

Influência do processo de cura na execução do concreto

O concreto é um material de grande importância para o desenvolvimento da civilização, tendo em vista ser indispensável para a construção civil, devido às suas características de resistência, durabilidade e baixo custo se comparado a outros materiais. Porém, deve-se destacar que é um material que merece uma grande atenção em seus processos executivos, principalmente quando considerado a cura do concreto. O processo de cura consiste em um controle da água de amassamento, sendo relacionada diretamente a ocorrência ou não de manifestações patológicas. O estudo apresenta como objetivo geral a análise da influência do processo de cura no concreto, onde foi necessário compreender os tipos de cura, analisar a caracterização do concreto e compreender os processos químicos que ocorrem na mistura do concreto. O estudo de caso contou com a dosagem do concreto por meio do método ABCP, onde analisou-se o comportamento do material em função de sua resistência identificado a influência de cura na obtenção de resistência à compressão. Os resultados demonstram que além do tempo, o processo de cura interfere na obtenção das resistências, o menor valor obtido foi de 10,91 Mpa enquanto o maior valor foi de 27,82 Mpa. O processo de cura total, onde os corpos de prova foram totalmente hidratados mostraram um melhor desempenho do material ao longo do tempo.

Palavras-chave: Cura do concreto; Concretagem; Resistência.

Influence of the healing process in the execution of concrete

Concrete is a material of great importance for the development of civilization, in view of being indispensable for civil construction, due to its characteristics of resistance, durability and low cost if compared to other materials. However, it should be noted that it is a material that deserves great attention in its executive processes, especially when considering the curing of concrete. The curing process consists of a control of the kneading water, being directly related to the occurrence or not of pathological manifestations. The study presents as a general objective the analysis of the influence of the curing process on concrete, where it was necessary to understand the types of curing, analyze the characterization of concrete and understand the chemical processes that occur in the concrete mixture. The case study included the dosage of concrete using the ABCP method, where the behavior of the material was analyzed as a function of its strength, and the influence of curing in obtaining compressive strength was identified. The results show that, in addition to time, the curing process interferes with the achievement of strengths, the lowest value obtained was 10.91 Mpa while the highest value was 27.82 Mpa. The total curing process, where the specimens were fully hydrated, showed a better performance of the material over time.

Keywords: Concrete cure; Concreting; Resistance.

Topic: **Engenharia de Construção Civil**

Received: **15/10/2022**

Approved: **18/01/2023**

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

Matheus Macedo Barroso

Universidade Federal do Maranhão, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/0310257425153833>
mateusbarroso123@hotmail.com

Manoel Guterlam Araujo dos Reis Junior

Universidade Federal do Maranhão, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/5816829213709436>
manoel.guterlam@gmail.com

Luiza Quaresma Everton Diniz Vale

Universidade Federal do Maranhão, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/4604226712184724>
luiza.qedv@hotmail.com

Gerson Willyam Santos da Silva

Universidade Federal do Maranhão, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/6470949306790079>
gwilliam07@outlook.com

Artur Goes dos Santos Junior

Instituto Federal do Maranhão, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/5129573074713866>
arturgoes.santos@gmail.com



DOI: 10.6008/CBPC2674-6395.2023.001.0001

Referencing this:

BARROSO, M. M.; REIS JUNIOR, M. G. A.; VALE, L. Q. E. D.; SILVA, G. W. S.; SANTOS JUNIOR, A. G. Influência do processo de cura na execução do concreto. *Inventionis*, v.4, n.1, p.1-21, 2023. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2674-6395.2023.001.0001>

INTRODUÇÃO

O concreto é uma pedra de natureza antrópica formada pela união entre aglomerantes (cimento) e agregados (areia e pedra brita), bem como, a junção de aditivos e adições, e, concomitantemente, a água, os quais conferem ao material todas as suas características de resistência indispensáveis, o qual o configura como um dos materiais mais importantes do setor da construção civil (ABCP, 2010). Nesse sentido, por ser um material capaz de resistir a inúmeras ocasiões e adversidades, sem que haja grades degradações, bem como a capacidade de moldar-se e apresentar um baixo custo e grande volume de materiais, o concreto é um material de grande versatilidade e de grande importância, principalmente pelo fato de resistência a elevadas cargas (MEHTA et al., 2008).

Por mais que o material apresente um ótimo comportamento em função do suporte de cargas, essas características são totalmente dependentes às circunstâncias de onde uma edificação será construída, bem como, ao tipo de material utilizado, quanto aos processos executivos adotados, quanto ao controle de qualidade, e, principalmente, quanto a proporção de materiais utilizados, em especial ao teor de água (ISAIA, 2011). Por esse motivo, o processo de cura é essencial para a contemplação das principais características do material, principalmente a resistência a compressão. Seja pelo excesso ou pela falta, a água desencadeia um papel de grande importância na confecção do material, desde o período de pega, ou seja, desde o estágio mais fresco ao mais endurecido, por esse motivo, há inúmeros processos de cura os quais se adequam para determinadas ocasiões.

O processo de cura não deve ser analisado de forma independente, pois há outros fatores de grande relevância que interferem no desempenho do material, por esse motivo, um dos principais aspectos a serem analisados sob essa ótica é quando a temperatura, principalmente por considerar o tipo de reação exógena onde ocorre um excesso de liberação de energia, devido isso, o controle de temperatura é outro fator que merece ser controlado, pois é uma das principais causas da ocorrência de retração a qual origina manifestações patológicas ao concreto que podem ser nocivas (BOTELHO et al., 2010).

O estudo apresenta como objetivo principal analisar de que forma o processo executivo de cura e controle de temperatura interfere no concreto, sendo assim, tornou-se necessário compreender os tipos de cura, analisar a caracterização do concreto e compreender os processos químicos que ocorrem na mistura do concreto.

Tendo em vista a importância do processo de cura e controle de temperatura para um melhor desempenho do concreto e conseqüentemente uma vida útil da edificação, o estudo apresenta-se como de grande relevância, por considerar um fator que se refere diretamente a qualidade de um dos principais materiais de uma edificação, ou seja, aquele que é um dos principais para as resistências a compressão, dessa forma, identificar os processos químicos pertinentes da esfera da hidratação do cimento e sua trabalhabilidade é de grande relevância.

REVISÃO TEÓRICA

Concreto

Segundo Mehta et al. (2008), o concreto é todo material feito à base de um material cimentante, onde destacam que esse meio é decorrente do Cimento Portland e a união dos agregados. Assim, forma a união adequadas para os mais diversos tipos de ocasião, o que diferem por exemplos de aço e madeira, os quais apresentam pontos negativos que não resistência bem ao calor e que em contato com a umidade, tendem a apodrecer, respectivamente, diferentemente do concreto que apresentam um deterioramento bem mais devagar.

O uso de concreto e sua relação positiva com o meio ambiente não é de hoje, desde séculos passados, já havia indícios do uso de concreto no império otomano, onde utilizavam-se do material para a construção dos aquedutos, os quais eram identificados como estruturas que serviam de caminho para o transporte de água.

Hoje em dia o uso está bem mais disseminado, sendo de grande versatilidade de uso, mesmo em ambientes de grande agressividade, como é o caso de construção marinhas, evidenciadas por exemplo em estruturas ricas em álcalis, como é o caso de estruturas portuárias, em estruturas ricas em sulfatos, como é o caso de construção em redes de esgotos, ou até mesmo em construções de grande radioatividade, como é o caso de estruturas de usinas nucleares.

Mesmo em ambientes marinhos e em contato direto com respingos de maré, o que caracteriza um ambiente de elevada agressividade (agressividade nível III), segundo a NBR 6118 (2014), o uso de concreto é de grande expressão, pois por meio de aditivos e adições, taxa de recobrimento nominal, teor de armadura e processo executivo adequado, o uso do material é justificado.

O uso de tubos de concreto para redes de drenagem é bem como, mesmo que há inúmeras intempéries que possam incidir sobre o material, sejam externamente em relação a umidade do terreno ou internamente em relação ao excesso de sulfatos e gases agressivos. Convém destacar a necessidade de atender a aspectos das normas pertinentes, em especial a NBR 8890 (2020) - Tubo de concreto de seção circular para água pluvial e esgoto sanitário - Requisitos e métodos de análise de ensaios e a NBR 12655 (2015) - Concreto de Cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento.

Ao mesmo tempo em que se observa um material de uso variado por seu aspecto de degradação mais lento, um dos principais fatores que o consagram como um material de grande uso é quanto a sua plasticidade, característica que se refere ao fato de o material se moldar e poder adotar qualquer forma, ou seja, um material que é um grande aliado para a arquitetura contemporânea.

Vale destacar que segundo Isaia (2011), por mais que o concreto se utiliza de alguns elementos que o custo acima da média, de modo geral, o concreto é visto como um material de baixo custo, principalmente quando comparados a outros materiais, tais como o aço, cujo processo de fabricação é bem mais oneroso, além do mais, a facilidade de fabricação encontra-se com a facilidade de disponibilidade dos recursos necessários para a confecção.

Ainda segundo Isaia (2011) um fator é interessante relacionado ao processo de utilização do material é que se atribui ao século XIX o surgimento deste material enquanto elemento construtivo, fato esse ocorrido após o registro de patente do Cimento Portland. Ainda no mesmo século, o material ganhou ainda mais repercussão a partir do momento em que se passou a utilizar aço em associação, o que passou a ser conhecido como concreto armado, indispensável para qualquer obra no mercado atual.

Aglomerantes

O aglomerante é identificado como sendo o material ligante, ou seja, aquele material capaz de unir os materiais sólidos presentes em uma mistura de modo que os unifique e os deixem homogêneos, compactos e resistentes. Ao abordar o ramo da construção civil, pontua-se como principal aglomerante o cimento, o Cimento Portland, por meio de um processo de hidratação, ou seja, em contato com a água (BRESOLIN, 2016). Originado da moagem do clínquer, o cimento surge de um processo de queima entre calcário e argila, apresentando ainda uma pequena proporção entre cal livre e gesso, bem como, silicatos, aluminatos e ferroaluminato.

Os produtos do cimento estão diretamente relacionados a ocorrência de reações químicas presentes em seus estados, dessa forma, a composição desses produtos e interferem diretamente o comportamento do material. Analisando as proporções de cada produto tem-se que: a) C_3S : 42 a 60%; b) C_2S : 14 a 35%; c) C_3A : 6 a 13%; d) C_4AF : 5 a 10%.

O calor de hidratação é um importante processo que ocorre no processo de concretagem e cura, sendo de grande relevância controlá-lo adequadamente, como será descrito mais à frente no estudo, mas, esse calor é ocasionado principalmente pelo C_3S e C_3A no cimento. Ocorrida na fase de gel (pega do concreto), ocorre a liberação de calor por meio de um processo exógeno, o que com o decorrer do tempo faz com que os aluminatos e silicatos passem a endurecer, transformando-se em uma massa rígida a qual passa a conferir resistência mecânica ao material (PEREIRA, 2021).

Agregados

Os agregados são partes integrantes do concreto os quais para alguns autores apresentam suas funções bem delimitadas, podendo sim influenciar o desempenho do concreto, afetando sua instabilidade e durabilidade. Por outro lado, tem-se alguns autores que defendem o fato de os agregados serem materiais granulares inertes (BAUER, 2001).

Apresentam sua origem de forma natural ou antrópica, assim, aqueles tidos como naturais são encontrados na natureza na forma de areias e pedregulhos, em contrapartida, os de natureza antrópica são aqueles que passaram por um processo de aperfeiçoamento, de onde originam-se os agregados de pedra britada, oriundos de processos de moagem de rochas maiores.

Porém, quando analisados os agregados de concreto, a classificação mais importante é quanto ao seu tamanho, onde tem-se os agregados miúdos e os agregados graúdos, assim, os agregados miúdos são

aqueles cujos diâmetros estão iguais ou abaixo de 4,8mm e os agregados graúdos são aqueles que ficam acima dessa medida.

O processo de hidratação do cimento pode ser analisado, onde observa-se o preenchimento dos vazios entre as partículas pela água, onde ocorre o processo de formação do gel concomitantemente à liberação de energia. Ao analisar a proporção em relação ao total de concreto, os agregados (areias e britas) correspondem por cerca de 70% da composição do concreto (RODOLPHO, 2007). Dessa forma, por mais que haja discussão entre alguns autores em relação as características dos agregados, estes devem passar pelo mesmo rigor de controle de outros materiais, pois dado a sua proporção, percebe-se de sua importância em relação ao aspecto mecânico do concreto.

Cura do concreto

Visando a obtenção de todas as propriedades do material é necessário além de uma dosagem adequada, um controle da perda de água de modo que essa água que é perdida para o meio não exceda o seu limite, assim, não ocasionando manifestações patológicas ao concreto, assim, é necessário um controle de cura visando também a obtenção da resistência necessária (BRESOLIN, 2016). Tendo em vista que a perda de água no concreto ocorre por meio dos capilares os quais são preenchidos por água, percebe-se que a hidratação do cimento ocorrer por meio dessa região, assim é necessário evitar a perda pelos poros do concreto (PHILIPSEN et al., 2014).

O Estado Fresco

O concreto fresco é assim considerado até o momento em que tem início a pega do aglomerante. O concreto endurecido é o material que se obtém pela mistura dos componentes, após o fim da pega do aglomerante. Para o concreto fresco, as propriedades desejáveis são as que asseguram a obtenção de uma mistura fácil de transportar, lançar e adensar, sem segregação. As principais propriedades do concreto, quando fresco, são: Consistência, Plasticidade, Poder de retenção de água e Trabalhabilidade.

O Estado Endurecido

As características que um concreto depois de endurecido deve possuir são: Resistência; Durabilidade; Impermeabilidade e Aparência. Todas essas características, à exceção da aparência, melhoram sensivelmente com o uso adequado da relação água/cimento.

Tipos de Cura

A cura é um processo de operações que visam proteger a superfícies dos elementos estruturais perca a água de amassamento por meio da evaporação (FIGUEIREDO, 2008). Uma das maiores dificuldades do concreto é a temperatura a qual incide de forma negativa no material caso passe a agir em excesso sob o material evaporado o teor de água sem que haja uma reposição, ocasionando um excesso de ocorrência de fissuração e trincas por retração, o que abre espaços no material para a entrada de agentes agressivos, em

especial, na fase inicial de formação das etringitas (agulhas de etringitas), as quais passam a fixar no concreto endurecido e se expandem a medida que aumenta o aumento e a relação água cimento diminui.

Cura úmida

Esse processo de cura evita a ocorrência de fissuração, de natureza plástica, assim, controlando a perda de água para o ambiente de modo precoce. Geralmente, utilizando no período de até 7 dias para lajes e 14 dias para outros serviços (ABCP, 2010). Dentre as principais técnicas tem-se: Irrigação periódica das superfícies dos elementos, Recobrimento com material que se mantém úmidos durante o período de secagem do lançamento de concreto, Molhagem das formas em casos de pilares e Submersão completa.

Para ter uma visão mais completa, destaca-se o estudo de Diniz et al. (2015) no qual os autores compararam as resistências a compressão pela realização de dois tipos de cura diferente, sendo adotados a cura úmida e a cura ao ar livre em concretos com resistência a compressão de 32Mpa ($f_{ck} = 32\text{Mpa}$). Os autores adotaram rompimentos em 6 intervalos de tempos, sendo: 3, 7, 14, 28, 50 e 70 dias. Assim, concluíram que aqueles concretos que foram curados por meio de imersão obtiveram maiores resistências que aqueles curados ao ar livre. Só aos 28 dias, obteve-se um ganho de 10,92%, por outro lado, aos 70 dias, obteve-se um ganho de 23,77%.

Cura ao ar

Esse processo de cura é diretamente relacionado ao meio ambiente, por mais que todo o processo construtivo da engenharia civil seja totalmente dependente das ações do meio ambiente onde estejam inseridos, para a cura, merece uma maior atenção, principalmente no Brasil onde, de modo geral, o país apresenta uma elevada umidade (BRESOLINI, 2016). Dessa forma, o excesso de umidade interfere negativamente no concreto, pois essa mistura já apresenta um teor de água estabelecido na dosagem, previamente calculado para a situação específica de construção, contudo, a partir do momento que não ocorre esse processo a umidade local pode associar-se ao teor de água da mistura, fazendo com que sejam perdidas algumas propriedades (RIBEIRO et al., 2014).

Cura por aspersão

Caracterizada como sendo o tipo de cura mais simples, ocorre de forma intermitente ou contínua, sendo praticada de forma a jogar água na superfície do concreto controlando a perda de água de amassamento para o meio ambiente (BAUER, 2001).

Cura térmica

Esse processo difere um pouco em relação aos descritos anteriormente, pois nesse caso os procedimentos de cura se dão de tal forma que é necessário realizar um aumento de temperatura da água que está sob as superfícies do concreto (BRESOLINI, 2016). Nesse tipo de cura os procedimentos mais

adotados são: Vapor atmosférico, Circulação de água ou óleos em tubos junto as fôrmas, Resistência elétrica (realizado por meio de fios ou armaduras que apresentam resistividade elétrica) (PHILIPPSSEN et al., 2014).

Nesse caso, a justificativa para o aumento de temperatura é devido ao aumento de velocidade das reações químicas, o que auxilia positivamente na obtenção das resistências iniciais, contudo, é necessário um controle adequado, pois o excesso exagerado de temperatura gera pontos negativos ao concreto. Assim, as temperaturas não devem exceder os 80°C visando preservar a microestrutura do concreto (DINIZ et al., 2015). Para uso de curas térmicas a vapor, é necessário o estabelecimento de temperatura conforme a NBR 9062 (2017).

Ainda tratando-se da cura térmica por meio do uso de vapor, é necessário o seguimento dos seguintes itens: A temperatura máxima de elevação não deve exceder os 20 °C e Decrescimento máximo de resfriamento de 30 °C (NBR 9062, 2017).

METODOLOGIA

O estudo é caracterizado como sendo experimental, qualitativo e quantitativo. Inicialmente foi realizado uma busca pela bibliografia de relevância na área de construção civil e materiais de construção, onde foram consultados materiais técnicos tais como artigos científicos, monografias, dissertações e teses publicados nos últimos dez anos, com exceção de estudos de autores renomados na área onde muitas de suas publicações de grande relevância são antigas, mas que se enquadram na análise do estudo.

Os métodos empregados na pesquisa de base deste trabalho foram às curas por imersão em tanque de água e ao ar livre. De acordo com Bauer (2001), a cura por submersão é o método ideal, podendo ser empregado em lajes, pavimentos e pisos em que haja grande superfície exposta e não haja necessidade de utilização nos primeiros dias. Entretanto, devido a restrições do uso desse sistema e à pouca praticidade do mesmo em canteiro de obras, devem ser escolhidos outros métodos de cura mais favoráveis em outras situações.

Para a realização da pesquisa, foi calculado o traço mais apropriado, para um concreto convencional, para se atingir uma resistência característica à compressão (F_{ck}) de 25 MPa, conforme o método de dosagem de concreto da ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland), adaptado do método da ACI (*American Concrete Institute*) para agregados brasileiros.

Para a determinação do traço, a primeira etapa foi a identificação da resistência a compressão, ou seja, o valor de F_{ck} aos 28 dias, para uma região de classe de agressividade II, sendo uma região de risco moderado de deterioração (NBR 6118:2014). Considerou-se um abatimento de 90 ± 10 mm, onde posteriormente serviu de referência na dosagem pelo método ABCP, na definição do consumo de água e na relação água/cimento, por meio de ábacos, curva de Abrahms e Curvas de Walz.

O método da ABCP consiste basicamente em coletar alguns dados referentes aos materiais utilizados, tais como Módulo de Finura (MF), Dimensão Máxima Característica (DMC), Umidade (h%) e Massas Específicas Real (δ) e unitária (γ) de cada material, a partir destes aplicar em gráficos e tabelas que funcionam como ábacos que ao fim fornecerá a proporção final do traço. Para a execução do traço, calculou-se o

consumo de cimento necessário para confecção de 36 corpos de provas, contudo, foram realizados apenas 33 corpos de prova.

Os procedimentos experimentais foram realizados no laboratório de materiais da Universidade Ceuma, unidade Renascença. Para a separação dos materiais, eles foram todos medidos em massa, por meio de uso de uma balança. Foi utilizada uma máquina computadorizada de medição da resistência à compressão, a qual segue as normas descritas na NBR 5739.

Os corpos-de-prova foram produzidos com a superfície plana, para que a prensa pudesse agir uniformemente na superfície do cilindro. Em cada data de rompimento, rompeu-se três corpos de prova totalmente imersos em água, três submersos até a metade do corpo de prova e três expostos ao ar livre. Além dos ensaios de compressão dos corpos de provas, destaca-se a realização de outros procedimentos experimentais de grande relevância, sendo esses: ensaio granulométrico de areia e brita, ensaio de umidade de areia com a finalidade de determinar o inchamento da areia e correção da relação de água cimento do traço. Executado os procedimentos práticos e com o tratamento dos dados, estabeleceu-se as relações em relação dos resultados obtidos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Cálculo da Umidade

Foram pesadas as cápsulas vazias e sem as suas tampas, posteriormente foi colocado areia de modo a preencher totalmente a cápsula e com uma espátula foi retirado o excesso de areia da cápsula (Figura 1). Depois, foram pesadas as três cápsulas desta vez com areia e em seguida, foram colocadas na estufa por 24 horas a uma temperatura de 105°. Depois de 24 horas foram retiradas da estufa e pesadas (Quadro 1).

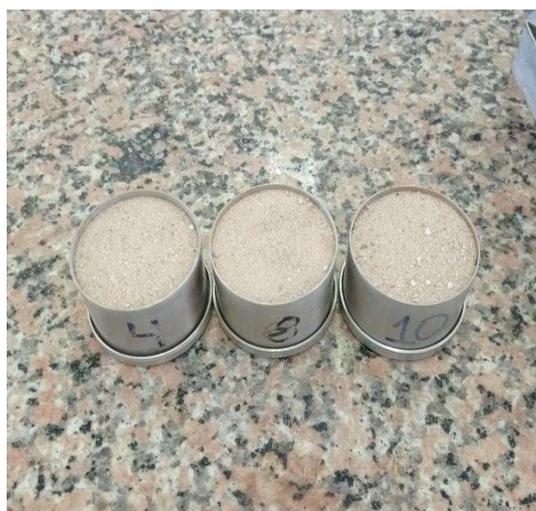


Figura 1: Amostras de cápsulas com areia.

Quadro 1: Variação de peso das amostras.

Cápsulas	Peso		
	Vazia (g)	c/ areia úmida (g)	c/ areia seca (g)
Cápsula 1	28,4	217,7	217,6
Cápsula 2	28,6	217,6	217,4
Cápsula 3	24,3	216	215,8

Para o cálculo da umidade utilizou-se a Equação 1, onde foram considerados os pesos da areia úmida (Mh), a massa da areia seca (Ms) e a massa da cápsula (Mc), para as três cápsulas.

$$H = \left[\frac{(Mh - Mc) - (Ms - Mc)}{(Ms - Mc)} \right] \cdot 100 \quad (\text{Equação 1})$$

Assim, obteve-se as seguintes porcentagens para cada cápsula: Cápsula 01 (h1): 0,0528%, Cápsula 02 (h2): 0,1059% e Cápsula 03 (h3): 0,1044%. Tendo em vista a necessidade de adotar um valor de umidade, calculou-se a média das umidades (Me1), conforme a Equação 2.

$$Me1 = \frac{(h1+h2+h3)}{3} \quad (\text{Equação 2})$$

Dessa forma, considerando a média aritmética das umidades das cápsulas, considerou-se o resultado de 0,08%.

Ensaio de Granulometria da Areia

Para o ensaio de granulometria da areia utilizou-se os seguintes materiais: 1.503,6 kg de areia seca, 01 balança, 03 recipientes metálicos para pesagens das amostras, 01 Conjunto de peneiras metálicas (Figura 2), 01 agitador de peneiras e 01 concha metálica.



Figura 2: Peneira utilizada para a granulometria do material.

Para o cálculo do modo de finura, inicialmente foram feitos três procedimentos de determinação dos modos de finura para três amostras diferentes, sendo para uma de 500 g (MF1), uma de 500,3 g (MF2) e uma de 503,3 g (MF3). Para obtenção dos módulos de finura, utilizou-se o somatório do percentual retido acumulado nas peneiras de série normal e dividiu-se por 100 para obtenção dos valores em porcentagem. Por meio do Quadro 2, observa-se a primeira análise granulométrica com percentuais retidos acumulados, para a amostra de 500 g.

Quadro 2: Análise granulométrica da amostra de 500 g.

Peneiras (mm)	Retido (g)	Retido Acumulado (g)	Porcentagem retida (%)	Porcentagem retida acumulada (%)
4,75	0,0	0,0	0,0	0,0
2,36	8,6	8,6	1,7	1,7

1,18	25,1	33,7	5	6,7
0,6	130,2	163,9	26,1	32,8
0,3	265,3	429,2	53,3	86,1
0,150	54	483,2	10,8	96,9
Fundo	14,6	497,8	2,9	99,8
Total	497,8		99,8	

Por meio do Quadro 3 observa-se a análise granulométrica da amostra de 500,3g.

Quadro 3: Análise granulométrica da amostra de 500,3 g.

Peneiras (mm)	Retido (g)	Retido Acumulado (g)	Porcentagem retida (%)	Porcentagem retida acumulada (%)
4,75	2,6	2,6	0,5	0,5
2,36	8,4	11	1,7	2,2
1,18	23,8	34,8	4,8	7
0,6	116,4	151,2	23,4	30,4
0,3	254,9	406,1	51,2	81,6
0,150	72,6	478,7	14,5	96,1
Fundo	19,3	498	3,8	99,9
Total	498		99,9	

Por meio do quadro 4, observa-se a análise granulométrica da amostra de 503,3 g.

Quadro 4: Análise granulométrica da amostra de 503,3 g.

Peneiras (mm)	Retido (g)	Retido Acumulado (g)	Porcentagem retida (%)	Porcentagem retida acumulada (%)
4,75	1,6	1,6	0,3	0,3
2,36	7,3	8,9	1,4	1,7
1,18	30,5	39,4	6,1	7,8
0,6	136,2	175,6	27,1	34,9
0,3	272,6	448,2	54,3	89,2
0,150	39,3	487,5	7,8	97
Fundo	14,1	501,6	2,8	99,8
Total	501,6		99,8	

Obtidos os valores da granulometria dos agregados, calculou-se os modos de finuras para cada amostra e, posteriormente, calculou-se a média do modo de finura (Me2), conforme Equações 3 e 4, respectivamente.

$$MF = \frac{\Sigma \text{ das peneiras da série intermediária}}{100} \quad (\text{Equação 3})$$

$$Me2 = \frac{(MF1+MF2+MF3)}{3} \quad (\text{Equação 4})$$

Dessa forma, os resultados obtidos de modo de finura para cada amostra e a média foi de: a) MF1: 2,24; b) MF2: 2,17; c) MF3: 2,30; d) Me2: 2,23.

Determinação da Densidade Aparente da Areia

Inicialmente a areia foi peneirada com uma peneira de 0,075 mm, depois o recipiente cilíndrico foi pesado vazio seu peso foi de 4.860 kg e suas dimensões eram de 17 cm de altura e 10 cm de diâmetro. Posteriormente a areia foi colocada no recipiente cilíndrico, em seguida foi pesado novamente desta vez com areia e pesou 7.130 kg. Para a realização dessa etapa, foram utilizados os seguintes materiais: 2,270 kg de areia

seca, 01 balança, 01 recipiente cilíndrico metálico (Figura 3), 01 Peneira de 0,075 mm, 01 recipiente metálico para a areia peneirada e 01 concha metálica.



Figura 3: Recipiente cilíndrico metálico utilizado.

O cilíndrico metálico apresentava diâmetro de 0,1m ($D = 0,1m$) e altura de 0,17m ($H = 0,17m$). Para a determinação do volume do material (V_c) e sua densidade (D), utilizou-se as Equações 5 e 6, respectivamente, dessa forma:

$$V_c = \left(\frac{\pi \cdot D^2}{4}\right) \cdot H \quad (\text{Equação 5})$$

$$D = \frac{M}{V} \quad (\text{Equação 6})$$

Onde, M corresponde a massa do material, considerada em quilograma (Kg) e V ao seu volume, considerado em litros (L). Vale destacar que foi necessário identificar a diferença entre o peso do cilíndrico vazio e cheio, sendo o resultado identificado pela massa correspondente. Nesse cenário, os resultados obtidos foram: a) Volume do corpo cilíndrico metálico: 1,33 L; b) Densidade: 1706,76 Kg/L.

Determinação da Densidade Real da Areia

Foi peneirado três amostras de areia seca e depois foram pesadas todas com 500 g cada uma, em seguida foi adicionado 200 ml de água no frasco de Chapman e com um funil foi colocado uma amostra de 500 g de areia no frasco de Chapman, posteriormente foi observado a variação do volume de água. Esse processo foi feito para as três amostras uma por vez. Para a realização dessa etapa, foram utilizados os seguintes materiais: 1,5 kg de areia seca, 600 ml de água, 03 recipientes metálicos para as amostras, 01 peneira de 0,075 mm, 01 balança, 01 frasco de *Chapman* (Figura 4), 01 funil e 01 concha metálica.

Nesse cenário, com a massa no valor de 0,5Kg, utilizou-se a Equação 7, para conhecimento da diferença de volume, para as três amostras.

$$V = \Delta a \text{ (ml)} - 200 \text{ (ml)} \quad (\text{Equação 7})$$

Assim, como resultados obteve-se:

a) Amostra 01 (D1):

$$V = 388 \text{ (ml)} - 200 \text{ (ml)} = 188 \text{ ml ou } 0,188L$$

$$D = 2,65 \text{ kg/L}$$

b) Amostra 02 (D2):

$$V = 390 \text{ (ml)} - 200 \text{ (ml)} = 190 \text{ ml ou } 0,19L$$

$$D = 2,63 \text{ kg/L}$$

c) Amostra 03 (D3):

$$V = 390 \text{ (ml)} - 200 \text{ (ml)} = 190 \text{ ml ou } 0,19L$$

$$D = 2,63 \text{ kg/L}$$

Para o cálculo da média das densidades (Me3), utilizou a Equação 8.

$$Me3 = \frac{(D1+D2+D3)}{3} \quad \text{(Equação 8)}$$

Dessa forma, obteve-se como média das densidades entre as três amostras de areia o valor de 2,63kg/L.



Figura 4: Frasco de Chapman.

Granulometria da Brita

Para o ensaio de granulometria da brita, foram pesadas três amostras de brita. Essas amostras pesavam 536,7 g, 540,8 g e 521,4 g. Após serem pesadas, foi colocada uma amostra por vez no conjunto de peneiras, para ser feito o peneiramento por cerca de 5 minutos com ajuda de um agitador de peneiras. Em seguida, foi pesado quanto ficou retido em cada peneira, isso foi feito para as três amostras. As peneiras mediam 25 mm; 19 mm; 12,5 mm; 9,5 mm; 4,75 mm e o fundo. Para a realização dessa etapa, foram utilizados os seguintes materiais: 1.598,9 kg de brita, 01 balança, 03 recipientes metálicos para pesagens das amostras, 01 Conjunto de peneiras metálicas (Figura 5), 01 agitador de peneiras e 01 concha metálica.

Para a análise granulométrica das britas, utilizou-se três amostras diferentes, sendo uma amostra de 536,7 g, uma de 540,8 g e uma amostra de 521,4 g. Conforme observado pelo Quadro 5, observa-se os dados do ensaio de granulometria da primeira amostra, a de 536,7 g.



Figura 5: Conjunto de peneiras metálicas.

Quadro 5: Análise granulométrica de 536,7 g.

Peneiras (mm)	Retido (g)	Retido Acumulado (g)	Porcentagem retida (%)	Porcentagem retida acumulada (%)
25	22	22	4,1	4,1
19	129	151	20	24,1
12,5	304,6	455,6	56,7	80,8
9,5	71,3	526,9	13,3	94,1
4,75	9,6	536,5	1,8	95,9
Fundo	0,0	0,0	0,0	0,0
Total	536,5		95,9	

Quadro 6: Análise granulométrica de 540,8 g.

Peneiras (mm)	Retido (g)	Retido Acumulado (g)	Porcentagem retida (%)	Porcentagem retida acumulada (%)
25	13,1	13,1	2,4	2,4
19	123	136,1	22,7	25,1
12,5	326,8	462,9	60,4	85,5
9,5	73,7	536,6	13,6	99,1
4,75	4,1	540,7	0,76	99,86
Fundo	0,0	0,0	0,0	0,0
Total	540,7		99,86	

Quadro 7: Análise granulométrica de 521,4 g.

Peneiras (mm)	Retido (g)	Retido Acumulado (g)	Porcentagem retida (%)	Porcentagem retida acumulada (%)
25	16,4	16,4	3,1	3,1
19	112,2	128,6	21,5	24,6
12,5	317,3	445,9	60,8	85,4
9,5	69,8	515,7	13,4	98,8
4,75	5,6	521,3	1,1	99,9
Fundo	0,0	0,0	0,0	0,0
Total	521,3		99,9	

Nesse sentido, observando os dados granulométricos das britas, para a determinação do diâmetro máximo (destacado em vermelho), coube a análise da porcentagem igual ou imediatamente próxima a 5,0% da porcentagem retida acumulado. Considerado os dados observou-se que todas as britas apresentaram o percentual retido acumulado na peneira de 25 mm, logo está foi caracterizado como sendo o diâmetro máximo adotado.

Densidade Aparente da Brita

Foi pesado o recipiente cilíndrico vazio e seu peso foi 4.860 kg, depois a brita foi peneirada e adicionada aos poucos no cilindro com uma concha metálica até ficar totalmente cheio. Em seguida foi pesado com a brita e pesou 6.830 kg. Para a realização dessa etapa, foram utilizados os seguintes materiais: 1,970 kg de brita, 01 Recipiente cilíndrico metálico, 01 Balança, 01 peneira de 4,75 mm, 01 recipiente metálico para brita, 01 concha metálica e 01 bandeja metálica. Essa etapa utiliza-se do mesmo material cilíndrico utilizado na fase de determinação da densidade aparente da areia. Dessa forma, utilizando os mesmos procedimentos das equações 5 e 6, obteve-se os seguintes resultados: a) Volume do corpo cilíndrico: 1,33 L; b) Densidade: 1,48 Kg/L.

Densidade Compacta da Brita

Pesou-se o recipiente cilíndrico vazio e ele pesou 4.860 kg, em seguida foi peneirada a brita e depois colocada até a metade do cilindro e foi dado 12 golpes com a haste metálica, depois foi adicionado mais brita até o cilindro encher completamente e foi dado mais 12 golpes com a haste. Após isso, o cilindro foi pesado novamente agora com a brita e pesou 6.920 kg. Para a realização dessa etapa, foram utilizados os seguintes materiais: 2,060 kg de brita, 01 recipiente cilíndrico metálico, 01 balança, 01 recipiente metálico para brita, 01 peneira de 4,75 mm, 01 concha metálica, 01 haste metálica e 01 bandeja metálica. Dessa forma, utilizando os mesmos procedimentos das equações 5 e 6, obteve-se os seguintes resultados: a) Volume do corpo cilíndrico: 1,33 L; b) Densidade: 1,54 Kg/L.

Densidade Real da Brita

Primeiramente foi peneirado três amostras de brita, depois foi pesado cada amostra as quais continham 500 g. Em seguida, foi colocado 200 ml de água na proveta, posteriormente foi adicionado 500 kg de brita na proveta e foi observado a variação do volume de água. Esse procedimento foi feito para as três amostras. Seguindo o mesmo procedimento adotado na definição da Densidade Real da Areia, também foram utilizadas as Equações 6 e 7, para a densidade e para o volume, respectivamente, para as três amostras. Assim obteve-se como resultados:

a) Amostra 01:

$$V = 390 \text{ (ml)} - 200 \text{ (ml)} = 190 \text{ ml ou } 0,19L$$

$$D = 2,63 \text{ kg/L}$$

b) Amostras 02:

$$V = 400 \text{ (ml)} - 200 \text{ (ml)} = 200 \text{ ml ou } 0,2L$$

$$D = 2,5 \text{ kg/L}$$

c) Amostra 03:

$$V = 390 \text{ (ml)} - 200 \text{ (ml)} = 190 \text{ ml ou } 0,19L$$

$$D = 2,63 \text{ kg/L}$$

Por fim, considerando a Equação 8 para obtenção da média aritmética das densidades, obteve-se o valor de 2,58 Kg/L.

Traço do Concreto

Para a confecção do concreto, alguns parâmetros deveriam ser considerados, tais como os descritos pelo Quadro 8. Além do mais, destaca-se que o material deveria atender um $F_{ck} = 25$ Megapascal (Mpa), com abatimento de 90+/- 10mm e $S_d = 5,5$ Mpa.

Quadro 8: Características dos materiais utilizados na confecção do concreto.

Areia	Brita	Cimento
Mf = 2,23	$\gamma_a = 1480 \text{ Kg/m}^3$	CP 2 – E 32 Mpa
Inchamento = 30 %	$\gamma_r = 2580 \text{ Kg/m}^3$	$\gamma_r = 3100 \text{ Kg/m}^3$
H = 0,08 %	$\gamma_c = 1540 \text{ Kg/m}^3$	
$\gamma_a = 1706 \text{ Kg/m}^3$	Dmáx = 25 mm	
$\gamma_r = 2630 \text{ Kg/m}^3$		

Para a determinação da resistência de dosagem do concreto aos 28 dias considerando seu desvio padrão a desenvolvimento das principais propriedades em relação a ocorrência das principais transformações química do material, utilizou-se a Equação 9.

$$F_{c28} = F_{ck} + 1,65 \cdot S_d \quad (\text{Equação 9})$$

Dessa forma, considerando as informações contidas no Quadro 10, tem-se que:

$$F_{c28} = 25 + 1,65 \cdot (5,5)$$

$$F_{c28} = 25 + 9,05$$

$$F_{c28} = 34 \text{ Mpa}$$

Relação Água/Cimento e Consumo de Água

Adotou-se um fator água/cimento de 0,47 bem como o consumo de água de 200L, conforme estabelecido entre a relação do abatimento e o diâmetro máximo característico, conforme ilustrado pela Figura 6.

Consumo de água aproximado (L/m³)					
Abatimento (mm)	Dimensão Máxima Característica (mm)				
	9,5	19,0	25,0	32,0	38,0
40 a 60	220	195	190	185	180
60 a 80	225	200	195	190	185
80 a 100	230	205	200	195	190

Figura 6: Consumo de água. Fonte: Rodrigues (1998).

Dessa forma, por meio da intercessão da Figura 13, adotou-se o consumo de água de 200 l.

Consumo de Cimento

Para o estabelecimento dos consumos de cimento, relacionou-se o consumo de água com a relação água/cimento, conforme Equação 10.

$$C_c = \frac{C_a}{a/c} \quad (\text{Equação 10})$$

Conforme destaca Rodrigues (1998), a relação a/c é definida por meio da resistência mecânica, a qual já fora estabelecida, assim, estimou-se a a/c com base na curva de Abrams, em casos que não há restrições quanto a durabilidade do concreto, e, das Curvas de Walz, conforme ilustrado pela Figura 7.

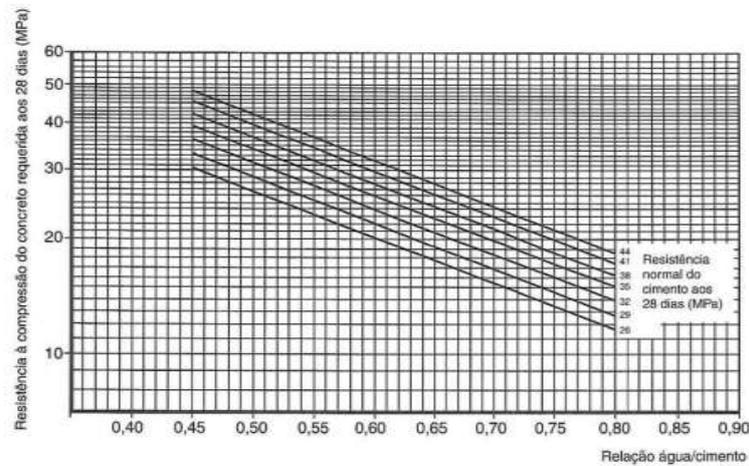


Figura 7: Curvas de Walz. Fonte: Rodrigues (1998).

Dessa forma, utilizando-se da Equação 10, obtém-se:

$$C_c = \frac{200}{0,47} = C_c 425,5 \text{ kg/m}^3$$

Consumo de Agregado Graúdo

Para a determinação do consumo de agregado graúdo, foi necessário realizar o produto entre o volume do material (V_b) e a sua massa específica (γ_c), conforme Equação 11.

$$C_b = V_b \cdot \gamma_c \quad (\text{Equação 11})$$

$$C_b = 0,755 \cdot 1540 = C_b = 1162,7 \text{ kg/m}^3$$

Volume de Areia

Para a determinação do volume de areia, utilizou-se a Equação 12, onde relaciona a diferença do volume com a divisão entre o consumo de matérias e suas massas específicas.

$$V_a = 1 - \left(\frac{\text{cimento}}{\gamma_c} + \frac{\text{brita}}{\gamma_r} + \frac{\text{água}}{\gamma_a} \right) \quad (\text{Equação 12})$$

$$V_a = 1 - \left(\frac{425,5}{3100} + \frac{\text{brita}}{2580} + \frac{\text{água}}{1000} \right) = V_a = 0,212 \text{ m}^3$$

Consumo de Agregado Miúdo

Para a determinação do consumo de agregado miúdo, efetuou-se o produto entre o volume de areia e a massa específica, conforme Equação 13.

$$C_{\text{areia}} = V_a \cdot \gamma_r \quad (\text{Equação 13})$$

$$C_{\text{areia}} = 0,212 \cdot 2630 = C_{\text{areia}} = 557,56 \text{ kg/m}^3$$

Dessa forma, quantificada o consumo de materiais que compõem o concreto, se estabeleceu o traço a partir da divisão entre os consumos em massa e as massas específicas, conforme a Equação 14.

$$\frac{C_c}{C_c} + \frac{C_a}{C_c} + \frac{C_b}{C_c} + \frac{a/c}{C_c} \quad (\text{Equação 14})$$

$$\frac{425,5}{425,5} + \frac{557,56}{425,5} + \frac{1162,7}{425,5} + \frac{200}{425,5}$$

$$1 : 1,31 : 2,73 : 0,47$$

Após a determinação do traço, a próxima etapa referiu-se ao dimensionamento dos corpos de provas, cujas dimensões foram de 20cm de altura ($H = 20\text{cm}$) e diâmetro de 10 cm ($D = 10\text{cm}$), onde utilizou-se a Equação 5 para inicialmente o volume do cilindro (V_{cil}).

$$V_c = \left(\frac{\pi \cdot D^2}{4} \right) \cdot H$$

$$V_{cil} = \left(\frac{\pi \cdot 1^2}{4} \right) \cdot 2 = V_{cil} = 1,57\text{dm}^3$$

Assim, obtido os valores, o próximo passo foi quanto a determinação do consumo de cimento e dos agregados em massa, sendo calculado por meio da Equação 15.

$$C = \frac{36 \cdot (1,57)}{\frac{1}{3,10} + \frac{1,31}{2,63} + \frac{2,73}{2,58} + \frac{0,47}{1}} \quad (\text{Equação 15})$$

$$C = 24,06 \text{ kg}$$

Por fim, para obtenção do quantitativo em massa (kg) dos materiais, considerou-se o consumo de cimento como referência, onde fora utilizado na proporção em relação ao traço adotado para cada material, conforme exposto no Quadro 9.

Quadro 9: Consumo de materiais.

Materiais	Traço	Quantidade em massa (kg)
Cimento	1	24,06
Areia	1,31	31,5186
Brita	2,73	65,6838
Água	0,47	11,3082

Após a dosagem e confecção do concreto, os corpos de provas foram submetidos a três processos de cura, sendo o primeiro de modo natural, ou seja, sem contato com água, o segundo, por meio de cura até a metade da seção dos corpos de prova e, por fim, a cura úmida completa, onde os corpos de prova foram totalmente hidratados. Os resultados quanto as resistências à compressão podem ser observadas por meio das tabelas de 1 a 4, onde observou-se os valores para resistências aos 7, 14, 21 e 28 dias.

Tabela 1: Resistências à compressão aos 7 dias.

Corpos de prova	Ensaio com 7 dias		
	sem contato com água	com água até metade da sua seção	totalmente hidratados
CP 1 - 3,730 Kg	11,59 Mpa	-	-
CP 2 - 3,730 Kg	10,91 Mpa	-	-
CP 1 - 3,770 Kg	-	13,71 Mpa	-
CP 2 - 3,770 Kg	-	15,51 Mpa	-

CP 1 - 3,880 Kg	-	-	18,21 Mpa
CP 2 - 3,760 Kg	-	-	16,28 Mpa

Aos 7 dias, as maiores resistências observadas referem-se ao procedimento de cura totalmente hidratada. Considerando uma análise comparativa entre os maiores valores observados em relação a cada técnica pode-se evidenciar um ganho de 64% para a técnica sem o uso de água e de 85% para a cura até a metade das seções dos corpos de prova.

Aos 14 dias, os valores mais satisfatórios também se referem para os corpos de prova que passaram por um processo de cura total. Com exceção do CP 2 de 3,770kg que obteve um valor mais de resistência em comparação ao CP 2 de 3,790 kg que foi submetido a um processo de cura total, conforme observado pela Tabela 2.

Tabela 2: Resistências à compressão aos 14 dias.

Corpos de prova	Ensaio com 14 dias		
	sem contato com água	com água até metade da sua seção	totalmente hidratados
CP 1 - 3,740 Kg	14,27 Mpa	-	-
CP 2 - 3,720 Kg	15,59 Mpa	-	-
CP 3 - 3,650 Kg	11,77 Mpa	-	-
CP 1 - 3,800 Kg	-	18,15 Mpa	-
CP 2 - 3,770 Kg	-	22,91 Mpa	-
CP 3 - 3,750 Kg	-	17,92 Mpa	-
CP 1 - 3,820 Kg	-	-	26,93 Mpa
CP 2 - 3,790 Kg	-	-	22,53 Mpa
CP 3 - 3,820 Kg	-	-	23,40 Mpa

Aos 21 dias, novamente os maiores valores de resistência foram referentes aos corpos de prova que passaram por um processo de cura total. Considerando uma análise comparativa entre os maiores valores observados em relação a cada técnica pode-se evidenciar um ganho de 66% para a técnica sem o uso de água e de 77% para a cura até a metade das seções dos corpos de prova, conforme observado pela Tabela 3.

Tabela 3: Resistências à compressão aos 21 dias.

Corpos de prova	Ensaio com 21 dias		
	sem contato com água	com água até metade da sua seção	totalmente hidratados
CP 1 - 3,620 Kg	18,02 Mpa	-	-
CP 2 - 3,720 Kg	14,82 Mpa	-	-
CP 3 - 3,690 Kg	16,88 Mpa	-	-
CP 1 - 3,750 Kg	-	20,31 Mpa	-
CP 2 - 3,780 Kg	-	20,85 Mpa	-
CP 3 - 3,790 Kg	-	19,93 Mpa	-
CP 1 - 3,860 Kg	-	-	25,74 Mpa
CP 2 - 3,830 Kg	-	-	23,89 Mpa
CP 3 - 3,870 Kg	-	-	27,21 Mpa

Por fim, de modo geral, aos 28 dias, quando o concreto já tenha sido submetido as principais reações químicas em seu interior, considerou-se a última análise, conforme observado pela Tabela 4, onde foram observadas as maiores resistências à compressão.

Tabela 4: Resistências à compressão aos 28 dias.

Corpos de prova	Ensaio com 28 dias		
	sem contato com água	com água até metade da sua seção	totalmente hidratados
CP 1 - 3,680 Kg	23,61 Mpa	-	-
CP 2 - 3,690 Kg	19,48 Mpa	-	-

CP 3 - 3,710 Kg	17,40 Mpa	-	-
CP 1 - 3,760 Kg	-	21,56 Mpa	-
CP 2 - 3,760 Kg	-	25,42 Mpa	-
CP 3 - 3,800 Kg	-	24,00 Mpa	-
CP 1 - 3,840 Kg	-	-	26,55 Mpa
CP 2 - 3,790 Kg	-	-	25,93 Mpa
CP 3 - 3,790 Kg	-	-	27,82 Mpa

De todo processo, o menor valor encontrado foi de 10,91 Mpa, onde o processo de cura ocorreu de forma natural, sendo esse valor obtido por uma amostra ensaiada aos 7 dias. O maior valor, por outro lado foi aos 28 dias, por meio do processo de cura total, obtendo o valor de 27,82Mpa o que corresponde a um aumento de 255%.

O processo de cura do concreto é de grande relevância o que pode ser identificado por todas as suas etapas de preparo, mas também, pelo fato de considerar uma série de fatores que influenciam no comportamento do material. Assim, salienta-se que além de existir diferentes processos de cura em estruturas de concreto, a falta de cuidados em relação a dosagem e agentes externos, poderá acarretar inúmeros problemas que afetam o desempenho e a durabilidade das edificações (MEHTA et al., 2008).

Assim, diversos problemas identificados na superfície do concreto, muitas das vezes tem origem na sua estrutura interna, está por sua vez relacionado ao processo de cura, pois quando sua ocorrência não ocorre de forma adequada, a microestrutura sofre consequências, fazendo com que o material fique frágil e mais suscetível a degradação (MEHTA et al., 2008).

O processo de cura adotado nesta pesquisa refere-se ao processo de cura úmida, está por sua vez protege de forma mais significativa o material nas primeiras idades, em especial por proporcionar um maior controle à agressão de agentes externos, perda de umidade e a ocorrência de retração (DINIZ et al., 2015).

Segundo Bauer (2001), afirma que “quanto mais perfeita e mais demorada for a cura do concreto, tanto melhores serão as suas características”. Dessa forma, considera-se que além da dosagem adequada, o tempo de cura é um fator de grande relevância quando considerado a obtenção de qualidade.

Nas primeiras idades o processo de cura é ainda mais importante, pois é na fase inicial que ocorrem as principais reações químicas que conferem a resistência ao concreto, principalmente por considerar que é na etapa inicial que ocorrem a formação dos silicatos de cálcio hidratado (C-S-H), caracterizada como sendo a fase cristalina responsável por conferir a resistência do material (DINIZ et al., 2015). Considerando a NBR 14931/2004, as principais finalidades da cura são: evitar a perda de água, assegurar uma superfície com resistência adequada e assegurar a formação de uma capa superficial durável.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O concreto é um material que em seu processo de formação passa por inúmeras reações químicas, bem como, um material de grande suscetibilidade a variações em decorrência da atuação de agentes internos e externos, em especial a ação do sol, vento e, conseqüentemente, a evaporação da água, sendo dessa forma necessário além de uma boa dosagem de materiais, um controle adequado do processo de cura.

A cura afeta diretamente o desempenho e qualidade do material, pois caso não realizada de forma adequada contribui para a ocorrência de fissuras, trincas e perda de resistência do concreto, em especial em localidades de alta agressividade ambiental o que também tem relação direta com o tipo de insumos utilizados.

Os resultados demonstram que além do tempo, o processo de cura interfere na obtenção das resistências, a diferença entre o menor e o maior valor foi de 255%, sendo o processo de cura total, onde os corpos de prova foram totalmente hidratados o processo que garante a maior resistência, sendo esse fator relacionado a proteção do corpo de prova contra a ação de intempéries do meio ambiente, preservando assim suas características e integridade.

REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 8890**: Tubo de concreto de seção circular para água pluvial e esgoto sanitário: Requisitos e métodos de análise de ensaios. Rio de Janeiro, 2020.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9062/2017**: Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado. Rio de Janeiro, 2017.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12655**: Concreto de Cimento Portland: Preparo, controle, recebimento e aceitação: Procedimento. Rio de Janeiro, 2015.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6118:2014**: Projetos de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

ABCP. Associação Brasileira de Cimento Portland. **Sustentabilidade do concreto**. 2010.

BAUER, L. A. F.. **Materiais de Construção**. 5 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001.

BOTELHO, M. H.; MARCHETTI, O.. **Concreto Armado, eu te amo**. 6 ed. São Paulo: Blucher, 2010.

BRESOLIN, G.. **Influência das técnicas de cura na resistência do concreto e análise da incorporação de cal hidratada na técnica de cura por aspersão periódica de água**. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade do Vale do Taquari, Lajeado, 2016.

DINIZ, H. A. A., JUNIOR, I. V. M., OLIVEIRA, S. S., SOUZA, K. J. M.. Influência da Cura por Imersão em Concretos Convencionais. **Revista Tecnologia & Informação**, São Paulo, v.3, p.17-27, 2015.

FIGUEIREDO, E.; HOLLAND, T.; MALHOTRA, V. M.; HELENE, P.. **Fifth ACI/CANMET International Conference on High-Performance Concrete Structures and Materials**: ACI SP-253. Farmington Hills: American Concrete Institute, 2008.

HELENE, P.; LEVY, S.. **Cura do concreto**: boletim técnico. São Paulo: ALCONPAT Internacional, 2008.

ISAIA, G. C.. A água no Concreto. In: ISAIA, G. C. et al.. **Concreto**: Ciência e Tecnologia. São Paulo: Ibracon, 2011. p.311-346.

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

MORAES, J. G. V.. **Caminhos das civilizações**: história integrada: geral e do Brasil. São Paulo: Atual, 1998.

PEREIRA, M. M. L.; SOUZA, A. L. R. S.; CAPUZZO, V. M. S.; LAMEIRAS, R. M.. Efeito da relação água/aglomerante no processo de hidratação de pastas de cimento Portland com sílica ativa e metacaulim. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, v.15, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1983-41952022000100005>

PHILIPPSEN, A. L. A., SHIMOSAKA, T. J.. **Estudo do efeito da cura térmica na resistência inicial do concreto para aplicação na indústria de pré-moldados de concreto**. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2014.

PINTO, F. L. H.. **O concreto aparente como atributo de conservação da arquitetura moderna**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Urbano) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2018.

RIBEIRO, G. D.; GOMES, M. V.; VALIN JR, M. O.. Influência da cura do concreto com e sem a utilização de lona plástica na resistência mecânica e absorção de água. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO/IBRACON, 56. **Anais**. Natal, 2014.

RODOLPHO, P. M.. **Estudo do comportamento do concreto no estado fresco contendo areia britada**. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) – Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

RODRIGUES, P. P. F.. **Parâmetros de Dosagem do Concreto**: ET-67. São Paulo: ABCP, 1998.

SILVA, R. M.. **Caracterização de estruturas portuárias**: caso de estudo: ampliação do terminal XXI, Sines. Relatório de

Estágio (Mestrado em Engenharia Civil) - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2014.

STEIN, M. G.. **Influência da cura térmica a vapor no concreto**. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade do Vale do Taquari, Lajeado, 2014.

Os **autores** detêm os direitos autorais de sua obra publicada. A **CBPC – Companhia Brasileira de Produção Científica (CNPJ: 11.221.422/0001-03)** detêm os direitos materiais dos trabalhos publicados (obras, artigos etc.). Os direitos referem-se à publicação do trabalho em qualquer parte do mundo, incluindo os direitos às renovações, expansões e disseminações da contribuição, bem como outros direitos subsidiários. Todos os trabalhos publicados eletronicamente poderão posteriormente ser publicados em coletâneas impressas ou digitais sob coordenação da Companhia Brasileira de Produção Científica e seus parceiros autorizados. Os (as) autores (as) preservam os direitos autorais, mas não têm permissão para a publicação da contribuição em outro meio, impresso ou digital, em português ou em tradução.

Todas as obras (artigos) publicadas serão tokenizadas, ou seja, terão um NFT equivalente armazenado e comercializado livremente na rede OpenSea (https://opensea.io/HUB_CBPC), onde a CBPC irá operacionalizar a transferência dos direitos materiais das publicações para os próprios autores ou quaisquer interessados em adquiri-los e fazer o uso que lhe for de interesse.



Os direitos comerciais deste artigo podem ser adquiridos pelos autores ou quaisquer interessados através da aquisição, para posterior comercialização ou guarda, do NFT (Non-Fungible Token) equivalente através do seguinte link na OpenSea (Ethereum).

The commercial rights of this article can be acquired by the authors or any interested parties through the acquisition, for later commercialization or storage, of the equivalent NFT (Non-Fungible Token) through the following link on OpenSea (Ethereum).



<https://opensea.io/assets/ethereum/0x495f947276749ce646f68ac8c248420045cb7b5e/44951876800440915849902480545070078646674086961356520679561158121062662144001/>