

ASSOCIAÇÃO VITORIENSE DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E CULTURA - AVEC  
CENTRO UNIVERSITÁRIO FACOL - UNIFACOL  
COORDENAÇÃO DO CURSO ENGENHARIA CIVIL- BACHARELADO

MAYARA BEZERRA DA SILVA

**ANÁLISE DA ABSORÇÃO DE ÁGUA POR CAPILARIDADE EM CONCRETO  
COM ADIÇÃO DE DETERGENTE NEUTRO COMO ADITIVO QUÍMICO**

VITÓRIA DE SANTO ANTÃO - PE  
2023

MAYARA BEZERRA DA SILVA

**ANÁLISE DA ABSORÇÃO DE ÁGUA POR CAPILARIDADE EM CONCRETO  
COM ADIÇÃO DE DETERGENTE NEUTRO COMO ADITIVO QUÍMICO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário FACOL - UNIFACOL, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Materiais de Construção Civil.

Orientador(a): Ma. Tacylla Ceci Melo Freitas Quental

VITÓRIA DE SANTO ANTÃO - PE  
2023

S586a

Silva, Mayara Bezerra da, 1996 –

Análise da absorção de água por capilaridade em concreto com adição de detergente neutro como aditivo químico. / Mayara Bezerra da Silva - Vitória de Santo Antão, PE: O Autor, 2023.  
60 f. 29 cm.

Orientador: Prof. Tácylla Ceci Melo Freitas Quental

Monografia (Bacharel em Engenharia Civil) - UNIFACOL –  
Centro Universitário FACOL, Vitória de Santo Antão, PE, 2022.

Resumo em português e inglês  
Inclui Referências

1. Construção civil. 2. Cimento Portland. 3. Materiais de construção. 4. Permeabilidade. I. Quental, Tácylla Ceci Melo Freitas. II. Título.

CDD 691



ASSOCIAÇÃO VITORIENSE DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E CULTURA - AVEC  
CENTRO UNIVERSITÁRIO FACOL - UNIFACOL  
COORDENAÇÃO DE TCC DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL



TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO  
ATA DE DEFESA

Nome do Acadêmico: Mayara Bezerra da Silva

Título do Trabalho de Conclusão de Curso: **ANÁLISE DA ABSORÇÃO DE ÁGUA POR CAPILARIDADE EM CONCRETO COM ADIÇÃO DE DETERGENTE NEUTRO COMO ADITIVO QUÍMICO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharel em Engenharia Civil do Centro Universitário FACOL - UNIFACOL, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Construção Civil.

Orientador: Ma. Tácylla Ceci Melo Freitas Quental.

A Banca Examinadora composta pelos Professores abaixo, sob a Presidência do primeiro, submeteu o candidato à análise da Monografia em nível de Graduação e a julgou nos seguintes termos:

Professor: Ma. Tácylla Ceci Melo Freitas Quental

Julgamento – Nota: 9,0 Assinatura: Tácylla Ceci

Professora: Darleson Luiz Alves de Oliveira

Julgamento – Nota: 9,0 Assinatura: Darleson Luiz Alves de Oliveira

Professor: Ialysson da Silva Medeiros

Julgamento – Nota: 9,0 Assinatura: Ialysson Medeiros

Nota Final: 9,0 . Situação do Acadêmico: Aprovado . Data: 15/06/2023

MENÇÃO GERAL: Aprovado

Coordenador de TCC do Curso de Engenharia Civil: Anna Regina Tscha.

Credenciada pela Portaria nº 644, de 28 de março de 2001 – D.O.U. de 02/04/2001.

Endereço: Rua do Estudante, nº 85 – Bairro Universitário.

CEP: 55612-650 - Vitória de Santo Antão – PE

Telefone: (81) 3114.1200

Dedico esse trabalho primeiramente a Deus a quem sou grata pela vida e sem Ele não sou nada, a todos da minha família, minhas amigas, a minha falecida mãe Terezinha Maria e a todos pelo apoio nessa longa jornada.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, pois estive ao meu lado em todos os momentos.

À minha mãe que está no céu, Terezinha Maria, minhas mães que estão ao meu lado, Inedja Gomes (Deda) e Maria da Conceição (ceça), que foram fundamentais para minha formação pessoal e continuam ao meu lado para a formação acadêmica.

À minha irmã e melhor amiga Mylena, que sempre me apoiou em todas as minhas escolhas, ficando sempre ao meu lado.

Agradeço aos meus amigos, sobretudo Carlos (meu amor), Inedjane (minha irmã), Enne, Natecia e todos os outros que em todo o tempo foram prestativos.

Agradeço imensamente as professoras Tacylla Ceci e Anna Tschá, pela disponibilidade, paciência, orientação, críticas e sugestões para a realização deste relatório.

Aos colegas de curso Gabriel Peixoto, Zumba e Dávily Andrade que me ajudaram no processo metodológico e realizaram artigos tendo como base essa monografia. Gratidão.

Agradeço a todos os colegas e professores desde o princípio do curso que foram essenciais para a minha graduação e convivência na Instituição. Muito obrigada àqueles que diretamente e indiretamente me ajudaram a concluir mais essa missão.

Por fim, a coordenação do curso de engenharia civil juntamente com a instituição UNIFACOL em disponibilizar o laboratório de engenharia bem como os materiais. Obrigado por esta ajuda de suma importância no desenvolvimento do trabalho.

*“As pessoas não são lembradas pelo número de vezes que fracassam, mas sim pelo número de vezes que têm sucesso”*

*(THOMAS EDISON, 1914)*

## RESUMO

Com o crescimento das tecnologias e o aumento do conhecimento humano, relacionado a construção civil, seus materiais estão em constante aprimoramentos. Um dos grandes desafios na área da construção civil, vem da busca de materiais que sejam capazes de desempenhar características que uma obra precisa com o baixo custo. Obtendo um papel de grande importância, a ciência dos materiais aplicada à tecnologia de fabricação de concreto apresenta uma expectativa de um produto com características que supere o que já existe no mercado em relação à resistência, qualidade, elasticidade e durabilidade. Dessa forma, o objetivo desse trabalho, é realizar a comparação de absorção de água de corpos de prova moldados com concretos de cimento Portland com adição de detergente neutro como aditivo químico e concretos sem aditivo algum. O traço utilizado foi o mesmo para as amostras dos três grupos estudados, sendo o primeiro grupo formado por três corpos de prova moldados com concreto convencional, o segundo grupo composto por três corpos de prova com adição de 0,5% de detergente e, por fim, o terceiro grupo formado por três corpos de prova com adição de 1% de detergente. Antes da moldagem dos corpos de prova de cada grupo foi realizado o ensaio de *slump test* para analisar o abatimento do concreto. Após a moldagem, respeitou-se o tempo de cura de 28 dias para posteriormente ser realizado o ensaio de absorção de água, seguindo a ABNT NBR 9779/2012. Com os resultados das absorções de água dos corpos de prova, pôde-se observar que as médias de absorção dos grupos 1, 2 e 3 com 28 dias de idade foram de 0,874 g/cm<sup>2</sup>, 1,595 g/cm<sup>2</sup> e 2,080 g/cm<sup>2</sup> respectivamente, Através dos resultados também se identificou a média da ascensão capilar (o quanto a água penetrou no concreto) dos três grupos dos corpos de prova executados com 28 dias de idade sendo 11,66 cm, 15,33 cm e 17,00 cm respectivamente.

**Palavras-Chave:** construção civil; cimento Portland; materiais da construção; permeabilidade.

## ABSTRACT

With the growth of technologies and the increase in human knowledge related to civil construction, its materials are constantly being improved. One of the great challenges in the area of civil construction comes from the search for materials that are capable of performing the characteristics that a work needs at a low cost. Obtaining a role of great importance, the science of materials applied to the technology of concrete manufacture presents an expectation of a product with characteristics that surpass what already exists in the market in relation to resistance, quality, elasticity and durability. In this work, a comparison of water absorption of specimens molded with Portland cement concrete with the addition of neutral detergent and concrete without any additive will be carried out. The mix used was the same for the samples of the three studied groups, the first group consisting of three specimens molded with conventional concrete, the second group composed of three specimens with the addition of 0.5% of detergent and, for Finally, the third group formed by three specimens with the addition of 1% detergent. Before molding the specimens of each group, a slump test was performed to analyze the slump of the concrete. After molding, the curing time of 28 days was respected for later the water absorption test, following ABNT NBR 9779/2012. With the results of the water absorption of the specimens, it could be observed that the averages of absorption of groups 1, 2 and 3 with 28 days of age were 0.874 g/cm<sup>2</sup>, 1.595 g/cm<sup>2</sup> and 2.080 g/cm<sup>2</sup> respectively , Through the results, the average capillary rise (how much water penetrated into the concrete) of the three groups of specimens executed at 28 days of age was also identified, being 11.66 cm, 15.33 cm and 17.00 cm respectively .

**Key-Words:** civil construction; portland cement; construction materials; permeable.

## LISTA DE QUADROS E ILUSTRAÇÕES

QUADRO 1 – Tipos de Cimento Portland.....	18
FIGURA 1 – Efeito da adição de cloreto de cálcio no tempo de pega do cimento Portland....	26
FIGURA 2 – Mecanismo de incorporação de ar.....	27
FIGURA 3 – (a) Floculação da mistura contendo cimento e água (b) Dispersão do sistema após a inserção de aditivo superplastificante.....	29
FIGURA 4 – Fluxograma de métodos.....	34
FIGURA 5 – Aparelhagem <i>Speedy Test</i> .....	35
FIGURA 6 – Pesagem da areia lavada.....	35
FIGURA 7 – Aparelhagem <i>Slump Test</i> .....	36
FIGURA 8 – Execução de <i>Slump Test</i> .....	36
FIGURA 9 – Resultado <i>Slump Test</i> grupo 1 (Piloto).....	36
FIGURA 10 – Resultado <i>Slump Test</i> grupo 2 (0,5% detergente) .....	36
FIGURA 11 – Resultado <i>Slump Test</i> grupo 3 (1% detergente) .....	37
FIGURA 12 – Pesagem 01 da brita.....	40
FIGURA 13 – Pesagem 02 da brita (complemento).....	40
FIGURA 14 – Pesagem do cimento.....	41
FIGURA 15 – Pesagem da areia.....	41
FIGURA 16 – Pesagem da água.....	41
FIGURA 17 – Pesagem do detergente neutro com adição de 0,5%.....	41
FIGURA 18 – Pesagem do detergente neutro com adição de 1%.....	42
FIGURA 19 – Materiais usados nos traços (cimento, areia, brita, água e adição química)....	43
FIGURA 20 – Execução do traço.....	43
FIGURA 21 – Moldagem e adensamento dos corpos de prova.....	44
FIGURA 22 – Adensamento dos corpos.....	44
FIGURA 23 – Finalização dos corpos de prova.....	44
FIGURA 24 – Caixa d'água para cura úmida do concreto.....	45
FIGURA 25 – Pesagem de corpo de prova molhado.....	46
FIGURA 26 – Corpos de prova secando na estufa.....	46
FIGURA 27 – Corpos de prova em contato com a água para realização do ensaio.....	47
FIGURA 28 – Pesagem do corpo de prova com 72h concreto convencional.....	47
FIGURA 29 – Pesagem do corpo de prova com 72h concreto 0,5% e 1% de detergente neutro respectivamente .....	48

FIGURA 30 – Prensa utilizada no rompimento dos corpos de prova.....	48
FIGURA 31 – Corpo de prova rompido concreto convencional.....	49
FIGURA 32 – Corpo de prova rompido concreto 0,5% de detergente neutro.....	49
FIGURA 33 – Corpo de prova rompido concreto 1% de detergente neutro.....	49
GRÁFICO 1 – Média da absorção de água de cada traço com 28 dias de idade.....	52
GRÁFICO 2 – Média da ascensão capilar de cada traço com 28 dias de idade.....	52

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Lista de materiais utilizados.....	37
TABELA 2 – Quantidade de corpos de prova confeccionados para cada traço.....	38
TABELA 3 – Traço unitário.....	38
TABELA 4 – Traço referência (Traço 1) .....	39
TABELA 5 – Traço com adição de 0,5% de detergente neutro (Traço 2) .....	39
TABELA 6 – Traço com adição de 1% de detergente neutro (Traço 3) .....	39
TABELA 7 – Proporção dos traços.....	39
TABELA 8 – Resultados da pesagem a absorção de água aos 28 dias.....	50
TABELA 9 – Média dos valores encontrados na absorção de água com 28 dias de idade.....	51

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NBR	Norma Brasileira
RA	Redutores de Água
CH	Controlador de Hidratação
AP	Acelerador de Pega
AR	Acelerador de Resistência
CR	Compensadores de Retração
RR	Redutores de Retração
IA	Incorporadores de Ar
MV	Modificadores de Viscosidade
CP	Cimento Portland
SI	Sistema Internacional
a/c	água / cimento

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	15
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	17
2.1	Concreto	17
2.2	Tipos de Concreto	19
2.3	Propriedades do Concreto	20
2.3.1	Massa específica	20
2.3.2	Resistência à abrasão	21
2.3.3	Resistência à compressão	21
2.3.4	Resistência à tração	23
2.3.5	Resistividade Elétrica	24
2.3.6	Durabilidade	24
2.4	Aditivos Químicos	25
2.4.1	Acelerador de pega	25
2.4.2	Retardadores de pega	26
2.4.3	Incorporadores de ar	27
2.4.4	Aditivos dispersantes	28
2.5	Uso do detergente no concreto	29
2.6	Ensaio de determinação da absorção de água por capilaridade	30
2.6.1	Aparelhagem	30
2.6.2	Preparo dos corpos de prova	30
2.6.3	Realização do ensaio	31
2.6.4	Resultados	32
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b>	33
<b>4</b>	<b>PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL</b>	34
4.1	<i>Speedy Test</i>	34
4.2	<i>Slump Test</i>	35
4.3	Ensaio de determinação da absorção de água por capilaridade: execução	37
4.3.1	Materiais utilizados	37

4.3.2 Dosagem .....	38
4.3.3 Confecção dos corpos de prova .....	40
4.3.3.1 <i>Pesagem e separação do material</i> .....	40
4.3.3.2 <i>Preparação do traço</i> .....	42
4.3.3.3 <i>Adensamento e cura</i> .....	43
4.3.4 Ensaio de determinação da absorção de água por capilaridade .....	45
4.3.4.1 <i>Generalidades</i> .....	45
4.3.4.2 <i>Ensaio aos 28 dias</i> .....	45
<b>5 RESULTADOS</b> .....	<b>50</b>
<b>5.1 Ensaio de determinação de absorção de água</b> .....	<b>50</b>
<b>6 DISCUSSÃO</b> .....	<b>53</b>
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>54</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>55</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O concreto de cimento Portland é um dos materiais mais utilizados e importantes na construção civil (FILHO,2022). Para obter o aperfeiçoamento em suas características, dependendo da sua área de utilização foram criados os aditivos químicos, que colocados a mistura do concreto de cimento Portland conseguem melhorar suas propriedades.

Os aditivos têm como finalidade modificar uma ou mais propriedades específicas do concreto, pode-se dizer que o desempenho do aditivo para um determinado fim só será observado em concretos criteriosamente dosados e tendo-se em conta as suas propriedades e limitações (CASTRO S.,2017, p.10).

Os produtos utilizados como aditivos químicos na construção civil são criados em empresas especialistas em concreto e que possuem conhecimento das características químicas do mesmo e também do aglomerante. Segundo a ABNT NBR 11768/2019 os aditivos químicos são classificados em: redutores de água (RA1 e RA2), controladores de hidratação (CH), aceleradores de pega (AP), aceleradores de resistência (AR), compensadores de retração (CR), redutores de retração (RR), incorporadores de ar (IA) e modificadores de viscosidade (MV).

Os aditivos químicos vêm sendo utilizados no concreto com a finalidade de reduzir o consumo de água sem modificar sua consistência, controlar a hidratação do cimento e acelerar o seu tempo de pega, compensar as reações a/c do concreto reduzindo sua retração, incorporar microbolhas para manter sua estabilidade e reter a água diminuindo o efeito de exsudação.

Nos últimos anos, houve uma crescente utilização do detergente neutro em obras com a intenção de melhorar as características do concreto. De acordo com os trabalhadores da construção civil, a utilização do detergente neutro no concreto promove uma melhor trabalhabilidade, sendo mais acessível financeiramente e realizando a mesma função de outros aditivos encontrados no mercado. Esse tipo de adição acontece sem nenhum acompanhamento do profissional da área de engenharia e sem estudo prévio, que possa ter uma compreensão melhor das consequências causadas ao concreto. (CURTY, PAULA E MIRANDA, 2019).

A problemática se forma em torno das consequências que a adição do detergente no concreto pode causar. Podem ser confirmadas de fato essas consequências? Se existirem, de que maneira elas podem prejudicar a qualidade e a durabilidade do concreto de cimento Portland, relacionando aos aditivos existentes no mercado?

Sendo assim, a presente pesquisa visa comparar e analisar o uso de detergente neutro como aditivo químico em concretos, através do teste de absorção por capilaridade presente na ABNT NBR 9779/2012, verificando o comportamento de concretos com o detergente, em relação ao concreto convencional.

O objetivo do trabalho visa demonstrar ascensão capilar e trabalhabilidade dos concretos dos corpos de prova, identificar e comparar se concretos com uso de detergente neutro como aditivo plastificante em relação ao concreto tradicional tem algum malefício.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Concreto

O concreto é um material tradicional e amplamente utilizado na construção civil. Por isso, há a necessidade de seu estudo e desenvolvimento dos materiais que o constituem, além da otimização dos processos produtivos, gerando um produto final com características e propriedades uniformes, com ótimo desempenho e durabilidade conforme é exigido no mercado atual (MEHTA e MONTEIRO, 2014).

Esse material é composto por Cimento Portland (CP), agregados miúdos e graúdos e água. Por ser uma mistura considerada heterogênea, podem ser inseridos adições minerais e aditivos químicos para melhorar suas propriedades.

O Cimento Portland é composto por calcário, argila, gesso e adições. A primeira etapa do seu processo produtivo é a coleta do calcário na jazida. Em seguida, esse calcário é misturado com a argila e pulverizado. A mistura resultante é levada ao forno com temperaturas próximas dos 1450 °C. A partir disso, obtêm-se pelotas pequenas e duras, denominadas de clínquer. O clínquer é moído e misturado com gesso e outras adições (BORGES FILHO, 2022).

O Cimento Portland é fornecido em sacos que variam de 25kg à 50kg e deve ser armazenado em locais secos em cima de paletes, sendo conservados em seus sacos originais até serem utilizados (BORGES FILHO, 2022). Atualmente, existem cinco tipos principais de cimento, cada um com propriedades especiais para o controle de taxa de endurecimento ou inibição de reação química, são eles (Quadro 1):

**QUADRO 1** – Tipos de Cimento Portland.

SIGLA	NOME
CPI	CIMENTO PORTLAND COMUM
CPII	CIMENTO PORTLAND COMPOSTO
CPIII	CIMENTO PORTLAND DE ALTO FORNO
CPIV	CIMENTO PORTLAND POZOLÂNICO
CPV	CIMENTO PORTLAND DE ALTA RESISTÊNCIA INICIAL

**Fonte:** Campos, Rachel e col. (2011).

Segundo Bauer (2008 *apud* BORGES FILHO, 2022, p. 19), a definição de agregado é a seguinte: Material granuloso e inerte, que entra no preparo de concreto, contribuindo para a resistência mecânica e diminuindo o custo da mistura. A maior parte dos agregados se encontram disponíveis na natureza, como areia, seixos e pedras britadas. Os agregados podem ser divididos em dois tipos, sendo eles: agregado miúdo e agregado graúdo.

De acordo com a ABNT NBR 7211/2005, encaixa-se como agregado miúdo a areia de origem natural ou resultante do britamento de rochas estáveis, ou ainda, a mistura de ambas, em que os grãos atravessam a peneira 4,8 mm, mas ficam retidos na peneira de 0,075 mm. O material a ser utilizado precisa ser composto por grãos minerais duros, compactos, duráveis e limpos, livres de qualquer substância que possa ser nociva ao concreto.

Ainda segundo ABNT NBR 7211/2005, agregado graúdo é um material em que os grãos passam pela peneira com abertura de malha de 75 mm e ficam retidos na peneira com 21 abertura de malha de 4,75 mm. De acordo Mehta e Monteiro (1994 *apud* FILHO, 2022, p. 21), no Brasil, o agregado mais utilizado é a brita, com uso superior a 50% do consumo total de agregado graúdo nos concretos.

Além do Cimento Portland e dos agregados, outro material é bastante utilizado na composição do concreto, os aditivos químicos. Os aditivos são produtos químicos que quando adicionados a mistura do concreto podem modificar suas características de diversas formas, como: Aumento de trabalhabilidade; Mudança na viscosidade;

Modificação da retenção de água; Alteração do tempo de pega; Controle do desenvolvimento de resistência mecânica; Redução da fissuração térmica (INSTITUTO BRASILEIRO DE IMPERMEABILIZAÇÃO, 2021)

## 2.2 Tipos de Concreto

Por ser um componente bastante importante na construção civil, o concreto pode ser subdividido em alguns tipos principais, sendo eles: O concreto convencional, concreto bombeável, concreto magro, concreto armado, concreto protendido, concreto leve e o concreto de alto desempenho (SUPREMO CONCRETO, 2013).

O concreto convencional é um dos mais utilizados na construção civil, podendo ser depositado diretamente ao solo, em fundações, ou em fôrmas, para lajes e pisos. Com sua consistência mais seca e baixa trabalhabilidade, esse tipo de concreto precisa da utilização de ferramentas vibradoras (como o adensador mecânico) para um bom adensamento, evitando nichos que interferem na durabilidade da estrutura. O seu transporte deve ser realizado por meio de carros de mão, guias, elevadores ou caçambas, tendo uma alta quantidade de mão de obra, por sua aplicação manual (SUPREMO CONCRETO, 2013).

Já o concreto bombeável, é bombeado ao local final por uma tubulação, devido à alta fluidez e trabalhabilidade do material. Para chegar a essa fluidez, aumenta-se a quantidade de água na fórmula, diminuindo a granulometria do concreto. Esse tipo de material é bastante utilizado em obras verticais, pois seu método de transporte utilizado garante menos tempo de viagem e evita mais gastos com mão de obra (SUPREMO CONCRETO, 2013).

O concreto magro tem a função de preenchimento ou proteção mecânica, mas, sem função estrutural, com um baixo consumo de cimento, geralmente é usado em camadas de proteção, envelopamento de tubos, enchimentos de camadas, base de blocos, contrapisos e lastros (INOVA CIVIL, 2022).

O concreto armado na obra é encontrado quando são adicionadas armações de aço à mistura do concreto, aumentando a resistência a forças de compressão e tração. Bastante utilizado em pilares, vigas, lajes e outros componentes estruturais (INOVA CIVIL, 2022).

Já no caso do concreto protendido, são utilizados cabos de aço de grande resistência, à mistura do concreto. Esse tipo de concreto fornece a possibilidade de construção de vãos maiores que o do concreto convencional (INOVA CIVIL, 2022).

Existem ainda os concretos leves, que possuem baixa densidade, quando comparados aos demais e sua principal característica é a capacidade de isolamento térmico e acústico. Esse tipo de concreto, possui utilização ampla em lajes e contrapisos que necessitam de menos peso na estrutura da edificação (AFONSO FRANÇA ENGENHARIA, 2023).

Por fim, deve-se citar os concretos de alto desempenho. Esse tipo de concreto possui elevada resistência, maior durabilidade, menor permeabilidade e elevada trabalhabilidade, por conta dos aditivos superplastificantes (AFONSO FRANÇA ENGENHARIA, 2023).

## **2.3 Propriedades do Concreto**

Conforme Helene e Andrade (2007 *apud* FILHO, 2022, p.22), diversos fatores podem influenciar às propriedades do concreto. É importante ter um entendimento sobre o tema, de maneira que seja possível identificar quais e como essas variáveis podem afetar o desempenho do mesmo. Diferentes situações podem exigir modificação ou aprimoramento de uma ou mais propriedades desse material.

### **2.3.1 Massa específica**

A massa específica de qualquer substância vem de uma relação de propriedade física que leva a razão de uma massa compactada com o volume que a mesma pode ocupar, excluindo o volume de vazios. De acordo com o Sistema Internacional (SI) sua unidade é dada por  $\text{kg/m}^3$  (CABRAL, 2007).

No que se diz respeito a tecnologia do concreto, os espaços que são ocupados pelas partículas quando desprezados os vazios internos são de interesse, podendo gerar uma massa específica real ou absoluta (MEHTA E MONTEIRO, 2014).

Os concretos estruturais devem ter massas específicas normais de acordo com a ABNT NBR 6118/2014. Portanto, depois da sua secagem em estufa eles devem compreender a média da massa entre  $2000 \text{ kg/m}^3$  e  $2800 \text{ kg/m}^3$ . A fim de manter precisão dos cálculos, podem ser adotados  $2400 \text{ kg/m}^3$  para concretos simples e  $2500 \text{ kg/m}^3$  para concretos armados. Na ABNT NBR 9778/2009 é possível encontrar o passo a passo para descobrir a massa específica do concreto endurecido.

### 2.3.2 Resistência à abrasão

O desgaste por abrasão se refere ao atrito seco, podendo-se citar o caso dos pavimentos e pisos industriais, atritados pelo tráfego de veículos e pessoas, devido à movimentação de partículas (ALMEIDA, 2000 *apud* VIECILLI, 2004).

A resistência à abrasão é o processo que causa desgaste superficial no concreto por esfregamento, enrolamento, escorregamento ou fricção constante, existem fatores que também podem influenciar no desgaste à abrasão, são eles: a resistência superficial e a dureza do concreto (NEVILLE, 2016).

A utilização de agregados graúdos mais resistentes e o aumento da resistência à compressão (no mínimo 28 MPa), elevam a sua resistência à abrasão sendo recomendáveis também, uma baixa relação água/cimento, com granulometria, lançamento e adensamento adequados (NEVILLE, 2016).

### 2.3.3 Resistência à compressão

Nos sólidos existe uma relação inversa fundamental entre porosidade (fração volume de vazios) e resistência. Com isso, os agregados naturais, por serem normalmente densos e resistentes, permitem que a porosidade da pasta de cimento endurecida, as características da zona de transição entre matriz (pasta) e o agregado graúdo determinem à resistência dos concretos usuais (METHA e MONTEIRO, 2014).

A resistência a compressão de um material depende da capacidade que o mesmo possui de suportar uma carga sem que aconteça uma deformação excessiva ou ruptura. Essa propriedade é específica do material, sendo estabelecida experimentalmente (NEVILLE, 2016).

A norma ABNT NBR 16886/2020, orienta como deve ser feito as etapas para verificar de forma precisa a resistência à compressão de determinado concreto. Inicialmente, deve-se definir os volumes a serem coletados para se moldar corpos de prova. A ABNT NBR 5738/2015, determina os procedimentos para a moldagem e cura dos corpos de prova, podendo ser realizados por imersão em água ou em câmara úmida, com sua temperatura relativa de ar controlada. Os corpos de prova devem ser cilíndricos, sendo mais comumente utilizados no Brasil, os de 10 cm de diâmetro por 20 cm de altura e os de 15 cm de diâmetro por 30 cm de altura.

Segundo Pinheiro (2004), resistência à compressão, denominada  $f_c$ , é a característica mecânica mais importante de um concreto. Para estimá-la, são moldados e preparados corpos de prova para realização de ensaio segundo a NBR 5739/2018 – Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. A fim de se obter o resultado de cada amostra, utiliza-se a fórmula abaixo, conforme a norma ABNT NBR 5739/2018:

$$f_c = \frac{4F}{\pi \times D^2}$$

no qual:

$f_c$  é a resistência à compressão, expressa em MegaPascals ( $M_{pa}$ );

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

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

### 2.3.4 Resistência à tração

Segundo Metha e Monteiro (2014 *apud* CABRAL,2007, p.163), estudando-se concretos com resistência à compressão entre 7 a 62 MPa, a razão entre a resistência à tração é diretamente em torno de 7% a 11%. Os elementos estruturais são projetados sob a condição de que o concreto não resistirá as tensões de tração.

A resistência à tração do concreto é determinada em três tipos de ensaios diferentes: Ensaio de tração direta; Ensaio de tração na compressão diametral (*splitting test*) e; Ensaio de tração na flexão.

A tração direta está relacionada a 10% quando comparada a da compressão, já na tração diametral é considerada como a mesma relação tendo uma margem de erro de 1% maior. Portanto, a tração de flexão chega em 15% da resistência à compressão (RAPHAEL, 1984).

Segundo a ABNT NBR 6118/2014, a resistência à tração direta do concreto  $f_{ct}$  pode ser considerada igual a  $0,9 f_{ct, sup}$  (resistência a tração superior) ou  $0,7 f_{ct, inf}$  (resistência a tração inferior), ou na falta de ensaios para obtenção de  $f_{ct, sup}$  e  $f_{ct, inf}$  pode ser avaliado o seu valor médio ou característico por meio das seguintes equações descritas a seguir:

$$\begin{aligned} f_{ct,m} &= 0,3 f_{ck}^{2/3} \\ f_{ctk,inf} &= 0,7 f_{ct,m} \\ f_{ctk,sup} &= 1,3 f_{ct,m} \end{aligned}$$

No qual,  $f_{ct, m}$  e  $f_{ck}$  são expressos em MegaPascal (MPa), sendo  $f_{ckj}$  maior ou igual a 7 Mpa. Estas expressões podem também ser usadas para idades diferentes de 28 dias.

### 2.3.5 Resistividade Elétrica

Resistividade elétrica é definida pela passagem de corrente elétrica e considerada uma propriedade física do concreto, que está relacionada a corrosão das armaduras nos concretos armados. Sua resistividade pode ser obtida através das análises superficiais e volumétricas, onde os movimentos dos elétrons livres no seu interior atravessam do menor para o maior polo, ocasionando a resistividade quando chocados com a corrente elétrica (LENCIONI, 2010 *apud* LAGE, 2018).

Um fator importante que influi diretamente na resistividade, é a natureza em que o material é feito. Pois, quanto mais elétrons livres esse material tiver, mais fácil ele constituirá uma corrente elétrica. Vale ressaltar, que quanto maior seção transversal e o comprimento desse material, menos resistente ele será, por conta da sua facilidade na passagem de elétrons (LAGE, 2018).

### 2.3.6 Durabilidade

Ter uma vida útil longa é considerada sinônimo de durabilidade. A durabilidade do concreto de cimento Portland é definida como sua capacidade de resistir à ação de intempéries, ataque químico, abrasão, ou qualquer outro processo de deterioração. Em outras palavras, um concreto durável preservará sua forma, qualidade e capacidade de uso originais quando exposto ao ambiente de uso para o qual foi projetado (METHA; MONTEIRO, 2008).

Nenhum material é propriamente durável. Como resultado de interações ambientais, a microestrutura e, conseqüentemente, suas propriedades mudam com o tempo. Um material atinge o fim de sua vida útil quando suas propriedades, sob determinadas condições de uso, tiverem se deteriorado de tal forma que a continuação de sua utilização se torna insegura e antieconômica (METHA; MONTEIRO, 2008).

Uma diretriz geral, encontrada na literatura técnica, ressalta que a durabilidade da estrutura do concreto é determinada por quatro fatores, identificados como regra dos 4c: composição ou traço do concreto; compactação ou adensamento efetivo do concreto na

estrutura; cura efetiva do concreto na estrutura; cobrimento das armaduras (HELENE, 2001).

Nessa mesma linha de raciocínio a resistência do concreto aos diferentes meios agressivos depende da natureza e tipo dos seus materiais constituintes assim como da composição ou dosagem do concreto, ou seja, depende do tipo e consumo de cimento, tipo e consumo de adições, relação da água com o cimento, natureza do agregado (HELENE, 2001).

## **2.4 Aditivos Químicos**

A norma ABNT NBR 11768/2019, apresenta especificação na utilização de aditivos químicos, como modificadores das propriedades do concreto. O aditivo químico vem com o objetivo de reduzir o consumo de água no concreto sem modificar sua consistência (RA1 E RA2), controlar a hidratação do cimento (CH), acelerar o tempo de pega do concreto (AP), aumentar a taxa de desenvolvimento da resistência inicial do concreto alterando ou não seu tempo de pega (AR), compensar as reações a/c do concreto e suas tensões de retração (CR), reduzir a retração por secagem do concreto e sua tensão superficial (RR), incorporação de microbolhas no concreto para manter a estabilidade do concreto (IA) e podem reter a água do concreto diminuindo o efeito de exsudação (MV).

Muitos são os aditivos químicos existentes no mercado nacional. A seguir, serão explanadas as definições e características dos principais aditivos químicos para o concreto.

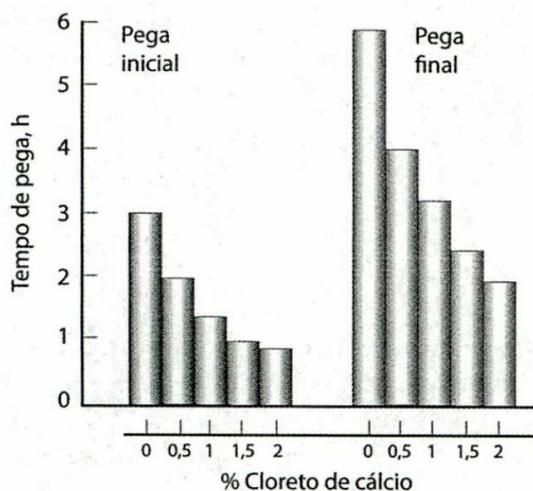
### **2.4.1 Acelerador de pega**

Os aditivos aceleradores de pega (AP), são misturados ao concreto com intuito de diminuir o tempo de transição do estado de plasticidade para o estado endurecimento do mesmo. Utilizados no preparo de argamassas de pega rápida, concretos para pavimentos e elementos pré-moldados (MEHTA e MONTEIRO, 2014).

Esse tipo de aditivo químico é adicionado em peças concretadas, para se obter resistência mecânica mais elevada nas primeiras horas ou quando a concretagem ocorre em condições de temperaturas muito baixas (MEHTA e MONTEIRO, 2014).

De acordo com Mailvaganam et al. (1999 apud FILHO, 2022, p. 41), os aditivos aceleradores são baseados principalmente nas seguintes matérias primas: cloreto de cálcio, nitrato de cálcio, formato de cálcio e tiocianatos. Por exemplo, o cloreto de cálcio ( $\text{CaCl}_2$ ) acelera tanto o tempo de pega como o ganho de resistência. Na Figura 1 é possível verificar o efeito do uso do cloreto de cálcio no tempo de pega do cimento.

**FIGURA 1** – Efeito da adição de cloreto de cálcio no tempo de pega do cimento Portland.



**Fonte:** Metha e Monteiro (2008).

#### 2.4.2 Retardadores de pega

Os aditivos retardadores de pega são substâncias que aumentam o tempo em que o concreto sai da plasticidade para o endurecimento. Esse tipo de aditivo é utilizado em dias de concretagem mais quentes, onde o tempo de pega do concreto é bem mais curto por conta da sua temperatura elevada. Como consequência desse retardamento, o concreto que está sujeito a esse tipo de aditivo sofre um atraso no desenvolvimento de sua resistência inicial e um tempo a mais na sua resistência final (MEHTA e MONTEIRO, 2014).

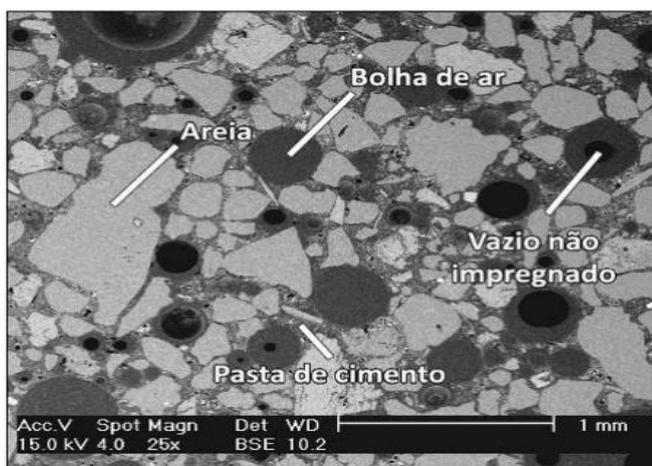
Esse tipo de aditivo é encontrado em compostos orgânicos, como: Lignossulfonatos, ácidos carboxilatos, fósforos e açúcares. O atraso que acontece nesse tipo de aditivo pode ser de grande interesse, já que isso pode provocar uma diminuição na taxa de calor quando colocado na mistura e conseqüentemente reduzir as possibilidades de fissuras nesse concreto devido as variações térmicas (MEHTA e MONTEIRO, 2014).

#### 2.4.3 Incorporadores de ar

Os aditivos incorporadores de ar (IA), surgiram no final da década de 30, quando foi verificado que a colocação de pequenas bolhas de ar distribuídas em meio a mistura obtinha um concreto mais durável em meio aos efeitos do gelo e do degelo (MEHTA e MONTEIRO, 2014).

Os aditivos incorporadores de ar melhoram a consistência e trabalhabilidade, diminuindo a densidade e melhorando suas propriedades térmicas. Tendo em vista que a dimensão, espaçamento e quantidade de microbolhas dispersas no concreto são parâmetros importantes nesse quesito, já que o aditivo incorporador de ar tem a função de reduzir a tensão superficial da água, favorecendo a formação de pequenas bolhas esféricas e evitando a coalescência de bolhas dispersas (MEHTA e MONTEIRO, 2014); Na Figura 2 abaixo, verifica-se a microestrutura de um concreto com incorporação de ar.

**FIGURA 2** – Microestrutura de concreto após a incorporação de ar.



Fonte: Silva *et al*, 2009.

O concreto com ar incorporado não é indicado em concretagem de estruturas com elementos flutuantes, viadutos e pontes, pois esse tipo de concreto não protege totalmente a armadura de aço da estrutura e produz uma resistência de baixa compressão (FILHO, 2022).

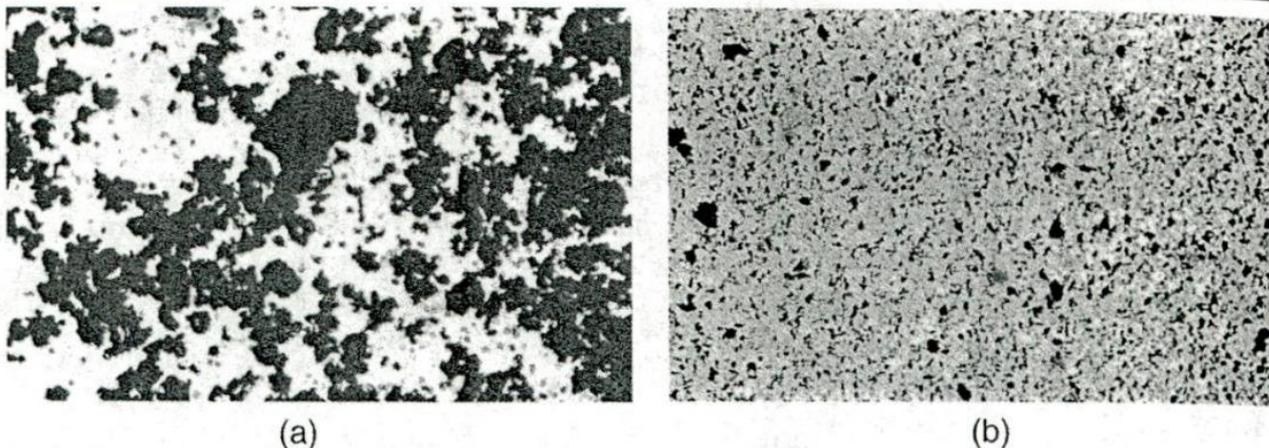
#### 2.4.4 Aditivos dispersantes

Conhecido como redutor de água, esse tipo de aditivo permite uma redução na quantidade de água da mistura sem modificar a trabalhabilidade do concreto em seu estado fresco, ou seja, quando adicionados ao concreto em sua dosagem ideal não modificam de maneira significativa a hidratação do cimento. Esse tipo de aditivo tem o propósito de aumentar a resistência da mistura diminuindo a relação a/c, mantendo a mesma consistência (GELARDI; FLATT, 2015). É válido ressaltar, que é possível utilizar os aditivos dispersantes apenas para o ganho da trabalhabilidade de determinado concreto (ganho de fluidez), mantendo os mesmos parâmetros do seu traço. Os aditivos dispersantes podem ser divididos em:

- Plastificantes: com sua redução de água mínima de 5%;
- Superplastificantes tipo I: com sua redução de água mínima de 12%;
- Superplastificantes tipo II: com sua redução de água mínima de 20%.

Outra característica desse tipo de aditivo, é que a resistência a longas idades também pode aumentar, devido a melhor distribuição do cimento disperso ao longo da matriz do concreto, diminuindo a possibilidade de entrada de agentes agressivos e melhorando a sua durabilidade (GELARDI; FLATT, 2015). Na Figura 3 abaixo é possível verificar a flocculação de uma mistura contendo cimento e água e a dispersão do sistema após a inserção de aditivo superplastificante.

**FIGURA 3** – (a) Floculação da mistura contendo cimento e água (b) Dispersão do sistema após a inserção de aditivo superplastificante.



Fonte: Gelardi; Flatt, 2015.

## 2.5 Uso do detergente no concreto

Atualmente, tem se verificado a utilização do detergente em obras de pequeno porte como um substituto do aditivo no concreto. Essa prática vem sendo justificada, pois o detergente em poucas quantidades, fornece uma maior trabalhabilidade ao concreto. Por ser um material de baixo custo, o produto se torna mais atrativo que outros aditivos do mercado. Porém, é preciso identificar como essa adição se comporta no interior da mistura e quais benefícios e/ou malefícios o seu uso pode trazer a curto, médio e longo prazo (CURTY, PAULA E MIRANDA, 2019).

Pesquisas sobre a incorporação do detergente no concreto ainda seguem de forma escassa. Entretanto, nas poucas que existem, verifica-se que o comportamento desse produto se assemelha a um incorporador de ar. Quando se aplica o detergente em um traço de concreto, há o deslocamento de partículas de sujeiras de natureza apolar que entra nas micelas (película protetora formada pelo detergente), evitando que essas partículas voltem a sujar onde já se encontra limpo, promovendo maior fluidez na pasta (CURTY, PAULA E MIRANDA, 2019).

É importante ressaltar, que quando os aditivos são mal dosados podem fazer a reação inversa as propriedades do concreto, ao invés de ajudar, prejudicam. Assim, com a adição do detergente pode acontecer a mesma coisa, dando ênfase que o estudo sobre

essa adição na mistura é de grande importância, por ter se tornado uma prática muito comum no cenário construtivo de obras de pequeno porte.

## **2.6 Ensaio de determinação da absorção de água por capilaridade**

### **2.6.1 Aparelhagem**

Para a realização do ensaio, devem ser seguidos os seguintes parâmetros definidos pela ABNT NBR 9779/2012:

- Estufa com dimensões internas apropriadas para armazenar corpos de prova de argamassa ou de concreto, com capacidade para manter a temperatura de (105°C);
- Recipiente com dimensões internas apropriadas para armazenar corpos de prova de argamassa ou de concreto, com tampa, com uma única abertura com área inferior ou igual a 1% da área da seção transversal do recipiente, e com um dispositivo que garanta um nível de água constante;
- Bases que mantenham os corpos de prova afastados do fundo do recipiente e que permitam um contato efetivo entre a sua face inferior e a água;
- Balança com resolução mínima igual a 0,025 % da massa do corpo de prova;

### **2.6.2 Preparo dos corpos de prova**

Segundo a ABNT NBR 9779/2012, devem ser tomados os seguintes cuidados com os corpos de prova:

- Os corpos de prova de argamassa devem ser moldados de acordo com a ABNT NBR 7215/2019, e os de concreto de acordo com a ABNT NBR 5738/2015, ou obtidos a partir de testemunhos extraídos de acordo com a ABNT NBR 7680/2007 isentos de barras de aço. Para análise de composições de argamassa ou concreto, a amostra deve ser constituída de no mínimo três corpos de prova;

- Para o exame de artefatos ou peças endurecidas, a amostra deve ser constituída de no mínimo três corpos de prova, obtidos de testemunhos extraídos, devendo apresentar, cada um deles, no mínimo: 195 cm<sup>3</sup>, no caso de argamassas; 2.500 cm<sup>3</sup>, no caso de concreto preparado com agregado de dimensão característica máxima de até 50 mm; 10.000 cm<sup>3</sup>, no caso de concreto preparado com agregado de dimensão característica máxima superior a 50 mm;
- Os corpos de prova moldados devem estar isentos de óleo ou outros materiais aderidos na moldagem;
- Determinar a massa do corpo de prova ao ar e secá-lo em estufa à temperatura de (105°C), até constância de massa (Considera-se que a massa é constante, quando a diferença entre duas pesagens consecutivas do mesmo corpo de prova, entre períodos de 2 h de permanência na estufa, não exceder 0,5 % do menor valor obtido);
- Resfriar o corpo de prova à temperatura de (23 °C), em dessecador, e determinar sua massa seca ( $m_s$ ).

### 2.6.3 Realização do ensaio

A ABNT NBR 9779/2012 normatiza todos os procedimentos necessários para execução do ensaio de determinação de absorção de água por capilaridade, os quais seguem abaixo:

- Instalar o recipiente em um ambiente com temperatura constante de (23°C);
- Posicionar os corpos de prova sobre suportes, preenchendo com água o recipiente de ensaio, de modo que o nível de água permaneça constante a 05 mm acima de sua face inferior, evitando a molhagem de outras superfícies;
- Durante o ensaio, determinar a massa saturada ( $m_{sat}$ ) dos corpos de prova com 3 h, 6 h, 24 h, 48 h e 72 h, contadas a partir da colocação destes em contato com a água. Estes devem ser previamente enxugados com pano úmido;
- Completada cada etapa, os corpos de prova devem retornar imediatamente ao recipiente de ensaio;

- Após a última etapa, romper os corpos de prova por compressão diametral, conforme a ABNT NBR 7222/2011, de modo a permitir a anotação da distribuição da água no seu interior.

#### 2.6.4 Resultados

De acordo com a ABNT NBR 9779:2012, a determinação de absorção de água por capilaridade, deve ser calculada através da seguinte fórmula:

$$C = \frac{m_{sat} - m_s}{S}$$

Onde:

**C** é a absorção de água por capilaridade, expressa em gramas por centímetro quadrado (g/cm<sup>2</sup>);

**msat** é a massa saturada do corpo de prova que permanece com uma das faces em contato com a água durante um período de tempo especificado, expressa em gramas (g);

**ms** é a massa do corpo de prova seco, assim que este atingir a temperatura de (23°C), expressa em gramas (g);

**S** é a área da seção transversal, expressa em centímetros quadrados (cm<sup>2</sup>);

A mesma norma também realiza as seguintes orientações:

- A altura da ascensão capilar máxima interna deve ser expressa em centímetros (cm), e a distribuição interna da água absorvida deve ser desenhada (O ensaio não tem significado se a ascensão capilar máxima atingir a altura do corpo de prova);
- O relatório contendo os resultados do ensaio deve apresentar:
  - a) identificação do concreto ensaiado;
  - b) tipo do corpo de prova (moldado ou extraído);
  - c) forma e dimensões dos corpos de prova;
  - d) idade dos corpos de prova;
  - e) método de cura;
  - f) resultados obtidos conforme o cálculo da fórmula de absorção;
  - g) indicação de eventuais anomalias;

### 3. METODOLOGIA

O trabalho em questão foi desenvolvido através de estudo experimental de caráter quantitativo e pesquisas bibliográficas, com o intuito de determinar a absorção de água por capilaridade do concreto com adição de detergente neutro. O estudo foi realizado no Laboratório das engenharias e arquitetura Mestre Zuca, localizado na UNIFACOL, Bairro Universitário, Rua do Estudante, Vitória de Santo Antão/PE. A elaboração de tabelas foi realizada em ambiente virtual através do software Microsoft Office Excel, assim, como todo o trabalho foi redigido através do software Microsoft Office Word. Incluídos no estudo estão: o ensaio de *Slump Test*, o teste de umidade da areia (*Speedy Test*) e a determinação da absorção por capilaridade de três tipos de grupos de corpos de prova.

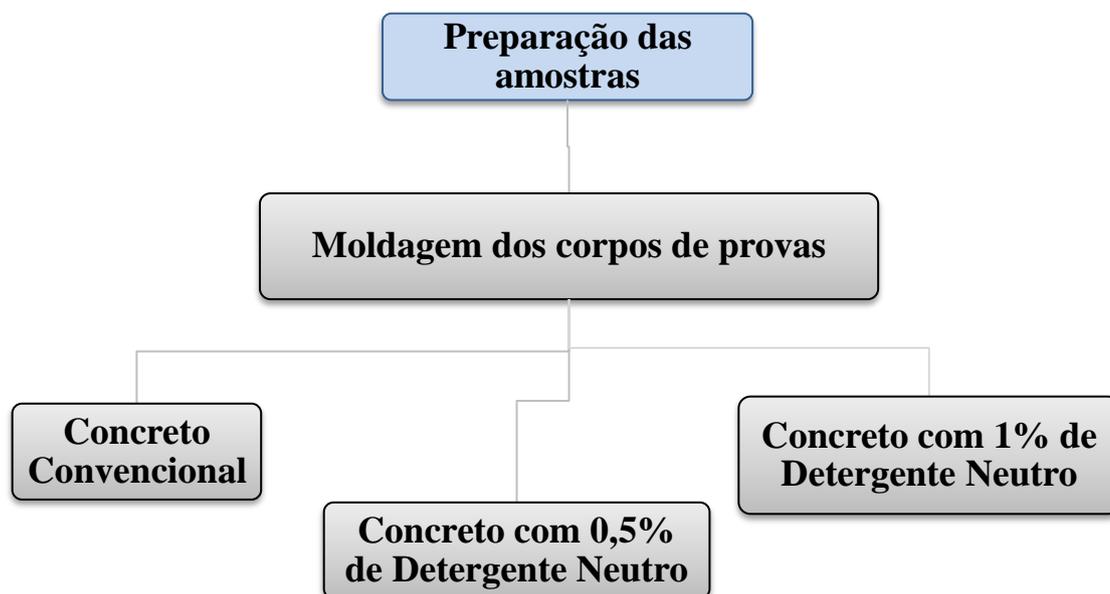
A fim de cumprir o objetivo do trabalho, decidiu-se moldar três grupos de corpos de prova. Cada grupo com três exemplares, para após o prazo de 28 dias de cura úmida do concreto ser realizada a determinação da absorção de água por capilaridade. O traço foi determinado através de pesagem na proporção 1:2:3 (1 parte de aglomerante: cimento Portland, para duas partes de areia e três partes de brita), mais usual na região e relação água cimento de 0,55. Para a mistura do traço foi utilizado o cimento Portland CP-II F-32, areia lavada, brita 19, água e como aditivo químico foi utilizado o detergente neutro.

Foram realizados 3 grupos de corpos de prova, todos com o traço de 9 kg de cimento Portland, 18 kg de areia, 27 kg de brita e 4 kg de água (com a correção de umidade da areia). Em todos os grupos foram realizados os ensaios de *slump test*, conforme a ABNT NBR 16889/2020. O primeiro grupo foi moldado apenas com o concreto no traço estabelecido, servindo de grupo piloto, já o segundo grupo foi preparado com adição de 0,5% de detergente em relação ao peso do cimento, enquanto o terceiro grupo foi moldado com adição de 1%. Todos os corpos de prova foram moldados conforme a norma ABNT NBR 5738/2015, no laboratório das engenharias e arquiteturas Mestre Zuca, na UNIFACOL, com o intuito da realização de teste de absorção por capilaridade.

#### 4. PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

A Figura 4 define a ordem de realização do procedimento experimental aplicados na pesquisa.

FIGURA 4 – Procedimento Experimental.



Fonte: Autora (2023).

##### 4.1. *Speedy Test*

Segundo a ABNT NBR 16097/2012 – Solo – Determinação do teor de umidade – Métodos expeditos de ensaio, este ensaio vem com objetivo determinar o teor de umidade pela pressão do gás resultante da reação da água, contida na amostra, com o carbureto de cálcio, que se introduz no aparelho. Para executar do ensaio, depositou-se 20 g de areia lavada como amostra, duas esferas de aço e uma ampola de carbureto de cálcio. Em seguida, fechou-se o recipiente e agitou vigorosamente até estabilizar a pressão resultante da reação exotérmica entre o carbureto e a água contida na amostra, para assim efetuar a leitura da pressão no manômetro e posteriormente obter o teor de umidade, expresso em porcentagem. A aparelhagem utilizada no teste é mostrada a seguir, na Figura 5 e 6.

**FIGURA 5** – Aparelhagem *Speedy Test*.

**Fonte:** Autora (2023).

**FIGURA 6** – Pesagem da areia lavada.

**Fonte:** Autora (2023).

#### 4.2 *Slump Test*

Segundo a ABNT NBR 16889/2020 – Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone, o ensaio de abatimento do concreto utiliza a aparelhagem da Figura 7 e objetiva medir a consistência do concreto, com o preenchimento do tronco de cone em três camadas de concreto, onde foram executados 25 golpes em cada camada, penetrando parcialmente a camada inferior. Finalizadas as camadas, o tronco foi suspenso vagarosamente (Figura 8) e apurando a medida entre a haste e o centro da amostra obteve-se o resultado do abatimento (FIGURAS 9,10 e 11).

**FIGURA 7** – Aparelhagem *Slump Test*.



**Fonte:** Autora (2023).

**FIGURA 8** – Execução de *Slump Test*.



**Fonte:** Autora (2023).

**FIGURA 9** – Resultado *Slump Test* grupo 1 (Piloto).



**Fonte:** Autora (2023).

**FIGURA 10** – Resultado *Slump Test* grupo 2 (0,5% detergente).



**Fonte:** Autora (2023).

**FIGURA 11** – Resultado *Slump Test* grupo 3 (1% detergente).



**Fonte:** Autora (2023).

### 4.3 Ensaio de determinação da absorção de água por capilaridade: execução

#### 4.3.1 Materiais utilizados

Para realização do procedimento experimental foram utilizados os materiais listados na Tabela 1:

**TABELA 1** – Lista de materiais utilizados.

Cimento	CPII - F32
Agregado graúdo	Brita com diâmetro máximo de 19mm
Agregado miúdo	Areia grossa lavada
Aditivo químico	Detergente neutro
Água	Água potável

**Fonte:** Autora (2023).

### 4.3.2 Dosagem

Foram moldados nove corpos de prova de 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura. A Tabela 2 a seguir mostra a quantidade de corpos de prova confeccionados para cada traço.

**TABELA 2** – Quantidade de corpos de prova confeccionados para cada traço.

Traço	Corpo de prova (und)
SEM ADIÇÃO	3
DETERGENTE NEUTRO 0,5%	3
DETERGENTE NEUTRO 1 %	3

**Fonte:** Autora (2023).

O traço unitário utilizado encontra-se na Tabela 3 a seguir.

**TABELA 3** – Traço unitário.

Cimento	Agregado miúdo (Areia)	Agregado graúdo (Brita 19mm)	Água
1,00 kg	2,00kg	3,00kg	0,551

**Fonte:** Autora (2023).

A Tabela 4 contém (em massa) a quantidade utilizada de material para moldagem dos três corpos de prova sem adição, já com a correção de umidade da areia no volume de água, passando de 4,95 para 4,00 litros. A umidade da areia foi encontrada, através do *Speedy Test*.

**TABELA 4** – Traço referência (Traço 1).

Cimento	Agregado miúdo (Areia)	Agregado graúdo (Brita 19mm)	Água
9,00kg	18,00kg	27,00kg	4,00l

**Fonte:** Autora (2023).

As Tabelas 5 e 6 descrevem o traço com adição de 0,5% e 1% de detergente neutro, respectivamente.

**TABELA 5** – Traço com adição de 0,5% de detergente neutro (Traço 2).

Adição de detergente 0,5%	Cimento	Agregado miúdo (Areia)	Agregado graúdo (Brita 19mm)	Água
0,044kg	9,00kg	18,00kg	27,00kg	4,00l

**Fonte:** Autora (2023).

**TABELA 6** – Traço com adição de 1% de detergente neutro (Traço 3).

Adição de detergente 1%	Cimento	Agregado graúdo (Areia)	Agregado miúdo (Brita 19mm)	Água
0,090kg	9,00kg	18,00kg	27,00kg	4,00l

**Fonte:** Autora (2023).

A Tabela 7 mostra a dosagem de material para cada traço de concreto produzido.

**TABELA 7** – Proporção dos traços.

	Cimento (kg)	Areia (kg)	Brita (kg)	Detergente (g)	Água (l)	fator a/c (%)	Slump Test (cm)
Grupo 1	9	18	27	-	4	0,55	21
Grupo 2	9	18	27	0,044	4	0,55	21
Grupo 3	9	18	27	0,09	4	0,55	21

**Fonte:** Autora (2023).

### 4.3.3 Confecção dos corpos de prova

#### 4.3.3.1 *Pesagem e separação do material*

Para realização da pesagem e separação do material foram utilizados baldes. Foram executados três traços, cada um com as respectivas massas descritas nas Tabelas 3, 4, 5 e 6. Todas as pesagens foram realizadas em balança padrão, desconsiderando o peso do balde, para não influenciar no traço. As Figuras 12, 13, 14, 15, 16, 17 e 18 a seguir, mostram as pesagens dos materiais utilizados na rodagem dos traços.

**FIGURA 12** – Pesagem 01 da brita.



**Fonte:** Autora (2023).

**FIGURA 13** – Pesagem 02 da brita (complemento).



**Fonte:** Autora (2023).

**FIGURA 14** – Pesagem do cimento.**Fonte:** Autora (2023).**FIGURA 15** – Pesagem da areia.**Fonte:** Autora (2023).**FIGURA 16** – Pesagem da água.**Fonte:** Autora (2023).**FIGURA 17** – Pesagem do detergente neutro com adição de 0,5%.**Fonte:** Autora (2023).

**FIGURA 18** – Pesagem do detergente neutro com adição de 1%.



**Fonte:** Autora (2023).

#### *4.3.3.2 Preparação do traço*

Após a pesagem e separação de todo material necessário, foram realizados os traços para confecção dos corpos de prova. Foi utilizada uma betoneira usual, com capacidade de 150 litros. Antes de cada procedimento realizou-se a limpeza da betoneira para evitar que algumas impurezas ou restos de outros traços comprometessem o traço dosado. Depois da limpeza os materiais foram devidamente introduzidos na betoneira. Vale salientar, que a porcentagem de adição de detergente neutro utilizado em cada traço foi referente a vivências em obras de pavimentações e a trabalhos realizados anteriormente.

As Figuras 19 e 20 a seguir, mostram os materiais utilizados no traço e o equipamento utilizado para sua execução respectivamente.

**FIGURA 19** – Materiais usados nos traços (cimento, areia, brita, água e adição química).



**Fonte:** Autora (2023).

**FIGURA 20** – Execução do traço.



**Fonte:** Autora (2023).

#### 4.3.3.3 Adensamento e cura

Após a execução do traço, os corpos de prova foram moldados em fôrmas metálicas cilíndricas, com 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura. Em seguida, adensou-se cada corpo de prova com golpes conforme descrito na ABNT NBR 5738/2015. A desmoldagem das amostras foi feita desparafusando os moldes metálicos. As Figuras 21 e 22 mostram a moldagem e o adensamento com bastão metálico dos corpos de prova respectivamente. A Figura 23 mostra a finalização dos corpos de prova.

**FIGURA 21** – Moldagem dos corpos de prova.



Fonte: Autora (2023).

**FIGURA 22** – Adensamento dos corpos de prova.



Fonte: Autora (2023).

**Figura 23** – Finalização dos corpos de prova.



Fonte: Autora (2023).

Com os corpos de prova devidamente moldados e adensados, esperou-se 24 horas para submetê-los a cura submersa em água (cura úmida), como mostra a Figura 24.

**FIGURA 24** – Caixa d'água para cura úmida do concreto.



**Fonte:** Autora (2023).

#### 4.3.4 Ensaio de determinação da absorção de água por capilaridade

##### 4.3.4.1 Generalidades

O ensaio foi realizado aos 28 dias de idade e foram ensaiados três corpos de prova de cada traço. Totalizando nove corpos de prova ensaiados. Todos os ensaios seguiram as normas brasileiras e antes de sua execução todos os corpos de prova foram medidos.

##### 4.3.4.2 Ensaios aos 28 dias

Três amostras para cada traço foram retiradas aos 28 dias de idade da cura úmida. Todas elas foram medidas e identificadas. Assim que os corpos de prova foram retirados da cura, realizou-se a pesagem para obter sua massa molhada (Figura 25).

**Figura 25-** Pesagem dos corpos de provas para obtenção da massa molhada.



**Fonte:** Autora (2023).

Em seguida, as amostras foram colocadas na estufa para secagem à 105°C, como mostra na Figura 26.

**FIGURA 26** – Corpos de prova secados na estufa.



**Fonte:** Autora (2023).

Após 24hrs de secagem na estufa, as amostras foram novamente pesadas, para obtenção da sua massa seca. Posteriormente, foi aferido o diâmetro de cada corpo de prova e marcado 5 mm acima da sua base. Esse procedimento foi realizado para identificar a altura da água em que a base dos corpos de prova ficará em contato.

Na sequência, foram utilizados recipientes retangulares e de base regular para posicionar os corpos de prova em contato com a água. Entre o corpo de prova e o recipiente foram colocados cabos elétricos, a fim de garantir a altura de 5mm de contato da água com a base das amostras (Figura 27).

**FIGURA 27** – Corpos de prova em contato com a água para realização do ensaio.



**Fonte:** Autora (2023).

Durante o ensaio foi determinada a massa saturada dos corpos de prova com 3h, 6h, 24h, 48h e 72h, contados a partir da colocação dos corpos de prova na água. A cada pesagem, a superfície das amostras era enxugada previamente, e, posteriormente, as amostras eram devolvidas imediatamente ao recipiente de ensaio. As Figuras 28 e 29 a seguir mostram a pesagem de alguns corpos de prova.

**FIGURA 28-** Pesagem de corpo de prova com 72h concreto convencional.



**Fonte:** Autora (2023).

**FIGURA 29** – Pesagem de corpo de prova com 72h concreto 0,5% e 1% de detergente neutro respectivamente.



**Fonte:** Autora (2023).



**Fonte:** Autora (2023).

Após a última pesagem, todos os corpos de prova foram rompidos no sentido horizontal, em prensa hidráulica manual (Figura 30), permitindo aferir a altura da ascensão da água no interior do concreto (Figuras 31,32 e 33).

**FIGURA 30** – Prensa utilizada no rompimento dos corpos de prova.



**Fonte:** Autora (2023).

**FIGURA 31** – Corpo de prova rompido  
concreto convencional.



**Fonte:** Autora (2023).

**FIGURA 32** – Corpo de prova rompido  
0,5% detergente neutro.



**Fonte:** Autora (2023).

**FIGURA 33** – Corpo de prova rompido 1% detergente neutro.



**Fonte:** Autora (2023).

## 5. RESULTADOS

### 5.1 Ensaio de determinação de absorção de água

Os resultados obtidos nas pesagens estão descritos na Tabela 8

**TABELA 8** – Resultado da pesagem e ascensão capilar aos 28 dias.

Traço	Amostra	Massa molhada	Massa seca	Diâmetro	3hrs	6hrs	24hrs	48hrs	72hrs	Altura
Concreto convencional	1	4,166 kg	3,772 kg	10 cm	3,734 kg	3,734 kg	3,724 kg	3,724 kg	3,718 kg	18 cm
	2	4,182 kg	3,728 kg	10 cm	3,646 kg	3,646 kg	3,634 kg	3,634 kg	3,628 kg	8 cm
	3	4,181 kg	3,742 kg	10 cm	3,688 kg	3,688 kg	3,678 kg	3,678 kg	3,672 kg	9 cm
concreto com adição de 0,5% de detergente	1	3,206 kg	3,118 kg	10 cm	3,187 kg	3,178 kg	3,176 kg	3,176 kg	3,166 kg	20 cm
	2	3,216 kg	3,084 kg	10 cm	3,178 kg	3,180 kg	3,170 kg	3,170 kg	3,158 kg	10 cm
	3	3,250 kg	2,936 kg	10 cm	3,218 kg	3,220 kg	3,216 kg	3,216 kg	3,214 kg	16 cm
concreto com adição de 1% de detergente	1	3,164 kg	2,894 kg	10 cm	3,126 kg	3,128 kg	3,124 kg	3,124 kg	3,112 kg	17 cm
	2	3,162 kg	2,866 kg	10 cm	3,130 kg	3,132 kg	3,128 kg	3,128 kg	3,112 kg	17 cm
	3	3,194 kg	2,914 kg	10 cm	3,152 kg	3,154 kg	3,152 kg	3,152 kg	3,136 kg	17 cm

Fonte: Autora (2023).

A fórmula utilizada para obtenção da absorção de água dos corpos de prova, foi a descrita pela ABNT NBR 9779/2012:

$$C = \frac{m_{sat} - m_s}{S}$$

Onde:

**C** é a absorção de água por capilaridade, expressa em gramas por centímetro quadrado (g/cm<sup>2</sup>);

**msat** é a massa saturada do corpo de prova que permanece com uma das faces em contato com a água durante um período de tempo especificado, expressa em gramas (g);

**ms** é a massa do corpo de prova seco, assim que este atingir a temperatura de (23°C), expressa em gramas (g);

**S** é a área da seção transversal, expressa em centímetros quadrados (cm<sup>2</sup>);

Sendo assim, transformou-se os pesos tabelados, que estavam em quilogramas, em gramas e se iniciou o processo de cálculo da absorção de água de cada corpo de prova.

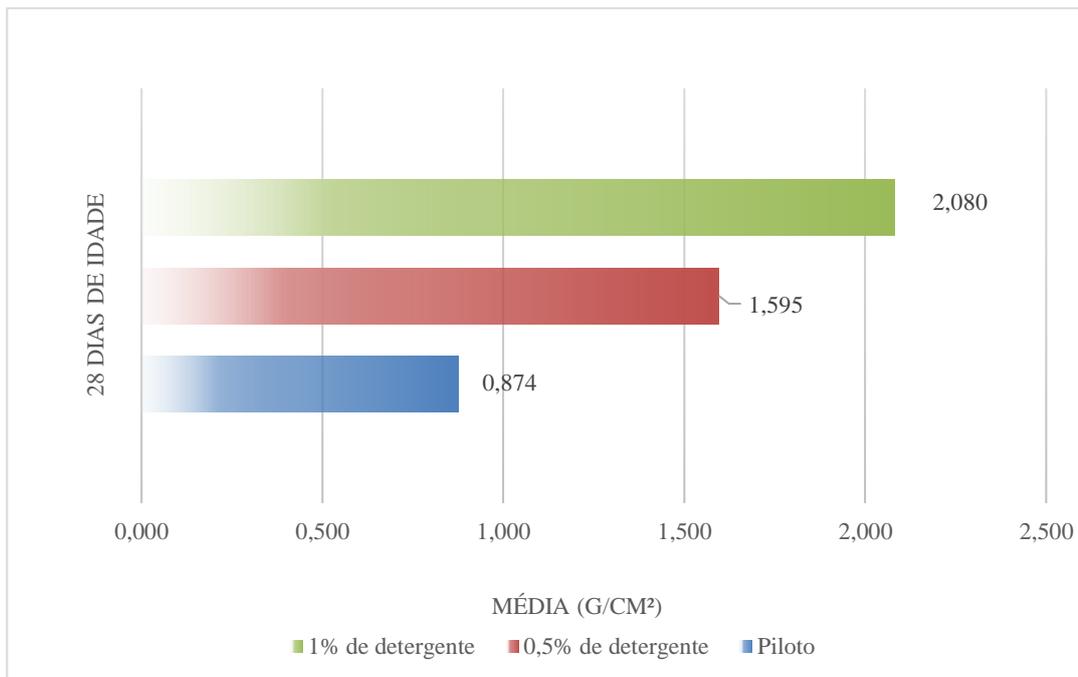
Para visualização em gráfico foram utilizadas as médias da absorção da água para cada grupo ensaiado. A Tabela 9 apresenta os valores encontrados.

**TABELA 9** – Média dos valores encontrados na absorção de água com 28 dias de idade.

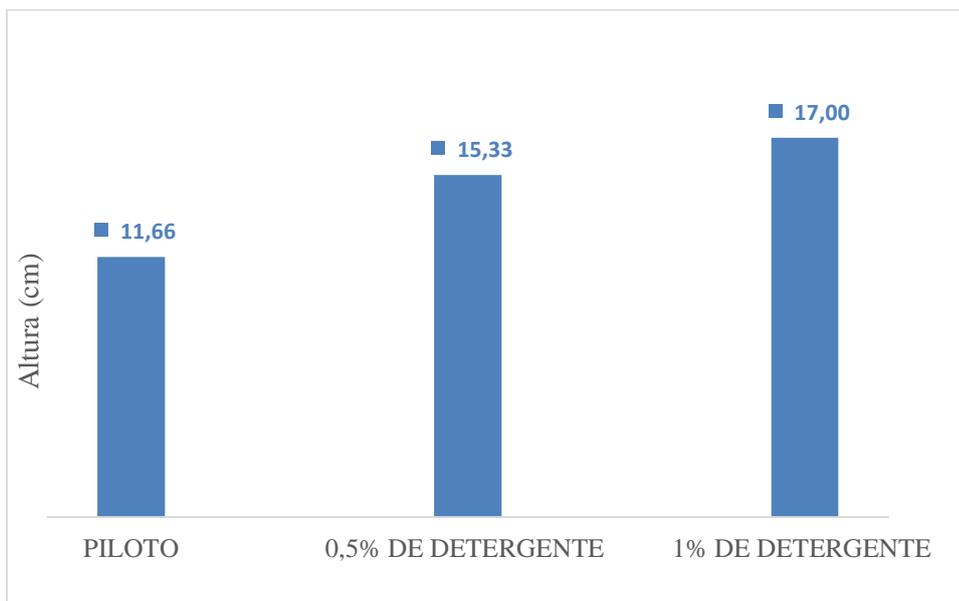
Traço	Amostra	Valor (g/cm <sup>2</sup> )	Média (g/cm <sup>2</sup> )
Concreto Convencional	1	0,611	0,874
	2	1,197	
	3	0,815	
Concreto com adição de 0,5% de detergente neutro	1	0,509	1,595
	2	0,738	
	3	3,539	
Concreto com adição de 1% de detergente neutro	1	2,776	2,080
	2	0,637	
	3	2,826	

**Fonte:** Autora (2023).

Nos Gráficos 1 e 2 a seguir, pode-se observar a relação da média do ensaio de determinação de absorção de água e a Ascensão Capilar obtidas com 28 dias de idade de cada grupo de amostras respectivamente.

**GRÁFICO 01**– Média da absorção da água de cada traço com 28 dias de idade.

**Fonte:** Autora (2023).

**GRÁFICO 02**– Média da ascensão capilar de cada traço com 28 dias de idade.

**Fonte:** Autora (2023).

## 6. DISCUSSÃO

Como analisado anteriormente nas figuras 9, 10, 11 e pela tabela 7, os resultados dos abatimentos do tronco de cone de cada grupo foram idênticos. Porém, as primeiras impressões observadas quando adicionado o detergente na mistura, foi uma maior fluidez da massa de concreto, tornando-a mais homogênea.

Analisando os dados obtidos no Gráfico 1, identifica-se que o grupo 1 (Piloto) obteve uma absorção de água de 0,874 g/cm<sup>2</sup>. O grupo 2 (com 0,5% de detergente) obteve uma absorção de água de 1,595 g/cm<sup>2</sup>. Já o grupo 3 (com 1% de detergente em sua composição) obteve uma absorção de água de 2,080 g/cm<sup>2</sup>.

Foi constatado in loco e nos resultados dos ensaios, que a absorção de água dos corpos de provas dos grupos 2 e 3, com as características já descritas nesse estudo, absorveram maior quantidade de água. Verificou-se também, que o concreto apresentou textura mais “esfarelenta” e porosa nas amostras com a presença do detergente neutro em sua composição.

Através do rompimento dos corpos de prova e da análise do Gráfico 2 (ascensão capilar), notou-se também, que tanto os corpos de prova do grupo 2 (0,5% detergente), quanto os do grupo 3 (1% detergente) apresentaram uma permeabilidade maior, comparado aos corpos de prova convencionais.

Um concreto de baixa permeabilidade apresenta valores reduzidos na relação água-cimento e uma boa cobertura da armadura. Quando isso ocorre, considera-se que ele reduz significativamente as chances de ter problemas com a durabilidade.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O detergente neutro apresentou bom desempenho quando se fala em trabalhabilidade do concreto, tornando-o mais maleável. Contudo, de acordo com a análise da absorção de água, executada aos 28 dias de idade, identificou-se aumento de 45,20% da absorção, para a adição de 0,5% de detergente em função da massa do cimento, e um aumento de 57,98% da absorção para adição de 1%, em relação a porcentagem de absorção do concreto do Grupo 1 (piloto). Sendo assim, os corpos de prova com adição de detergente neutro apresentaram maior permeabilidade da água em seu interior.

Portanto, a adição do detergente como aditivo foi benéfica à trabalhabilidade do concreto, porém, o uso do detergente no traço causou um efeito negativo na ascensão capilar, deixando o concreto mais permeável, o que pode provocar uma redução em sua durabilidade.

Em futuros ensaios, sugere-se a utilização de novas proporções na adição do detergente, com mais variedades na composição dos traços, fazendo com que possa contribuir para resultados mais conclusivos em relação à ascensão capilar do concreto quando utilizado detergente neutro como aditivo.

## REFERÊNCIAS

AFONSO FRANÇA ENGENHARIA. **8 Tipos de concreto utilizados na construção civil**, 2023. Disponível em: [www.afonsofranca.com.br/8-tipos-de-concreto-utilizados-na-construcao-civil](http://www.afonsofranca.com.br/8-tipos-de-concreto-utilizados-na-construcao-civil). Acesso em: 22 março 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 11768-1**: Aditivos químicos para concreto de cimento Portland Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 9479**: Argamassa e Concreto – Câmaras úmidas e tanques para cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16886**: Concreto – Amostragem de concreto fresco. Rio de Janeiro, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 9778**: Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 9779/**: Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de água por capilaridade. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16889**: Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7215**: Cimento Portland – Determinação de resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7222**: Concreto e argamassa – Determinação de resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16097**: Solo- Determinação do teor de umidade – Métodos expeditos de ensaio. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5739**: Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7211**: Agregados para concreto – Especificações. Rio de Janeiro, 2005.

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7680-1:** Concreto – Extração, preparo e ensaio de testemunhos de concreto. Rio de Janeiro, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5738:** Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6118:** Projeto de estruturas de Concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.
- BAUER, R. J. F. *et al.* **Influência dos endurecedores de superfícies sobre a resistência ao desgaste por abrasão** In: Congresso Brasileiro do Concreto–REIBRAC, 44, Belo Horizonte - MG. Anais... São Paulo: IBRACON, 2002 (CD Rom).
- CABRAL, Keillon Oliveira. **Influência da areia artificial oriunda da britagem de rocha de granito- gnaiss nas propriedades do concreto convencional no estado fresco e endurecido.** Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2007.
- CAMPOS, R; TORRES, T.J.V; KITNER,M.R. **Construção Civil -** Passo a passo da construção: Desde a escolha do terreno até o acabamento, Difusão Cultural do Livro, São Paulo, 2011.
- CASTRO, Stephane Macedo. **Análise de desempenho linear alquil benzeno sulfonato de sódio como incorporador de ar no concreto.** 53f. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Paraná, 2017.
- COUTO, José Antônio Santos. *et al.* **O concreto como material de construção.** Caderno de Graduação - ciência exatas e tecnológicas, Sergipe, 2013.
- CURTY, Eliane Batista; PAULA, Larissa Coutinho; MIRANDA, Marcelo Monteiro. **Detergente como aditivo plastificante no concreto.** Uni Redentor, Rio de Janeiro, 2019.
- DEMORI, Amanda Gomes; SILVA, Judson Ricardo Ribeiro da. **Detergente como aditivo tensoativo na construção civil.** IX EPCC – Encontro Internacional de Produção Científica Uni Cesumar, Paraná, 2015.
- FILHO, Walter Francisco Borges. **Tecnologia do concreto: Um estudo bibliográfico sobre aditivos,** Mato Grosso, 2022.
- GELARDI, G.; FLATT, R. J. **Working mechanisms of water reducers and superplasticizers** *Science and Technology of Concrete Admixtures*, v. 1, p. 257-278, 11 October 2015.
- HELENE, Paulo Roberto do Lago. **Introdução da vida útil no projeto das estruturas de concreto NBB/2001.** In: Workshop sobre durabilidade das construções. Novembro. São José dos Campos, 2001.

INOVA CIVIL. **Concreto: Os 8 principais tipos na construção civil**, 2022. Disponível em: [www.inovacivil.com.br/tipos-de-concreto/](http://www.inovacivil.com.br/tipos-de-concreto/). Acesso em: 22 março 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE IMPERMEABILIZAÇÃO. **Manual de utilização de aditivos químicos para concreto**, 2021.

LAGE, Eduardo Brandão Diniz. **Comparação dos métodos de ensaio não destrutivo para qualidade do concreto: resistividade elétrica superficial e volumétrica em corpo de prova**, Belo Horizonte, 2018.

MANHÃES, Guilherme; SOUZA, Lucas Vinicius da Silva; VIOLIN, Ronan Yuzo Takeda. **Análise de Viabilidade da incorporação de detergente sintético em concreto de cimento Portland**. I Mostra Interna de Trabalhos de Iniciação Tecnológica e Inovação, UNICESUMAR, Maringá-PR, 2016.

MEHTA, P. Kumar; MONTEIRO, Paulo J. M. **Concreto: microestruturas, propriedades e materiais**. 3. Ed. São Paulo: Ibracon, 2008.

MEHTA, Kumar; MONTEIRO, Paulo J. M. **Concreto – Microestruturas, Propriedades e Materiais**. 1. ed. São Paulo: Ibracon, 2014.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto**. Ed. 5º: Bookman, São Paulo, 2016.

PINHEIRO, Libânio M.; MUZARDO, Cassiane D.; SANTOS, Sandro P. **Estrutura de concreto – capítulo 2**. USP – Departamento de Engenharia de Estruturas, São Paulo, 2004. <http://www.fec.unicamp.br/~almeida/ec702/EESC/Concreto.pdf>. Acesso em: 20 março. 2023.

RAPHAEL, J. M. **Tensile Strength of Concrete**. *ACI Journal*, nº 2, Proceedings v.81, março - abril 1984, páginas 158-165.

SANCHEZ, Luiz Gustavo Zerbato. *et al.* **Avaliação das propriedades do estado fresco e endurecido do concreto cromático utilizando detergente como aditivo tensoativo**. Revista Científica UMC, outubro 2019.

SCHEIBLER, Matheus. **Estudo comparativo entre estruturas em concreto convencional e estruturas em lajes planas protendidas para edifícios com múltiplos pavimentos**: Análise de ponto de vista executivo, econômico e produtivo. Revista da Graduação, vol.5, No.1, 2012.

SILVA, N. G. *et al.* **Efeitos do ar incorporado nas propriedades do estado endurecido em argamassas de cimento e areia**. Congresso Brasileiro de concreto CBC, Santa Catarina, outubro 2009.

SUPREMO CONCRETO. **Tipos de concreto e suas aplicações**, 2013. Disponível em: [www.supremocimento.com.br](http://www.supremocimento.com.br). Acesso em: 22 março 2023.

VIECILI, Fábio André. **Influência da utilização dos endurecedores superficiais cimentícios da resistência à abrasão de pisos industriais de concreto**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Escola de Engenharia, Porto Alegre - RS, 2004.