

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

ANA CAROLINA FERNANDES DE SOUSA

**ANÁLISE DA RESISTÊNCIA DO CONCRETO APÓS APLICAÇÃO DE  
ADITIVOS IMPERMEABILIZANTES**

CAMPO MOURÃO

2018

ANA CAROLINA FERNANDES DE SOUSA

**ANÁLISE DA RESISTÊNCIA DO CONCRETO APÓS APLICAÇÃO DE  
ADITIVOS IMPERMEABILIZANTES**

Trabalho apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do curso superior de Engenharia Civil do Departamento Acadêmico de Construção Civil – DACOC – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me. Angelo Giovanni Bonfim Corelhano

CAMPO MOURÃO

2018



Ministério da Educação  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Câmpus Campo Mourão  
Diretoria de Graduação e Educação Profissional  
Departamento Acadêmico de Construção Civil  
Coordenação de Engenharia Civil



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso

**ANÁLISE DA RESISTÊNCIA DO CONCRETO APÓS APLICAÇÃO DE ADITIVOS  
IMPERMEABILIZANTES**

por

**Ana Carolina Fernandes de Sousa**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 13h do dia 15 de agosto de 2018 como requisito parcial para a obtenção do título de ENGENHEIRA CIVIL, pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Fabiana Goia Rosa de Oliveira**

( UTFPR )

**Prof. Me. Adalberto Luiz Rodrigues de  
Oliveira**

( UTFPR )

**Prof. Me. Angelo Giovanni Bonfim**

**Corelhano**

( UTFPR )

***Orientador***

Responsável pelo TCC: **Prof. Me. Valdomiro Lubachevski Kurta**

Coordenador do Curso de Engenharia Civil: **Prof. Dr. Ronaldo Rigobello**

*A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus pela minha vida, saúde e oportunidades concedidas. Por me dar forças dia após dia para continuar a alcançar meus objetivos. Por me amparar nas dificuldades através da fé e me dar uma família incrível.

Em especial a minha família, sobre tudo minha mãe e meus avós por confiarem em mim e me apoiarem durante esses longos anos longe de casa, me dando forças para continuar e um amor incondicional. A minha avó por auxiliar em minha criação e todas as orações a mim destinadas.

Aos professores que passaram pela minha vida acadêmica. A todos os professores que colaboraram com minha formação profissional. Em especial ao professor orientador Me. Giovanni Corelhano, que aceitou me auxiliar em uma etapa conturbada e decisiva do meu trabalho e, a professora Dr. Fabiana Goia pelas palavras de incentivo e toda ajuda oferecida. Ao técnico de laboratório pelo auxílio neste trabalho de conclusão de curso.

Todos meus amigos que estiveram presente desde o início da minha formação e que contribuíram para o meu amadurecimento na Universidade. Todos os amigos que torceram e torcem pelo meu sucesso.

## RESUMO

SOUSA, Ana Carolina Fernandes de. **Análise Da Resistência Do Concreto Após Aplicação De Aditivos Impermeabilizantes**. 2018, 40 pág. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão.

Os problemas de umidade na construção civil são frequentes e quando surgem nas edificações, sempre trazem um grande desconforto e podem degradar a construção rapidamente, em geral as possíveis soluções são caras. Visando prevenir os defeitos oriundos da infiltração, com praticidade e sem interferência na estrutura, este trabalho teve como objetivo realizar um estudo da resistência à compressão do concreto quando da introdução de dois aditivos impermeabilizantes, sendo um deles novo no mercado, através de ensaios com sete corpos de prova. Além disso, foram ensaiados corpos de prova íntegros de concreto que serviram de referência para uma análise dos resultados. A resistência à compressão média obtida para os concretos foi próxima aos valores obtidos do concreto base. Indicando assim uma pequena interferência na resistência à compressão do concreto.

**Palavras-chave:** Concreto. Impermeabilizante. Resistência.

## ABSTRACT

SOUSA, Ana Carolina Fernandes de. **Analysis of concrete strength after addition of waterproofing additives**. 2018, 40 p. Completion of course work (Bachelor of Civil Engineering) – Federal Technology University of Paraná.

Moisture problems in construction field are frequent and when they appear in buildings they always bring discomfort because they degrade the building. Also, in general, the solutions are expensive. In order to prevent the infiltration issues without structural interference and in an easier way, this work had the objective to perform a study of the compressive strength of the concrete when introduced two waterproofing additives through tests with seven specimens. One of the additives is new in the market. In addition, pure concrete specimens were tested as reference for a results analysis. The average of the compressive strength obtained for the concrete was close to the values obtained for the base concrete (pure concrete). Therefore, there is a small interference in the compressive strength of the concrete.

Key words: Concrete. Waterproofing. Resistance.

## LISTA DE FIGURA E QUADROS

Figura 1- Evolução do concreto.....	16
Figura 2 - Medida do abatimento .....	30
Figura 3 - Medida do abatimento concreto base .....	31
Figura 4- Medida do abatimento com aditivo “A” .....	32
Figura 5 - Medida do abatimento com aditivo “B” .....	33

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1– Incidência de manifestações patológicas, IPT - 1980.....	15
Tabela 2 - Granulometria do agregado miúdo para uma amostra de 500g.....	27
Tabela 3 - Granulometria do agregado graúdo para uma amostra de 1kg.....	27
Tabela 4 - Peso em kg, após 9 dias de cura .....	33
Tabela 5- Peso em kg, após 24h em estufa.....	34
Tabela 6 - Peso em kg, após 48h em estufa.....	34
Tabela 7 - Peso em kg, após 72h em estufa.....	34
Tabela 8 - Peso em kg, após 72h imerso .....	34
Tabela 9 - Resultados absorção de água em %.....	35
Tabela 10 - Resistência à compressão do concreto base aos 17 dias .....	35
Tabela 11 - Resistência à compressão do concreto com aditivo “A” aos 17 dias .....	36
Tabela 12 - Resistência à compressão do concreto com aditivo “B” aos 17 dias .....	36
Tabela 13 – Média das resistências características aos 17 dias em MPa .....	36



## LISTA DE ABREVIACOES E SIGLAS

<b>IBI</b>	Instituto Brasileiro de Impermeabilização
<b>IPT</b>	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
<b>ABNT</b>	Associação Brasileira de Normas Técnicas
<b>ABESC</b>	Associação Brasileira Das Empresas De Serviços De Cocretagem No Brasil
<b>NBR</b>	Norma Brasileira aprovada pela ABNT
<b>MPa</b>	Mega Pascal
<b>CAS</b>	Registro presente no banco de dados do <i>Chemical Abstract Service</i> , cada número de registro CAS é um identificador numérico único, que designa apenas uma substância e que não possui significado químico algum
<b>CP</b>	Corpo de prova
<b>CP-V ARI</b>	Cimento Portland de Alta Resistência Inicial
<b>a/c</b>	Relação gua/cimento

## LISTA DE SÍMBOLOS

$\%$	Porcentagem
$f_{ck}$	Resistência característica à compressão do concreto
$\gamma$	Massa específica do agregado miúdo
$L$	Altura do frasco de Chapman
$d$	Massa específica do agregado seco, em gramas por centímetro cúbico
$m$	Massa ao ar da amostra seca em gramas
$m_s$	Massa ao ar da amostra na condição saturada superfície seca, em gramas
$m_a$	Massa em água da amostra, em gramas
$d_s$	Massa específica do agregado na condição saturado superfície seca, em gramas por centímetro cúbico
$A$	Absorção de água, em porcentagem
$^{\circ}\text{C}$	Grau celsius
$M_{\text{sat}}$	Massa do corpo de prova saturado
$M_s$	Massa do corpo de prova seco em estufa
$f_c$	Resistência à compressão do concreto (MPa)
$F$	Força máxima alcançada (N)
$\Pi$	Número pi
$D$	Diâmetro do corpo de prova (mm)
$\emptyset$	Diâmetro do corpo de prova (mm)
$f_{ck,17}$	Resistência característica à compressão do concreto em 17 dias
$f_{cm}$	Média aritmética das resistências à compressão
$s$	Desvio padrão
$f_{ckj}$	Resistência característica à compressão do concreto em j dias
$\gamma_c$	Coefficiente de ponderação da resistência do concreto
$\beta_1$	Coefficiente
$s$	Coefficiente relacionado ao tipo de cimento
$t$	Tempo em dias
$f_{ck17,est}$	Resistência característica à compressão estimada, em 17 dias

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>14</b>
2.1 Objetivo Geral .....	14
2.2 Objetivos Específicos .....	14
<b>3 JUSTIFICATIVA</b> .....	<b>15</b>
<b>4 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>16</b>
<b>4.1 Histórico e Conceito do Uso do Concreto na Construção Civil</b> .....	<b>16</b>
4.1.1 Materiais constituintes do concreto .....	17
4.1.2 Fatores que influenciam na resistência do concreto .....	18
4.1.4 Métodos para avaliação da resistência do concreto .....	19
<b>4.2 Origem da Umidade Nas Construções</b> .....	<b>19</b>
<b>4.3 Impermeabilização</b> .....	<b>20</b>
4.3.1 Aditivos .....	20
<b>5 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>23</b>
<b>5.1 Matéria Prima</b> .....	<b>23</b>
5.1.1 Aglomerante .....	23
5.1.2 Agregados .....	23
5.1.3 Aditivo “A” .....	24
5.1.4 Aditivo “B” .....	25
<b>5.2 Concreto Base</b> .....	<b>26</b>
<b>5.3 Concreto com aditivo “A”</b> .....	<b>26</b>
<b>5.4 Concreto com aditivo “B”</b> .....	<b>26</b>
<b>5.5 Ensaio</b> .....	<b>26</b>
5.5.1 Massa específica do agregado miúdo .....	26
5.5.2 Distribuição granulométrica .....	27
5.5.3 Determinação da absorção e da massa específica absoluta dos agregados graúdos.....	27
5.5.2 Ensaio de abatimento do tronco de cone - <i>Slump Test</i> .....	28
5.5.3 Compressão de corpos de prova cilíndricos .....	30
<b>6 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>31</b>
<b>6.1 <i>Slump Test</i></b> .....	<b>31</b>
<b>6.2 Ensaio de Absorção de Água</b> .....	<b>33</b>
<b>6.3 Ensaio de Resistência à Compressão</b> .....	<b>35</b>
<b>7 CONCLUSÃO</b> .....	<b>38</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>39</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Um dos fatores que mais preocupam em obras de diversas naturezas é o efeito da água nas construções, o que faz da impermeabilização uma das principais etapas de uma obra, sendo responsável por proteger a edificação de várias patologias, que podem surgir devido à infiltração da água (ARANTES, 2007).

Considerada um desafio para a construção civil, a impermeabilização ainda é um dos problemas mais citados das obras, pelo fato de estar fora do alcance visual, geralmente é negligenciada, não sendo tratada com a importância necessária ou, até mesmo, não sendo utilizada (RIGHI, 2009).

De acordo com o IBI (Instituto Brasileiro de Impermeabilização), se a impermeabilização for realizada no início da obra, com os materiais e serviços adequados e de forma correta, esta representará em média 2% do valor total da construção. Por outro lado, se executada após o término da edificação, este número aumenta para aproximadamente 10%. “A recomendação do IBI é que o projeto de impermeabilização seja planejado juntamente com o projeto arquitetônico, estrutural, hidráulico e elétrico” (TOKUDOME, 2010).

Os problemas relacionados à umidade podem se manifestar em diversos elementos da edificação como paredes, pisos, fachadas, lajes, elementos de concreto armado, etc. É um fator essencial para o aparecimento de mofo, bolores, danos na pintura, reboco, e até mesmo causa de acidentes estruturais (SOUZA, 2008). Para estes problemas, atualmente encontra-se diversos tipos de aditivos impermeabilizantes que visam combater os efeitos que a água causa quando em contato direto com o concreto, seja a corrosão da armadura, vazamentos ou uma simples umidade.

Os materiais e sistemas usados para proteger a infiltração, devem ser escolhidos conforme as circunstâncias que serão utilizados, ou seja, de acordo com a atuação da água sobre o elemento da construção ou de acordo com o comportamento físico do elemento da construção. Depois de escolhidos, estes ainda podem ser divididos em dois tipos (CUNHA e NEUMANN, 1979):

- Impermeabilização rígida: Procedimento através da inclusão de um aditivo, e os revestimentos com argamassas, tratados da mesma forma.
- Impermeabilização flexível: Conjunto de produtos aplicados em partes construtivas sujeitas à fissuração. É feita com mantas pré-fabricadas ou com elastômeros dissolvidos e aplicados no local, em forma de pintura ou melação em várias camadas

que ao se evaporar o solvente, deixam uma membrana hipoteticamente elástica. Garante a estanqueidade mesmo com as deformações da estrutura.

Em vista das informações apresentadas, este trabalho tem como objetivo estudar dois impermeabilizantes disponíveis no mercado, e verificar sua influência no sistema estrutural.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Analisar a interferência na resistência e na absorção do concreto, após adição de dois diferentes aditivos impermeabilizantes em corpos de prova de concreto, através de ensaios em laboratório.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Estudar os métodos para determinação da resistência do concreto;
- Confeccionar CP's com e sem adição de aditivo impermeabilizante;
- Realizar ensaio de trabalhabilidade no concreto;
- Realizar ensaio de absorção de água nos CP's com e sem adição;
- Realizar ensaio de resistência à compressão nos CP's com e sem adição;
- Avaliar e comparar os resultados obtidos a partir do ensaio de compressão.

### 3 JUSTIFICATIVA

É importante que a adição de aditivos impermeabilizantes não afetem as características físicas e químicas do concreto quando empregadas, ou seja, mesmo que seja possível a obtenção de um concreto mais impermeável, a sua resistência à compressão, plasticidade, tempo de início de cura e durabilidade não podem ser alterados negativamente.

Na década de 1980, no Brasil, foi feito um levantamento pelo IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas) no qual foram visitados 36 conjuntos habitacionais, com um total de 500 habitações, as quais apresentaram altos índices de umidade, trincas e deslocamento de revestimentos conforme os resultados ilustrados na tabela 1.

**Tabela 1– Incidência de manifestações patológicas, IPT - 1980.**

<b>Tipo de edificação</b>	<b>Idade (anos)</b>	<b>Umidade (%)</b>	<b>Trincas (%)</b>	<b>Deslocamento de Revestimentos (%)</b>
<b>Casas térreas</b>	1 – 3	42	29	29
	4 – 7	50	25	25
	>8	37	35	28
<b>Apartamentos</b>	1 – 3	52	35	7
	4 – 7	86	14	-
	>8	82	12	6

**Fonte: BAUER, 1987.**

Dados mais recentes reafirmam a incidência deste problema. Atualmente no estado do Rio de Janeiro foram registradas 130 ações jurídicas relacionadas à infiltração em imóveis residenciais, sendo 64 deles apenas em 2014, e 190 ações foram registradas em edifícios, sendo 94 em apenas um ano (SEBRAE, 2015).

Diante deste cenário, fica evidente a necessidade de se buscar cada vez mais melhorias nas impermeabilizações das edificações, alcançando-se um nível de qualidade elevado sem que se perca a segurança estrutural dos edifícios.

Deste modo, o presente trabalho visa estudar dois tipos de aditivos que podem ser adicionados diretamente ao concreto, e analisar a absorção de água e resistência.

## 4 REFERENCIAL TEÓRICO

### 4.1 Histórico e Conceito do Uso do Concreto na Construção Civil

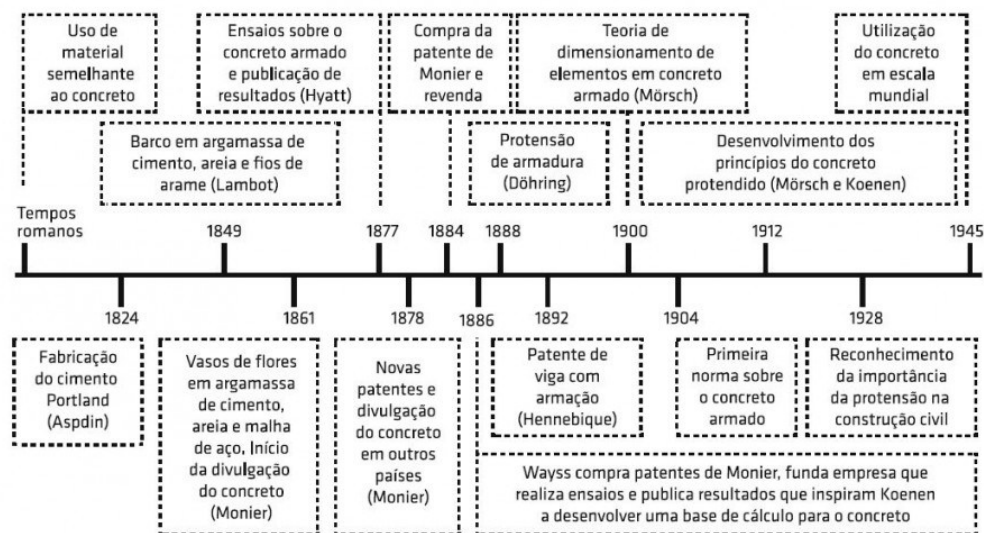
Nas primeiras civilizações, a necessidade de se estabelecer fez com que o Homem utilizasse os materiais encontrados na natureza como instrumento para auxiliar na construção de suas habitações. Inicialmente predominava-se o uso da pedra, madeira e barro (VERÇOZA, 1975).

Com o passar do tempo as necessidades foram aumentando e, devido à baixa resistência à tração da pedra, tornou-se complicado vencer grandes vãos na construção. Algumas medidas paliativas foram adotadas: os gregos, por exemplo, tentaram diminuir os vãos e usaram as colunas para sustentação das vigas, e os romanos, por sua vez, inventaram os arcos e o uso do cimento constituído por cinza vulcânica e cal. Entretanto ainda assim fazia-se necessário um material de confecção e moldagem mais simples (GIAMMUSSO, 1992).

Devido a esta deficiência, surge o concreto, um material trabalhável como o barro e resistente como a pedra. Com a sua disseminação houveram aperfeiçoamentos, a fim de se vencer grandes vãos, e então foi inventado o concreto armado, que possui em seu interior armações feitas com barras de aço (VERÇOZA, 1975).

Na figura 1, pode-se observar a evolução do concreto (PORTO e FERNANDES, 2015):

**Figura 1- Evolução do concreto**



Fonte: PORTO e FERNANDES, (2015).



Atualmente o concreto pode ser encontrado em diversos lugares como casas de alvenaria, rodovias, pontes, edifícios, torres de resfriamento, usinas hidrelétricas e nucleares, obras de saneamento e até em plataformas de extração petrolífera. Segundo dados levantados pela pesquisa anual *The Global Cement Report*, cuja 11ª edição – publicada em 2015, com dados de 2014, o mercado mundial consumiu 4,1 bilhões de toneladas de concreto (GRANDES CONSTRUÇÕES, 2016, p.5).

#### 4.1.1 Materiais constituintes do concreto

O concreto é um material de construção constituído por uma mistura de água, cimento e agregados inertes, em partículas de diversos tamanhos. Em alguns casos são adicionados aditivos que modificam suas características físicas e químicas.

O cimento é um produto constituído principalmente por silicatos e aluminatos de cálcio que ao serem hidratados funcionam como um ligante de agregados. Ripper (1998), afirma que, “são fabricados diversos tipos de cimento, que correspondem à maior ou menor exaltação das propriedades dos seus principais componentes e resultam no desenvolvimento de variadas características mecânicas, físicas e químicas”. A escolha do tipo a ser utilizado será determinada pelas exigências da obra

Os agregados são componentes inertes, ou seja, sem atividade ou movimento próprio, que tem como função preencher e dar resistência ao concreto, além de melhorar outras propriedades como a redução na retração, a redução na deformação lenta causada por carregamentos permanentes e até mesmo a redução no calor de hidratação (GIAMMUSSO, 1992).

Como agregados podem ser utilizados materiais naturais e artificiais, que apresentem resistência suficiente e que não afetem o endurecimento do concreto. Os agregados devem por isso ser isentos de impurezas (terra, argila, humus) e de componentes prejudiciais (no máximo 0,02% de cloretos e 1% de sulfatos). O açúcar é especialmente perigoso, porque impede a pega do cimento (ALMEIDA, 2002).

Podem ser subdivididos em duas classes agregados graúdos e agregados miúdos, de acordo com o tamanho de suas partículas. Segundo a ABNT NBR 7211:2009, agregados graúdos são aqueles cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 4,75 mm, em ensaio realizado de acordo com a ABNT NBR NM 248:2003, com peneiras definidas pela ABNT NBR NM ISO 3310-1:1997. E os agregados miúdos apresentam grãos que passam pela peneira com abertura de malha de 4,75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 150 µm, em ensaio realizado

de acordo com a ABNT NBR NM 248:2003, com peneiras definidas pela ABNT NBR NM ISO 3310-1:1997.

#### 4.1.2 Fatores que influenciam na resistência do concreto

Para Neville (1963), “a resistência costuma fornecer uma ideia geral da qualidade do concreto, visto que está diretamente relacionada a estrutura da pasta de cimento hidratada”.

Alguns dos fatores que interferem nessa característica são (GIAMMUSSO, 1992):

- Tipo de cimento: Existem algumas variações deste material, que são escolhidas de acordo com o local que será utilizado. Sendo o mais adotado o Cimento Portland comum, que se subdivide em 3 classes de resistência, 25, 32 e 40 MPa.
- Relação água/cimento: Considerado o fator mais importante por Neville e Giammusso, quanto menor esta relação em massa menor será a porosidade da pasta formada e portanto maior sua resistência, estes teores de vazios em relação a água em excesso ou ao ar, são tomados do concreto já adensado. Estudada por Duff Abrams, engenheiro civil pesquisador da área de composição e propriedades do concreto.
- Idade: Conforme se hidrata o cimento, há uma substituição dos espaços, antes ocupados por uma espécie de gel constituído de cimento e água por um material sólido. Com o passar do tempo a resistência relativa desta pasta assimila-se ao valor da relação água/cimento da mistura.
- Temperatura (maturidade): Produto do tempo, a partir da mistura água/cimento, pela temperatura, em °C, acrescida de 10°C devido as reações do cimento praticamente só além desta temperatura. A unidade deste fator pode ser em hora.°C ou dia.°C.
- Tamanho máximo do agregado: Quanto maior o agregado, a tendência da resistência do concreto é diminuir caso sejam mantidos os demais fatores.

O resultado para um bom concreto está na combinação de vários fatores, pois ao se considerar um isoladamente, este poderá interferir nos outros negativamente.

#### 4.1.4 Métodos para avaliação da resistência do concreto

Existem diversos ensaios que determinam a resistência, alguns podem ser feitos em laboratórios com amostras do material, como (GIAMMUSSO,1992):

- Ruptura por compressão de corpos-de-prova cilíndricos;
- Ruptura por compressão diametral de corpos-de-prova cilíndricos para determinação da resistência à tração;
- Ruptura por tração na flexão de corpos-de-prova prismáticos para determinação da resistência à tração.

E outros são feitos na própria estrutura, como (GIAMMUSSO,1992):

- Esclerometria;
- Ultra-som;
- Arrancamento de pinos;
- Cravação de pinos;
- Outros.

## 4.2 Origem da Umidade Nas Construções

A água tem influência direta com a habitabilidade das construções, pois a umidade afeta tanto a saúde e higiene do usuário devido a presença de fungos, quanto a durabilidade dos materiais utilizados na obra, acelerando ou até mesmo desencadeando processos como de deterioração, corrosão de metais, apodrecimento de madeiras, etc.

Segundo Oliveira (2006), em 2004 um levantamento feito pelo IPT, constatou que 58% dos problemas patológicos de edifícios com um a quatro anos de idade são relativos à umidade. A sua origem pode se dar a partir de:

- Água por percolação: Advindas de chuvas ou lavagens, atua em terraços e coberturas, empenas e fachadas, onde existe livre escoamento, sem exercer pressão hidrostática sobre os elementos da construção.
- Umidade por capilaridade (umidade ascensional): Ação da água sobre os elementos das construções que estão em contato com solo úmido, sendo absorvida e transportada, pela ação da capilaridade de materiais porosos, até acima do nível estático.
- Água por pressão: Atua em subsolos, exerce força hidrostática sobre a impermeabilização.

- Água por condensação: Encontro do ar com alta umidade, com superfícies apresentando baixas temperaturas, o que causa a precipitação da umidade.

### 4.3 Impermeabilização

Segundo a ABNT NBR 9575:2010, impermeabilização é o “produto resultante de um conjunto de componentes e elementos construtivos (serviços) que objetivam proteger as construções contra a ação deletéria de fluidos, de vapores e da umidade”.

Esta técnica deve ser projetada e executada devidamente onde é necessária a proteção de construções abaixo do nível freático, tipo subsolos e muros de arrimo, proteção da alvenaria contra umidade do solo e contra respingos, proteção das lajes de pisos dos chuveiros e também de suas paredes, proteção das lajes de cobertura, dos terraços das marquises e floreiras, proteção de caixas e reservatórios subterrâneos e elevados, etc.

Segundo a referida norma, as suas características gerais são:

- Evitar a passagem de fluidos indesejáveis;
- Proteger as estruturas e componentes construtivos da ação de intempéries;
- Proteger o meio ambiente de possíveis vazamento ou contaminações;
- Possibilitar a realização de manutenção da impermeabilização sem danificá-la;
- Proporcionar conforto aos usuários, garantindo salubridade física.

De acordo com Oliveira (2006), a impermeabilização pode ser aderida ou não ao substrato e ainda classificada como rígida ou flexível. Para definir qual tipo utilizar, deve-se avaliar os locais de aplicação e tipo de solicitações a que os materiais estarão submetidos. O sistema rígido não suporta a movimentação da estrutura, por isso é utilizado em áreas com carga estrutural estabilizada e que tenham baixa movimentação devida ao gradiente térmico como, por exemplo, em áreas frias internas. Já nas áreas externas expostas ao intemperismo ou a maiores movimentações por efeito térmico, a impermeabilização flexível é seguramente a mais indicada.

#### 4.3.1 Aditivos

Segundo a ABNT NBR 11768:1992, aditivos são produtos que adicionados em pequena quantidade a concretos de cimento Portland modificam algumas de suas

propriedades, no sentido de melhor adequá-las a determinadas condições. Estes são classificados em alguns tipos:

- tipo P - aditivo plastificante;
- tipo R - aditivo retardador;
- tipo A - aditivo acelerador;
- tipo PR - aditivo plastificante retardador;
- tipo PA - aditivo plastificante acelerador;
- tipo IAR - aditivo incorporador de ar;
- tipo SP - aditivo superplastificante;
- tipo SPR - aditivo superplastificante retardador;
- tipo SPA - aditivo superplastificante acelerador.

De acordo com ABESC, os principais aditivos utilizados no Brasil são: retardadores, incorporadores de ar, plastificantes, superplastificantes (e seus derivados, como plastificantes aceleradores e plastificantes retardadores) e aceleradores.

A ABNT NBR 11768:1992, ainda estabelece as definições dos tipos de aditivos, sendo elas:

Plastificante (tipo P): Aumenta o índice de consistência do concreto, mantida a quantidade de água de amassamento, ou que possibilita a redução de, no mínimo, 6% da quantidade de água de amassamento para produzir um concreto com determinada resistência.

Retardador (tipo R): Aumenta os tempos de início e fim de pega do concreto.

Acelerador (tipo A): Diminui os tempos de início e fim de pega do concreto e acelera o desenvolvimento das suas resistências iniciais.

Plastificante retardador (tipo PR): Combina os efeitos dos aditivos plastificantes e retardadores.

Plastificante acelerador (tipo PA): Combina os efeitos dos aditivos plastificantes e aceleradores.

Incorporador de ar (tipo IAR): Incorpora pequenas bolhas de ar ao concreto.

Superplastificante (tipo SP): Aumenta o índice de consistência do concreto, mantida a quantidade de água de amassamento, ou possibilita a redução de, no mínimo, 12% da quantidade de água de amassamento para produzir um concreto com determinada consistência.

Superplastificante retardador (tipo SPR): Combina os efeitos dos aditivos superplastificante e retardador.

Superplastificante acelerador (tipo SPA): Combina os efeitos dos aditivos superplastificante e acelerador.

## 5 MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo desenvolvido teve por objetivo verificar a influência do uso de aditivos em concreto, devido à carência de dados referentes ao controle tecnológico do concreto após a adição, optou-se pela realização de ensaios técnicos que verificassem eventuais alterações.

Para os ensaios, foram moldados corpos de prova (CP's) cilíndricos, com dimensões de 10 cm de diâmetro por 20 cm de altura, sendo dez CP's para um concreto base que serviu para controle, e mais dez com cada aditivo, gerando um total de 30 CP's. Onde, sete amostras de cada tipo de concreto, serviu para o ensaio de resistência à compressão e os outros três para ensaio de absorção de água.

O concreto foi adensado em uma betoneira com capacidade de 120 litros e os aditivos foram pesados em uma balança digital, para uma maior precisão nos traços. Após o desmolde das amostras, estas foram colocadas em processo de cura úmida.

Para a confecção dos CP's, foi calculado um traço baseado no Método da Associação Brasileira de Cimento Portland, com  $f_{ck} = 30$  MPa, abatimento entre 8 e 10cm e desvio padrão (s) de 5,5 definido de acordo com a ABNT NBR 1655:2015. O traço obtido foi de 1:1,95:2,73 em massa, sendo cimento, areia e brita respectivamente, o fator água/cimento de 0,52 foi obtido pela Curva de Abrams.

### 5.1 Matéria Prima

#### 5.1.1 Aglomerante

O aglomerante hidráulico utilizado na produção do concreto foi o cimento CP-V ARI (Cimento Portland de Alta Resistência Inicial) da marca Cauê, com uma massa específica de  $3,12\text{g/cm}^3$ . Este cimento foi escolhido por apresentar, nos primeiros dias de idade, alta resistência. Essa propriedade é alcançada devida a utilização de uma dosagem diferente de calcário e argila na produção do clínquer, e pela moagem mais fina do cimento.

#### 5.1.2 Agregados

Tanto o agregado miúdo, quanto os materiais graúdos, foram adquiridos pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná na cidade de Campo Mourão. Para o caracterização dos mesmos, realizou-se os ensaios que determinaram, a massa específica do

agregado miúdo através da ABNT NBR 9776:1987, distribuição granulométrica segundo a ABNT NBR NM 248:2003, e sua massa específica do agregado graúdo ABNT NBR NM 53:2002.

O aditivo “A” foi comprado na cidade de Londrina – PR, pois ainda não é encontrado na cidade de Campo Mourão, e o aditivo “B” foi obtido no acervo da própria Universidade.

### 5.1.3 Aditivo “A”

Segundo a ficha técnica do produto, este aditivo em pó serve para impermeabilizar concretos e argamassa, reagindo com o cimento durante o processo de hidratação e dando origem a substâncias minerais que bloqueiam a rede capilar, proporcionando uma elevada impermeabilidade ao concreto ou argamassa.

O aditivo usa o conceito da nanotecnologia, no qual o material manipula a estrutura da matéria, alterando a molécula, de modo que os pólos magnéticos funcionam como “positivo e negativo”. O ar fica aprisionado e cria uma barreira que repele a umidade.

Outras características descritas pelo fabricante são, por ser isento de cloretos, permite sua utilização em concreto armado e protendido. É um material de fácil mistura e dosagem. Retarda os tempos de pega (início e fim) de 30 à 60 minutos, em relação ao traço sem aditivo. Tem grande durabilidade, pois sua ação não diminui com o tempo, isto é, seu efeito é permanente porque uma vez alterada a estrutura da molécula, ela não tem como voltar ao estado inicial. Melhora a trabalhabilidade da argamassa e do concreto sem aumentar a água, ou seja, além do efeito impermeabilizante, plastifica a argamassa e o concreto.

No quadro 1, podem ser observados os componentes deste material, acompanhado do seu número *Chemical Abstract Service* (CAS). Cada número de registro CAS é um identificador numérico único designado apenas a uma substância e que não possui significado químico algum:

**Quadro 1 - Natureza do produto químico: mistura**

Nome químico	CAS	Faixa de concentração (%)
Cimento Portland	65997-15-1	50-60
Hidróxido de cálcio	1305-62-0	30-40
Carbonato de cálcio	471-34-1	5-15



Segredo industrial	Não aplicável	2-4
--------------------	---------------	-----

Fonte: Adaptado da ficha de informação de segurança de produtos químicos.

O modo de aplicação do produto e suas respectivas dosagens são definidas pelo fabricante. A dosagem usada foi relativa a execução de uma laje com cobertura, sendo de 2kg de produto para 1 saco de cimento.

#### 5.1.4 Aditivo “B”

Aditivo impermeabilizante composto por sais metálicos e silicatos. Atua por hidrofugação do sistema capilar, ou seja, ele preenche os vazios dos poros capilares não permitindo que a água sequer penetre, mantendo os ambientes salubres.

Para a obtenção de um concreto impermeável, devem-se utilizar traços de concreto com consumo mínimo de cimento de 350 kg/m<sup>3</sup>, obedecendo a uma relação água/cimento de, no máximo, 0,50 (25 litros de água para 50 kg de cimento). Reduzir a relação a/c com o uso de um aditivo plastificante. Sua composição pode ser observada no quadro 3:

**Quadro 2 - Natureza do produto químico: mistura**

Nome químico	CAS	Faixa de concentração (%)
Ácido Oleico	112-80-1	0,05 a 0,1
Silicato de Sódio	1344-09-8	3 a 5

Fonte: Adaptado da ficha de informação de segurança de produtos químicos.

- Características do produto:
  - Densidade: 1,05 g/cm<sup>3</sup>
  - Aparência: Emulsão pastosa Branco(a)
  - Composição básica: Silicatos.
  - Validade: 24 meses
- Campos de aplicação:
  - Baldrames;
  - Assentamentos de alvenaria;
  - Argamassas de revestimento em pisos e paredes;
  - Paredes de encosta;

Estruturas enterradas (caixas-d'água, reservatórios e piscinas);

Concreto impermeável.

## 5.2 Concreto Base

Foram confeccionados 10 corpos de prova de concreto sem aditivo que serviu de referência para comparação de resultados dos que contém aditivo, ao final do experimento. Para a sua moldagem foram misturados aproximadamente 9,875kg de cimento, 19,778kg de areia e 26,95kg de brita 01 juntamente com 5,135l de água.

## 5.3 Concreto com aditivo “A”

Adotou-se a situação de menor proporção do material, ou seja, segundo especificações do fabricante do produto para uma laje com cobertura recomenda-se 2kg do aditivo para cada 50kg de cimento. A quantidade de cimento e agregados foram as mesmas do concreto base, com isso foi necessário 395g do aditivo.

## 5.4 Concreto com aditivo “B”

O consumo do aditivo indicado pelo fabricante é de 1% sobre a massa de cimento para obtenção de um concreto impermeável. Essa quantidade deverá ser adicionada nos primeiros 2/3 da água de amassamento do concreto. Posteriormente, completar com 1/3 restante da água. Com esta relação, e ainda com as mesmas quantidades de material, utilizou-se 98,75g para a fabricação do concreto.

## 5.5 Ensaio

### 5.5.1 Massa específica do agregado miúdo

Através da ABNT NBR NM 52:2003, a massa específica do agregado miúdo é calculada mediante a Equação 1:

$$\gamma = \frac{500}{L-200} \quad \text{Equação (1)}$$

$$\gamma = \frac{500}{389-200}$$

$$\gamma = 2,645g/cm^3$$

### 5.5.2 Distribuição granulométrica

Conforme os ensaios descritos na ABNT NBR NM 248:2003, foram encontrados os dados das Tabelas 2 e 3:

**Tabela 2 - Granulometria do agregado miúdo para uma amostra de 500g**

<b>PENEIRAS</b>					
<b>Aberturas de malha</b>	2,4 mm	1,2mm	0,6mm	0,3mm	menor que 0,3mm
<b>Massa retida acumulada</b>	1g	11g	53g	235g	198g
<b>Porcentagem retida acumulada</b>	(0,2%)	(2,4%)	(13,1%)	(60,2%)	(98,4%)

Fonte: Autoria própria.

Através da soma das porcentagens retidas acumuladas em massa, nas peneiras da série normal, dividida por 100, determina-se o módulo de finura do agregado. Portanto de acordo com a ABNT NBR 7211:2005, conclui-se que o agregado miúdo trata-se de uma areia fina.

**Tabela 3 - Granulometria do agregado graúdo para uma amostra de 1kg**

<b>PENEIRAS</b>				
<b>Aberturas de malha</b>	19mm	12,5mm	9,5mm	menor que 9,5mm
<b>Massa retida acumulada</b>	6g	806g	153g	35g
<b>Porcentagem retida acumulada</b>	(0,6%)	(81,2%)	(96,5%)	(100%)

Fonte: Autoria própria.

O diâmetro máximo do agregado graúdo foi definido como a malha da peneira na qual ficou retido acumulado o percentual igual o imediatamente inferior a 5% o que resultou Diâmetro máximo = 19mm. De acordo com a ABNT NBR 7211:2005, conclui-se que o agregado graúdo trata-se de uma brita tipo 01.

### 5.5.3 Determinação da absorção e da massa específica absoluta dos agregados graúdos

A norma ABNT NBR NM 53:2003, estabelece o método de determinação da massa específica, da massa específica aparente e da absorção de água dos agregados graúdos, na condição saturados superfície seca, destinados ao uso em concreto.

- Massa específica do agregado seco, é calculada através da Equação 2:

$$d = \frac{m}{m_s - m_a} \quad \text{Equação (2)}$$

$$d = \frac{1,173}{1,189 - 0,772} = 2,813 \text{ g/cm}^3$$

- Massa específica do agregado na condição saturado superfície seca, calcula-se conforme a Equação 3:

$$d_s = \frac{m_s}{m_s - m_a} \quad \text{Equação (3)}$$

$$d_s = \frac{1,189}{1,189 - 0,772} = 2,851 \text{ g/cm}^3$$

- Absorção é calculada utilizando a Equação 4:

$$A = \frac{m_s - m}{m} \times 100 \quad \text{Equação (4)}$$

$$A = \frac{1,189 - 1,173}{1,173} \times 100 = 1,36\%$$

#### 5.5.4 Ensaio de absorção de água

Esse procedimento foi realizado baseado na metodologia descrita na ABNT NBR 9778:1987. Após retirados os CP's da cura e pesados, foram colocados em estufa à temperatura de  $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$  e determinada a sua massa após permanência de 24h, 48h e 72h. Após isso, as amostras permaneceriam com 1/3 de seu volume imerso na água nas primeiras 4h e 2/3 nas próximas 4h, e em seguida seriam completamente imerso por 64h, totalizando 72h de imersão. Porém as amostras foram completamente imersas e pesadas após 24h, 48h e 72h. Após completar a saturação, os corpos de prova foram pesados e a absorção de água dada pela Equação 5:

$$A = \left( \frac{M_{\text{sat}} - M_s}{M_s} \right) \times 100 \quad \text{Equação (5)}$$

#### 5.5.2 Ensaio de abatimento do tronco de cone -*Slump Test*

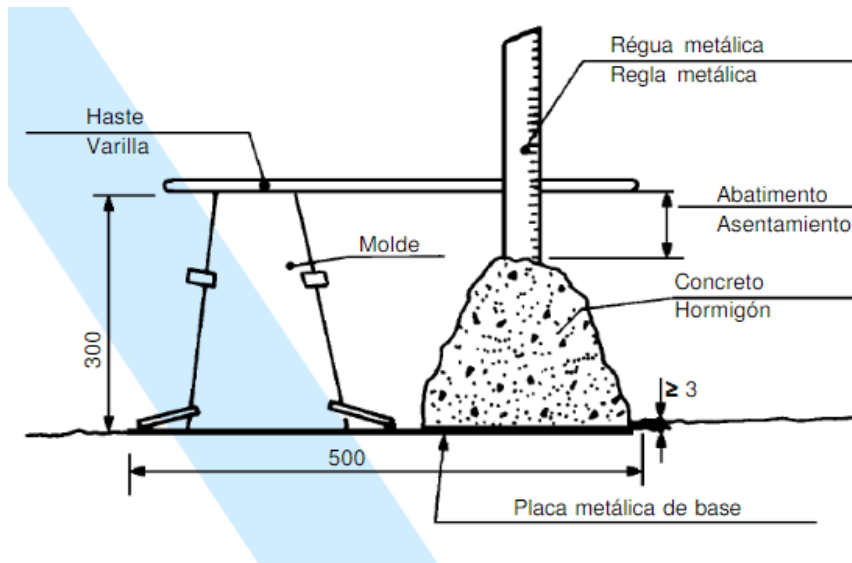
A propriedade mais importante do concreto no estado fresco é a trabalhabilidade. Segundo Mehta e Monteiro (2014), esta propriedade é composta de pelo menos dois componentes principais: fluidez, que descreve a facilidade de mobilidade do concreto fresco; e a coesão, que descreve a resistência à exsudação ou à segregação. O concreto com mais água apresenta uma melhor trabalhabilidade. Esta característica depende do tipo de estrutura que será concretada, no caso deste estudo tomou-se como parâmetro um concreto para execução de uma laje.

Para avaliar a trabalhabilidade de cada mistura de concreto utilizou-se o ensaio de determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone, “*slump test*”, conforme a ABNT NBR NM 67:1998. O ensaio foi realizado após a mistura de cada concreto e antes da moldagem dos CP’s.

Para realização do ensaio foi necessário um molde para o corpo de prova com o formato de tronco de cone oco, com as dimensões de 200 mm de diâmetro na base inferior, 100 mm na base superior e 300 mm de altura. Em sua parte superior duas alças posicionadas à dois terços de sua altura total, uma placa metálica para o apoio do molde e uma haste de aço com diâmetro de 16mm, comprimento de 600mm e extremidades arredondadas para fazer a compactação do material.

Neste procedimento, o molde foi umedecido e apoiado com seu maior lado sobre a placa metálica. O preenchimento foi executado em três camadas de concreto com aproximadamente um terço da altura do molde. Entre uma camada e outra o concreto foi apiloado 25 vezes com a haste de compactação. Após o preenchimento total do cone, o molde foi retirado cuidadosamente na direção vertical e, imediatamente medido o abatimento do concreto, pela diferença de altura entre o molde e a altura do eixo do corpo de prova desmoldado, conforme a Figura 2.

**Figura 2 - Medida do abatimento**



Fonte: ABNT NBR NM 67:1998

### 5.5.3 Compressão de corpos de prova cilíndricos

Após a moldagem, os CP's foram mantidos em processo de cura úmida, conforme a ABNT NBR 5738:2015, durante 15 dias.

Os CP's foram rompidos à compressão após 17 dias. Em se tratando de CP's moldados de acordo com a ABNT NBR 5739:2007, a idade deve ser contada a partir da hora de moldagem. A ruptura das amostras, a princípio, foi definida em 14 dias considerando o tempo para execução do trabalho e a alta resistência do cimento adotado. Devido a contratempos no laboratório esta idade foi adiada para 17 dias.

Antes de posicionar o CP na prensa hidráulica, foi certificado se as bases do equipamento e do material a ser ensaiado estavam secas e limpas. Depois disso, posicionou-se o material no centro do prato inferior da prensa, buscando auxílio com os círculos concêntricos de referência.

Aplicou-se o carregamento, continuamente e sem choques, sobre o CP, na velocidade de carregamento igual a  $0,45 \pm 0,15$  MPa/s. Essa velocidade foi mantida constante durante todo o ensaio e só foi interrompida quando houve uma queda de força que indicou sua ruptura.

Após a ruptura do CP, foi feito o seguinte cálculo, conforme Equação 6, com as informações do diâmetro e da força máxima alcançada:

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

Equação (6)

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 6.1 “Slump Test”

O ensaio foi realizado conforme a ABNT NBR NM 67:1998. O primeiro teste feito foi com o concreto base, conforme mostrado na Figura 4. O abatimento foi de 12cm. Quanto maior o abatimento resultante deste ensaio, mais fluído está o concreto. Comparado com o parâmetro escolhido de 8 à 10 cm, deu-se uma diferença de 2 cm acima da maior média, o que mostra um concreto fluído.

Figura 3 - Medida do abatimento concreto base



Fonte: Autoria própria.

Em seguida foi realizado o segundo teste com o concreto adicionado do aditivo “A”, conforme mostrado na Figura 4, o abatimento foi de 13cm. Houve um aumento mínimo em relação ao teste do concreto referência, possivelmente por conta do aditivo misturado a massa de concreto. Por se tratar de um material formado por nanopartículas, faz com que a água e o material com o produto venham a se repelir. Mesmo a mistura sendo feita por fricção mecânica, como indica o fabricante, ainda pode haver maior quantidade de água livre na massa de concreto. O resultado é mostrado na Figura 5.

**Figura 4- Medida do abatimento com aditivo “A”**



**Fonte: Autoria própria.**

Por último foi feito o teste do concreto com o aditivo “B”, conforme mostrado na Figura 6, o abatimento foi de 17cm, o maior observado entre os três tipos analisados. Para fabricar um concreto impermeável, há algumas recomendações do fabricante, como:

- Consumo mínimo de cimento =  $300 \text{ kg/m}^3$  sendo o consumo indicado de  $350 \text{ kg/m}^3$ ;
- Fator água/cimento de até 0,50;
- Reduzir a relação água/cimento com o uso de um aditivo plastificante.

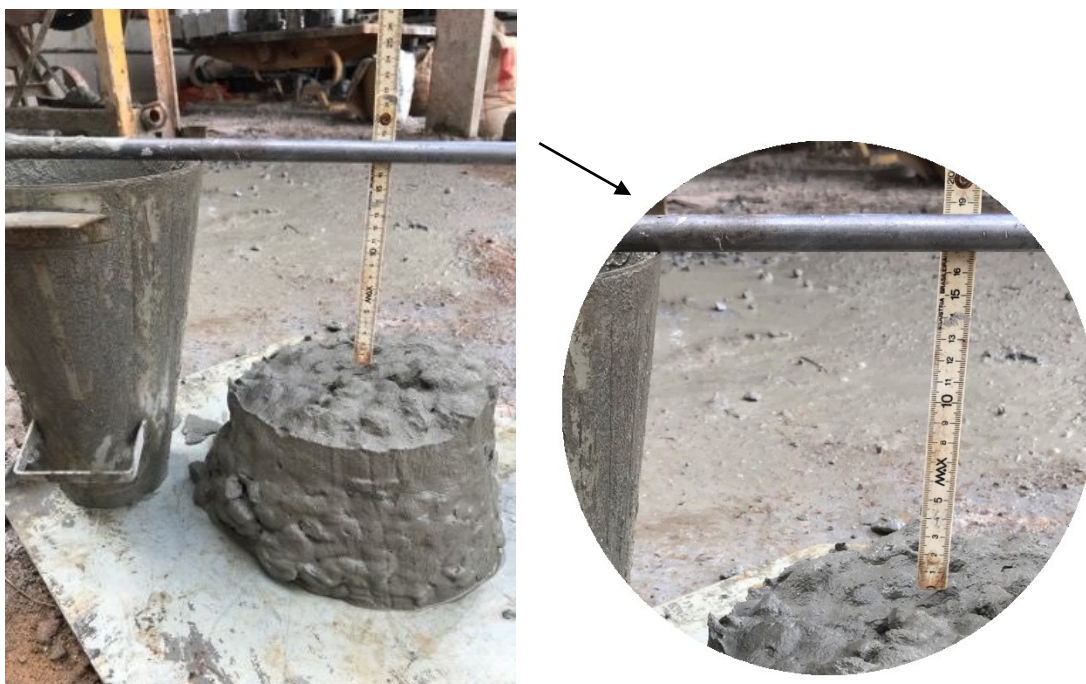
A quantidade de cimento calculada foi de  $394,23 \text{ kg/m}^3$  portanto o primeiro item foi atendido.

De acordo com a curva de Abrams o fator utilizado foi de 0,52, não seguindo corretamente o indicado no segundo item.

O uso do plastificante permite reduzir a água do concreto sem interferir na sua trabalhabilidade, porém este não foi empregado. Este material, além de aumentar as resistências mecânicas, proporcionaria concretos homogêneos, coesos e com menor permeabilidade.



**Figura 5 - Medida do abatimento com aditivo “B”**



Fonte: Autoria própria.

## 6.2 Ensaio de Absorção de Água

O ensaio foi realizado segundo a ABNT NBR 9778:1987. Primeiramente após nove dias de cura, foram retirados três corpos de prova de cada tipo de concreto e pesados. O tempo de cura seguiu as especificações da ABNT NBR 5738:2003, e os resultados estão indicados na Tabela 4:

**Tabela 4 - Peso em kg, após 9 dias de cura**

CP	Concreto base	Aditivo “A”	Aditivo “B”
1	3,999	3,910	3,916
2	4,019	3,962	3,923
3	3,975	4,011	3,941

Fonte: Autoria Própria.

Após a pesagem das amostras úmidas, estas foram colocadas em estufa à temperatura de  $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$  e permaneceram por 24h até a primeira pesagem, conforme anotado na Tabela 5:

**Tabela 5- Peso em kg, após 24h em estufa**

<b>CP</b>	<b>Concreto base</b>	<b>Aditivo “A”</b>	<b>Aditivo “B”</b>
<b>1</b>	3,817	3,760	3,743
<b>2</b>	3,844	3,817	3,762
<b>3</b>	3,810	3,867	3,777

**Fonte: Autoria Própria.**

O mesmo procedimento ocorreu no dia seguinte passadas 48h, e registrados os pesos na Tabela 6:

**Tabela 6 - Peso em kg, após 48h em estufa**

<b>CP</b>	<b>Concreto base</b>	<b>Aditivo “A”</b>	<b>Aditivo “B”</b>
<b>1</b>	3,780	3,724	3,699
<b>2</b>	3,804	3,777	3,719
<b>3</b>	3,768	3,825	3,739

**Fonte: Autoria Própria.**

Por fim foram retiradas após as 72h descritas no ensaio e pesadas para em seguida serem imersas novamente, os resultados estão na Tabela 7:

**Tabela 7 - Peso em kg, após 72h em estufa**

<b>CP</b>	<b>Concreto base</b>	<b>Aditivo “A”</b>	<b>Aditivo “B”</b>
<b>1</b>	3,763	3,697	3,680
<b>2</b>	3,787	3,750	3,699
<b>3</b>	3,748	3,805	3,719

**Fonte: Autoria Própria.**

Os CP's foram imersos completamente e pesados novamente com 24h, 48h e 72h. Em seguida, na Tabela 8, estão anotados os valores da pesagem após as 72h que foram utilizados para determinar a porcentagem de absorção.

**Tabela 8 - Peso em kg, após 72h imerso**

<b>CP</b>	<b>Concreto base</b>	<b>Aditivo “A”</b>	<b>Aditivo “B”</b>
<b>1</b>	3,979	3,857	3,889
<b>2</b>	3,998	3,909	3,895
<b>3</b>	3,957	3,960	3,914

**Fonte: Autoria Própria.**

De acordo com a Equação (5), obtém-se os valores para a absorção de água mostrados na Tabela 9.

**Tabela 9 - Resultados absorção de água em %**

CP	Concreto base	Aditivo “A”	Aditivo “B”
1	5,74	4,33	5,68
2	5,57	4,24	5,30
3	5,58	4,07	5,24
<b>Média</b>	5,63	4,22	5,41

Fonte: Autoria Própria.

Apesar do ensaio não ter sido executado exatamente conforme a ABNT NBR 5738:2003, pode-se notar que os resultados foram relevantes. As porcentagens de absorção com os aditivos foram menores, ou seja, houve uma diminuição na permeabilidade do concreto. O aditivo “A” apresentou maior redução, o que indica sua eficácia em impermeabilizar o concreto. O aditivo “B” teve valores mais próximos do concreto base isto pode ser explicado pela ausência do aditivo plastificante, que reduziria o fator a/c, e quanto menor a quantidade de água empregada maior seria a impermeabilidade do concreto.

### 6.3 Ensaio De Resistência À Compressão

Após a realização dos ensaios de caracterização foram obtidos os resultados a partir da Equação 6, representados nas Tabela 10, 11 e 12:

**Tabela 10 - Resistência à compressão do concreto base aos 17 dias**

CP	Ø Médio (mm)	Área (mm <sup>2</sup> )	Força(N)	$f_{c,17}$ (MPa)
1	99,90	31353,13	316700,00	40,40
2	100,70	31857,29	318900,00	40,04
3	100,15	31510,25	319100,00	40,50
4	100,50	31730,87	303500,00	38,26
5	100,20	31541,72	319300,00	40,49
6	100,35	31636,23	335500,00	42,42
7	100,10	31478,79	298340,00	37,91

Fonte: Autoria Própria.

Tabela 11 - Resistência à compressão do concreto com aditivo “A” aos 17 dias

CP	Ø Médio (mm)	Área (mm <sup>2</sup> )	Força (N)	$f_{c,17}$ (MPa)
1	100,60	31794,05	334400,00	42,07
2	100,45	31699,31	325600,00	41,08
3	100,65	31825,66	333800,00	41,95
4	99,90	31353,13	325000,00	41,46
5	100,15	31510,25	339300,00	43,07
6	100,15	31510,25	329500,00	41,83
7	100,45	31699,31	309600,00	39,07

Fonte: Autoria Própria.

Tabela 12 - Resistência à compressão do concreto com aditivo “B” aos 17 dias

CP	Ø Médio (mm)	Área (mm <sup>2</sup> )	Força (N)	$f_{c,17}$ (MPa)
1	100,10	31478,79	278400,00	35,37
2	100,45	31699,31	290100,00	36,60
3	100,60	31794,05	298100,00	37,50
4	100,30	31604,70	288700,00	36,54
5	100,45	31699,31	298000,00	37,60
6	100,50	31790,87	290100,00	36,57
7	100,15	31510,25	301900,00	38,32

Fonte: Autoria Própria.

A partir dos dados representados pelas Tabelas 10, 11 e 12, calculou-se a média aritmética dos valores da resistência à compressão dos três tipos de concreto ensaiados, e foram determinadas as resistências características por meio da Equação 7, conforme mostra a Tabela 13.

$$f_{ck17} = f_{cm} - 1,65 \cdot s \quad \text{Equação (7)}$$

Tabela 13 – Média das resistências características aos 17 dias em MPa

	Concreto Base	Com aditivo “A”	Com aditivo “B”
$f_{cm17}$	40,00	41,59	36,93
$f_{ck17}$	30,93	32,52	27,86

Fonte: Autoria própria.

Conforme a ABNT NBR 6118:2014, quando a verificação se faz em idade j inferior a 28 dias, calcula-se a resistência característica estimada, para a mesma utiliza-se a Equação 8:

$$f_{ckj} = \beta_1 \cdot f_{ck} \quad \text{Equação (8)}$$

Sendo  $\beta_1$ :

$$\beta_1 = \exp\left\{s\left[1 - \left(\frac{28}{t}\right)^{\frac{1}{2}}\right]\right\} \quad \text{Equação (9)}$$

Onde  $s = 0,20$  para concreto de cimento CPV-ARI e  $t = 17$  dias,

$$\beta_1 = \exp\left\{0,20\left[1 - \left(\frac{28}{17}\right)^{\frac{1}{2}}\right]\right\}$$

$$\beta_1 = 0,95$$

$$f_{ck17,est} = 0,95 \cdot 30$$

$$f_{ck17,est} = 28,36 \text{ MPa}$$

Os corpos de prova que serviram de referência alcançaram uma resistência a compressão de 30,93 MPa, ficando acima do esperado (28,4 MPa). Os CP's que receberam o aditivo "A" obtiveram uma resistência característica de 32,52 MPa, enquanto que os que receberam o aditivo "B" alcançaram 27,86 MPa, sendo este pouco abaixo do valor estimado para os 17 dias. Esta diferença está relacionada a falta do aditivo plastificante na mistura, que fez com que o concreto ficasse mais poroso e afetando diretamente na sua resistência.

## 7 CONCLUSÃO

Após a análise dos resultados dos ensaios de “*slump test*”, foi possível observar que apenas o concreto base atendeu ao abatimento adotado para a determinação do traço. O aditivo “A” apresentou um pequeno aumento no valor, o tempo de fricção mecânica na betoneira pode ter interferido na mistura da massa e com isso o material que é composto por nanopartículas que repelem a água, fez com que sobrasse maior volume de água livre no concreto. Já o concreto com aditivo “B” ficou mais fluido do que os outros, pois não foi adicionado um aditivo plastificante para reduzir a relação a/c, o que ocasionou mais água na mistura do que o recomendado pelo fabricante.

Para a absorção de água o ensaio realizado foi semelhante ao descrito pela ABNT NBR 5738:2003. Pode-se notar que após a adição dos impermeabilizantes houve uma redução nas porcentagens de permeabilidade das amostras. O aditivo “A” apresentou uma redução de  $\pm 1,5\%$  enquanto que o aditivo “B” apenas  $\pm 0,3\%$ . Esta diferença se explica devido à ausência do uso de um aditivo plastificante conforme sugerido pelo fabricante, que reduziria a quantidade de água (redução do fator a/c). Quando há muita água na mistura, o excesso migra para a superfície pelo processo de exsudação. Deixando assim vazios chamados de porosidade capilar, que aumentam a permeabilidade do concreto.

O ensaio de resistência à compressão mostra que o aditivo “A” apresenta maiores valores em relação aos outros. Segundo o fabricante por ser um aditivo impermeabilizante, este não apresenta efeito sobre a resistência do concreto, porém com este material a média dos resultados das amostras ensaiadas diferiu em 5,14% a mais da média do concreto que serviu de referência para as análises. Com o uso do aditivo “B” as resistências reduziram em média 9,93% em relação ao concreto usado de referência, este número se explica devido a maior porosidade do concreto o que prejudica a resistência. Vale ressaltar, que o mais importante não é o valor do acréscimo, mas se houve ou não redução da resistência à compressão, o que comprometeria o desempenho do concreto. No caso da diferença no valor encontrado com o aditivo “B”, por ser mínima, não teria influência sobre o desempenho do material.

Portanto conclui-se que os aditivos não interferem de forma negativa nas propriedades e no desempenho do concreto. Mesmo tendo características físicas e químicas desenvolvidas para melhorar a permeabilidade do concreto, o aditivo “A” proporcionou também um aumento na resistência à compressão. Enquanto que o “B”, apresentou valor menor do que o esperado, porém não foi usado da maneira correta.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, C. de. **Notas de aula**. Campinas, 2002.

ARANTES, de K. **Uma visão geral sobre impermeabilização na construção civil**. 2007. 67 f. Monografia (Especialização em construção civil) – Escola de engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS DE COCRETAGEM NO BRASIL. **Manual do concreto dosado em central**. 36f. São Paulo, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11768:1992 Aditivos para Concreto de Cimento Portland**. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 248:2003 Agregados - Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 52:2003 Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente**. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 53:2003 Agregado graúdo - Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água**. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211:2005 Agregado para concreto – Especificação**. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9778: 1987 – Argamassa e concreto endurecidos: determinação da absorção de água por imersão – índice de vazios e massa específica**. Rio de Janeiro, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655:2015 Concreto de cimento Portland — Preparo, controle, recebimento e aceitação — Procedimento**. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 67:1998 Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone**. Rio de Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9575: Impermeabilização – Seleção e projeto**. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739:2007 – Concreto: ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, 9 f, 2007

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738:2003 – Concreto: procedimento para moldagem e cura de corpos de prova**. Rio de Janeiro, 2003.

ASHWANI, K. R., et al. **Significance of Nanotechnology in Construction Engineering**. International Journal of Recent Trends in Engineering, Vol 1, Nº. 4, maio 2009. Disponível

em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/5361/2237843cb1db1255e6ede367eff490897dbb.pdf>>. Acesso em: 02 nov 2017.

BAUER, E. **Resistência a penetração da chuva em fachadas de alvenaria em materiais cerâmicos – uma análise de desempenho**. 1987. 168f. Dissertação (Mestre em engenharia civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1987.

FERNANDES, S. G., PORTO, Thiago B. **Curso básico de concreto armado: conforme nbr 6118/2014**. 1. Ed. São Paulo: Oficina de textos, 2015.

GIAMMUSSO, E. **Manual do Concreto**. São Paulo: Pinni, 1992.

GRANDES construções. São Paulo. Sobratema. Disponível em: <[http://www.grandesconstrucoes.com.br/br/pdfs/SUPLEMENTO\\_GC\\_66.pdf](http://www.grandesconstrucoes.com.br/br/pdfs/SUPLEMENTO_GC_66.pdf)>. Acesso em: 25 out 2017.

VERÇOZA, E. J. **Materiais de Construção** Volume 1. Sagra: 1975

NEVILLE, A. M. **Propriedades do Concreto**. 5. ed. Bookman, 2015.

OLIVEIRA, A. de. et al. Estanqueidade de fachadas à água de chuva. **Revista Techne**, São Paulo, jan. 2006. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/106/artigo287060-1.aspx>>. Acesso em: 27 out 2017.

OLIVEIRA, Paulo Sérgio F. Impermeabilização com mantas de PVC. 111. ed. **Revista Técnica**, São Paulo: Pini, p. 76-80, jun. 2006.

P. Kumar Mehta e Paulo J. M. **CONCRETO: Estrutura, Propriedades e Materiais**. São Paulo: Pini, 1994

RIGHI, G. V. **Estudos dos sistemas de impermeabilização: patologias, prevenções e correções – análise de casos**. 2009. 94 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro De Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

RIPPER, E. **Manual prático de materiais de construção**. 1 ed. São Paulo: Pinni, 1995.

SOUZA, V. C. M. de, RIPPER, Thomaz. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. 1 ed. São Paulo: Pinni, 1998.

TOKUDOME, N. **Imóveis coloridos e texturizados: sinal de arte ou infiltração?** INSTITUTO DE IMPERMEABILIZAÇÃO, 22 jun 2010. Disponível em: <<http://www.ibibrasil.org.br/noticias/23-imoveis-coloridos-e-texturizados-sinal-de-arte-ou-infiltracao>>. Acesso em: 31 out 2017.