 5.4.4 Cura do Concreto

Concluída a etapa de ganho de resistência inicial, os corpos de prova foram desmoldados e destinados para os três locais de cura. O ambiente de cura por exposição ao ar livre consistiu em um local externo ao laboratório e coberto, exposto às intempéries, porém resguardado de possíveis impactos e ação de público externo a pesquisa. Já o ambiente de cura por imersão, figurou em um tanque com água saturada e cal dentro da câmara úmida, visando evitar a saída de íons de cálcio para a água. Por último, o ambiente de cura em câmara úmida, realizado no laboratório (Figuras 29, 30 e 31).

**FIGURA 29 – Cura ao Ar livre**



Fonte: Próprios Autores, 2019.

**FIGURA 30 – Cura por Imersão**



Fonte: Próprios Autores, 2019.

**FIGURA 31 – Cura em Câmara úmida**



Fonte: Próprios Autores, 2019.

#### 5.4.5 Rompimento dos Corpos de Prova

Foram confeccionados dois traços de concreto, deles foram moldados 3 corpos de prova para cada idade e cada tipo de cura, totalizando 27 corpos de prova por traço. Os rompimentos ocorreram conforme o instituído pela NBR 5739 (ABNT, 2018), nas idades de 7, 14 e 28 dias, no Laboratório Tecnológico do Centro Universitário de Anápolis – Unievangélica.

O ensaio de resistência mecânica dos corpos de prova foi praticado em prensa hidráulica, manipulada por software do seu fabricante. O experimento foi executado de acordo com as etapas da NBR 5739 (ABNT, 2018), realizando o capeamento para assegurar a tensão igual em toda a área e rompendo três corpos de prova por compressão axial de cada condição de cura para observação da resistência mecânica em cada idade estabelecida (Figuras 32 e 33).

**FIGURA 32 – Prensa Hidráulica**



Fonte: Próprios autores

**FIGURA 33 – Motor Prensa Hidráulica**



Fonte: Próprios autores

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo são apresentados os resultados atingidos e discussões através dos testes de rompimento dos corpos de prova submetidos aos três tipos de cura, ar livre, câmara úmida e submersão, com o intuito de compará-las. Foram confeccionados 54 corpos de prova, dos quais, nove foram ensaiados por dia para cada traço.

Os ensaios iniciaram no dia 08 de março de 2019, na idade de 7 dias do traço “A” e se estenderam até 05 de abril de 2019, na idade de 28 dias do traço “B”. Foram consideradas as tolerâncias tempo de realização do teste de acordo com a NBR 5739 (ABNT, 2018). A Tabela 08 representa as tolerâncias, retiradas da norma de forma adequada.

**TABELA 08 – Tolerância para idade de ensaio**

Rompimento	Tolerância
24 horas	0,5 hora
3 dias	2 horas
7 dias	6 horas
28 dias	24 horas
63 dias	36 horas
91 dias	48 horas

Fonte: Adaptação NBR 5739, 2018.

A análise foi feita a partir dos resultados atingidos através dos ensaios de resistência à compressão, de modo comparativo, tendo estes como base para as conclusões tiradas.

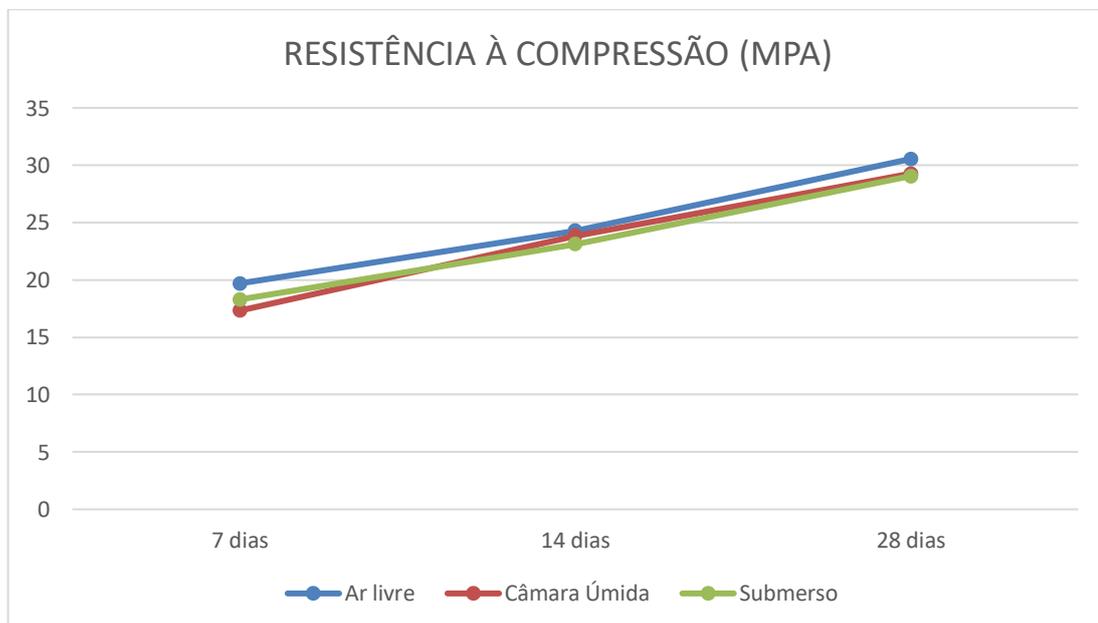
### 6.1 ENSAIOS DE COMPRESSÃO – FCK 20MPA

Para o traço “A”, de resistência característica 20 MPA, o comportamento do concreto em relação a resistência mecânica em diferentes situações de cura é apresentado no Quadro 07, seguido do Figura 34 onde é possível ser feito uma melhor análise dos resultados.

**QUADRO 07 – Resultados atingidos no ensaio de compressão – TRAÇO “A”**

Ambiente de Cura	Resistência à Compressão (mpa)					
	7 dias	Média	14 dias	Média	28 dias	Média
Ar livre	21,30	19,70	26,00	24,30	34,35	30,55
	20,20		22,10		26,04	
	17,60		24,80		31,25	
Câmara Úmida	17,10	17,33	24,30	23,83	27,65	29,27
	17,30		21,40		30,88	
	17,60		25,80		29,27	
Submerso	18,80	18,30	20,90	23,13	27,28	29,06
	18,70		24,10		32,36	
	17,40		24,40		27,53	

Fonte: Próprios autores, 2019.

**FIGURA 34 – Resistência à compressão – TRAÇO “A”**

Fonte: Próprios autores, 2019.

O Quadro 07 e a Figura 34 apresentam os resultados atingidos nos ensaios de resistência mecânica do concreto de fck 20 MPA. Obteve-se um maior ganho de resistência nos corpos de prova submetidos a cura ao ar livre, seguido pelos de câmara úmida e por fim os submersos, tendo diferença de 4,19% e 4,88% em relação, respectivamente, em relação aos moldes de “ar livre”.

## 6.2 ENSAIOS DE COMPRESSÃO – FCK 30MPA

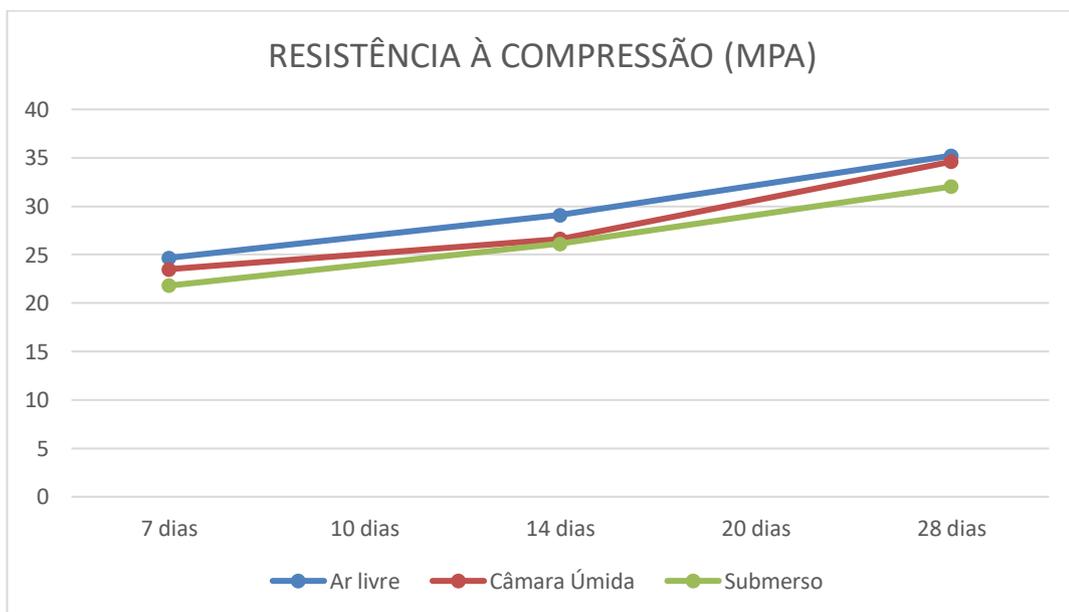
Para o traço “B”, de resistência característica 20 MPA, o comportamento do concreto em relação a resistência à compressão em diferentes situações de cura é apresentado no Quadro 08, seguido do Figura 35 onde é possível ser feito uma melhor análise dos resultados.

**QUADRO 08 – Resultados atingidos no ensaio de compressão – TRAÇO “B”**

Ambiente de Cura	Resistência à Compressão (mpa)					
	7 dias	Média	14 dias	Média	28 dias	Média
Ar livre	24,70	24,67	29,00	29,10	34,60	35,22
	24,70		29,00		35,59	
	24,60		29,30		35,46	
Câmara Úmida	23,10	23,50	26,50	26,63	33,98	34,60
	24,10		25,70		33,98	
	23,30		27,70		35,84	
Submerso	21,20	21,80	26,00	26,13	30,88	32,03
	22,00		25,90		33,23	
	22,20		26,50		31,99	

Fonte: Próprios autores, 2019.

**FIGURA 35 – Resistência à compressão – TRAÇO “B”**



Fonte: Próprios autores, 2019.

O Quadro 08 e a Figura 35 apresentam os resultados atingidos nos ensaios de resistência mecânica do concreto de fck 30 MPA. Obteve-se também um maior ganho de resistência nos corpos de prova submetidos a cura ao ar livre, seguido pelos de câmara úmida e por fim os submersos, tendo diferença de 1,76% e 9,06% em relação, respectivamente, em relação aos moldes de “ar livre”.

### 6.3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Em relação ao ganho de resistência do concreto, ambos os traços corresponderam ao previsto, tendo para o traço “A” resistência média igual à 18,44 MPA e para o traço “B” resistência média igual à 23,32 MPA, aos 7 dias, sendo superior a 70 % da resistência final estimada de 20 e 30 MPA, respectivamente. Obteve-se aos 28 dias, resistências médias de 29,62 e 33,95 MPA, para os traços “A” e “B”, respectivamente, sendo superior a resistência final estimada de 20 e 30 MPA, condizendo com o calculado.

Em relação aos processos de cura, não foi possível notar uma grande diferença nas curas, pois a média das resistências obtidas foram muito próximas. Ambos os traços apresentaram o ranking de resistência sendo liderado pelos moldes de cura ao ar livre, sendo seguido pelos de câmara úmida e por último os submersos. Isso se deu devido ao clima presente no período de pesquisa, a umidade do ar na cidade de Anápolis no mês de março e abril teve uma média muito alta, conforme os Quadros 9 e 10, a seguir, ocasionando assim um excelente processo de cura aos corpos de prova que ficaram expostos ao ar livre, fazendo com que a resistência deles fossem superiores aos demais. Os moldes que permaneceram em câmara úmida e submersos apresentaram um bom desempenho no crescimento da resistência, porém não conseguiram ser maiores que o modo de cura ao ar livre, o que se era esperado.

Com esse estudo é notório a percepção de que o processo de cura do concreto é de suma importância para o aumento de sua resistência mecânica. Porém os resultados obtidos não foram os esperados, que, de acordo com as bibliografias utilizadas, era previsto um resultado de resistência mecânica maior em curas em câmara úmida e submersão do que ao ar livre. O fato se concedeu, possivelmente, pela alta taxa de umidade do ar no período de realização do estudo, como supracitado.

**QUADRO 09 – Temperatura e umidade média do mês de março 2019**

DIA	Umid. Relat. AR (Média)%	Temp. Med. °C do Ar
<u>1</u>	81.5	22.04
<u>2</u>	95	20.86
<u>3</u>	84.2	20.62
<u>4</u>	93	19.42
<u>5</u>	98.5	20.56
<u>6</u>	87.5	21.92
<u>7</u>	96	21.24
<u>8</u>	69.5	23.8
<u>9</u>	73.2	23.88
<u>10</u>	87.2	20.98
<u>11</u>	80	21.64
<u>12</u>	82	22.54
<u>13</u>	80.7	22.78
<u>14</u>	80.7	22.32
<u>15</u>	74.5	24.04
<u>16</u>	78.7	23.42
<u>17</u>	86.7	22.4
<u>18</u>	77.2	23.96
<u>19</u>	71.2	24.56
<u>20</u>	80.5	23.74
<u>21</u>	72.5	23.46
<u>22</u>	85.2	22.06
<u>23</u>	84	22.44
<u>24</u>	79	22.92
<u>25</u>	79.2	22.64
<u>26</u>	95.7	21.1
<u>27</u>	96.7	20.8
<u>28</u>	87	21.56
<u>29</u>	78.7	22.52
<u>30</u>	69	23.08
<u>31</u>	63.7	23.72

Fonte: Eduardo Argolo, 2019.

**QUADRO 10 – Temperatura e umidade média do mês de abril 2019**

DIA	Umid. Relat. AR (Média)%	Temp. Med. °C do Ar
<u>1</u>	72.7	23.18
<u>2</u>	78.5	23.12
<u>3</u>	81.2	23.24
<u>4</u>	76.2	22.92
<u>5</u>	74.2	22.84
<u>6</u>	80.7	22.2
<u>7</u>	83.5	22.38
<u>8</u>	96	20.62
<u>9</u>	83.2	21.68
<u>10</u>	88	22.5
<u>11</u>	86	20.52
<u>12</u>	93.2	21.14
<u>13</u>	87.7	21.88
<u>14</u>	92.2	22.18
<u>15</u>	92.2	21.42
<u>16</u>	87.7	21.72
<u>17</u>	77	22.7
<u>18</u>	68.2	24.1
<u>19</u>	67.2	24.04
<u>20</u>	62.7	24.02
<u>21</u>	70.5	23.7
<u>22</u>	87.2	21.88
<u>23</u>	88.7	21.3
<u>24</u>	84.7	21.82
<u>25</u>	72.2	21.56
<u>26</u>	72.2	21.92
<u>27</u>	66.7	23.6
<u>28</u>	63.5	24.04
<u>29</u>	69	23.46
<u>30</u>	72.2	22.94

Fonte: Eduardo Argolo, 2019.

#### 6.4 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Esta pesquisa teve como foco apenas a comparação das resistências mecânicas do concreto convencional feita em diferentes tipos de cura. Pode-se utilizá-la como base para outros assuntos como:

- Monitoramento de ações externas, tais como, umidade e temperatura, nos processos de cura;
- Estudo com outros tipos de cimento não utilizados nesse trabalho, como o cimento CP III Alto Forno;
- Influência da cura em concretos de alta resistência CAD;
- Viabilidade econômica destes tipos de cura e outros.

## REFERÊNCIAS

ARGOLO, EDUARDO. **ESTAÇÃO METEOROLÓGICA LAPAGEO – LABORATÓRIO DE PESQUISAS AVANÇADAS E GEOPROCESSAMENTO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SOCIEDADE, TECNOLOGIA E MEIO AMBIENTE (PPSTMA). CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ANÁPOLIS – UNIEVANGÉLICA.** Anápolis, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **GUIA BÁSICO DE UTILIZAÇÃO DO CIMENTO PORTLAND.** 10. ed. São Paulo, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14931: EXECUÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO.** 2. ed. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738: CONCRETO - PROCEDIMENTO PARA MOLDAGEM E CURA DE CORPOS DE PROVA.** 2. ed. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739: CONCRETO - ENSAIO DE COMPRESSÃO DE CORPOS DE PROVA CILÍNDRICOS.** 3. ed. Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211: AGREGADOS PARA CONCRETO - ESPECIFICAÇÃO.** Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11768: ADITIVOS QUÍMICOS PARA CONCRETO DE CIMENTO PORTLAND – REQUISITOS.** Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655: CONCRETO DE CIMENTO PORTLAND - PREPARO, CONTROLE, RECEBIMENTO E ACEITAÇÃO - PROCEDIMENTO.** Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8953: CONCRETO PARA FINS ESTRUTURAIS - CLASSIFICAÇÃO PELA MASSA ESPECÍFICA, POR GRUPOS DE RESISTÊNCIA E CONSISTÊNCIA.** 3. ed. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 3310-1: PENEIRAS DE ENSAIO - REQUISITOS TÉCNICOS E VERIFICAÇÃO. PARTE 1: PENEIRAS DE ENSAIO COM TELA DE TECIDO METÁLICO.** Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 45: AGREGADOS - DETERMINAÇÃO DA MASSA UNITÁRIA E DO VOLUME DE VAZIOS.** Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 52: AGREGADO MIÚDO - DETERMINAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA E MASSA ESPECÍFICA APARENTE.** Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 53: AGREGADO GRAÚDO - DETERMINAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA, MASSA ESPECÍFICA APARENTE E ABSORÇÃO DE ÁGUA.** Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 67: CONCRETO - DETERMINAÇÃO DA CONSISTÊNCIA PELO ABATIMENTO DO TRONCO DE CONE.** Rio de Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248: AGREGADOS - DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA.** Rio de Janeiro, 2003.

BATTAGIN, Arnaldo Forti. **CONCRETO: CIÊNCIA E TECNOLOGIA.** 1. ed. G. C. ISAIA. São Paulo: IBRACON, 2011.

BAUER, Luiz Alfredo Falcão. **MATERIAIS DA CONSTRUÇÃO.** 5. ed. Revisada, Rio de Janeiro: LTC, 2008.

CARVALHO, R. C.; FIGUEIREDO, J. R. **CÁLCULO E DETALHAMENTO DE ESTRUTURAS USUAIS DE CONCRETO ARMADO.** 4. ed. São Carlos: EDUFSCAR, 2015.

GRAZIANO, Francisco Paulo. **PROJETO E EXECUÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO.** 1. ed. São Paulo: NOME DA ROSA, 2005.

HARTMANN, C. JEKNAVORIAN, A. et al. **CONCRETO: CIÊNCIA E TECNOLOGIA.** 1. ed. G. C. ISAIA. São Paulo: IBRACON, 2011.

HELENE, P. R. L.; TERZIAN, P. **MANUAL DE DOSAGEM E CONTROLE DO CONCRETO.** 1. ed. São Paulo: PINI, 1992.

INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO – **44º CONGRESSO BRASILEIRO.**

ISAIA, G. C. et al. **CONCRETO: CIÊNCIA E TECNOLOGIA.** 1. ed. São Paulo: IBRACON, 2011.

MEHTA, K. P.; MONTEIRO, P. J. M. **CONCRETO MICROESTRUTURA, PROPRIEDADES E MATERIAIS.** 2. ed. São Paulo: IBRACON, 2014.

MOLIN, D. C. C. D. **CONCRETO: CIÊNCIA E TECNOLOGIA.** 1. ed. G. C. ISAIA. São Paulo: IBRACON, 2011.

NEVILLE, Adam. **PROPRIEDADES DO CONCRETO.** 5. ed. São Paulo: PINI, 2015.

REVISTA CONCRETO. **CONCRETO: MATERIAL CONSTRUTIVO MAIS CONSUMIDO NO MUNDO.** São Paulo. N° 53, 2009.

REVISTA CONCRETO. **CIMENTOS E CONCRETO: HISTÓRIAS, TIPOS, NORMALIZAÇÃO, PESQUISAS E APLICAÇÕES.** São Paulo. N° 73, 2014.

SBRIGHI, Cláudio Neto. **CONCRETO: CIÊNCIA E TECNOLOGIA**. 1. ed. G. C. ISAIA. São Paulo: IBRACON, 2011.

SILVA, Maristela Gomes. et al. **MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL E PRINCÍPIOS DE CIÊNCIA E ENGENHARIA DE MATERIAIS**. 3. ed. G. C. ISAIA. São Paulo: IBRACON, 2017.

XAVIER, F.; CHEQUETTO, A. **CONCRETO ARMADO: NOVO MILÊNIO**. 2. ed. São Paulo: INTERCIÊNCIA, 2010.

YAZIGI, W. **A TÉCNICA DE EDIFICAR**. 17. ed. São Paulo: PINI, 2017.