

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Escola de Engenharia

Departamento de Engenharia de Materiais e Construção

TAUANA SILVA COELHO

**INFLUÊNCIA DAS TÉCNICAS DE CURA NA RESISTÊNCIA À
COMPRESSÃO DO CONCRETO DECIMENTO PORTLAND**

Belo Horizonte, MG

2021

TAUANA SILVA COELHO

**INFLUÊNCIA DAS TÉCNICAS DE CURA NA RESISTÊNCIA À
COMPRESSÃO DO CONCRETO DECIMENTO PORTLAND**

Monografia apresentada ao Curso de
Especialização da Escola de Engenharia da
Universidade Federal de Minas Gerais
Ênfase: Gestão e Tecnologia na Construção Civil
Orientador: Antônio Neves de Carvalho Júnior

Belo Horizonte, MG

2021

C672i	<p>Coelho, Tauana Silva. Influência das técnicas de cura na resistência à compressão do concreto de cimento Portland [recurso eletrônico] / Tauana Silva Coelho. - 2021. 1 recurso online (45 f. : il., color.) : pdf.</p> <p>Orientador: Aldo Giuntini de Magalhães.</p> <p>Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Gestão e Tecnologia na Construção Civil da Escola de Engenharia UFMG.</p> <p>Bibliografia: f. 44-45.</p> <p>Exigências do sistema: Adobe Acrobat Reader.</p> <p>1. Construção civil. 2. Concreto. 3. Normas Técnicas (Engenharia). I. Magalhães, Aldo Giuntini de. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia. III. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDU: 69</p>
-------	---



ATA DE DEFESA DE MONOGRAFIA

ALUNO: TAUANA SILVA COELHO

MATRÍCULA: 2020688985

RESULTADO

Aos 24 dias do mês de agosto de 2021 realizou-se a defesa da MONOGRAFIA de autoria do aluno acima mencionado sob o título:

"INFLUÊNCIA DAS TÉCNICAS DE CURA NA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DO CONCRETO DE CIMENTO PORTLAND"

Após análise, concluiu-se pela alternativa assinalada abaixo:

APROVADO

APROVADO COM CORREÇÕES

REPROVADO

NOTA: 90

CONCEITO: A

BANCA EXAMINADORA:

Nome

Assinatura

Prof. Dr. Aldo Giuntini de Magalhães

Nome

Assinatura

Prof. Dr. Sidnea Eliane Campos Ribeiro

O candidato faz jus ao grau de "ESPECIALISTA EM CONSTRUÇÃO CIVIL: "GESTÃO E TECNOLOGIA NA CONSTRUÇÃO CIVIL"

Belo Horizonte, 24 de agosto de 2021

Antonio Neves de
Carvalho
Junior:78724104604

Assinado de forma digital por
Antonio Neves de Carvalho
Junior:78724104604
Dados: 2021.08.31 16:13:21 -03'00'

Coordenador do Curso

RESUMO

O controle de qualidade de materiais na construção civil é fundamental para certificar o desempenho das estruturas garantindo os requisitos condicionados pelo projeto e normas técnicas. O concreto é um dos materiais mais utilizados nos canteiros de obras, sendo aplicado em diversos elementos estruturais e não estruturais devido às suas propriedades, como qualquer outro produto industrial que desempenha função de responsabilidade, o mesmo precisa ser submetido ao controle tecnológico para verificação de qualidade. O controle tecnológico do concreto envolve uma série de ensaios normatizados e um dos ensaios mais realizados pelas obras é para verificação da resistência a compressão que é uma das propriedades mais importantes do concreto. Dentro deste contexto, o trabalho foi desenvolvido com intuito de verificar as influências dos diferentes tipos de cura no desempenho da resistência a compressão no controle tecnológico do concreto. A partir da elaboração de uma dosagem racional de concreto, foram realizados ensaios normatizados por meio de corpos de prova de concreto submetidos a cura por imersão em tanque de água saturada com cal, cura em câmara úmida e exposto ao ar. Após o processo de cura, os corpos de prova foram submetidos aos ensaios para determinação da resistência à compressão nas idades de 03, 07 e 28 dias, permitindo a obtenção dos resultados do ensaio e comprovando a eficiência de uma cura realizada corretamente no desenvolvimento da resistência do concreto.

Palavras-chaves: Cura. Concreto. Resistência à compressão

ABSTRACT

The quality control of materials in civil construction is essential to certify the performance of structures, guaranteeing the requirements conditioned by the project and technical standards. Concrete is one of the most used materials on construction sites, being applied in various structural and non-structural elements due to its properties, like any other industrial product that performs a responsibility function, it needs to be submitted to technological control for quality verification. The technological control of concrete involves a series of standardized tests and one of the tests most performed by the works is to verify the compressive strength, which is one of the most important properties of concrete. Within this context, the work was developed with the aim of verifying the influences of different types of cure on the performance of the concrete's compressive strength. From the elaboration of a rational concrete dosage, standardized tests were carried out through concrete specimens subjected to cure by immersion in a tank of water saturated with lime, cure in a humid chamber and cure exposed to air. After the curing process, the specimens were subjected to tests to determine the compressive strength at the ages of 03, 07 and 28 days, allowing the test results to be obtained and proving the efficiency of a correctly performed cure in the development of strength of the concrete.

Keywords: Healing. Concrete. Compressive strength

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Betoneira.....	24
Figura 02: Cone de Abrams	25
Figura 03: Formas cilíndricas metálicas 10x20 cm.....	26
Figura 04 – Corpos de prova moldados.....	27
Figura 05 – Amostragem T1	28
Figura 06 – Amostragem T2.....	28
Figura 07 – Amostragem T3.....	28
Figura 08 - Tanque com água saturada com cal hidratada	29
Figura 09: Câmara úmida.....	31
Figura 10 – Cura exposto ao ar.....	33
Figura 11: Retífica elétrica.....	35
Figura 12: Prensa hidráulica de concreto	36
Figura 13: Ensaio de abatimento.....	37
Figura 14: Rompimento de corpo de prova	39

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 – Resistência à compressão 03, 07 e 28 dias.....	39
Gráfico 02 – Resistência à compressão 03 dias.....	40
Gráfico 03 – Resistência à compressão 07 dias.....	40
Gráfico 04 – Resistência à compressão 28 dias.....	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Limites máximos aceitáveis de substâncias nocivas em agregados miúdos com relação à massa do material.....	15
Tabela 02 – Limites máximos aceitáveis de substâncias nocivas em agregados graúdos com relação à massa do material.....	15
Tabela 03 – Classes de consistências.....	18
Tabela 04 – Caracterização agregados miúdos.....	22
Tabela 05 – Caracterização agregados graúdos.....	23
Tabela 06 – Carta Traço.....	24
Tabela 07 – Número de camadas para moldagem dos corpos de prova.....	26
Tabela 08 – Identificação dos lotes.....	27
Tabela 09 - Controle de temperatura do tanque de imersão.....	30
Tabela 10 - Controle de temperatura e umidade da câmara úmida.....	32
Tabela 11 - Controle de temperatura e umidade do ar.....	34
Tabela 12 - Tolerância para idade de ensaio.....	35
Tabela 13 – Resultados de ensaio 03 dias.....	38
Tabela 14 – Resultados de ensaio 07 dias.....	38
Tabela 15 – Resultados de ensaio 28 dias.....	38

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
1.1 Objetivos	11
1.1.1 Objetivo geral.....	11
1.1.2. Objetivos específicos	11
1.2 Justificativa	11
1.3 Delimitação do tema	12
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
2.1 Concreto	13
2.2 Materiais Constituintes.....	13
2.2.1 Cimento Portland	13
2.2.2 Agregados	14
2.2.3 Água.....	16
2.3 Dosagem do Concreto	16
2.4 Trabalhabilidade e Consistência.....	17
2.5 Resistência à compressão	18
3. METODOLOGIA	20
3.1 Elaboração de dosagem experimental.....	20
3.2 Materiais	21
3.3 Carta traço	24
3.4 Mistura	24
3.5 Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone	25
3.6 Moldagem dos corpos de prova	25
3.7 Cura.....	29
3.8 Cura por imersão	29
3.9 Cura em câmara úmida	31
3.10 Exposto ao ar.....	33
3.11 Ensaio de resistência à compressão.....	35
4. RESULTADOS.....	37
4.1 Abatimento.....	37
4.2 Ensaio de resistência à compressão.....	37
4.3 Análise de resultados.....	39
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	42
REFERÊNCIAS	43

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil vem sofrendo grandes mudanças nos últimos tempos, como por exemplo, uma atenção especial nos processos de controle de qualidade de materiais utilizados nas obras. A garantia de materiais de qualidade nas construções está sendo uma das prioridades das maiores construtoras do país. Além disso, o controle de qualidade de materiais é fundamental para certificar o desempenho das estruturas garantindo os requisitos condicionados pelo projeto e normas técnicas. É a partir deste controle que se pode encontrar possíveis não conformidades e realizar, caso necessário, intervenções corretivas nas estruturas em questão.

O controle tecnológico é realizado por meio de ensaios normatizados desenvolvidos para que através de situações artificiais, utilizando-se amostras representativas, possa-se avaliar e verificar o comportamento do material. Desta forma todos os ensaios, tanto em laboratório qualificado, quanto no canteiro de obras devem seguir as diretrizes estabelecidas pelas normas técnicas.

Neville e Brooks (2013), explicam que os ensaios não são um fim em si mesmo, pois, em muitos casos práticos, eles não possibilitam uma interpretação clara, de modo que, a fim de o resultado ser de valor efetivo, os ensaios devem ser sempre utilizados com o apoio da experiência e bom senso. Apesar disso, os ensaios são realizados para fins de verificação com um valor especificado em projeto ou outro valor de interesse, qualquer afastamento dos procedimentos normalizados é indesejável.

O concreto é um dos materiais mais utilizados na construção civil, sendo aplicado nas obras em diversos elementos estruturais e não estruturais devido às suas inúmeras vantagens. Para se obter um concreto de qualidade, é preciso que todas as etapas do processo sejam realizadas de forma correta, garantindo-se assim suas principais características e propriedades, tanto no estado fresco, quanto no endurecido.

Segundo Bauer (2003), o concreto, como qualquer outro produto industrial que desempenha função de responsabilidade, precisa ser submetido a um sistema de controle de qualidade. Tendo em vista o grande número de variáveis que influem nas suas características, é válido afirmar que, além de rigorosa seleção dos materiais e de competente estudo de dosagens, é indispensável, o controle tecnológico no canteiro de

obra.

A cura é uma das etapas do processo que mais influência na resistência e durabilidade do concreto, controlar essa etapa é de grande relevância. Os procedimentos de cura consistem em controle da temperatura e do movimento da água de dentro para fora do concreto e vice-versa. De acordo com Neville e Brooks (2013), com o objetivo de se obter um concreto de boa qualidade, o lançamento de uma mistura adequada deve ser seguido pela cura em um ambiente adequado durante os primeiros estágios de endurecimento.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Este estudo tem como objetivo principal avaliar as influências das técnicas de cura do concreto no desenvolvimento de sua resistência à compressão e analisar o comportamento da amostragem de concreto submetida a cura em câmara úmida, cura por imersão em água saturada com cal hidratada e cura ao ar.

1.1.2 Objetivos específicos

- Verificar a influência da cura no controle tecnológico de concreto;
- Comparar os diferentes tipos de cura;
- Analisar resultados obtidos por meio do ensaio de resistência à compressão;
- Verificar o desempenho da resistência à compressão do concreto.

1.2 Justificativa

O controle tecnológico do concreto envolve uma série de ensaios normatizados e um dos ensaios mais realizados pelas obras é para verificação da resistência a compressão do concreto utilizado na estrutura conforme determinada em projeto. A resistência à compressão é uma das propriedades mecânicas mais importantes do concreto pois dá uma ideia geral da qualidade do concreto pois está diretamente relacionada com a estrutura da pasta de cimento hidratada. Para determinar a resistência à compressão do concreto é preciso conhecer e controlar cada etapa do processo do ensaio para que o resultado da resistência não seja prejudicado.

Segundo Neville e Brooks (2013), os resultados dos ensaios de resistência à compressão do concreto podem ser afetados por diversas variações como, por exemplo,

as dimensões do corpo de prova, pela moldagem, pelo tipo de adensamento, pela cura, pelo preparo das superfícies, pela rigidez da máquina de ensaio e pela velocidade de aplicação do carregamento entre outros fatores. Por essas razões, para a verificação da qualidade potencial do concreto utilizado na estrutura o ensaio deve obedecer a uma norma técnica, sem alterações nos procedimentos descritos.

Diante das variáveis que podem interferir na resistência do concreto vamos abordar a importância e a influência da cura no ensaio para determinação da resistência a compressão do concreto. A norma técnica brasileira ABNT NBR 5738:2015, estabelece que todos os corpos de prova de concreto devem ser submetidos ao processo de cura para o bom desenvolvimento na resistência.

Todas as técnicas de cura têm o objetivo de manter o concreto saturado ou mais próximo possível de saturação até que promova a hidratação do cimento atingindo assim a resistência esperada. Com isso, a falta deste processo ou quando o mesmo não é bem executado podemos ter diferenças significativas nos resultados de ensaios.

1.3 Delimitação do tema

Este trabalho se limita as técnicas de cura estudadas no controle tecnológico de concreto por meio de corpos de prova conforme a ABNT NBR 5738:2015 para verificação da qualidade do concreto, não se estendendo as técnicas de cura utilizadas nas estruturas de concreto no canteiro de obras. Naturalmente, o concreto da estrutura pode, na realidade, ter resistência inferior, devido a adensamento inadequado, segregação ou cura mal realizada.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Concreto

Para Neville e Brooks (2013) e Battagin (2008), 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. O concreto no sentido mais amplo é qualquer produto ou massa produzida a partir do uso de um meio cimentante.

Pedroso (2008), explica que o concreto pode ser considerado como uma pedra artificial que se molda à inventividade construtiva do homem. Este foi capaz de desenvolver um material que, depois de endurecido, tem resistência similar às das rochas naturais e, quando no estado fresco, é composto plástico: possibilita sua modelagem em formas e tamanhos os mais variados.

Para Petrucci (1978), o concreto no estado fresco, deve oferecer condições como plasticidade que facilite as operações de manuseio indispensáveis ao lançamento, adensamento e acabamento. Já o concreto endurecido tem propriedades e características como resistência à compressão, durabilidade, impermeabilidade e estabilidade de volume.

2.2 Materiais Constituintes

2.2.1 Cimento Portland

Segundo Neville e Brooks (2013), os antigos romanos foram, provavelmente os primeiros a utilizarem um concreto baseado em um cimento hidráulico, que é um material que endurece pela ação da água. Essa propriedade e a características de não sofrer alterações químicas pela exposição à água ao longo do tempo. Neville e Brooks (2013), explicam que o cimento Portland consiste essencialmente da moagem do clínquer a partir de matéria prima até um pó bem fino com adição de gesso. As matérias primas utilizadas para fabricação do cimento consistem principalmente de calcário, sílica, alumina e óxido de ferro. De acordo com Neville e Brooks (2013), o cimento pode ser considerado um material com propriedade adesivas e coesivas capaz de unir fragmentos de minerais entre si de modo a formar um todo compactado.

2.2.2 Agregados

De acordo com Neville e Brooks (2013), pelo menos 3/4 do volume do concreto é composto pelos agregados, por esse motivo sua qualidade é de grande importância. Os agregados podem influenciar na resistência e suas propriedades afetam significativamente a durabilidade e o desempenho estrutural do concreto.

Segundo Neville e Brooks (2013), agregado é o material particulado, incoesivo, de atividade química praticamente nula, constituído de misturas de partículas cobrindo extensa gama de tamanhos. O termo "agregado" é de uso generalizado na tecnologia do concreto; nos outros ramos da construção é conhecido, conforme cada caso, pelo nome específico: fíler, pedra britada, bica-corrida, rachão etc.

Bauer (2003), explica que a princípio, os agregados eram tidos como materiais inertes, dispersos na pasta de cimento, e eram utilizados principalmente por razões econômicas. Entretanto, é possível adotar uma visão contrária e considerá-los um material de construção ligado a um todo coeso por meio da pasta de cimento, de modo semelhante à alvenaria. Na realidade, os agregados não são verdadeiramente inertes, já que suas propriedades físicas, térmicas e, algumas vezes, químicas influenciam o desempenho do concreto. Os agregados são mais baratos do que o cimento, então é econômico utilizá-los na maior quantidade possível, diminuindo, assim, a quantidade de cimento. A economia, entretanto, não é a única razão para o uso dos agregados: eles proveem vantagens técnicas consideráveis ao concreto, que tem maior estabilidade de volume e maior durabilidade do que a pasta de cimento hidratada.

Conforme as especificações da norma brasileira ABNT NBR 7211:2009, os agregados para utilização em concreto devem ser compostos por grãos minerais duros, compactos, estáveis e limpos, e não devem conter substâncias de natureza e em quantidades que possam afetar a hidratação e o endurecimento do cimento, a proteção da armadura contra corrosão, a durabilidade, ou quando for requerido o aspecto visual do concreto.

Para agregados miúdos, a norma ABNT NBR 7211:2009 estabelece que a quantidade de substâncias nocivas não devem aceder os limites máximos estabelecidos em porcentagem na tabela 01.

Tabela 01 – Limites máximos aceitáveis de substâncias nocivas em agregados miúdos com relação à massa do material.

Determinação	Método de ensaio		Quantidade máxima relativa à massa do agregado miúdo
			%
Torrões de argila e materiais friáveis	ABNT NBR 7218		3,0
Materiais carbonosos ^a	ASTM C 123	Concreto aparente	0,5
		Concreto não aparente	1,0
Material fino que passa através da peneira 75 µm por lavagem (material pulverulento)	ABNT NBR NM 46	Concreto submetido a desgaste superficial	3,0
		Concretos protegidos do desgaste superficial	5,0
Impurezas orgânicas ^b	ABNT NBR NM 49		A solução obtida no ensaio deve ser mais clara do que a solução-padrão
	ABNT NBR 7221	Diferença máxima aceitável entre os resultados de resistência à compressão comparativos	10 %

^a Quando não for detectada a presença de materiais carbonosos durante a apreciação petrográfica, pode-se prescindir do ensaio de quantificação dos materiais carbonosos (ASTM C 123).

^b Quando a coloração da solução obtida no ensaio for mais escura do que a solução-padrão, a utilização do agregado miúdo deve ser estabelecida pelo ensaio previsto na ABNT NBR 7221.

Fonte: ABNT NBR 7211:2009

Para agregados graúdos, a norma ABNT NBR 7211:2009 estabelece que a quantidade de substâncias nocivas não devem aceder os limites máximos estabelecidos em porcentagem na Tabela 02

Tabela 02 – Limites máximos aceitáveis de substâncias nocivas em agregados graúdos com relação à massa do material.

Determinação	Método de ensaio		Quantidade máxima relativa à massa do agregado graúdo
			%
Torrões de argila e materiais friáveis	ABNT NBR 7218	Concreto aparente	1,0
		Concreto sujeito a desgaste superficial	2,0
		Outros concretos	3,0
Materiais carbonosos ^a	ASTM C 123	Concreto aparente	0,5
		Concreto não aparente	1,0
Material fino que passa através da peneira 75 µm por lavagem (material pulverulento) ^{b, c}	ABNT NBR NM 46		1,0

^a Quando não for detectada a presença de materiais carbonosos durante a apreciação petrográfica, pode-se prescindir do ensaio de quantificação dos materiais carbonosos (ASTM C 123).

^b Para agregados produzidos a partir de rochas com absorção de água inferior a 1%, determinados conforme a ABNT NBR NM 53, o limite de material fino pode ser alterado de 1% para 2%.

^c Para agregado total, definido conforme 3.6, o limite de material fino pode ser composto até 6,5 %, desde que seja possível comprovar, por apreciação petrográfica, realizada de acordo com a ABNT NBR 7389, que os grãos constituintes acima de 150 µm não indicam a presença de finos que interferem nas propriedades do concreto. São exemplos de materiais prejudiciais os materiais micáceos, ferruginosos e argilominerais expansivos.

Fonte: ABNT NBR 7211:2009

2.2.3 Água

Segundo Neville e Brooks (2013), a qualidade da água é importante porque suas impurezas podem interferir na pega do cimento, afetar negativamente a resistência do concreto ou causar manchamento da sua superfície, podendo ainda levar a corrosão das armaduras da estrutura. Por essas razões a adequabilidade da água de amassamento e de cura deve ser verificada.

A água é necessária para produzir uma mistura de trabalhabilidade adequada e para hidratar o cimento. Segundo Neville e Brooks (2013), a água, além de atuar na trabalhabilidade e na resistência, exerce importante influência nas propriedades do concreto. A água de amassamento não deve conter substâncias orgânicas indesejáveis ou constituintes inorgânicos em quantidades excessivas.

Neville e Brooks (2013), explicam que em geral a água satisfatória para o amassamento também é adequada para a cura do concreto. Entretanto ferro ou matéria orgânica podem causar manchamento, em especial se a água flui lentamente sobre o concreto e evapora rapidamente. É essencial que a água de cura seja isenta de substâncias que atacam o concreto endurecido.

A norma brasileira ABNT NBR 15900:2009, estabelece requisitos para água utilizada em concreto. A água classificada como água potável é considerada em conformidade com os requisitos da norma.

2.3 Dosagem do Concreto

Para Bauer (2003) e Neville e Brooks (2013), a dosagem é um simples processo de escolha de componentes adequados do concreto e de determinação de suas quantidades relativas com o objetivo de produzir um concreto, o mais econômico possível, que atenda a determinadas propriedades mínimas, especialmente resistência, durabilidade e consistência.

Segundo Neville e Brooks (2013), o processo de seleção dos componentes da mistura e de suas proporções é denominado dosagem. Existem diferentes tipos de dosagem, sendo elas divididas em dois grupos, sendo denominadas como dosagem empírica e experimental. A dosagem empírica é utilizada para concreto não

estrutural, baseada somente em experiências vividas ou pela tradição. Já na dosagem experimental, deve ser realizado um estudo prévio dos materiais constituintes que são previamente ensaiados em laboratório e através de ensaios de corpos de prova.

2.4 Trabalhabilidade e Consistência

Neville e Brooks (2013), explicam que as propriedades de longo prazo do concreto endurecido como resistência, estabilidade de volume e durabilidade, são bastante afetadas pelo grau de adensamento, é de suma importância que a consistência ou trabalhabilidade do concreto fresco seja tal que ele possa ser adequadamente transportado, lançado, adensado e acabado de forma adequada, sem sofrer segregação.

Segundo Neville e Brooks (2013), a trabalhabilidade pode ser definida como a quantidade de trabalho interno útil necessário à obtenção do adensamento total. O trabalho interno útil é uma propriedade física inerente do concreto e é o trabalho ou energia exigido para vencer o atrito interno entre as partículas individuais do concreto.

A trabalhabilidade necessária para uma situação específica pode depender dos meios de adensamento disponíveis. Da mesma forma, a trabalhabilidade adequada para concreto massa não necessariamente é suficiente para seções esbeltas, de difícil acesso ou densamente armadas. Por essas razões, a trabalhabilidade deve ser definida como uma propriedade física do concreto em si, sem referência às situações de um tipo de construção específico.

Para Bauer (2003) e Neville e Brooks (2013), outro termo utilizado para descrever o concreto no estado fresco é consistência que é a resistência da forma de uma substância ou a facilidade que ela flui. No concreto a consistência é algumas vezes tomada como uma medida do grau de umidade, pois, dentro de certos limites, concretos com maior quantidade de água são mais trabalháveis que concretos secos. Um dos métodos para medir a consistência é através do ensaio determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.

A norma ABNT NBR NM 67:1996 estabelece as diretrizes para realização do

ensaio, onde é possível determinar um índice de fluidez do concreto. A Tabela 3 determina a classe de consistência do concreto.

Tabela 03 – Classes de consistências

Classe	Abatimento mm	Método de adensamento
S10	$10 \leq A < 50$	Mecânico
S50	$50 \leq A < 100$	Mecânico ou manual
S100	$100 \leq A < 160$	
S160	$160 \leq A < 220$	Manual
S220	$A \geq 220$	

Fonte: ABNT NBR NM 67:1996

2.5 Resistência à compressão

Neville e Brooks (2013), explicam que a resistência do concreto é considerada sua propriedade mais importante. A resistência costuma fornecer uma ideia geral da qualidade do concreto, visto que está diretamente relacionada à estrutura da pasta de cimento hidratada. Além do mais, a resistência é, quase invariavelmente, um elemento fundamental no projeto estrutural, e é especificada para fins de controle. Segundo Petrucci (1998), a resistência a esforços mecânicos do concreto é caracterizada pela resistência a compressão e a partir dela, que pode se obter dados a respeito da resistência a outras solicitações.

Bauer (2003), Neville e Brooks (2013), explicam que a resistência do concreto em uma determinada idade e submetido à cura úmida a uma temperatura especificada depende principalmente apenas de dois fatores: a relação água/cimento e o grau de adensamento.

Segundo Neville e Brooks (2013), o ensaio mais comum de todos os realizados no concreto endurecido é o ensaio de resistência à compressão, devido a facilidade para realização do ensaio, em parte devido a várias, senão todas, características desejáveis do concreto estarem qualitativamente relacionadas à sua resistência, mas, principalmente, devido à importância intrínseca da resistência à compressão do concreto no projeto estrutural.

2.6 Cura do concreto

A definição de cura do concreto foi apresentada anteriormente, com isso foi exposta sua importância no processo de hidratação do cimento consequentemente na resistência à compressão de corpos de prova de concreto. Para Bauer (2003), Neville e Brooks (2013), a cura do concreto é um conjunto de medidas que tem como objetivo principal evitar a evaporação da água utilizada na mistura do concreto e que deverá reagir com o cimento. É a denominação dada aos procedimentos adotados para promover a hidratação do cimento e consiste no controle da temperatura e da entrada e saída de água do concreto.

Com intuito de se obter um controle de qualidade é necessário submeter os corpos de prova de concreto a condição de cura padronizadas e ótimas. Segundo Neville e Brooks (2013), para obter um bom concreto, o lançamento de uma mistura adequada deve ser seguido pela cura em um ambiente apropriado durante os estágios iniciais de endurecimento. Segundo Bauer (2013), existem vários métodos de cura, de um modo geral simples, porém eficientes.

A norma brasileira ABNT NBR 5739:2015 estabelece dois métodos de cura para corpos de prova moldados para verificar a qualidade do concreto, apresentados a seguir:

Cura por imersão: Consiste em submeter os corpos de prova de concreto a cura submersa em tanque com solução saturada de hidróxido de cálcio a $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$.

Câmara úmida: Consistem em submeter os corpos de prova de concreto a cura em câmara úmida à temperatura de $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ e umidade relativa do ar superior a 95%.

3 METODOLOGIA

O procedimento experimental deste estudo foi realizado em laboratório localizado em Belo Horizonte/MG, onde foi elaborada uma dosagem experimental de concreto para realização do ensaio de resistência à compressão conforme a condição de cura.

Os estudos realizados foram baseados nas seguintes normas técnicas:

- ABNT NBR 12655:2015 - Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação.
- ABNT NBR 12821:2009 - Preparação de concreto em laboratório – Procedimento.
- ABNT NBR NM 33:1994 - Concreto – Amostragem de concreto fresco.
- ABNT NBR NM 67:1998 - Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.
- ABNT NBR 5738:2015 - Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova de concreto.
- ABNT NBR 5739:2015 – Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova.
- ABNT BNR 9479:2006 - Argamassa e concreto – Câmaras úmidas e tanques para cura de corpos-de-prova.

3.1 Elaboração de dosagem experimental

A dosagem experimental foi elaborada conforme especificações do concreto a seguir:

- Concreto fck: 20 MPa
- Relação a/c: 0,55
- Abatimento: 100 ± 20 mm

- Desvio padrão: 5,5 MPa
- Concreto fcd: 29,0 MPa
- Lançamento: Convencional

3.2 Materiais

Os materiais utilizados na mistura do concreto estão descritos abaixo:

- Cimento Campeão CP IV 32
- Areia média - natural
- Brita 1 – calcário
- Água potável

Foi realizada a caracterização dos agregados conforme resultados apresentados nas Tabelas 4 e 5.

Tabela 04 – Caracterização agregados miúdos

ANÁLISE DE AGREGADO
ENSAIOS SEGUNDO AS NORMAS DA ABNT

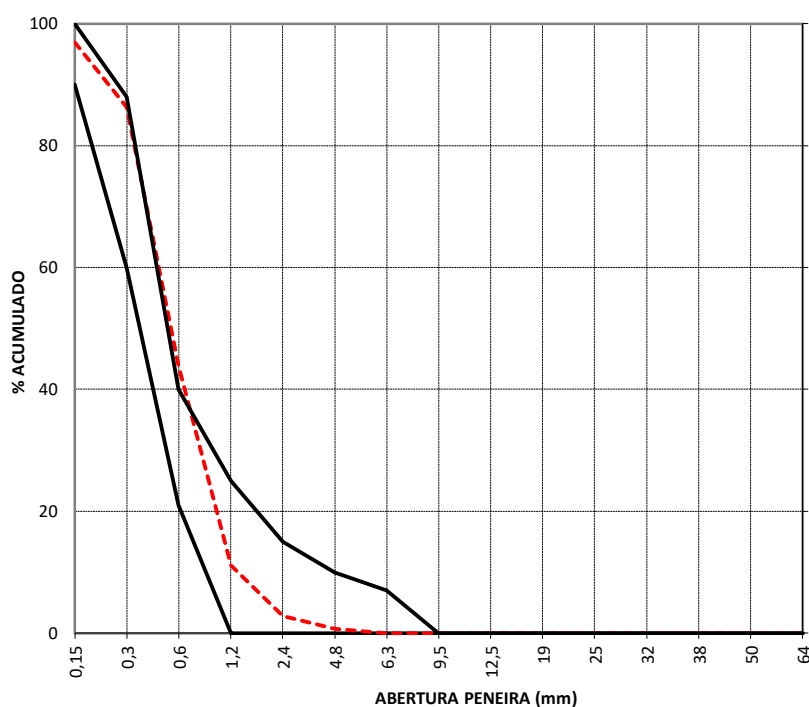
IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA: AREIA NATURAL MÉDIA

MASSA ESPECÍFICA - FRASCO CHAPMAN ABNT NBR 6458 Kg/dm ³	MASSA UNITÁRIA SECA ABNT NBR 7251 Kg/dm ³	MASSA UNITÁRIA ÚMIDA ABNT NBR 7251 Kg/dm ³	TEOR DE MATERIAL PULVERULENTO ABNT NBR NM-46 %
2,64	1,44	1,49	0,79

COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO - ABNT NBR 7211

PENEIRAS POLEGAD A	mm	AMOSTRA	
		% RETID O	% ACUM .
2 1/2" *	64 *		
2" *	50 *		
1 1/2"	38		
1 1/4" *	32 *		
1" *	25 *		
3/4"	19		
1/2" *	12,5 *		
3/8"	9,5		
1/4" *	6,35 *		
nº 4	4,8	0,7	0,7
nº 8	2,4	2,1	2,8
nº 16	1,2	8,3	11,1
nº 30	0,6	32,8	43,9
nº 50	0,3	42,4	86,3
nº 100	0,15	10,6	96,9

CLASSIFICA-SE A AMOSTRA ENSAIADA COMO: AREIA CLASSE II



FUNDO	3,1	100,0
MOD. FINURA	2,42	
DIAM. MAX. (mm)	2,40	

OBSERVAÇÕES

1 - AS PENEIRAS IDENTIFICADAS COM (*) PERTENCEM A SÉRIE INTERMEDIÁRIA

Tabela 05 – Caracterização agregados graúdos

ANÁLISE DE AGREGADO			
ENSAIOS SEGUNDO AS NORMAS DA ABNT			
IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA		BRITA 1	
MASSA ESPECÍFICA ABNT NBR 6458 Kg/dm	MASSA UNITÁRIA SECA ABNT NBR 7251 Kg/dm ³	MASSA UNITÁRIA ÚMIDA ABNT NBR 7251 Kg/dm ³	TEOR DE MATERIAL PULVERULENTO ABNT NBR NM-46 %
2,760	1,590	-	0,20
COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO - ABNT NBR 7211			
PENEIRAS		AMOSTRA	
POLEGADA	mm	% RETIDO	% ACUM.
2 1/2" *	64 *		
2" *	50 *		
1 1/2"	38		
1 1/4" *	32 *		
1" *	25 *		
3/4"	19	5,0	5,0
1/2" *	12,5 *	53,9	58,9
3/8"	9,5	27,4	86,3
1/4" *	6,35 *	13,5	99,8
nº 4	4,8	0,1	99,9
nº 8	2,4	0,0	99,9
nº 16	1,2	0,0	99,9
nº 30	0,6	0,0	99,9
nº 50	0,3	0,0	99,9
nº 100	0,15	0,1	99,9
FUNDO		0,1	100,0
MOD. FINURA		6,91	
DIAM. MAX. (mm)		19,00	
CLASSIFICA-SE A AMOSTRA ENSAIADA COMO: BRITA Nº 1			
OBSERVAÇÕES			
1 - AS PENEIRAS IDENTIFICADAS COM (*) PERTENCEM A SÉRIE INTERMEDIÁRIA			

Fonte: A própria autora, 2021

3.3 Carta traço

A proporção dos materiais da dosagem foi realizada conforme carta traço apresentada na Tabela 6.

Tabela 06 – Carta Traço

DOSAGEM - CONSUMO DE MATERIAIS		
MATERIAL	TRAÇO UNITÁRIO EM PESO	PARA 1 M ³ DE CONCRETO
		PESO (Kg)
CIMENTO	1,000	406,0
AREIA MÉDIA	1,926	782,0
BRITA 1	2,261	918,0
ÁGUA	0,550	223,0

Fonte: A própria autora, 2021

3.4 Mistura

Todos os materiais componentes do concreto foram pesados em balança com resolução de 0,1 g devidamente calibrada, e posteriormente adicionados em uma betoneira apropriada para mistura até a o alcance de um concreto homogêneo.

Figura 01: Betoneira



Fonte: A própria autora, 2021

3.5 Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone

Finalizada a homogeneização da mistura, foi coletada uma amostra conforme norma ABNT NBR 33:1994 para realização do ensaio para determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone conforme diretrizes estabelecidas pela norma ABNTNBR 67:1996.

Figura 02: Cone de Abrams



Fonte: A própria autora, 2021

Foi realizado o preenchimento do cone com concreto, com 3 camadas iguais aplicando 25 golpes uniformemente distribuídos em cada camada.

3.6 Moldagem dos corpos de prova

A amostragem para moldagem foi realizada conforme as diretrizes estabelecidas pela norma ABNT NBR 33:1994. Foram utilizadas formas metálicas cilíndricas 10 x 20 cm, revestida com óleo mineral.

Figura 03: Formas cilíndricas metálicas 10x20 cm



Fonte: A própria autora, 2021

A moldagem dos corpos de prova foi realizada conforme as diretrizes da norma ABNT NBR 5738:2015, a Tabela 7 determina o número de camadas e a quantidade de golpes para adensamento manual em relação a dimensão da forma cilíndrica utilizada.

Tabela 07 – Número de camadas para moldagem dos corpos de prova

Tipo de corpo de prova	Dimensão básica (d) mm	Número de camadas em função do tipo de adensamento		Número de golpes para adensamento manual
		Mecânico	Manual	
Cilíndrico	100	1	2	12
	150	2	3	25
	200	2	4	50
	250	3	5	75
	300	3	6	100
	450	5	–	–
Prismático	100	1	1	75
	150	1	2	75
	250	2	3	200
	450 ^b	3	–	–

^a Para concretos com abatimento superior a 160 mm, a quantidade de camadas deve ser reduzida à metade da estabelecida nesta Tabela. Caso o número de camadas resulte fracionário, arredondar para o inteiro superior mais próximo.

^b No caso de dimensão básica de 450 mm, somente é permitido adensamento mecânico.

Fonte: ABNT NBR 5738:2015

Foram moldados 27 corpos de prova, utilizando adensamento manual com duas camadas com 12 golpes cada. Cada exemplar foi constituído por três corpos de prova para cada idade de rompimento.

Figura 04 – Corpos de prova moldados



Fonte: A própria autora, 2021

3.7 Cura

Após a moldagem as formas com o concreto foram colocadas em uma superfície horizontal rígida, onde permaneceram durante as primeiras 24 horas. Imediatamente após a cura inicial os corpos de prova foram desformados e identificados conforme sua condição de cura de cada lote e submetidos as condições de cura até o momento do ensaio. O primeiro lote (T1) foi submetido a cura por imersão em tanque com água saturado com cal hidratada, o segundo (T2) submetido a cura em câmara úmida, e o terceiro (T3) exposto ao ar.

Tabela 08 – Identificação dos lotes

IDENTIFICAÇÃO	CONDIÇÃO DE CURA	IDADE DE ROMPIMENTO	Nº DE EXEMPLARES
T1	Cura por imersão	03, 07 e 28 dias	9
T2	Câmara úmida	03, 07e 28 dias	9
T3	Exposto ao ar	03, 07 e 28 dias	9

Fonte: A própria autora, 2021

Figura 05: Amostragem T1



Fonte: A própria autora, 2021

Figura 06: Amostragem T2



Fonte: A própria autora, 2021

Figura 07: Amostragem T3



Fonte: A própria autora, 2021

3.8 Cura por imersão

Para realizar a cura por imersão, foi utilizado tanque com água potável saturada com cal hidratada e temperatura controlada a 23 ± 2 °C.

Figura 08 - Tanque com água saturada com cal hidratada



Fonte: A própria autora, 2021

A temperatura da água do tanque foi aferida com termômetro digital 3 vezes ao dia durante 28 dias, conforme resultados apresentados na no formulário abaixo:

Tabela 09: Controle de temperatura do tanque de imersão

CONTROLE DE TEMPERATURA DO TANQUE DE IMERSÃO DEPTº DE LABORATÓRIO
--

MÊS DE REFERÊNCIA:	ABRIL	1ª LEITURA		2ª LEITURA		3ª LEITURA	
ANO DE REFERÊNCIA:	2021	Entre 06:00 e 07:00 hs		Entre 11:00 e 12:00 hs		Entre 16:00 e 17:00 hs	
DATA		TEMP. - °C	UMIDADE - %	TEMP. - °C	UMIDADE - %	TEMP. - °C	UMIDADE - %
1 / ABRIL / 2021	quinta-feira	20,1	-	21,9	-	21,6	-
2 / ABRIL / 2021	sexta-feira	20,3	-	21,0	-	21,3	-
3 / ABRIL / 2021	sábado						
4 / ABRIL / 2021	domingo						
5 / ABRIL / 2021	segunda-feira	19,8	-	20,3	-	20,1	-
6 / ABRIL / 2021	terça-feira	20,1	-	20,7	-	21,0	-
7 / ABRIL / 2021	quarta-feira	20,4	-	21,5	-	21,7	-
8 / ABRIL / 2021	quinta-feira	21,0	-	22,0	-	21,7	-
9 / ABRIL / 2021	sexta-feira	21,0	-	22,0	-	21,4	-
10 / ABRIL / 2021	sábado						
11 / ABRIL / 2021	domingo						
12 / ABRIL / 2021	segunda-feira	22,0	-	22,0	-	21,8	-
13 / ABRIL / 2021	terça-feira	21,3	-	21,9	-	21,7	-
14 / ABRIL / 2021	quarta-feira	21,1	-	22,0	-	21,8	-
15 / ABRIL / 2021	quinta-feira	21,7	-	22,0	-	21,7	-
16 / ABRIL / 2021	sexta-feira	21,4	-	21,6	-	21,3	-
17 / ABRIL / 2021	sábado						
18 / ABRIL / 2021	domingo						
19 / ABRIL / 2021	segunda-feira	19,8	-	20,1	-	20,1	-
20 / ABRIL / 2021	terça-feira	20,1	-	20,4	-	21,7	-
21 / ABRIL / 2021	quarta-feira						
22 / ABRIL / 2021	quinta-feira	21,0	-	22,0	-	21,7	-
23 / ABRIL / 2021	sexta-feira	21,6	-	22,1	-	22,0	-
24 / ABRIL / 2021	sábado						
25 / ABRIL / 2021	domingo						
26 / ABRIL / 2021	segunda-feira	20,8	-	22,3	-	22,0	-
27 / ABRIL / 2021	terça-feira	20,0	-	21,4	-	21,8	-
28 / ABRIL / 2021	quarta-feira	20,0	-	22,3	-	22,0	-
29 / ABRIL / 2021	quinta-feira	20,1	-	21,7	-	22,0	-
30 / ABRIL / 2021	sexta-feira	21,0	-	22,0	-	22,0	-
31 / ABRIL / 2021	data inexistente						

Fonte: A própria autora, 2021

3.9 Cura em câmara úmida

Para realizar a cura em câmara úmida, foi utilizada câmara úmida com umidade do ar acima de 95% e temperatura controlada a 23 ± 2 °C.

Figura 09: Câmara úmida



Fonte: A própria autora, 2021

A temperatura e a umidade da câmara úmida foi aferida com termo higrômetro digital 3 vezes ao dia durante 28 dias, conforme resultados apresentados no tabela 10.

Tabela 10: Controle de temperatura e umidade da câmara úmida

CONTROLE DE TEMPERATURA E UMIDADE DA CÂMARA ÚMIDA										
DEPTº DE LABORATÓRIO										
MÊS DE REFERÊNCIA:	ABRIL				1ª LEITURA		2ª LEITURA		3ª LEITURA	
ANO DE REFERÊNCIA:	2021				Entre 06:00 e 07:00 hs		Entre 11:00 e 12:00 hs		Entre 16:00 e 17:00 hs	
DATA					TEMP. - °C	UMIDADE - %	TEMP. - °C	UMIDADE - %	TEMP. - °C	UMIDADE - %
1 / ABRIL / 2021	quinta-feira	23,5	96,0%	24,0	95,0%	24,0	95,0%			
2 / ABRIL / 2021	sexta-feira	23,5	96,0%	24,0	95,0%	24,5	95,0%			
3 / ABRIL / 2021	sábado									
4 / ABRIL / 2021	domingo									
5 / ABRIL / 2021	segunda-feira	23,1	96,2%	25,0	96,1%	25,1	96,1%			
6 / ABRIL / 2021	terça-feira	23,5	95,0%	24,7	95,0%	25,0	95,0%			
7 / ABRIL / 2021	quarta-feira	23,5	95,0%	23,5	97,0%	23,0	96,0%			
8 / ABRIL / 2021	quinta-feira	22,0	97,0%	22,5	96,0%	22,5	96,0%			
9 / ABRIL / 2021	sexta-feira	23,5	96,0%	24,0	95,0%	23,0	96,0%			
10 / ABRIL / 2021	sábado									
11 / ABRIL / 2021	domingo									
12 / ABRIL / 2021	segunda-feira	21,5	95,0%	24,5	95,0%	25,0	96,0%			
13 / ABRIL / 2021	terça-feira	23,5	95,0%	24,7	95,0%	25,0	95,0%			
14 / ABRIL / 2021	quarta-feira	23,5	97,0%	23,5	97,0%	23,0	96,0%			
15 / ABRIL / 2021	quinta-feira	23,5	96,0%	24,0	95,0%	24,0	95,0%			
16 / ABRIL / 2021	sexta-feira	23,5	96,0%	24,0	95,0%	24,5	95,0%			
17 / ABRIL / 2021	sábado									
18 / ABRIL / 2021	domingo									
19 / ABRIL / 2021	segunda-feira	21,5	95,0%	24,5	95,0%	25,0	96,0%			
20 / ABRIL / 2021	terça-feira	23,5	95,0%	24,7	95,0%	25,0	95,0%			
21 / ABRIL / 2021	quarta-feira									
22 / ABRIL / 2021	quinta-feira	23,5	96,0%	24,0	95,0%	24,0	95,0%			
23 / ABRIL / 2021	sexta-feira	23,5	96,0%	24,0	95,0%	24,5	95,0%			
24 / ABRIL / 2021	sábado									
25 / ABRIL / 2021	domingo									
26 / ABRIL / 2021	segunda-feira	23,0	96,3%	24,0	95,0%	23,0	96,0%			
27 / ABRIL / 2021	terça-feira	23,5	95,0%	24,7	95,0%	25,0	95,0%			
28 / ABRIL / 2021	quarta-feira	23,5	95,0%	23,5	97,0%	23,0	96,0%			
29 / ABRIL / 2021	quinta-feira	23,5	96,0%	24,0	95,0%	23,0	96,0%			
30 / ABRIL / 2021	sexta-feira	22,0	97,0%	23,0	96,0%	22,5	97,0%			
31 / ABRIL / 2021	data inexistente									

Fonte: A própria autora, 2021

3.10 Exposto ao ar

Para realizar a cura ao ar, o concreto foi submetido a cura ao clima ambiente do laboratório sem nenhuma intervenção.

Figura 10 – Cura exposto ao ar



Fonte: A própria autora, 2021

A temperatura e a umidade do ar foram verificadas com termo higrômetro digital 3 vezes ao dia durante 28 dias, conforme resultados apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 – Controle de temperatura e umidade do ar

CONTROLE DE TEMPERATURA E UMIDADE DO AR
DEPTº DE LABORATÓRIO

MÊS DE REFERÊNCIA:	ABRIL	1ª LEITURA		2ª LEITURA		3ª LEITURA	
ANO DE REFERÊNCIA:	2021	Entre 06:00 e 07:00 hs		Entre 11:00 e 12:00 hs		Entre 16:00 e 17:00 hs	
DATA		TEMP. - °C	UMIDADE - %	TEMP. - °C	UMIDADE - %	TEMP. - °C	UMIDADE - %
1 / ABRIL / 2021	quinta-feira	25,0	70,0%	27,5	68,2%	27,2	69,4%
2 / ABRIL / 2021	sexta-feira	26,3	63,0%	27,7	67,3%	26,9	68,0%
3 / ABRIL / 2021	sábado						
4 / ABRIL / 2021	domingo						
5 / ABRIL / 2021	segunda-feira	25,0	72,0%	26,3	65,0%	27,9	65,3%
6 / ABRIL / 2021	terça-feira	25,6	67,0%	27,3	64,3%	26,6	64,0%
7 / ABRIL / 2021	quarta-feira	26,0	68,0%	27,1	65,1%	27,0	65,0%
8 / ABRIL / 2021	quinta-feira	26,3	68,3%	27,7	64,0%	27,6	65,2%
9 / ABRIL / 2021	sexta-feira	25,7	70,3%	26,8	62,3%	27,1	62,5%
10 / ABRIL / 2021	sábado						
11 / ABRIL / 2021	domingo						
12 / ABRIL / 2021	segunda-feira	25,7	71,7%	25,9	64,0%	26,0	68,0%
13 / ABRIL / 2021	terça-feira	26,0	73,0%	28,0	62,5%	28,5	60,0%
14 / ABRIL / 2021	quarta-feira	26,3	71,0%	28,1	63,1%	28,8	61,0%
15 / ABRIL / 2021	quinta-feira	26,0	71,4%	27,0	63,0%	27,1	69,0%
16 / ABRIL / 2021	sexta-feira	25,0	71,1%	25,4	64,0%	26,0	68,0%
17 / ABRIL / 2021	sábado						
18 / ABRIL / 2021	domingo						
19 / ABRIL / 2021	segunda-feira	26,0	70,2%	27,3	69,0%	27,1	70,0%
20 / ABRIL / 2021	terça-feira	25,7	71,2%	26,0	66,0%	25,3	67,0%
21 / ABRIL / 2021	quarta-feira						
22 / ABRIL / 2021	quinta-feira	23,7	70,3%	24,0	65,0%	24,6	66,0%
23 / ABRIL / 2021	sexta-feira	25,3	72,0%	26,3	66,0%	26,0	65,7%
24 / ABRIL / 2021	sábado	23,7	69,0%	24,5	65,4%	25,0	67,0%
25 / ABRIL / 2021	domingo						
26 / ABRIL / 2021	segunda-feira	25,7	69,1%	26,0	68,8%	26,5	70,0%
27 / ABRIL / 2021	terça-feira	26,3	68,4%	24,7	68,9%	25,0	69,7%
28 / ABRIL / 2021	quarta-feira	25,3	68,0%	24,5	67,7%	24,0	71,0%
29 / ABRIL / 2021	quinta-feira	24,7	69,0%	24,0	66,2%	24,7	70,6%
30 / ABRIL / 2021	sexta-feira	24,9	68,3%	25,1	63,7%	25,0	70,4%
31 / ABRIL / 2021	data inexistente						

Fonte: A própria autora, 2021

3.11 Ensaio de resistência à compressão

Para realizar o ensaio resistência à compressão a base dos corpos de prova foram regularizadas através de retífica elétrica.

Figura 11: Retífica elétrica



Fonte: A própria autora, 2021

Após a retificação os corpos de prova foram rompidos em uma prensa hidráulica de concreto calibrada com capacidade de 100 toneladas em uma velocidade de $0,45 \pm 0,15$ MPa/s, nas idades de 03, 07 e 28 dias respeitando a tolerância para idade de ensaio conforme diretrizes da norma ABNT NBR 5739:2018 especificadas na Tabela 12.

Tabela 12 -Tolerância para idade de ensaio

Idade de ensaio	Tolerância permitida h
24 h	0,5
3 d	2
7 d	6
28 d	24
63 d	36
91 d	48

NOTA Para outras idades de ensaio, a tolerância deve ser obtida por interpolação.

Fonte: ABNT NBR 5739:2018

Figura 12: Prensa hidráulica de concreto



Fonte: A própria autora, 2021

3.12 Ensaio de resistência à compressão

Os resultados dos rompimentos obtidos através dos ensaios nas idades de 03,07 e 28 dias estão apresentados nas Tabelas 13, 14 e 15.

4 RESULTADOS

4.1 Abatimento

O resultado encontrado no ensaio de abatimento de tronco de cone foi de 100 mm estando o mesmo dentro da faixa especificada de 100 ± 20 mm.

Figura 13: Ensaio de abatimento



Fonte: A própria autora, 2021

4.2 Ensaio de resistência à compressão

Os resultados dos rompimentos obtidos através dos ensaios nas idades de 03,07 e 28 dias estão apresentados nas Tabelas 13, 14 e 15.

Tabela 13 – Resultados de ensaio de 03 dias

ID	CONDIÇÃO DE CURA	RESISTÊNCIA 3 DIAS	MÉDIA (MPa)
T1	Cura por imersão	9,0	9,2
		9,3	
		9,3	
T2	Câmara úmida	9,1	9,1
		8,9	
		9,2	
T3	Exposto ao ar	7,7	7,8
		7,8	
		7,8	

Fonte: A própria autora, 2021

Tabela 14 – Resultados de ensaio 07 dias

ID	CONDIÇÃO DE CURA	RESISTÊNCIA 7 DIAS	MÉDIA (MPa)
T1	Cura por imersão	20,3	20,6
		21,0	
		20,5	
T2	Câmara úmida	20,2	19,9
		19,9	
		19,9	
T3	Exposto ao ar	16,6	16,3
		15,9	
		16,5	

Fonte: A própria autora, 2021

Tabela 15 – Resultados de ensaio 28 dias

ID	CONDIÇÃO DE CURA	RESISTÊNCIA 28 DIAS	MÉDIA (MPa)
T1	Cura por imersão	28,5	28,5
		28,4	
		28,5	
T2	Câmara úmida	28,1	28,2
		28,1	
		28,3	
T3	Exposto ao ar	26,7	26,4
		25,9	
		26,6	

Fonte: A própria autora, 2021

Figura 14: Rompimento de corpo de prova

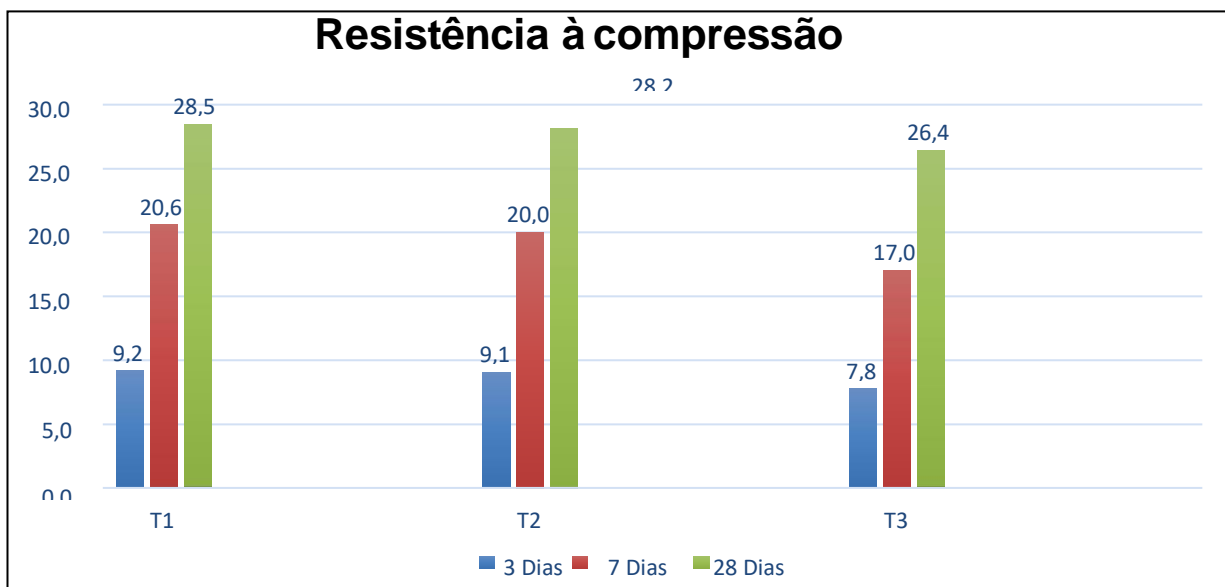


Fonte: A própria autora, 2021

4.3 Análise de resultados

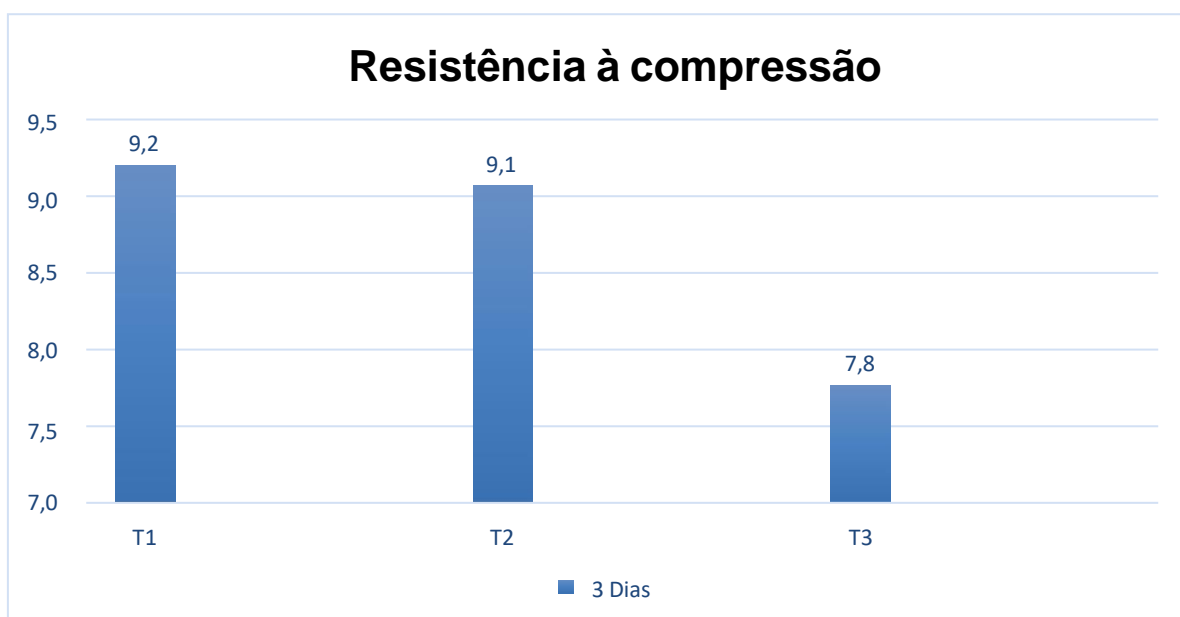
Foram elaborados gráficos com base na média dos resultados obtidos no ensaio, com intuito de avaliar a influência da cura nos resultados de resistência à compressão nas idades de 03, 07 e 28 dias.

Gráfico 01 – Resistência à compressão 03, 07 e 28 dias



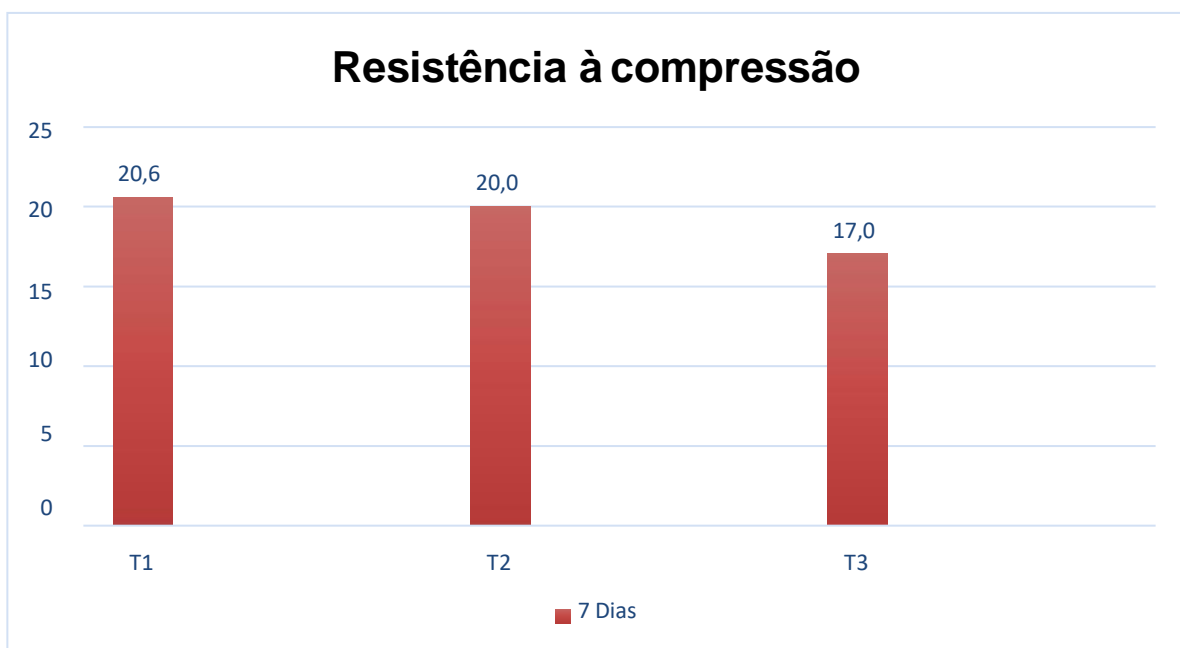
Fonte: A própria autora, 2021

Gráfico 02 – Resistência à compressão 03



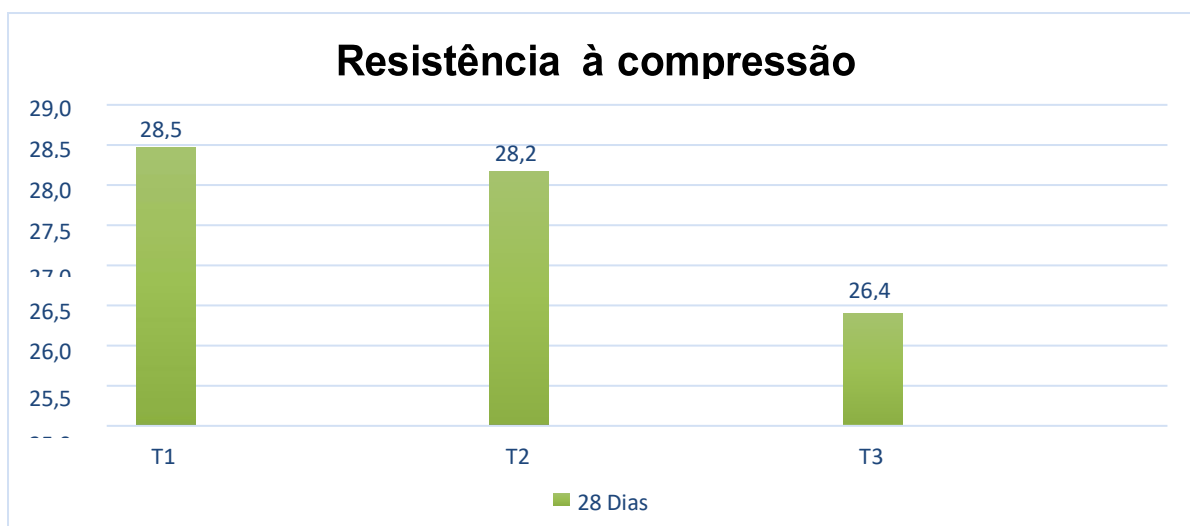
Fonte: A própria autora, 2021

Gráfico 03 – Resistência à compressão 07 dias



Fonte: A própria autora, 2021

Gráfico 04 – Resistência à compressão 28



Fonte: A própria autora, 2021

Analisando os resultados de ensaio de rompimentos dos corpos de prova aos 3 dias observou-se que a média de resistência em MPa dos corpos de prova submetidos a cura em tanque de imersão foi 1% maior que os corpos de prova submetidos a câmara úmida, e 15% maior quando comparado aos resultados da cura exposto ao ar. Já o resultado de resistência dos corpos de prova submetidos a cura em câmara úmida apresentou-se 14% maior em relação ao resultado da cura exposto ao ar.

Nos resultados de ensaio de rompimentos dos corpos de prova aos 7 dias observou-se que a média de resistência dos corpos de prova submetidos a cura em tanque de imersão foi 3% maior que os corpos de prova submetidos a câmara úmida, e 17% maior quando comparado aos resultados da cura ao ar. A cura em câmara úmida apresentou um resultado 15% maior que o resultado da amostragem exposta ao ar.

Para os resultados de rompimentos aos 28 dias a média de resistências dos corpos de prova submetidos a cura em tanque de imersão foi 1% maior que os corpos de prova submetidos a câmara úmida, e 7% maior quando comparado aos resultados da cura ao ar.

Foi possível verificar que a cura por imersão apresentou um melhor desempenho da resistência nas idades ensaiadas quando comparado a cura em câmara úmida.

Nas três condições de cura o concreto atingiu a resistência esperada de 20 MPa aos 28 dias, estando todos os resultados acima do especificado.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do estudo realizado e apresentado neste trabalho, foi possível confirmar por meio dos ensaios a necessidade de submeter os corpos de prova de concreto destinado a verificação da qualidade a uma condição de cura normatizada. Pois a amostragem de concreto submetido a condição de cura apresentou resultado superior em relação a amostragem exposta ao ar.

Foi observado a partir dos resultados do estudo que a falta da cura pode impactar de forma negativa em até 15% no resultado de ensaio de resistência à compressão do concreto comprometendo o desempenho da resistência em todas as idades ensaiadas. Logo, a verificação da qualidade potencial do concreto é prejudicada significativamente.

Podemos concluir a partir da análise dos resultados que a cura executada da maneira correta tem grande influência no desempenho da resistência a compressão do concreto. A cura deve ser sempre realizada conforme especificações da norma 5738:2015.

Referências:

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR NM 33: Concreto – Amostragem de concreto fresco**. Rio de Janeiro, 1994.

_____. **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 de concreto**. Rio de Janeiro, 2015.

_____. **NBR 5739: Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova**. Rio de Janeiro, 2018.

_____. **NBR 7211: Agregados para concreto – Especificação**. Rio de Janeiro, 2009.

_____. **NBR 9479: Argamassa e concreto – Câmaras úmidas e tanques para cura de corpos-de-prova**. Rio de Janeiro, 2006.

_____. **NBR 12655: Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação**. Rio de Janeiro, 2015.

_____. **NBR 15900-1: Água para amassamento do concreto - Parte 1: Requisitos**. Rio de Janeiro, 2009.

BAUER, L. F. **Materiais de Construção**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2003.

HELENE, P. R. L.; TERZIAN, P. R. **Manual e dosagem e controle do concreto**. São Paulo: PINI, 1993.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto. Microestrutura, propriedades materiais**. 3. ed. São Paulo: Ibracon, 2008.

NEVILLE, A.M.; BROOKS, J.J. **Tecnologia do Concreto**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

PEDROSO, F. L. **Concreto: as origens e a evolução do material construtivo mais usado pelo homem**. Revista Concreto e Construção:IBRACON, 2009.

PETRUCCI, E. G. R. **Concreto de cimento Portland**. 13. ed. São Paulo: Globo, 1998.